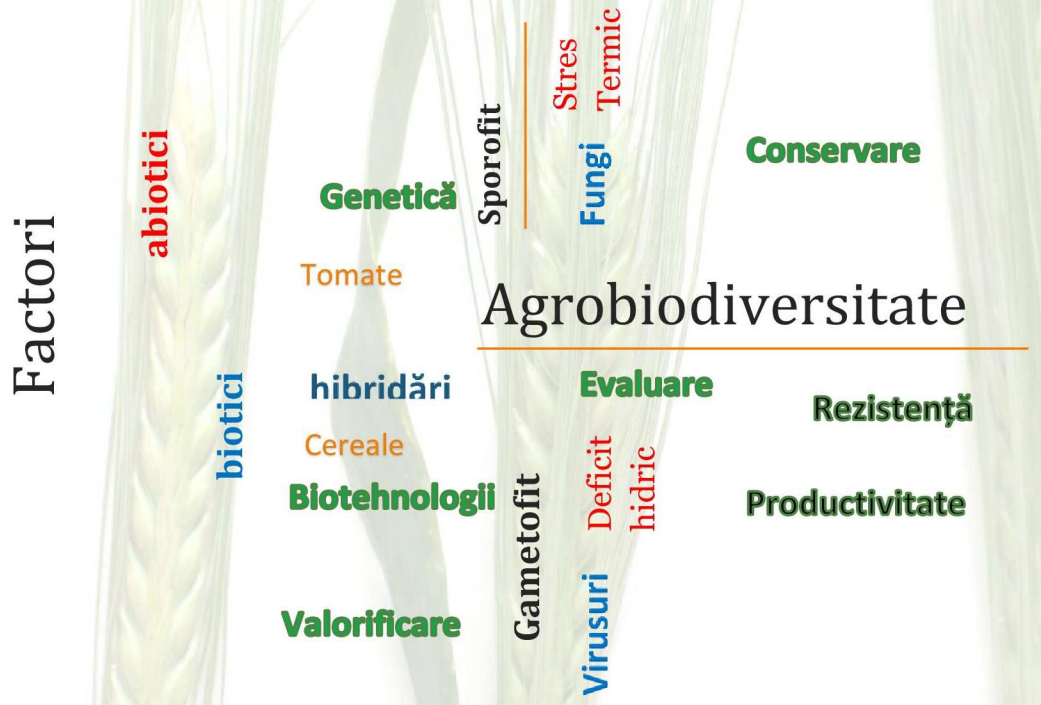
UNIVERSITATEA DE STAT DIN MOLDOVA
INSTITUTUL DE GENETICĂ,
FIZIOLOGIE ȘI PROTECȚIE A PLANTELOR ABORDĂRI

ABORDĂRI BIOTEHNOLOGICE ȘI GENETICE DE EVALUARE ȘI VALORIFICARE A GENOFONDURILOR DE CULTURI CEREALIERE ȘI TOMATE



Chișinău, 2023

Universitatea de Stat din Moldova

Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor

Abordări biotehnologice și genetice de evaluare și valorificare a genofondurilor de culturi cerealiere și tomate

Chișinău, 2023

CZU [633.1+635.64]:606
A 12

Editarea monografiei colective „**Abordări biotehnologice și genetice de evaluare și valorificare a genofondurilor de culturi cerealiere și tomate**” a fost aprobată de Consiliul Științific al Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al USM (proces verbal nr. 6 din 20 septembrie 2023).

Cercetările expuse în monografie au fost realizate în cadrul Programului de stat **20.80009.7007.04 „Biotehnologii și procedee genetice de evaluare, conservare și valorificare a agrobiodiversității”,** finanțat de către Agenția Națională pentru Cercetare și Dezvoltare. Editarea lucrării este susținută prin proiectul nominalizat.

Recenzenți:

DUCA Maria, doctor habilitat, profesor universitar, academician

VOLOȘCIUC Leonid, doctor habilitat, profesor cercetător

DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII DIN REPUBLICA MOLDOVA

Abordări biotehnologice și genetice de evaluare și valorificare a genofondurilor de culturi cerealiere și tomate / Universitatea de Stat din Moldova, Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor. – Chișinău : [S. n.], 2023 (CEP USM). – 226 p. : fig., tab.

Referinţe bibliogr. la sfârşitul cap. – 35 ex.

ISBN 978-9975-62-605-7.

[633.1+635.64]:606
A 12

© Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al USM, 2023

ISBN 978-9975-62-605-7

CUPRINS

PREFAȚĂ 5

1. ROLUL AGENȚILOR CAUZALI AI PUTREGAIULUI DE RĂDĂCINĂ LA GRÂUL COMUN ÎN VARIABILITATEA ȘI HERITABILITATEA CARACTERELOR DE CREȘTERE ȘI DEZVOLTARE ALE PLANTEI-GAZDĂ 9
LUPAȘCU Galina, GAVZER Svetlana, CRISTEA Nicolae, RUDACOVA Angela, CHERDIVARĂ Ala

1.1. Componența speciilor de fungi – agenți cauzali ai putregaiului de rădăcină la grâul comun de toamnă 10

1.2. Interacțiuni plantă x patogen – impactul asupra variabilității și heritabilității caracterelor de creștere și dezvoltare ale grâului comun 29

Concluzii 55

Referințe bibliografice 57

2. DIVERSITATEA MORFOLOGICĂ ȘI A REACȚIILOR DE RĂSPUNS A GENOTIPURILOR DE TOMATE LA FACTORI ABIOTICI DE STRES ȘI INFECȚII VIRALE 61
MĂRÎI Liliana, ANDRONIC Larisa, SMEREA Svetlana, RUDACOVA Angela, RUDACOV Serghei

2.1. Reacţii defensive ale genotipurilor de tomate cu răspuns diferențiat (rezistență, sensibilitate, toleranță) la infecția virală 61

2.2. Reacția genotipurilor de tomate conform răspunsului biomorfologic și oxidativ la acțiunea stresului termic și hidric la descendenții plantelor infectate cu virusuri 67

2.3. Efectul temperaturii ridicate asupra unor indici biomorfologici și fiziologici ai tomatelor la diferite etape ontogenetice (germene și plantulă) 82

2.4. Variabilitatea intrapopulațională a descendenților plantelor de tomate infectate cu virusuri pe fond de stres abiotic 91

Concluzii 104

Referințe bibliografice 106

3. PARTICULARITĂȚILE GAMETOFITULUI MASCUL DE TOMATE ÎN CONDIȚII DE PATOGENEZĂ VIRALĂ ȘI STRES ABIOTIC 111
SALTANOVICI Tatiana, ANDRONIC Larisa, ANTOCI Ludmila, BULDUMAC Ana
3.1. Influența fitopatogenilor virali asupra variabilității gametofitului mascul de tomate 113
3.2. Reacția gametofitului mascul de tomate la acțiunea asociată a fitopatogenilor virali și temperaturi ridicate 123
3.3. Influența deficitului hidric asupra variabilității gametofitului mascul la plantele de tomate infectate cu virusuri 130
3.4. Activitatea gametofitului mascul la genotipurile de tomate reinfectate cu virusuri 138
3.5. Termorezistența germenelor de tomate la descendenții plantelor infectate cu virusuri 143
Concluzii 151
Referințe bibliografice 152

4. EVALUAREA VARIABILITĂȚII ȘI HERITABILITĂȚII CARACTERELOR VALOROASE LA TOMATELE CU GENE MARCHER ALE CALITĂȚII FRUCTELOR (*u, j, β, r*) 157
MIHNEA Nadejda, LUPAȘCU Galina, RUDACOVA Angela, CHERDIVARĂ Ala
4.1. Evaluarea caracterelor de precocitate și productivitate la colecția de tomate purtătoare a genelor ce controlează calitatea tomatelor 158
4.2. Gradul de dominare a precocității și productivității la tomate 166
4.3. Variabilitatea și heritabilitatea rezistenței genotipurilor de tomate la patogenii fungici *Alternaria alternata* și *Fusarium* spp. 174
4.4. Influența interacțiunilor *tomate x temperatură* asupra variabilității și heritabilității organelor de creștere în ontogeneza timpurie 182
4.5. Rolul factorului parental în reacția hibrizilor F_1 de tomate la temperaturi ridicate și joase 188
4.6. Valorificarea surselor genetice la crearea noilor genotipuri de tomate cu diferit grad de precocitate, potențial de productivitate și calitate a fructelor 205
Concluzii 211
Referințe bibliografice 213

Obiecte de proprietate intelectuală elaborate în baza proiectului la subiecte incluse în monografie 220

Diplome, medalii obținute la saloanele de inventică și inovații 222

PREFAȚĂ

Problemele create de schimbările climatice severe din ultimul deceniu, aprofundate de diminuarea resurselor naturale, înaintează noi cerințe față de materialele utilizate de om, invocând însușiri biologice şi regenerabile, caractere prietenoase mediului. În condițiile fluctuaţiilor considerabile meteopedoclimatice, tendințelor globale de creştere a numărului populației, se impune promovarea unui sistem durabil, ce are drept obiectiv crearea genotipurilor rezistente la un complex de factori extremali, imperative aflate pe agenda proiectelor europene pentru alimente și mediu. În planul de acțiune pentru combaterea schimbărilor climatice după 2020, conform Protocolului de la Paris (2016), se subliniază în mod special necesitatea îmbunătățirii capacității adaptive a plantelor de cultură, consolidarea rezistenței şi reducerea vulnerabilității la schimbările climatice. Crearea de soiuri rezistente la factorii de mediu cu plasticitate ecologică sporită, constituie un obiectiv important, care poate fi dezvoltat prin utilizarea eficientă a biotehnologiilor moderne și geneticii vegetale.

Schimbările climatice tot mai frecvente (seceta, temperaturile extreme) afectează semnificativ sistemele naturale. Cele mai profunde, directe și apreciabile efecte se reflectă asupra speciilor cultivate supuse activ erodărilor biologice. Declinul continuu al biodiversității și degradarea ecosistemelor reduc capacitatea acestora de a funcționa și pot atinge praguri de ireversibilitate. Diversitatea genetică a plantelor de cultură este afectată puternic şi de sensibilitatea crescută la bolile infecțioase (fungice, virale), atestându-se creşterea patogenităţii, ceea ce influențează interacțiunile *plantă* x *patogen* x *mediu*. Creşterea patogenității şi răspândirea fungilor şi virusurilor la plantele de cultură se datorează, în mare parte, restrângerii pronunţate a diversității genetice a genotipurilor cultivate. Includerea în programele de ameliorare a unei germoplasme cu bază genetică extinsă, inclusiv a formelor sălbatice, şi selectarea în populațiile segregante a formelor recombinante cu asocieri reușite ale caracterelor valoroase este una din strategiile moderne ale ameliorării în scopul sporirii adaptabilităţii plantelor de cultură la schimbările climatice. Îmbinarea rezistenţei la factorii biotici şi abiotici stresogeni ai mediului este o cale sigură de creare a soiurilor durabile.

În legătură cu faptul, că atacul patogenilor este mai sever pe fondul dezechilibrelor climatice, sunt imperios solicitate tehnologii de sporire a rezistenţei complexe la factori biotici şi abiotici de stres. În acest scop sunt necesare cercetări genetico-biotehnologice, bazate pe studii *in vivo* şi *in vitro,* având ca reper identificarea caracterelor sensibile care duc la eroziunea genetică în condiţii stresante de mediu (secetă, temperaturi ridicate,

maladii fungice şi virale), elaborarea tehnologiilor de sporire a rezistenţei complexe și de protecție a plantelor în baza compuşilor naturali.

Obținerea de varietăți performante necesită crearea rapidă de forme valoroase cu combinaţii noi de gene prin metode și tehnologii bazate pe cunoaşterea amplă a componenţei speciilor de fungi/virusuri și particularităților de interacțiune *gazdă-patogen* în diferite condiţii ambientale. În conformitate cu conceptul creării genotipurilor de culturi agricole cu reziliență este importantă identificarea genotipurilor cu adaptabilitate la schimbările climatice și rezistență la agenții patogeni cu impact negativ.

Diversitatea genetică a culturilor agricole este o preocupare majoră pentru ţările europene, fiind reflectată în Strategia UE și Planul de Acțiuni prin obiectivul 3 - *Menţinerea diversităţii genetice prin conservarea plantelor de cultură*, în care se subliniază necesitatea îmbunătățirii capacității adaptive a plantelor de cultură, consolidarea rezistenței și reducerea vulnerabilității la schimbările climatice. Direcțiile principale de acţiune ce au ca scop diminuarea declinului resurselor biologice se bazează pe aplicarea celor mai eficiente biotehnologii care permit anticiparea efectelor schimbărilor climatice prin elaborarea genotipurilor reziliente; conservarea şi valorificarea genofondurilor, în special a culturilor cu impact economic, supuse acțiunii dezechilibrului şi discontinuităţilor cauzate de extinderea şi intensificarea sistemelor de producţie agricolă, culturilor amenințate de introducerea deliberată de specii (soiuri) alohtone, efectele monoculturii, aceşti factori contribuind la erodarea genotipurilor.

În vederea promovării și implementării obiectivelor de evaluare și valorificare a agrobiodiversității, valorificării produselor inovative pentru crearea unui sistem agroalimentar rezilient au fost realizate cercetările conform Programului de stat 20.80009.7007.04 „Biotehnologii și procedee genetice de evaluare, conservare și valorificare a agrobiodiversității".

Rezultatele obținute în cadrul proiectului au demonstrat că factorii de mediu au un impact puternic asupra componenţei complexului fungic care produc putregaiul de rădăcină la grâul comun de toamnă; fenomenul de secetă extremă din ultimii ani a contribuit la schimbarea raportului de specii fungice la nivel populațional în favoarea celor cu creştere rapidă şi capacitate înaltă de descompunere a substratului nutritiv – *Fusarium equiseti, F. avenaceum.* S-a constatat că speciile de fungi *F. oxysporum* şi *Drechslera sorokiniana* – unii din agenţii cauzali ai putregaiului de rădăcină la culturile cerealiere păioase, contribuie la diminuarea nivelului peroxidazelor în planta gazdă (grâu comun), reacţia având o specificitate pronunţată în sistemul *plantă-gazdă* x *fung* x *temperatură*.

În baza evaluării specificului manifestării indicilor morfologici, biochimici şi funcţionali ai sporofitului şi gametofitului de tomate, pentru un spectru variat de genotipuri după răspunsul lor la acţiunea factorilor biotici şi abiotici, au fost stabilite particularităţile reacţiilor la deficitul hidric şi temperatură ridicată şi contribuţia factorilor genetici şi de mediu în exprimarea statutului de răspuns. Aplicând metodele de selecţie gametică a fost apreciată performanţa gametofitului mascul şi capacitatea de formare a polenului la descendenţii tomatelor, obţinuţi în condiţii de patogeneză virală. La nivel haploid/diploid a fost stabilit gradul de rezistenţă la stresul termic şi hidric la descendenţii plantelor infectate cu virusuri, astfel fiind estimată şi contribuţia solitară sau asociată a factorilor în variabilitatea indicilor; au fost evidenţiate forme cu valori înalte ale acestor caractere. Prin intermediul modelării multiple a variaţiei duratei poststresului hidric şi termic şi a repetitivităţii lui au fost evidenţiate momentele specifice ce ţin de acumularea şi distribuţia speciilor reactive de oxigen din radicula plantulelor de tomate, precum şi efectele acestora în formarea sistemului radicular poststres la descendenţii de la plantele infectate cu virusuri comparativ cu cele sănătoase. Studiul mecanismelor de toleranţă prin prisma reacţiilor defensive enzimatice şi non-enzimatice sub acţiunea stresului hidric şi termic, a stabilit o specificitate înaltă în funcţie de genotip, tipul stresului aplicat, şi foarte important, de fondul de formare a seminţelor în generaţia precedentă - plante infectate sau sănătoase. Prin aplicarea acestor abordări, din componenţa populaţiilor hibride F_2-F_9 obţinute pe fond de infecţie virală au fost selectate genotipuri de tomate cu potenţial înalt de productivitate.

Implicarea unui material iniţial valoros în calitate de forme parentale, a contribuit la obţinerea noilor hibrizi de grâu comun, grâu, durum, triticale, tomate. În genofondurile de culturi cerealiere păioase, tomate au fost identificate genotipuri cu indici înalţi de productivitate şi calitate biochimică a boabelor, fructelor. Ca rezultat s-au obţinut noi hibrizi de triticale (46), grâu durum (50), grâu comun (8). Au fost: i) create noi linii de triticale (2), grâu durum (3), grâu comun (6), tomate (6) rezistente la secetă, productive, cu calitate biochimică înaltă a fructelor; ii) transmise la Comisia de Stat pentru Testarea Soiurilor de Plante două soiuri de tomate (Dargen, Dorinţa), 1 – grâu comun (Bijuteria Zâmbrenilor). La linii de perspectivă de tomate, cu proprietăţi gustative înalte, inclusiv la soiuri cu gene ale pigmentării fructului – β (*carotene*), *r* (*yellow flesh*), au fost înregistrate genotipuri cu indici biochimici valoroşi: substanţă uscată – 5,69-8,05%, zahăr – 3,43-4,61 %, aciditate – 0,43-0,54, vitamină C – 22,06-30,0 mg%. S-au evidenţiat genotipuri cu conţinut înalt de caroten (3,89 mg/100g) şi licopen (1,39 mg/100 g), compuşi care manifestă însuşiri antioxidante înalte.

În baza rezultatelor obținute în cadrul Programului de stat 20.80009.7007.04 „Biotehnologii și procedee genetice de evaluare, conservare și valorificare a agrobiodiversității” au fost elaborate și create noi metode, tehnologii, acoperite cu 6 brevete de invenție; soiuri de plantă – 5 brevete; depuse 3 cereri de brevet de invenție și 4 pentru soi de plantă. Rezultatele inovative expuse în monografie au fost apreciate cu 38 Diplome și Medalii la Saloane internaționale și naționale de inventică și inovații (21 medalii de aur, 6 argint și 5 bronz).

DOI: https://doi.org/10.53040/9789975626057.01

1. ROLUL AGENȚILOR CAUZALI AI PUTREGAIULUI DE RĂDĂCINĂ LA GRÂUL COMUN ÎN VARIABILITATEA ȘI HERITABILITATEA CARACTERELOR DE CREȘTERE ȘI DEZVOLTARE ALE PLANTEI-GAZDĂ

LUPAȘCU Galina, GAVZER Svetlana, CRISTEA Nicolae, RUDACOVA Angela, CHERDIVARĂ Ala

Grâul este o cultură de importanță istorică, deoarece prin domesticirea sa marchează punctul de cotitură al civilizației umane de acum 10000 de ani. Datorită creșterii rapide a populației, este necesar ca producția de grâu să crească cu 50% până în 2050 și această creștere să se bazeze în principal pe sporirea randamentului, deoarece există o concurență puternică pentru terenul arabil productiv, limitat de alte sectoare. Această cerere în creștere poate fi realizată în continuare aplicând abordări durabile, inclusiv managementul integrat al bolilor, adaptarea la climă mai caldă, utilizarea mai redusă a resurselor de apă și frecvența crescută a toleranței la stres abiotic. Din 200 de boli ale grâului, 50 sunt larg răspândite, provocând pagube economice considerabile. În fiecare an, aproximativ 20% din grâu se pierd din cauza bolilor. Dintre bolile majore pot fi menționate ruginile, mucegaiul, fuzariozele, putregaiul rădăcinii și bazei tulpinii, septorioza, făinarea, diverse boli provocate de virusuri, nematode și bacterii. Aceste boli afectează grav randamentul și provoacă mortalitatea plantelor [55].

Metoda genetică de combatere a maladiilor prin crearea genotipurilor rezistente este considerată o cale sigură şi ecologic inofensivă de diminuare a consecinţelor acestora. De menţionat însă că este destul de dificil de soluţionat această problemă din cauza specificului de interacţiune *plantă x agent patogen x condiții ambientale,* specificitate care se reflectă în cel mai direct mod asupra variabilităţii şi heritabilităţii caracterelor de creştere.

În legătura cu complexitatea sistemelor de factori de care depinde apariţia şi dezvoltarea putregaiului de rădăcină la grâul comun de toamnă, scopul cercetărilor a constat în stabilirea: i) influenţei condiţiilor ambientale asupra componenței speciilor de fungi – agenţi cauzali ai maladiei la grâul comun de toamnă; ii) particularităților de interacțiune *genotip x patogen*, variabilității și heritabilitații caracterelor de creștere ale grâului în reacția la agenții cauzali ai putregaiului de rădăcină.

1.1. Componența speciilor de fungi – agenți cauzali ai putregaiului de rădăcină la grâul comun de toamnă

Putregaiul de rădăcină la culturile cerealiere păioase, inclusiv la grâul comun (*Triticum aestivum* L.) este o problemă majoră în întreaga lume. În evoluția creșterii și dezvoltării plantelor de grâu boala se exteriorizează sub cele mai diferite forme – putrezirea boabelor în sol, a radiculei embrionare, sistemului radicular, bazei tulpinii, îngălbenirea şi/sau ofilirea tulpinii, decolorarea cariopselor, ceea ce conduce la pierderea vigorii plantelor și unor cantități semnificative de recoltă [27, 28, 34, 43, 53]. Perturbările ecologice care tot mai frecvent se înregistrează pe glob, îndeosebi seceta din ultimul deceniu, pe de o parte contribuie la slăbirea plantelor, făcându-le astfel mai sensibile la maladie, pe de altă parte au un impact direct asupra structurii populațiilor de fungi cauzali ai bolii [14, 17].

Putregaiul de rădăcină este considerat o maladie complexă, determinată de diferiţi patogeni în diferite zone geografice sau diferiți patogeni în succesiunea etapelor ontogenetice ale plantelor. Deoarece maladiile menţionate prezintă probleme de durată pentru multe ţări cultivatoare de cerealiere, în scopul obţinerii recoltelor înalte şi de calitate la grâu şi orz, au fost iniţiate cercetări ample cu privire la patogenii implicaţi, factorii ambientali asociaţi cu aceste maladii şi pierderile de recoltă. Putregaiul de rădăcină cauzat de *Fusarium* spp. a fost constatat în 57% cazuri, iar de *Bipolaris sorokiniana* – în 93% cazuri, în condițiile Canadei. Distribuirea spaţială a maladiei produsă de *Fusarium* spp. sau de *B. sorokiniana* a depins de latitudinea regiunii, tipul solului şi temperatură. Ambele tipuri de putrefacţie pot provoca pierderi de roadă în limitele 3… 35%. În patogeneza putregaiului de rădăcină cauzat de *Fusarium* spp. au fost implicate cu precădere speciile *F. culmorum, F. pseudograminearum, F. graminearum, F. acuminatum, F. equiseti, F. nivale,* printre care a dominat *F. culmorum.* Putregaiul de rădăcină comun este produs în special de *Bipolaris sorokiniana* (Sacc.) Shoemaker, sin. *Drechslera sorokiniana* (Sacc.) Subram. Faptul că din 91 de câmpuri investigate, în 45 nu s-a înregistrat putregai de rădăcină produs de *Fusarium* spp., denotă că aceşti patogeni nu sunt endemici, dar depind mult de condiţiile de mediu şi zonele agroecologice. Specia *F. culmorum* a fost răspândită mai mult în zonele răcoroase, iar *F. pseudograminearum* – în zonele călduroase. Se admite un posibil antagonism între *B. sorokiniana* şi *Fusarium* spp. [43].

Multe din speciile *Fusarium* spp. care cauzează putregaiul de rădăcină au fost asociate cu fungii care produc fuzarioza spicului, cum ar fi *F. avenaceum* (teleomorfa *Gibberella avenacea* Cook). Colonizarea rădăcinilor şi părţii bazale a tulpinii de către *Fusarium* spp., precum şi supravieţuirea şi multiplicarea lor în aceste ţesuturi după recoltare joacă un rol important în dezvoltarea ulterioară a fuzariozei spicului, contribuind

astfel la răspândirea mai uşoară a sporilor. Prezenţa speciilor *Cochliobolus sativus* şi *Fusarium* în ţesutul subteran al plantei este afectată de rotaţia culturilor, metoda de prelucrare a solului şi administrarea preparatelor chimice. Diferenţele de date, respectiv, şi de concluzii în ceea ce priveşte prezenţa sau frecvenţa *Fusarium* spp. în ţesuturile din partea subterană a plantelor de grâu pot fi atribuite identificării limitate a izolatelor, condiţiilor ambientale fluctuante, prevalenţei unei sau altei practici agricole şi / sau deosebirilor de rezistenţă genetică a soiurilor la diferite specii ale complexului fungic [16].

Infectarea bazei tulpinii plantei de grâu cu patogeni fungici depinde mult de sistemul agrotehnic de cultivare – organic, integral, convenţional, monocultură, şi de etapa de vegetaţie. *Fusarium* spp. domină în toate sistemele printre speciile patogene, dar numărul lor a fost mai jos în sistemul organic de cultivare şi mai înalt pe cel integrat [32].

Acumularea cunoştinţelor despre schimbările climatice în general şi impactul acestora asupra industriilor agricole în mod special, au condus la depunerea unui efort considerabil în cercetare, menit să îmbunătăţească înţelegerea rolului ciupercilor în diferite domenii. Ciupercile joacă un rol cheie în ecosistemele solului ca agent principal de descompunere şi reciclare a nutrienţilor organici. Totodată, ele includ şi agenţi patogeni importanţi ai plantelor, insectelor, bacteriilor, animalelor domestice şi oamenilor, ceea ce denotă importanţa acestora în diverse ecosisteme [3].

Prin identificare macro- şi microscopică a 488 de tulpini de fungi, izolate din fragmente ale părţii bazale a tulpinii de grâu, cu simptome de boală, s-a constatat implicarea a 13..15 specii de fungi imperfecţi în dezvoltarea putregaiului de rădăcină, rata fungilor *Fusarium* constituind 63,4 şi 31,9%, respectiv, în anii 2005, 2006. Dintre speciile *Fusarium*, cel mai reprezentativ a fost *F. oxysporum* var. *orthoceras* (15,9…32,3%) [39, 41].

Cercetarea componenţei speciilor de fungi care provoacă putregaiul de rădăcinâ la grâu pe terenurile Institutului de Cercetări pentru Culturile de Câmp "Selecţia" (Bălţi) în anii 2006-2009, a demonstrat că indicele de diversitate a speciilor a fost diferit, funcţie de condiţiile de an şi particularităţile agrotehnice. Cel mai puternic a reacţionat complexul fungic la condiţiile de an pe fondurile *cultură permanentă fertilizată* şi *cultură permanentă nefertilizată*, relevându-se, astfel, instabilitatea agroecologică a acestor fonduri. Indicele de dominare a speciei majoritare în condiţii de asolament fertilizat şi nefertilizat, şi în cultura permanentă nefertilizată, este pronunţat detaşat pentru specia *F. oxysporum*, ceea ce relevă înalta adaptabilitate a acesteia la diverse condiţii agroecologice. În *cultura permanentă fertilizată*, indicele de dominare a fost înalt pentru alte specii *Fusarium* (cu excepţia anului 2007), sau alte genuri – *Alternaria* [39].

Stabilirea componenţei speciilor de fungi care cauzează maladii la plantele de cultură, are o mare importanţă pentru elaborarea măsurilor corecte de protecţie şi serverşte ca suport metodologic în sistemele de *screening* al rezistenţei la patogeni.

Întrucât relaţia *fung - plantă gazdă* de cele mai multe ori este de ordin trofic, prezintă interes particularităţile componenţei agenţilor cauzali în ontogeneza plantelor – factor ce prezintă în definitiv substratul biochimic nutritiv pentru patogen. Conform datelor obținute în anul 2018, pe terenurile IGFPP, la etapa de maturitate în lapte în complexul fungic care cauzează putregaiul de rădăcină, speciile *Fusarium* au constituit 69,3%, *Drechslera* spp. – 16,9%, iar la etapa de maturitate în ceară – 45,9% și 34,1%, respectiv. S-a constatat că la etapa de maturitate în lapte, indicele de diversitate a fungilor a constituit 1,92, iar de dominanţă – 0,49; la etapa de maturitate în ceară – 2,87 şi 0,23, respectiv. La a doua etapă de studiu, diversitatea micromicetelor a sporit pe baza lărgirii spectrului *Fusarium* spp. [35].

În cazul putregaiului de rădăcină la culturile cerealiere păioase, inclusiv la grâul comun de toamnă, se cunoaşte că complexul fungic care provoacă maladia este foarte labil la condițiile pedoclimatice, motiv pentru care este destul de dificil de făcut concluzii exhaustive despre diversitatea și dominanța speciilor cu rol decisiv în patogeneză [33].

Incorporarea rezistenței genetice în plantele de cultură este considerată cea mai eficientă și durabilă metodă de contracarare a putregaiului de rădăcină, deși aceasta adesea este de natură cantitativă ceea ce semnifică dependența de condițiile de mediu. Pentru strategiile de ameliorare a rezistenței la maladie este necesară cunoașterea bazei genetice a reacției la patogeni [65].

Deși este unanim recunoscut faptul că utilizarea soiurilor rezistente de grâu rămâne cea mai eficientă și economică modalitate de control al putregaiului de rădăcină, în prezent există resurse insuficiente de germoplasmă cu rezistență la maladie și se înregistrează puține studii cu privire la identificarea locilor genetici care controlează rezistența la putregaiul de rădăcină [23].

Rezistenţa grâului la speciile Fusarium este complexă şi include mai multe componente – rezistenţa la penetrarea fungului, rezistenţa la colonizare, mecanisme care influenţează conţinutul de toxine (DON – deoxinivalenol) din boabe. Se consideră de perspectivă cercetările orientate spre identificarea şi acumularea cât mai multor QTL (*Quantitative Trait Loci*) de rezistenţă în liniile de elită. Deși rezistența genetică a plantelor de cultură la stresurile biotice prezintă un scop major în eficientizarea programelor de ameliorare, soiurile moderne de grâu dețin o variabilitate genetică destul de restrânsă pentru rezistența la multe maladii (*Puccinia graminis f.* sp. *tritici, P. striiformis f.* sp. *tritici, Fusarium* spp.) și dăunători (*Heterodera* spp., *Mayetiola destructor*) [12].

Cele menționate denotă că complexul fungic care provoacă putregaiul de rădăcină la grâul comun este extrem de labil la condiții ambientale, agrotehnice, în relație cu factorul genotipic al plantei-gazdă și necesită o monitorizare constantă.

Pentru cercetare (anii 2020-2022) au fost utilizate fragmente de țesuturi prelevate de la plante de grâu comun de toamnă cu simptome de putrezire a bazei tulpinii la etapa

de coacere tehnică a boabelor. Plantele reprezentau soiuri omologate şi linii de perspectivă.

Izolarea fungilor din plante s-a produs pe mediul PDA (*Potatoe Dextrosis Agar*) [70] (Figura 1.1). *Speciile de fungi* au fost identificate în baza analizelor macro- (forma coloniei, culoarea şi densitatea miceliului, prezența sau lipsa stromei) şi microscopice (forma, dimensiunea conidiilor, prezența/lipsa pereților intracelulari, etc.) (Figurile 1.2 și 1.3) [8, 68].



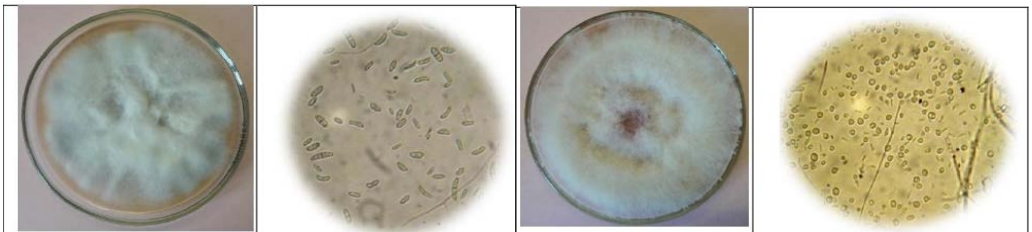
Figura 1.1. Izolarea fungilor din plante de grâu comun cu semne de putregai de rădăcină.



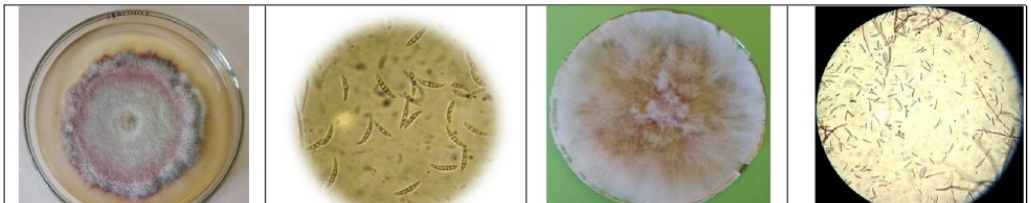
Figura 1.2. Izolarea și păstrarea fungilor în eprubete pe mediu PDA.



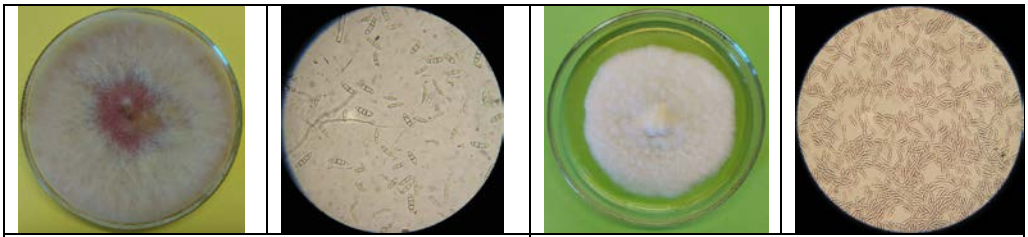
Fusarium oxysporum | *F. oxysporum* var. *orthoceras*



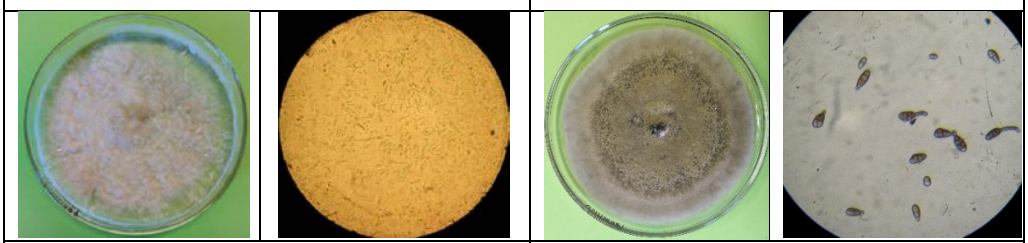
F. solani | *F. sporotrichiella*



F. heterosporum | *F. avenaceum*



F. culmorum | *F. lateritium*



F. sambucinum var. *minus* | *A. alternata*



Figura 1.3. Aspecte macro- și microscopice ale fungilor – agenți cauzali ai putregaiului de rădăcină la grâul comun de toamnă.

Componența speciilor de fungi care produc putrezirea bazei tulpinii la grâu s-a stabilit prin cercetarea a 312, 270, 150 izolate la etapa de coacere completă a boabelor în anii 2020, 2021, 2022, respectiv.

Indicele de diversitate a fungilor a fost calculat cu ajutorul formulei Margalef [31, 42]:

$$D_{Mg} = S - 1/\ln N, \quad (1.1)$$

unde S – numărul speciilor, N – numărul total al izolatelor,

iar *indicele de dominanţă* – în baza formulei Berger-Parker [14]:

$$d = N_{max} / N, \quad (1.2)$$

unde N_{max} – numărul de izolate al speciei dominante, N – numărul total al izolatelor.

Clasificarea genotipurilor de grâu a fost realizată în baza analizei clusteriene – procedură statistică polidimensională, care presupune repartizarea obiectelor (genotipurilor) în grupuri relativ uniforme, similare, şi este pe larg utilizată în diferite domenii ale biologiei pentru identificarea claselor de genotipuri similare / deosebite în baza anumitor criterii. În cercetările noastre, analizele clusteriene au fost efectuate prin construirea dendrogramelor pe baza algoritmului aglomerativ-iteraţional – metoda Ward şi a metodei centroide a *k*-mediilor [29, 44, 45, 52].

Analiza macro- și microscopică a tulpinilor de fungi izolate din baza tulpinilor de grâu cu semne de putregai de rădăcină la sfârșitul vegetației (20-40 explante de la fiecare mostră de plante), a demonstrat că din totalul de 312 tulpini izolate în anul 2020, au fost identificate 16 specii de fungi, dintre care 69,6% au prezentat speciile *Fusarium.* Rata cea mai înaltă a revenit fungului *F. equiseti* (35,3%), apoi – *F. oxysporum* var. *orthoceras* (19,9%), *D. avenae* (12,2%), *A.alternata* (9,3%) (Tabelele 1.1 și 1.2).

Tabelul 1.1. Specii de fungi izolați din baza tulpinilor de grâu, anul 2020

Nr.	Genotip	Specie de fung	Număr de izolate
1	L Selania/Accent	*Fusarium oxysporum var. othoceras*	6
		F. solani	3
		F. culmorum	1
		F. javanicum	1
		F. equiseti	6
		Drechslera avenae	4
		Total:	**21**
2	L Select/BȚ 43-42/Select	*F. oxysporum var. othoceras*	3
		F. solani var. argillaceum	4
		F. lateritium	1
		F. aquaeductuum var. dimerum	1
		F. equiseti	11
		Cladosporium var. herbarum	1
		D. sorokiniana	1
		D. graminea	1
		Alternaria alternata	3
		Total:	**26**
3	Moldova 16	*F. oxysporum var. othoceras*	6
		F. culmorum	2
		F. sambucinum var. minus	1
		F. aquaeductuum var. dimerum	3
		F. equiseti	15
		D. sorokiniana	7
		Total:	**34**
4	Odeschi 267	*F. oxysporum var. othoceras*	18
		F. equiseti	10
		A.alternata	9
		Total:	**37**
5	Moldova 66	*F. oxysporum var. othoceras*	2
		F. aquaeductuum var. dimerum	2
		F. culmorum	1
		F. equiseti	12
		D. avenae	2
		A. alternata	1
		Total:	**20**

6	L Bas./M30	*F. oxysporum var. othoceras*	2
		F. moniliforme var. lactis	1
		F. sambucinum var. minus	5
		F. equiseti	3
		D. avenae	19
		D. sorokiniana	6
		Total:	**36**
7	L Cubani 101/Basarabeanca	*F. oxysporum var. othoceras*	4
		F. solani	7
		F. equiseti	20
		F. aquaeductuum	1
		D. avenae	3
		A.alternata	3
		Total:	**38**
8	L 1/3/ Basarabeanca	*F. oxysporum var. othoceras*	11
		F. semitectum	4
		F. aquaeductuum var. dimerum	1
		F. equiseti	10
		D. avenae	4
		D. sorokiniana	4
		D. graminea	3
		A.alternata	9
		Total:	**46**
9	L M/M3	*F. oxysporum var. othoceras*	3
		F. aquaeductuum var. dimerum	2
		F. microcera	1
		F. equiseti	14
		D. avenae	5
		D. sorokiniana	5
		Total:	**30**
10	L Mirgorodschi 27 x Odeschi 162	*F. oxysporum var. othoceras*	7
		F. moniliforme var. lactis	3
		F. equiseti var. compactum	9
		D. avenae	1
		A.alternata	4
		Total:	**24**
		TOTAL IZOLATE pentru 10 genotipuri:	**312**

Tabelul 1.2. Frecvența speciilor de fungi izolați din plante de grâu (a. 2020)

Nr.	Specie	Nr.	%
1	*F. oxysporum var. othoceras*	62	19,9
2	*F. solani*	14	4,5
3	*F. culmorum*	4	1,3
4	*F. javanicum*	1	0,3
5	*F. equiseti var. compactum*	110	35,3
6	*F. aquaeductuum var. dimerum*	10	3,2
7	*F. moniliforme var. lactis*	4	1,3
8	*F. lateritium*	1	0,3
9	*F. microcera*	1	0,3
10	*F. semitectum*	4	1,3
11	*F. sambucinum var. minus*	6	1,9
12	*D. avenae*	38	12,2
13	*D. sorokiniana*	23	7,4
14	*D. graminea*	4	1,3
15	*A.alternata*	29	9,3
16	*C. var. herbarum*	1	0,3
	Total:	312	100,0

Este important de menționat că specia *F. equiseti* se manifestă cu frecvență înaltă în anii cu temperatură ridicată sau secetă pronunțată [17], ceea ce în opinia noastră s-ar putea explica prin anumite particularități morfostructurale ale fungului – prezența lanțurilor de clamidospori cu pereți îngroșați (Figura 1.4) care le conferă rezistență la condiții nefavorabile.



Figura 1.4. Lanțuri de clamidospori la *F. equiseti.*

Indicele de diversitate a fungilor a constituit 2,61, iar de dominanță – 0,35, prevalența fiind pentru *F. equiseti.*

În anul 2021 au fost izolate 262 ciuperci din plante cu simptome de boală din aceleași genotipuri (câte 13-38 explante de la fiecare genotip). Spre deosebire de anul 2020, spectrul fungic a fost mai restrâns, fiind identificate 10 specii – *F. oxysporum* var. *orthoceras* (6,1%), *F. solani* (5,3%), *F. equiseti* (19,5%), *F. avenaceum* var. *herbatum* (11,8%), *F. semitectum* (0,8%), *F. heterosporum* (3,8%), *F. sporotrichiella* var. *tricinctum* (6,1%), *D. sorokiniana* (16,0%), *D. avenae* (29,8%), *Rh. solani* (0,8) (Tabelele 1.3 și 1.4).

Tabelul 1.3. Specii de fungi izolați din baza tulpinilor de grâu (a. 2021)

Nr.	Genotip	Specie de fung	Număr de izolate
1	L Selania/Accent	*Fusarium avenaceum* var. *herbarum*	2
		F. equiseti	1
		Drechslera sorokiniana	4
		D. avenae	15
		Total	**22**
2	L Select/BȚ 43-42/Select	*F. sporotrichiella* var. *tricinctum*	3
		F. avenaceum var. *herbarum*	1
		F. equiseti	1
		D. sorokiniana	4
		D. avenae	6
		Total	**15**
3	Moldova 16	*F. oxysporum* var. *orthoceras*	4
		F. solani	3
		F. avenaceum var. *herbarum*	1
		F. equiseti	9
		F. sporotrichiella var. *tricinctum*	2
		D. sorokiniana	12
		D. avenae	6
		Total	**37**
4	Odeschi 267	*F. oxysporum* var. *orthoceras*	3
		F. solani	1
		F. avenaceum var. *herbarum*	5
		F. equiseti	22
		Total	**31**
5	Moldova 66	*F. oxysporum* var. *orthoceras*	1
		F. solani	4

		F. avenaceum var. *herbarum*	3
		F. equiseti	1
		F. sporotrichiella var. *tricinctum*	1
		D. sorokiniana	8
		D. avenae	18
		Total	**36**
6	L Bas./M3	*F. avenaceum* var. *herbarum*	3
		F. semitectum	2
		F. heterosporum	4
		F. equiseti	4
		D. sorokiniana	2
		D. avenae	4
		Total	**19**
7	L Cub. 101/Basarabeanca	*F. avenaceum* var. *herbarum*	6
		F. equiseti	4
		F. sporotrichiella var. *tricinctum*	8
		D. sorokiniana	4
		D. avenae	16
		Total	**38**
8	L 1/3/M 30	*F. avenaceum*	6
		F. heterosporum var. *herbarum*	6
		F. equiseti	1
		F. sporotrichiella var. *tricinctum*	1
		D. sorokiniana	6
		D. avenae	6
		Total	**26**
9	L M/M3	*F. oxysporum* var. *orthoceras*	5
		F. solani	4
		F. avenaceum var. *herbarum*	1
		F. equiseti	4
		F. sporotrichiella var. *tricinctum*	1
		Rhizoctonia solani	2
		D. sorokiniana	2
		D. avenae	6
		Total	**25**
10	L Mirgorodschi 27/Odeschi 162	*F. oxysporum* var. *orthoceras*	3
		F. solani	2
		F. avenaceum var. *herbarum*	3

		F. equiseti	4
		D. avenae	1
		Total	**13**
TOTAL IZOLATE			**262**

Tabelul 1.4. Frecvența speciilor de fungi izolați din plante de grâu cu simptome de putregai la baza tulpinii, a. 2021

Nr.	Specie	Număr izolate	%
1	*F. oxysporum* var. *orthoceras*	16	6,1
2	*F. solani*	14	5,3
3	*F. equiseti*	51	19,5
4	*F. avenaceum* var. *herbarum*	31	11,8
5	*F. semitectum*	2	0,8
6	*F. heterosporum*	10	3,8
7	*F. sporotrichiella* var. *tricinctum*	16	6,1
8	*D. sorokinana*	42	16,0
9	*D. avenae*	78	29,8
10	*Rh. solani*	2	0,8
Total		**262**	100,0

Indicele de diversitate a constituit 1,80, iar de dominanță – 0,30 pentru ciuperca *D. avenae*.

După cum se observă din datele prezentate, în anul 2021 au fost înregistrate cu frecvență semnificativă din același set de genotipuri analizat în 2020 și practic de pe același teren – 2 specii de fungi neizolate anterior – *F. avenaceum* var. *herbarum* (11,8%) și *F. sporotrichiella* var. *tricinctum* (6,1%), în schimb nu s-au înregistrat alte specii, printre care și *A.alternata* care în anul precedent s-a înregistrat cu o frecvență destul de semnificativă (9,3%).

Deși fungii izolați manifestă polifagie înaltă, fără să recunoască bariere taxonomice largi, analiza clusteriană (A) și scanarea multidimensională (B) în baza distanțelor euclidiene, au demonstrat totuși existența similitudinilor / deosebirilor genotipurilor de grâu în baza nivelului de infectare în anul 2020 (Figura 1.5).

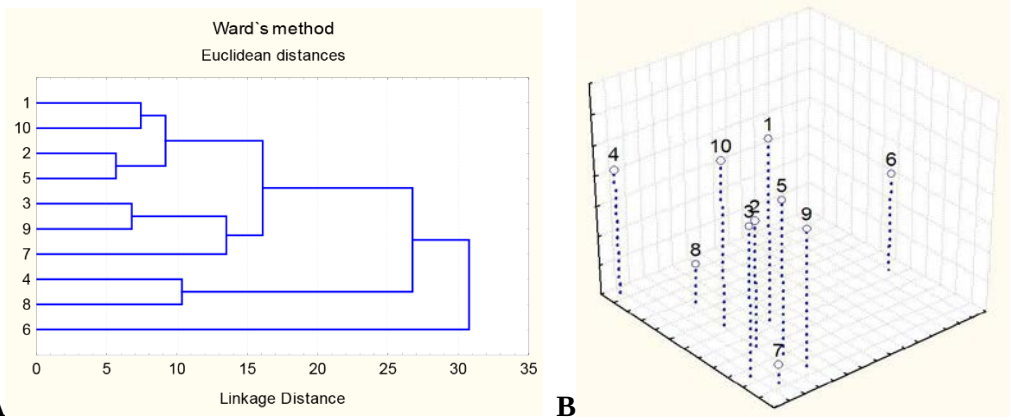


Figura 1.5. Dendrograma de distribuție (A) și scanarea multidimensională (B) ale genotipurilor de grâu în baza similitudinii frecvenței de infectare cu fungi patogeni (a. 2020).

1 – L Selania/Accent, 2 – L Select/BȚ 43-42/Select, 3 – Moldova 16, 4 – Odeschi 267, 5 – Moldova 66, 6 – L Basarabeanca/M30, 7 – L Cubani 101/Basarabeanca, 8 – L 1/3/Basarabeanca, 9 – L M/M3, 10 – L Mirgorodschi 27/Odeschi 162.

Conform *variațelor inter- și intraclusteriene* ale fungilor, în anul 2020 cea mai înaltă capacitate de separare / diferențiere a genotipurilor de grâu aflate în studiu, au înregistrat speciile de fungi *F. oxysporum* var. *orthoceras* (1), *F. sambucinum var. minus* (11), *D. avenae* (12), *A.alternata* (15), în cazul cărora varianța interclusteriană a marcat o superioritate cu suport statistic în raport cu varianța intraclusteriană. Deci, acei fungi care s-au izolat cu frecvență mai înaltă din plantele bolnave, au și făcut diferența între nivelul de infectare a genotipurilor de grâu cu agenții cauzali ai putrezirii rădăcinii (Tabelul 1.5, Figura 1.6).

Tabelul 1.5. Analiza variațelor inter- și intraclusteriene ale fungilor (a. 2020)

Nr	Specie	Varianță inter-clusteriană	df	Varianță intra-clusteriană	df	F	p
1	*F. oxysporum* var. *orthoceras*	**177,385***	2	**46,214**	7	**13,434**	**0,004**
2	*F. solani*	8,400	2	46,000	7	0,639	0,560
3	*F. culmorum*	0,686	2	3,714	7	0,646	0,553
4	*F. javanicum*	0,043	2	0,857	7	0,175	0,843
5	*F. equiseti*	80,286	2	121,714	7	2,309	0,170
6	*F. aquaeductuum* var. *dimerum*	2,071	2	7,929	7	0,914	0,444

7	*F. moniliforme* var. *lactis*	0,686	2	7,714	7	0,311	0,742
8	*F. lateritium*	0,043	2	0,857	7	0,175	0,843
9	*F. microcera*	0,043	2	0,857	7	0,175	0,843
10	*F. semitectum*	6,400	2	8,000	7	2,800	0,128
11	*F. sambucinum var. minus*	**21,543***	2	**0,857**	7	**87,967**	**0,000**
12	*D. avenae*	**256,743***	2	**30,857**	7	**29,121**	**0,000**
13	*D. sorokiniana*	15,343	2	58,857	7	0,906	0,447
14	*D. graminea*	3,043	2	5,357	7	1,988	0,207
15	*A.alternata*	**95,186***	2	**17,714**	7	**18,807**	**0,001**
16	*C. var. herbarum*	0,043	2	0,857	7	0,175	0,843

*-p<0,05.

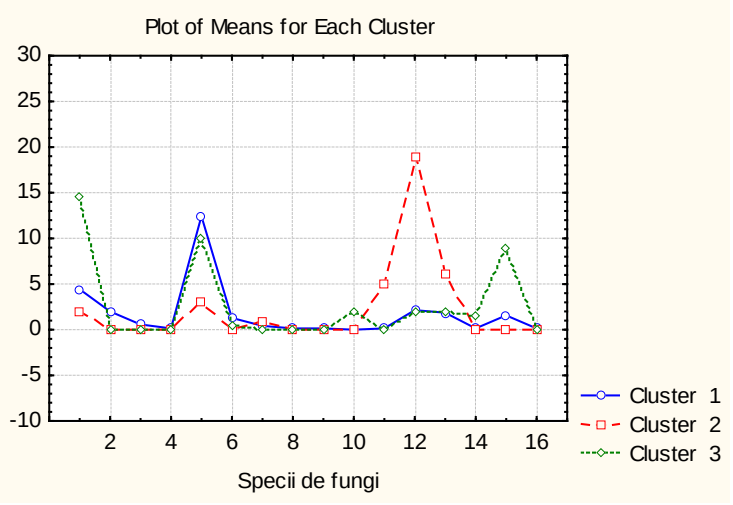


Figura 1.6. Capacitatea diferitelor specii de fungi de diferențiere a genotipurilor de grâu în baza gradului de infectare (a. 2020).

1 – *F. oxysporum* var. *orthoceras*, 2 – *F. solani*, 3 – *F. culmorum*, 4 – *F. javanicum*, 5 – *F. equiseti*, 6 – *F. aquaeductuum* var. *dimerum*, 7 – *F. moniliforme* var. *lactis*, 8 – *F. lateritium*, 9 – *F. microcera*, 10 – *F. semitectum*, 11 – *F. sambucinum* var. *minus*, 12 – *D. avenae*, 13 – *D. sorokiniana*, 14 – *D. graminea*, 15 – *A. alternata*, 16 – *C.* var. *herbarum.*

Este de menționat din *clusterul 1* au făcut parte genotipurile L Selania/Accent (1), Select/BȚ43-42/Select (2), Moldova 16 (3), Moldova 66 (5), L Cubani 101/Basarabeanca (7), L M/M3 (9), L Mirgorodschi 27/Odeschi 162 (10); *clusterul 2*: L Basarabeanca/M30 (6); *clusterul 3:* Odeschi 267 (4), L 1/3/Basarabeanca (8) (numărul genotipului – conform Figura 1.5).

Datele prezentate în Figura 1.7 demonstrează că nivelul de similitudine a genotipurilor conform nivelului de infectare cu fungi în anul 2021, s-a deosebit puternic de datele din anul 2020. Aceasta s-ar putea explica prin schimbarea complexului fungic care a produs putregaiul de rădăcină, dar și de condițiile climatice care au influențat atât dezvoltarea fungilor și plantei-gazdă, cât și interrelațiile acestora.

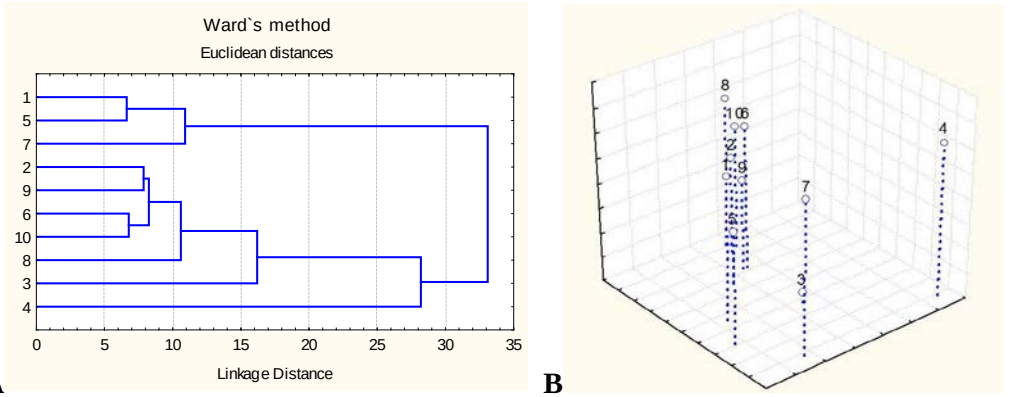


Figura 1.7. Dendrograma de distribuție (A) și scanarea multidimensională (B) ale genotipurilor de grâu în baza similitudinii frecvenței de infectare cu fungi patogeni (a. 2021).

1 – L Selania/Accent, 2 – L Select/BȚ 43-42/Select, 3 – Moldova 16, 4 – Odeschi 267, 5 – Moldova 66, 6 – L Basarabeanca/M30, 7 – L Cubani 101/Basarabeanca, 8 – L 1/3/Basarabeanca, 9 – L M/M3, 10 – L Mirgorodschi 27/Odeschi 162.

În anul 2021 cea mai înaltă capacitate de separare / diferențiere a genotipurilor de grâu aflate în studiu, au înregistrat fungii *F. equiseti* (3) și *D. avenae* (9), în cazul cărora varianța interclusteriană a fost mult mai înaltă comparativ cu varianța intraclusteriană (Tabelul 1.6, Figura 1.8).

Din ***clusterul 1*** au făcut parte genotipurile L Selania/Accent (1), Moldova 66 (5), L Cubani 101/Basarabeanca (7); ***clusterul 2:*** L Select/BȚ43-2/Select (2), Moldova 16 (3), L Basarabeanca/M30 (6), L 1/3/Basarabeanca (8), L M/M3 (9), L Mirgorodschi 27/Odeschi 162 (10); ***clusterul 3***: Odeschi 267 (4) (numărul genotipului – conform Figura 1.7).

Tabelul 1.6. Analiza variațelor inter- și intraclusteriene ale fungilor (a. 2021)

Nr.	Specie	Varianță inter-clusteriană	df	Varianță intra-clusteriană	df	F	p
1	*F. oxysporum* var. *orthoceras*	7,773	2	26,667	7	**1,015**	**0,410**
2	*F. solani*	0,233	2	26,167	7	0,031	0,969

3	*F. equiseti*	**324,067**	**2**	**48,833**		**23,227**	0,001
4	*F. avenaceum* var. *herbarum*	6,733	2	28,167	7	0,837	0,472
5	*F. semitectum*	0,267	2	3,333	7	0,280	0,764
6	*F. heterosporum*	6,667	2	35,333	7	0,660	0,546
7	*F. sporotrichiella* var. *tricinctum*	9,567	2	44,833	7	0,747	0,508
8	*D. sorokiniana*	21,600	2	102,000	7	0,741	0,511
9	*D. avenae*	**332,100**	**2**	**25,500**	**7**	**45,582**	**0,000**
10	*Rhizoctonia solani*	0,267	2	3,333	7	0,280	0,764

* - p<0,05.

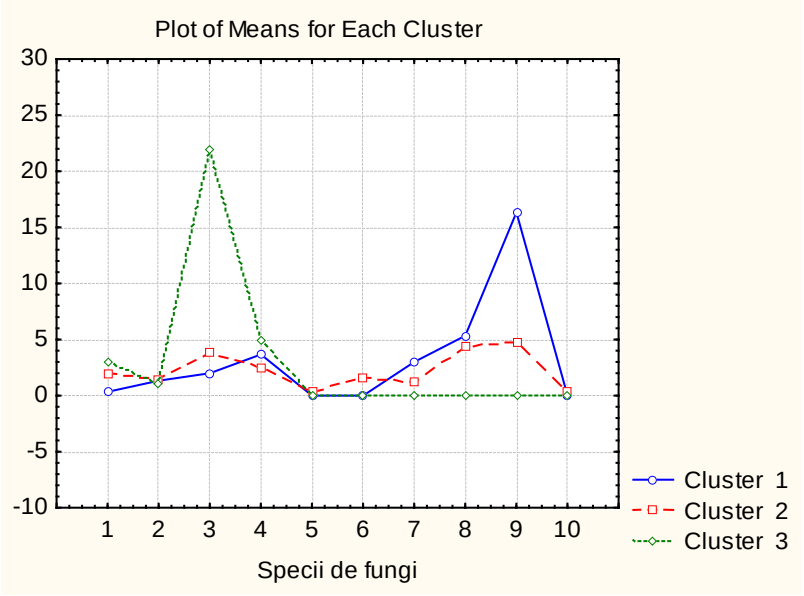


Figura 1.8. Capacitatea diferitelor specii de fungi de diferențiere a genotipurilor de grâu în baza gradului de infectare (a. 2021).

1 – *F. oxysporum* var. *orthoceras*, 2 – *F. solani*, 3 – *F. equiseti*, 4 – *F. avenaceum* var. *herbarum*, 5 – *F. semitectum*, 6 – *F. heterosporum*, 7 – *F. sporotrichiella* var. *tricinctum*, 8 – *D. sorokiniana*, 9 – *D. avenae*, 10 – *Rhizoctonia solani*.

Este de menționat, că ciuperca *F. avenaceum* var. *herbarum* pentru prima dată s-a înregistrat cu frecvență atât de înaltă în ultimii 10-15 ani în calitate de agent patogen al putregaiului de rădăcină la grâu în condițiile noastre. Analizele suplimentare cu privire la partea aeriană a plantelor de grâu cu semne de boală sau aparent sănătoase, au demonstrat că din totalitatea de izolate (54) extrase, acest fung a prezentat 59,3% (Tabelul 1.7).

Tabelul 1.7. Speciile de fungi izolate din partea aeriană a plantelor de grâu comun de toamnă (a. 2021)

Nr. mostrei	Organul plantei	Specie de fung	Nr. de izolate
1	Boabe bolnave	*F. avenaceum* var. *herbarum*	16
		F. semitectum	1
2	Boabe sănătoase	*Alternaria alternata*	3
3	Axul spicului	*F. avenaceum* var. *herbarum*	1
		F. semitectum	1
4	Tulpină	*F. avenaceum* var. *herbarum*	2
		F. semitectum	1
5	Frunză	*F. avenaceum* var. *herbarum*	13
		Helminthosporium avenae	13
		A. alternata	1
		A. consortiale	1
		Cladosporium var. *herbarum*	1
	Total:		**54**

Datele obținute în anul 2022, au demonstrat că genotipurile de grâu analizate nu s-au deosebit puternic în baza atacului putregaiului de rădăcină, media gradului constituind: 0,68 și 0,87 (în scara: 0; 0,1; 1; 2, 3) pentru plantele "viguroase" și "firave", respectiv. Aceasta s-ar putea explica prin faptul că condițiile secetoase ale anului 2022 au suprimat într-o oarecare măsură dezvoltarea agenților cauzali ai maladiei, influențând mai puternic vigoarea plantelor.

Prin izolarea și identificarea a 150 tulpini, extrase din plante cu semne de boală, s-a constatat că maladia a fost provocată de fungii *F. oxysporum, F. solani, F. culmorum, F. lateritium, F. equiseti, F. sambucinum* var. *minus, F. aquadectuum, F. semitectum, N. maydis, A. alternata, D. sorokiniana, D. avenae, Rh. solani, Mycelia sterilia,* frecvența cărora a fost diferită la cele 2 grupuri de plante.

Astfel, rata fungilor cu virulență pronunțată – *F. oxysporum, F. solani, F. culmorum, F. lateritium* a fost mai înaltă la plantele viguroase, iar cele cu saprofitism mai pronunțat – *F. equiseti, F. sambucinum, N. maydis, A. alternata* – la plantele mai susceptibile (Tabelul 1.8).

Tabelul 1.8. Specii de fungi izolați din baza tulpinii de grâu comun de toamnă, a. 2022

Nr.	Genotip	Plante viguroase (0,68, grad)		Plante firave (0,87, grad)	
		Specie de fung	Nr. izolate	Specie de fung	Nr. izolate
1	Cuialnic	*F. equiseti*	2	*F.o.o*	3
				Mycelia sterilia	2
2	Odeschi 267	*F. oxysporum* var. *orthoceras (F.o.o.*)	4	*F.o.o*	2
		F. solani	1	*F. equiseti*	3
		F. equiseti	2	*A. alternata*	2
3	Moldova 11	*F. o.o*	3	*F. equiseti*	3
		F. culmorum	6	*F. culmorum*	2
		F. semitectum	4	*F. sambucinum* var. *minus*	1
				D. sorokiniana	1
				A. alternata	1
4	Bucovina	*F.o.o*	5	*F.o.o*	1
		F. solani	1	*F. equiseti*	1
		F. equiseti	3	*N. maydis*	4
		F. sambucinum var. *minus*	6		
5	Miranda	*F.o.o*	3	*F. oxysporum*	2
		F. equiseti	5	*F.o.o*	11
		F. lateritium	4	*F. solani*	1
		F. aquaeductum	1	*D. avenae*	1
6	L Cub. 101/ Basarabeanca	*D. sorokiniana*	2	*F.o.o*	2
				F. equiseti	1
				F. culmorum	1
				F. semitectum	1
				Rh. solani	1
7	L Sel./Accent	*F. equiseti*	1	*F. solani*	1
		F. sambucinum var. *minus*	1	*F. equiseti*	4
		F. culmorum	1	*A.alternata*	1
		F. aquadectuum	1		
8	L Bas./ Moldova	*F.o.o*	5	*F.o.o*	1
		F. solani	1	*F. equiseti*	2
		A.alternata	2	*F. sambucinum* var. *minus*	3
				D. avenae	2

				D. sorokiniana	1
9	Moldova 16	*F. equiseti*	6	*F. o.o.*	2
		F. culmorum	1	*F. equiseti*	2
		F. semitectum	1	*F. sambucinum* var. *minus*	1
		F. lateritium	1		
10	Moldova 66	*F.o.o*	2	*F. equiseti*	6
		F.solani	1	*F. sambucinum* var. *minus*	5
		F. equiseti	1	*F. semitectum*	1
		F. lateritium	4	*Rhizoctonia solani*	1
		F.culmorum	1		
		F. sambucinum var. *minus*	1		

Tabelul 1.9. Frecvența speciilor de fungi izolați din plante de grâu cu simptome de putregai (a. 2022)

Nr.	Specie	Plante viguroase (0,68, grad)		Plante firave (0,87, grad)	
		Număr	Rată, %	Număr	Rată, %
1	*F. oxysporum*	22	25,88	13	20,0
2	*F. solani*	4	4,71	2	3,08
3	*F. equiseti*	20	23,53	20	30,77
4	*F. culmorum*	9	10,59	3	4,62
5	*F. sambucinum*	8	9,41	10	15,39
6	*F. lateritium*	9	10,59	-	-
7	*F. aquaeductuum*	2	2,35	-	-
8	*F. semitectum*	5	5,98	2	3,08
9	*N. maydis*	-	-	4	6,15
10	*A. alternata*	2	2,35	4	6,15
11	*D. sorokiniana*	2	2,35	2	3,08
12	*D. avenae*	-	-	3	4,62
13	*Rh. solani*	-	-	2	3,08
14	*M. sterilia*	2	2,35	-	-
15	***Total:***	85	100,0	65	100,0

S-a constatat că la plantele de grâu viguroase, diversitatea fungilor a fost mai diminuată (2,25), comparativ cu cele firave (2,40). În cazul primului grup de plante dominanța a revenit ciupercii *F. oxysporum* (0,35), iar în al doilea grup – *F. equiseti* (0,31).

Rezultatele denotă că plantele viguroase, prin manifestarea unei reacții de apărare mai active, au prezentat un mediu nutritiv favorabil pentru un cerc mai restrâns de patogeni, pe când cele firave, cu potențial de apărare mai slab au putut fi colonizate ușor și de ciuperci cu virulență diminuată, dar saprofitism pronunțat.

1.2. Interacțiuni *plantă x patogen* – impactul asupra variabilității și heritabilității caracterelor de creștere și dezvoltare ale grâului comun

Ciupercile dezvoltă interacțiuni cu plantele, variind de la asocieri dăunătoare până la benefice (mutualiste), jucând un rol major în ecosistemele naturale și agricole. Aceste interacțiuni pot avea un impact major asupra agriculturii, mediului și, în consecință, asupra economiei. Fungii au potențialul de a afecta structura comunității de plante, limitând prezența unor specii și promovând altele [4, 11]. Ciupercile patogene ale plantelor, reprezintă o amenințare relevantă pentru producția de culturi, securitatea și siguranța alimentară. Se preconizează ca aceste efecte să se agraveze în contextul scenariului schimbărilor climatice. Este de remarcat totuși faptul că prezența stresului abiotic în loc să fie aditivă, poate avea ca efect reducerea sau creșterea susceptibilității la un agent patogen și invers. Plantele au dezvoltat diverse mecanisme de apărare pentru a face față acestor interacțiuni nocive. În schimb, ciupercile benefice asociate plantelor sunt distribuite pe scară largă și contribuie la furnizarea de nutrienți și creșterea toleranței plantelor la stres sau a rezistenței la boli. Ciupercile micorizice – un grup de taxoni fungici diferiți, formează asociații simbiotice cu rădăcinile a aproximativ 90% din toate speciile de plante, furnizând plantelor nutrienți minerali în schimbul carbonului fix [5, 9]. Cercetările ulterioare asupra mecanismelor implicate atât în interacțiunile patogene, cât și în cele mutualiste, precum și a diferențelor subtile care duc la rezultate diferite, sunt astăzi dintre cele mai interesante subiecte în știința despre plante, dar și în știința despre fungi. Noile informații ar putea fi valorificate în optimizarea asociațiilor benefice pentru a dezvolta noi strategii de protecție a plantelor. Studii recente atenționează și asupra rolului microorganismelor asociate plantelor în compromisul plantelor între creștere și apărare, deschizând o nouă perspectivă în utilizarea lor în agricultura durabilă [8].

Paternul de heritabilitate al caracterului este important pentru ameliorarea plantelor deoarece oferă informaţie în măsura în care un caracter particular poate fi transmis de la părinte la descendenţi [10, 58], iar estimarea heritabilităţii oferă informaţii despre nivelul controlului genetic al caracterului [59].

Valorile înalte ale heritabilității în sens larg, asociate cu progresul genetic înalt relevă contribuția semnificativă a variației genetice aditive în expresia caracterului și, totodată, faptul că însăși selecția bazată pe aceste trăsături joacă un rol vital în ameliorarea lor [30, 49].

Coeficientul genotipic de variație este cel mai optim indice pentru aprecierea variației genetice, iar coeficientul de heritabilitate înalt pentru diferite caractere indică contribuția înaltă a componentei genotipice [66]. Pentru cuantificarea variabilității și compararea caracterelor, coeficientul genotipic de variaţie (GCV), coeficientul fenotipic de variaţie (PCV), heritabilitatea și avantajul genetic se apreciază conform autorilor Snedecor, Cochram [56].

În legătura cu complexitatea sistemelor de factori de care depind manifestările putregaiului de rădăcină la grâu la nivelul organelor de creștere, scopul cercetărilor a constat în stabilirea variabilității și heritabilității acestora la interacțiunea cu unii agenți patogeni importanți în inițierea și dezvoltarea maladiei – *F. oxysporum, F. solani, D. sorokiniana, F. avenaceum.*

Cercetările cu privire la interacțiunile *fung x grâu comun de toamnă* au fost efectuate în condiții de laborator. În calitate de material au fost utilizate 8 genotipuri ce prezintă linii şi soiuri de grâu comun de toamnă – L 1/3/M 3, L Sel./Accent, L Bas./M 30, L M/M3, L Cub. 101/Bas., Moldova 16, Moldova 66, Moldova 11.

Filtratele de cultură (FC) ale fungilor menționați s-au preparat în baza mediului lichid Cszapek [62], numerotate FC 1, FC 2, FC 3 pentru fiecare specie de fung.

Boabele de grâu au fost tratate cu FC timp de 18 ore, după care au fost clătite cu apă distilată şi menținute timp de 6 zile în cutii Petri pe hârtie de filtru umectată. În calitate de caractere metrice au servit germinația, lungimea radiculei, tulpiniţei, plantulei care sunt asociate cu adaptarea la stresul biotic la etape timpurii ale ontogenezei plantelor.

Pentru analiza variației – genetice, fenotipice, și heritabilității caracterelor de creştere a plantulelor de grâu, au fost utilizate metodele propuse de [1, 6]:

$$\sigma^2_g = (MSS - MSE)/r \quad (1.3)$$

$$\sigma^2_{ph} = \sigma^2_e + \sigma^2_g \quad (1.4)$$

$$h^2 = \sigma^2_g / \sigma^2_{ph} \times 100\% \quad (1.5)$$

$$PCV = 100 \times \sqrt{\sigma^2_{ph}} / \overline{x} \quad (1.6)$$

$$GCV = 100 \times \sqrt{\sigma^2_g} / \overline{x} \quad (1.7)$$

$$GA, \% = 100 \times K \times h^2 \times \sigma_{ph} / \overline{x}, \quad (1.8)$$

în care σ^2_g – varianța genotipică; σ^2_{ph} – varianța fenotipică; σ^2_e (eroarea variației, sau EV) = MSE; h^2 – coeficient de heritabilitate în sens larg; PCV – coeficient de variație fenotipic; GCV – coeficient de variație genotipic; $\overline{x}$ – media generală a caracterului; GA,

% – avantajul genetic; K – diferențial de selecție = 2,06 la presiunea de selecție de 5%; σ_{ph} – deviația standard generală a caracterului.

1.2.1. Reacția genotipurilor de grâu comun la fungii *F. oxysporum, F. solani, D. sorokiniana*

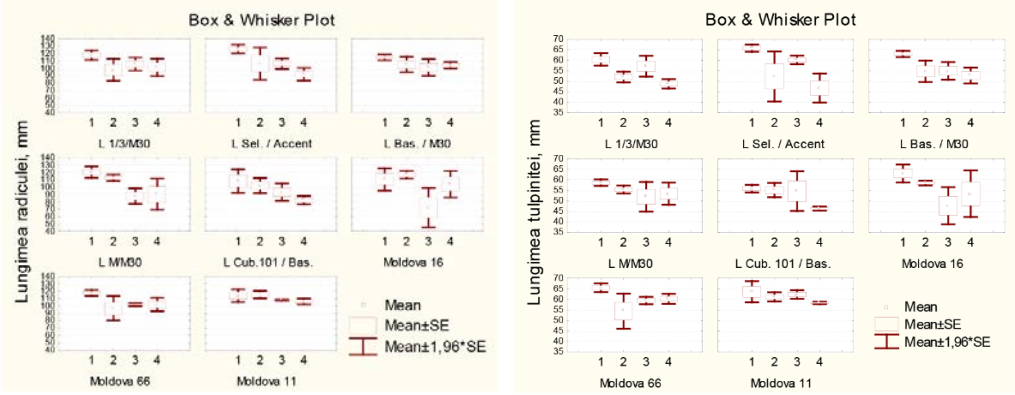
FC *F. oxysporum*. În majoritatea cazurilor, sub influenţa ciupercii a avut loc inhibarea creşterii radicului. Doar în două cazuri – Moldova 16 şi Moldova 11 la acţiunea FC1 s-a înregistrat stimulare uşoară – de 1,4 … 5,4% față de martor. În celelalte variante inhibarea a fost la nivel de 65,2 … 94,9% în raport cu plantele provenite din boabe netratate. Cele mai pronunţate inhibări s-au observat la genotipurile L Sel./Accent (-27,1% – FC 3), L M/M30 (-25,2 … -27,3% – FC2, FC 3), L Cub. 101/Bas. (-23,8% – FC 3), Moldova 16 (-34,8% – FC 2).

În cazul tulpiniţei, inhibarea sub influenţa FC n-a fost la fel de puternică ca în cazul radicului. Astfel, doar la genotipurile L Sel./Accent (FC 3) şi Moldova 16 (FC 2) inhibarea creşterii a atins valori de 28,9% şi 24,4%, respectiv. În celelate variante inhibarea a variat în limitele -2,0 … -19,4%.

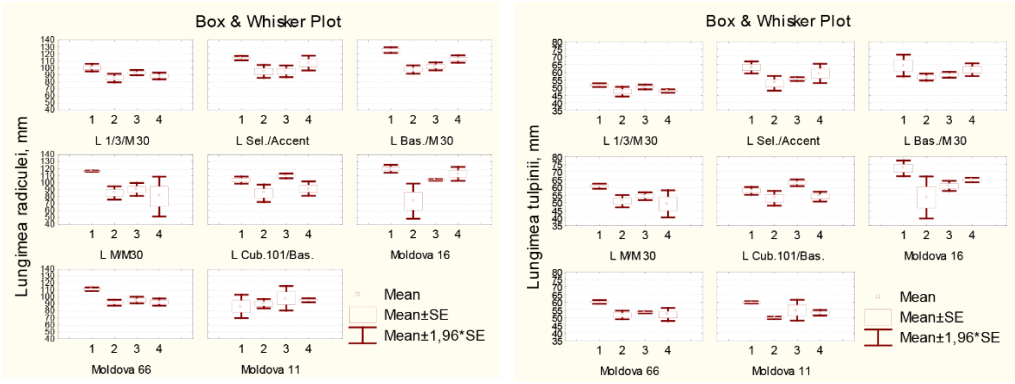
FC *F. solani*. S-a constatat că la L Cub. 101/Bas. (FC 2) şi Moldova 11 (FC1, FC 2, FC 3) s-a produs stimularea creşterii radicului embrionare: +4,6 … +13,4% în raport cu martorul. În celelate cazuri s-a înregistrat inhibare care a variat în limitele -6,1 … -38,7%. Cel mai sensibil genotip a fost L M/M30 la care în 3 variante cu FC lungimea radicului a fost cu 26,9 … 31,4% mai mică decât în varianta martor. Genotipurile L M/M30, Moldova 66 şi Moldova 11 au fost cele mai rezistente – la primele 2 genotipuri în variantele cu FC lungimea radicului a constituit -7,2 … -17,3% din varianta martor.

În ceea ce priveşte tulpiniţa, doar la L Cub. 101/Bas. s-a înregistrat stimularea creşterii (+9,2%) sub influenţa fungului. În celelalte variante, s-a constatat inhibare care a variat în limitele -2,3 … -26,5%. Cel mai sensibil genotip a fost Moldova 16, iar mai rezistent – L Cub. 101/Bas.: -10,5 … -26,5% (-8,4 … +9,2%), în raport cu martorul.

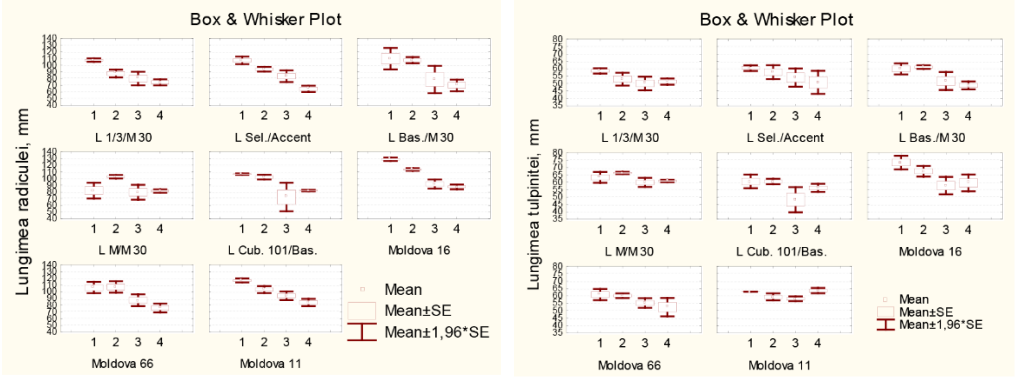
FC *D. sorokiniana*. Comparativ cu *F. oxysporum* şi *F. solani*, s-a observat o inhibare mai puternică a creşterii radicului. De exemplu, L M/M30 care a manifestat sensibilitate relativ slabă în cazul primilor 2 fungi, la tratarea cu FC1, FC 2, FC 3 *D. sorokiniana* a înregistrat o inhibare de 18,6; 25,5 şi 30,7% în raport cu martorul. Diminuare pronunţată a lungimii radicului s-a observat şi în cazul genotipurilor L Sel./Accent, L Bas./M3, L Cub. 101/Bas., Moldova 16 la acţiunea FC2, FC3 şi Moldova 66 sub influenţa FC3 care a variat în limitele -22,1 … -39,8%. Mai puţin sensibil a fost L M/M 30, reacţia căruia a variat în diapazonul -3,0 … +25,2% în raport cu martorul. În ceea ce priveşte tulpiniţa, s-a observat o reacţie mai slabă comparativ cu radicula, ca şi în cazul fungilor *F. oxysporum* şi *F. solani*, dar diferenţierea genotipurilor a fost totuşi pronunţată (Figura 1.9).



FC *F. oxysporum*



FC *F. solani*

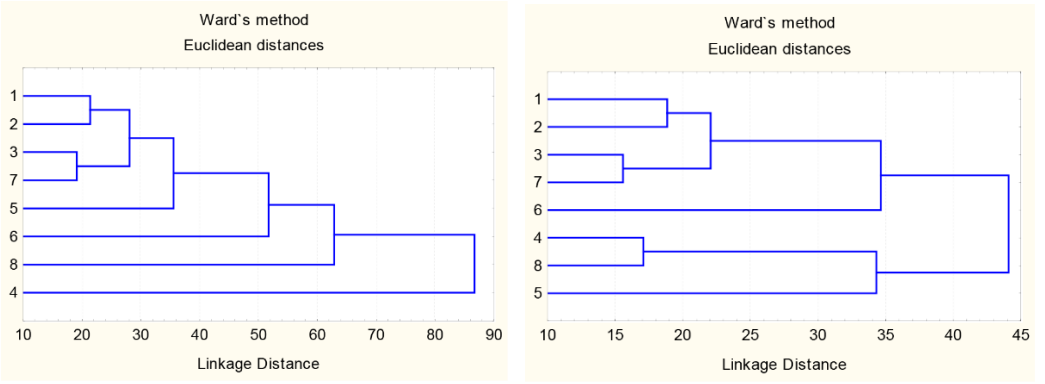


FC *D. sorokiniana*

Figura 1.9. Influența filtratelor de culturi ale unor fungi patogeni asupra caracterelor de creștere și dezvoltare la grâul comun de toamnă.

Astfel, cele mai rezistente genotipuri au fost L M/M 30 şi Moldova 11 la care abaterile de la martor au constituit -3,9 … +4,7% şi -7,6 … +1,2%, respectiv. De menţionat ca FC1 a acţionat cel mai slab asupra creşterii tulpiniţei la primele 7 genotipuri, ceea ce demonstrează patogenitatea slabă a tulpinii de fung, de aceea o diferenţiere mai pronunţată s-a produs în baza reacţiei la FC2 şi FC3. Sensibiltate relativ înaltă s-a manifestat la genotipurile Moldova 16 (-18,9 … -21,2%), L Bas./M 30 (-13,7 … -18,8%), L 1/3/M 30 (-12,3 … -14,4%) (Figura 1.9).

Dendrograma de repartiție a genotipurilor de grâu în baza sensibilității la FC (% la martor) a demonstrat deosebiri de similitudine a acestora, în special în cazul creșterii tulpinței, în căzul căreia separarea clusterelor a fost mai distinctă (Figura 1.10).



Lungimea radiculei Lungimea tulpiniței

Figura 1.10. Dendrograma de repartiție a genotipurilor de grâu comun de toamnă în baza reacției la filtratele de culturi *F. oxysporum, F. solani, D. sorokiniana*

1 – L 1/3/M 3, 2 – L Sel./Accent, 3 – L Bas./M 30, 4 – L M/M3, 5 – L Cub. 101/Bas., 6 – Moldova 16, 7 – Moldova 66, 8 – Moldova 11.

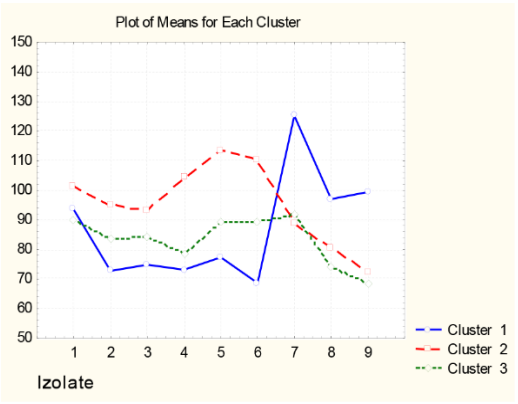
Prin analiza varianței clusterelor (metoda *k*-medii), s-a constatat că atât speciile de fungi, cât şi izolatele acestora au manifestat o capacitate diferențiată de separare a genotipurilor în clustere, această constatare fiind valabilă pentru pentru ambele organe testate – radiculă, tulpiniță, explicația fenomenului fiind specificitatea de interacțiune *genotip de grâu x specie/izolată de fung* (Figura 1.11).

Pe baza reacției radicului embrionare, *clusterul 1* a fost reprezentat de L M/M30 (media față de martor pentru cele 9 izolate constituind 86,83%), *clusterul 2* – Moldova 11 (95,34%), *clusterul 3* – L 1/3/M30, L Sel./Accent, L Bas./M30, L Cub. 101/Bas., Moldova16, Moldova 66 (83,32%).

În cazul tulpinței, *clusterul 1* a fost reprezentat de Moldova 16 (media față de martor pentru cele 9 izolate constituind 83,57%), *clusterul 2* – L 1/3/M30, L Sel./Accent,

L Bas./M30, L Cub. 101/Bas. (89,77%), *clusterul 3* – L M/M30, Moldova 66, Moldova 11 (91,22%).

mm



Lungimea radiculei

mm



Lungimea tulpiniței

Figura 1.11. Mediile genotipurilor de grâu în clustere

1, 2, 3 – FC1, FC2, FC3 *F. oxysporum*; 4, 5, 6 – FC1, FC2, FC3 *F. solani*; 7, 8, 9 – FC1, FC2, FC3 *D. sorokiniana.*

De remarcat că raportul *varianță interclusteriană/varianță intraclusteriană* pentru speciile/izolatele de fungi a fost diferit în cazul radiculei și tupiniței (Tabelele 1.9 și 1.10), ceea ce relevă plasticitatea fenotipică specifică a organelor de creștere și dezvoltare a grâului la acțiunea unuia și aceluiași FC.

Tabelul 1.9. Analiza variației clusterelor (metoda *k*-medii) genotipurilor de grâu în baza sensibilității radiculei embrionare (% la martor) la tulpinile de fungi patogeni

Specie de fung/tulpină	Varianță inter-cluste-riană	df	Varianță intra-cluste-riană	df	Raport var. inter-/intra-cluste-riană	F	p
F. oxysporum, FC 1	112,30	2	403,49	5	0,28	0,70	0,54
F. oxysporum, FC 2	246,70	2	412,23	5	0,60	1,50	0,31
F. oxysporum, FC 3	165,97	2	340,25	5	0,49	1,22	0,37
F. solani, FC 1	652,70	2	390,19*	5	1,67	4,18	0,09
F. solani, FC 2	705,61	2	404,94*	5	1,74	4,36	0,08
F. solani, FC 3	861,18	2	79,05*	5	10,89	27,23	0,00

D. sorokiniana, FC 1	1007,90	2	272,18*	5	3,70	9,26	0,02
D. sorokiniana, FC 2	452,76	2	132,71*	5	3,41	8,53	0,02
D. sorokiniana, FC 3	830,39	2	172,25*	5	4,82	12,05	0,01

* - p<0,05.

Tabelul 1.10. Analiza varianței clusterelor (metoda *k*-medii) genotipurilor de grâu în baza sensibilității tulpiniței la filtratele de cultură

Specie de fung/tulpină	Varianță inter-cluste-riană	df	Varianță intra-cluste-riană	df	Raport var. inter-/intra-clusteriană	F	p
F. oxysporum, FC 1	32,42	2	293,07	5	0,11	0,28	0,77
F. oxysporum, FC 2	253,42	2	111,07*	5	2,28	5,70	0,05
F. oxysporum, FC 3	245,50	2	101,97*	5	2,41	6,02	0,05
F. solani, FC 1	192,07	2	48,03*	5	4,00	10,0	0,02
F. solani, FC 2	153,41	2	273,47	5	0,56	1,40	0,33
F. solani, FC 3	125,52	2	36,17*	5	3,47	8,68	0,02
D. sorokiniana, FC 1	40,47	2	133,23	5	0,30	0,76	0,52
D. sorokiniana, FC 2	172,56	2	58,01*	5	2,98	7,44	0,03
D. sorokiniana, FC 3	177,25	2	194,25	5	0,91	2,28	0,20

* - p<0,05.

Una din cele mai importante însușiri integrale de creștere și dezvoltare ale plantei este indicele de vigoare (*germinația, % x lungimea plantulei,* mm) [24]. Avantajele energiei înalte de germinație și dezvoltare a semințelor constau în creșterea timpurie a plantulelor, adesea asociindu-se cu performanța înaltă a culturii sau "*crop stand establishment*", asemenea semințe fiind considerate semințe cu putere mare [13]. Vigoarea este principala componentă a calității seminței, pierderea căreia este însoțită de capacitatea joasă de germinație și viabilitatea diminuată a plantelor [25], parametrul fiind utilizat cu succes și în cercetarea influenței patogenilor *Fusarium* spp. asupra semințelor de grâu și ovăz [24].

În cercetările noastre s-a constatat că diminuarea germinației sub influența FC *F. oxysporum* a variat în raport cu martorul la cele 8 genotipuri aflate în studiu între 1 ... 7,9%; FC *F. solani*: 1 ... 7%; FC *D. sorokiniana*: 1 ... 8,1%. În unele variante s-au înregistrat ușoare stimulări ale germinației boabelor: 1,0% – FC *F.oxysporum*; 1 ... 4,2% – FC *F. solani*; 1 ... 5% – FC *D. sorokiniana* (Tabelele 1.11, 1.12 și 1.13).

Tabelul 1.11. Influenţa fungului *F. oxysporum* asupra vigorii boabelor de grâu, 2020

Nr.	Genotip	Germinaţie, %	Raport la martor, %	Lungimea plantulei, cm	Raport la martor, %	Indice de vigoare	Raport la martor, %	Media FC faţă de martor, %
1	L 1/3/M30	84,2±1,7	-	17,86±0,48	-	1501,07±11,88	-	-
2		77,5±1,4	92,1	15,0±0,91	83,8	1163,13±73,77*	77,5	81,9
3		79,2±7,9	94,1	16,34±0,63	91,1	1300,80±173,06	86,7	
4		81,7±2,2	97,0	15,0±0,68	83,8	1222,27±21,88*	81,4	
1	L Sel./Accent	83,3±1,7	-	19,22±0,38	-	1601,47±35,33	-	-
2		83,3±4,4	100	15,88±1,72	82,8	1325,67±167,9	82,8	80,1
3		81,7±3,6	98,0	16,7±0,47*	87,0	1367,40±98,03	85,4	
4		82,5±3,8	99,0	13,9±0,80*	77,7	1152,67±116,58*	72,0	
1	L Bas./M 30	82,5±3,8	-	17,82±0,27	-	1468,57±49,14	-	-
2		83,3±1,7	101,0	16,0±0,73	89,9	1331,40±37,52	90,7	88,6
3		82,5±3,8	100,0	15,6±0,80	87,6	1283,90±61,91	87,4	
4		81,7±3,6	99,0	15,72±0,39	88,2	1285,93±80,92	87,6	
1	L M/M30	82,5±5,0	-	17,93±0,49	-	1475,20±51,21	-	-
2		83,3±1,7	101,0	16,82±0,25	93,9	1400,87±21,33	95,0	83,8
3		81,7±6,0	99,0	13,98±0,89*	78,0	1151,80±152,89	78,1	
4		80,0±2,5	97,0	14,38±1,25	80,2	1156,43±137,89	78,4	
1	L Cub. 101/Bas.	83,3±2,2	-	16,42±0,90	-	1370,43±100,23	-	-
2		80,8±4,6	97,0	15,75±0,69	95,9	1269,17±55,09	92,6	85,5
3		80,8±2,2	97,0	14,79±1,06	90,0	1195,17±86,63	87,2	
4		81,7±3,3	98,0	12,89±0,35*	78,7	1051,10±36,11*	76,7	
1	M 16	83,3±5,8	-	17,39±0,99	-	1440,17±66,90	-	-
2		81,7±3,0	98,0	17,54±0,34	100,9	1432,17±55,12	99,4	84,6
3		83,3±3,3	100,0	12,00±1,81*	69,0	988,00±117,82*	68,6	
4		77,5±4,3	93,0	15,76±1,46	90,6	1233,57±177,07	85,7	
1	M 66	83,3±4,4	-	18,36±0,32	-	1529,53±81,86	-	-
2		79,2±5,5	95,0	15,13±1,28	82,2	1184,67±35,30*	77,5	84,8
3		83,3±0,8	100,0	16,19±0,17	88,2	1349,03±23,27	88,2	
4		83,3±1,7	100,0	16,26±0,59	88,6	1356,97±75,14	88,7	
1	M 11	83,3±2,2	-	17,77±0,70	-	1483,03±89,32	-	-
2		81,7±2,2	98,0	17,69±0,28	99,4	1445,37±54,26	97,5	95,6
3		84,2±4,4	101,0	17,06±0,12	96,1	1434,52±64,62	96,7	
4		83,3±1,7	100,0	16,45±0,22	92,7	1371,27±45,22	92,5	

* - diferenţă cu suport statistic de martor, $p \leq 0,05$.
Notă: 1 – Martor, 2 – FC 1, 3 – FC 2, 4 – FC 3.

În ceea ce privește un alt component al indicelui de vigoare – *lungimea plantulei*, s-a stabilit că la tratarea boabelor cu filtrate de culturi, diminuarea față de martor a variat

în limite largi – FC *F. oxysporum*: 0,6 ... 31,0%; FC *F. solani*: 4,2 ... 32,4%; FC *D. sorokiniana*: 1,6 ... 27,8%. Este de menționat că s-au înregistrat cazuri rare de stimulare a creșterii plantulei: 0,9% – Moldova 16 (FC1 *F. oxysporum*); 1,3 ... 7,0% (L M/M3 – FC3 *F. solani*, L Bas./M30, FC2 – *F. solani*); 1,9 ... 16,0% (L 1/3/M30, L M/M3 – FC1 *D. sorokiniana*). Media indicelui de vigoare (pentru 3 FC) în raport cu martorul a variat în limite largi: 80,1% și 95,6% – L Sel./Accent, Moldova11 în cazul fungului *F. oxysporum*; 75,5% și 93,2% – Moldova 66, L Bas./M30 – *F. solani*; 78,8% și 105,5% – L Sel./Accent, L M/M30 (Tabelele 1.11, 1.12 și 1.13).

Tabelul 1.12. Influența fungului *F. solani* asupra vigorii boabelor de grâu, 2020

Nr.	Genotip	Germinație %	Raport la martor, %	Lungimea plantulei, cm	Raport la martor, %	Indice de vigoare	Raport la martor, %	Media față de martor, %
1	L 1/3/M30	81,7±3,6	-	19,01±0,52	-	1554,9±101,3	-	-
2		80,8±3,6	98,9	15,46±0,42	81,3	1251,9±87,6	80,5	84,9
3		82,5±1,4	101,0	16,07±0,39	84,5	1325,9±45,5	85,3	
4		79,2±6,5	96,9	17,45±0,47	91,79	1380,5±110,0	88,8	
1	L Sel./Accent	82,5±2,9	-	19,20±0,55	-	1581,7±32,2	-	-
2		76,7±3,3	93,0	12,97±2,21	67,6	993,2±178,1	62,8	79,7
3		82,5±3,8	100,0	16,19±0,54	84,3	1331,7±21,2	84,2	
4		82,5±5,2	100,0	17,72±0,58	92,3	1457,7±67,0	92,2	
1	L Bas./M 30	81,7±0,8	-	16,11±0,34	-	1316,5±40,5	-	-
2		81,7±4,2	100,0	13,75±0,87	85,4	1128,5±123,7	85,7	93,2
3		79,2±3,3	96,9	17,26±0,29	107,1	1368,3±79,2	103,9	
4		81,7±2,2	100,0	14,52±0,65	90,1	1183,5±29,7	89,9	
1	L M/M30	83,3±2,2	-	14,66±0,86	-	1224,9±97,8	-	-
2		82,5±2,9	99,0	14,05±0,30	95,8	1158,9±48,8	94,6	97,2
3		79,2±5,1	95,1	15,31±1,24	104,4	1202,9±75,3	98,2	
4		81,7±2,2	98,1	14,85±0,24	101,3	1211,8±14,8	98,9	
1	L Cub. 101/Bas.	83,3±4,2	-	15,22±0,33	-	1270,6±88,2	-	-
2		83,3±3,6	100,0	13,29±0,47	87,3	1108,9±74,4	87,3	87,9
3		79,2±3,6	95,0	14,36±0,24	94,4	1138,6±70,5	89,6	
4		80,8±2,2	97,0	13,61±0,30	89,4	1101,2±48,5	86,7	
1	M 16	80,0±3,8	-	17,72±0,35	-	1415,2±43,2	-	-
2		83,3±3,0	104,2	14,78±0,72	83,4	1231,1±70,4	87,0	90,1
3		80,8±3,6	101,0	15,06±0,48	85,1	1220,1±85,5	86,2	
4		82,5±1,4	103,1	16,63±0,86	93,9	1374,4±93,7	97,1	
1	M 66	83,3±1,7	-	17,72±0,13	-	1476,6±22,1	-	-
2		80,8±3,0	97,0	13,62±0,68	76,9	1100,6±68,2	74,5	75,5
3		82,5±1,4	99,0	14,44±0,58	81,5	1192,1±62,1	80,7	
4		81,7±0,8	98,0	12,92±1,91	72,9	1052,1±146,4	71,3	
1	M 11	83,3±2,2	-	17,14±0,13	-	1428,1±27,5	-	-
2		85,0±3,8	102,0	14,38±0,35	83,9	1220,0±39,2	85,4	85,2
3		82,5±1,4	99,0	14,90±0,22	87,0	1230,2±35,9	86,1	
4		82,5±5,2	99,0	14,50±0,48	84,6	1200,9±116,0	84,1	

* - diferență cu suport statistic de martor, $p \leq 0,05$.

Notă: 1 – Martor, 2 – FC 1, 3 – FC 2, 4 – FC 3.

Tabelul 1.13. Influenţa fungului *D. sorokiniana* asupra vigorii boabelor de grâu, 2020

Nr.	Genotip	Germinaţie %	Raport la martor, %	Lungimea plantulei, cm	Raport la martor, %	Indice de vigoare	Raport la martor, %	Media FC față de martor, %
1	L 1/3/M30	82,5±1,4	-	13,77±1,48	-	1214,0±138,7	-	-
2		82,5±4,3	100,0	14,03±0,49	101,9	1162,0±101,4	95,7	86,6
3		75,8±6,0	91,9	13,07±0,73	94,9	982,3±25,8	80,9	
4		80,0±3,8	97,0	12,60±0,21	91,5	1008,9±60,0	83,1	
1	L Sel./Accent	81,7±0,8	-	16,67±0,38	-	1369,2±33,5	-	-
2		82,5±6,6	101,0	15,20±0,40	90,6	1248,7±69,3	91,2	78,8
3		80,0±6,3	98,0	13,77±0,74*	82,1	1092,2±27,1*	79,8	
4		77,5±7,5	94,9	11,53±0,64*	68,8	894,8±106,0*	65,4	
1	L Bas./M 30	82,5±1,4	-	16,10±1,66	-	1325,2±126,4	-	-
2		82,5±1,4	100,0	16,90±0,25	105,0	1393,7±14,7	105,2	84,9
3		76,7±6,8	92,9	13,03±1,28	80,9	1008,9±161,0	76,1	
4		81,7±4,2	99,0	11,90±0,53*	73,9	971,0±57,5*	73,3	
1	L M/M30	80,8±4,6	-	14,57±0,73	-	1170,8±11,8	-	-
2		82,5±2,5	102,1	16,90±0,10	116,0	1394,7±50,7*	119,1	105,5
3		83,3±2,2	103,1	13,97±0,72	95,9	1160,7±30,4	99,1	
4		80,8±3,6	100,0	14,23±0,15	97,7	1150,8±55,8	98,3	
1	L Cub. 101/Bas.	80,8±3,0	-	20,23±0,37	-	1634,0±46,1	-	-
2		82,3±1,5	101,9	18,10±0,29	89,5	1497,7±15,4	91,7	80,4
3		80,8±5,5	100,0	14,97±0,63*	74,0	1215,2±124,9	74,4	
4		83,3±3,0	103,1	14,70±0,46*	72,7	1227,5±79,1	75,1	
1	M 16	83,3±0,8	-	16,53±1,48	-	1378,7±128,4	-	-
2		87,5±2,9	105,0	16,27±0,38	98,4	1424,6±74,9	103,3	94,4
3		83,3±0,8	100,0	15,23±0,41	92,1	1270,0±45,0*	92,1	
4		81,7±5,8	98,0	14,80±0,38	89,5	1210,7±103,3*	87,8	
1	M 66	83,3±1,7	-	16,73±0,32	-	1394,3±69,6	-	-
2		80,0±5,8	96,0	16,30±0,27	97,4	1307,0±114,6	93,7	81,3
3		78,3±3,6	94,0	12,07±1,50	72,2	950,0±137,0	68,1	
4		82,5±2,5	99,0	13,87±0,09	82,9	1143,9±34,2	82,0	
1	M 11	84,0±2,1	-	16,73±0,58	-	1406,1±65,2	-	-
2		81,7±1,7	97,2	16,73±0,52	100,0	1365,0±21,5	97,1	85,6
3		80,8±4,2	96,2	14,27±0,58	85,3	1157,2±100,2	82,3	
4		85,0±2,9	101,2	12,83±0,60*	76,7	1090,0±55,1*	77,5	

*- diferenţă cu suport statistic de martor, $p \leq 0,05$.

Notă: 1 – Martor, 2 – FC 1, 3 – FC 2, 4 – FC 3.

Prin analiză corelaţională s-a constatat o dependenţă pronunţată între lungimea radicului şi lungimea tulpiniţei în variantele cu FC la cele 8 genotipuri studiate. Astfel, coeficientul de corelaţie (r) a constituit 0,80*, 0,82* şi 0,78* ($p \leq 0,05$) pentru *F. oxysporum, F. solani* şi *D. sorokiniana,* respectiv. S-a constatat, de asemenea că în cazul celor 3 fungi, indicele de vigoare cel mai mult a depins de lungimea plantulei (r = 0,89 … 0,90*, $p \leq 0,05$) (Tabelul 1.14).

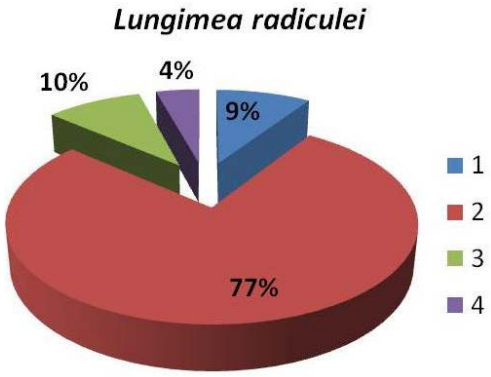
Tabelul 1.14. Dependenţe corelaţionale între componenţii indicelui de vigoare

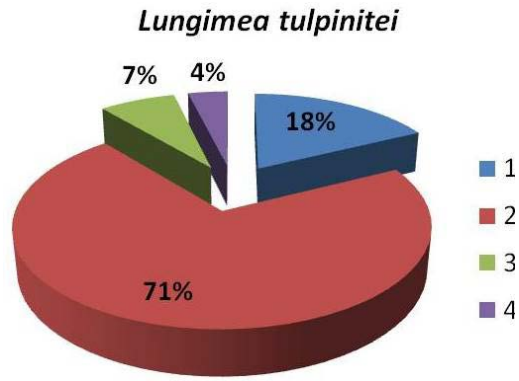
Dependenţe corelaţionale	**FC *F. oxysporum***	**FC *F. solani***	**FC *D. sorokiniana***
Germinaţie – lungimea plantulei	0,07	0,02	0,13
Indice de vigoare – germinaţie	0,52	0,45*	0,52*
Indice de vigoare – lungimea plantulei	0,89*	0,90*	0,90*

* – $p < 0,05$.

Precum se ştie, analiza factorială este o procedură multidimensională care pune în evidenţă rolul diferiţilor factori independenţi în variabilitatea unui caracter dependent [54].

Cercetarea relaţiilor *plantă – patogen* a demonstrat că ponderea genotipului în sursa de variaţie a *lungimii radicului* a constituit 9%, 17% şi 9%, iar a *lungimii tulpiniţei* – 18%, 35% şi 32%, respectiv, pentru *F. oxysporum, F. solani, D. sorokiniana.* În legătură cu aceasta, rolul izolatei a fost mai mare pentru radiculă – 77%, 71%, 87%, decât pentru tulpină – 71%, 59%, 62%, respectiv, fungilor *F. oxysporum, F. solani, D. sorokiniana* (Figurile 1.12 şi 1.13).





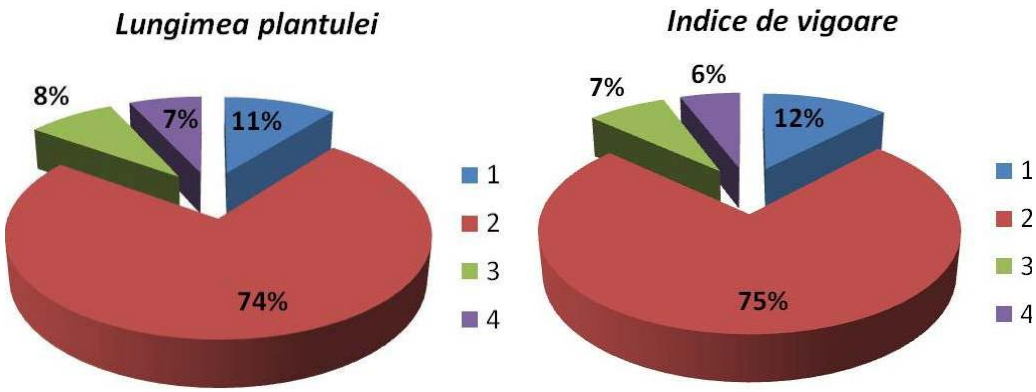
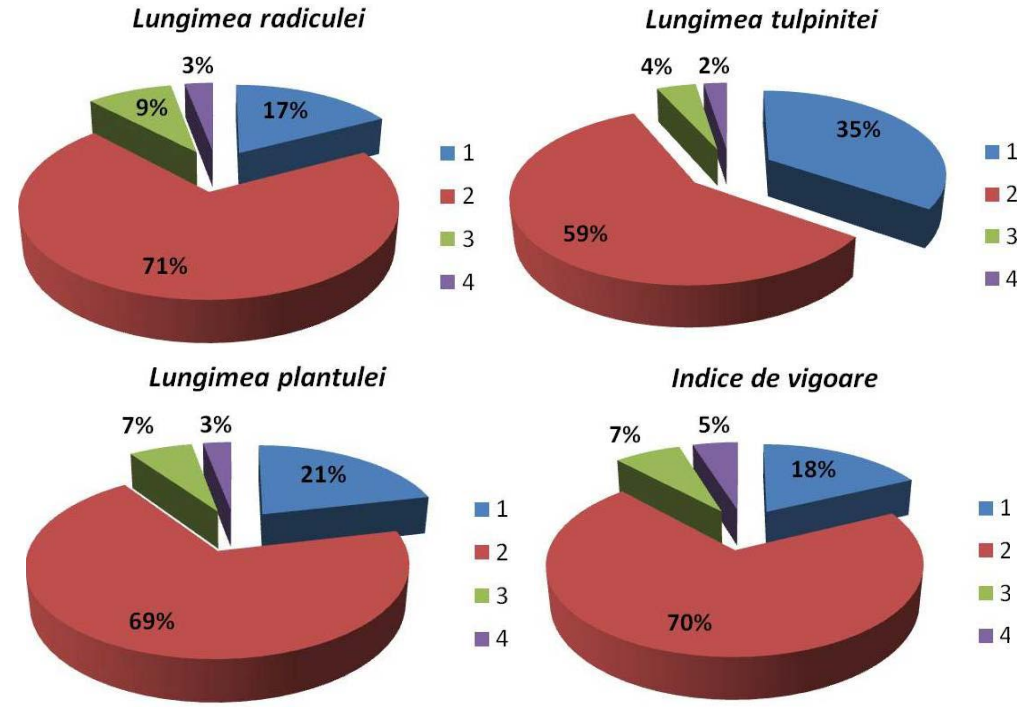


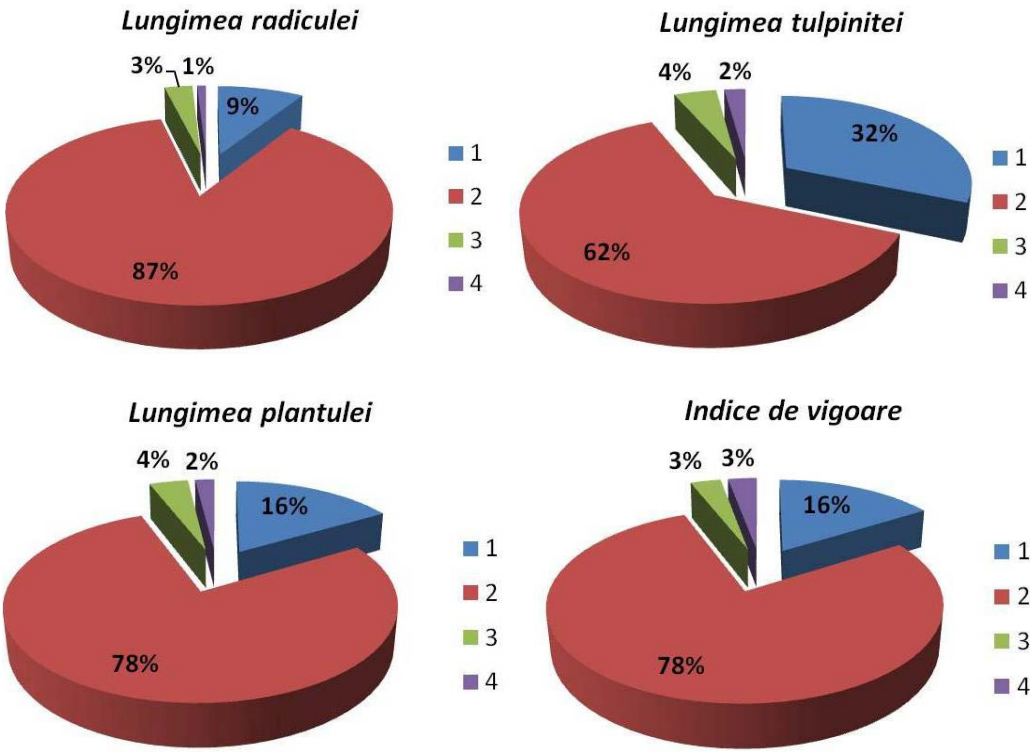
Figura 1.12. Analiza factorială a influenței interacțiunilor *grâu comun x F. oxysporum* asupra organelor de creștere ale plantei

1 – genotip, 2 – izolată, 3 – interacțiuni *genotip x izolată*, 4 – efecte aleatorii.

Un tablou similar s-a constatat și în cazul altor 2 caractere cercetate – *lungimea plantulei* și *indicele de vigoare*: ponderea genotipului în sursa de variație a *lungimii plantulei* a constituit 11%, 21% și 16%, iar a *indicelui de vigoare* – 12%, 18% și 16%, respectiv, pentru *F. oxysporum, F. solani, D. sorokiniana.*



F. solani



D. sorokiniana

Figura 1.13. Analiza factorială a influenței interacțiunilor *grâu comun x F. solani / D. sorokiniana* asupra organelor de creștere ale plantei

1 – genotip, 2 – izolată, 3 – interacțiuni *genotip x izolată*, 4 – efecte aleatorii.

Ca și în cazul precedent, rolul izolatei de asemenea a fost mare: *lungimea plantulei* – 74%, 69%, 78%, *indicele de vigoare* – 75%, 70%, 78%, respectiv, fungilor *F. oxysporum, F. solani, D. sorokiniana*. La general, este evident că toxicitatea FC a prevalat efectul factorului de genotip al grâului (Figurile 1.12 și 1.13).

Din datele prezentate în tabelul 1.15 se vede că variabilitatea genotipică (σ^2_G) şi fenotipică (σ^2_P) au fost mult mai înalte în cazul lungimii radicului decât a tulpiniţei şi, totodată, mai mari în cazul fungului *D. sorokiniana*, apoi *F. solani* şi în ultimul rând, la o distanţă detaşată – a ciupercii *F. oxysporum*. Acesta relevă că deşi există o corelaţie pozitivă destul de pronunţată între creşterea radicului şi a tulpiniţei, reacţia radicului la FC este mult mai diferenţiată decât a tulpinii. Totodată, sensibilitatea radicului a fost mai specifică pentru *D. sorokiniana* comparativ cu alţi 2 fungi. Aceasta s-a reflectat asupra unui parametru important – coeficientul genotipic de variație (GCV, %) care a respectat aceeaşi tendinţă ca și parametrul σ^2_G, înregistrând valori mai înalte la tratarea cu FC *D. sorokiniana* (13,23 … 13,59%) decât la tratarea cu FC *F. solani* (11,47 … 14,38%) şi

FC *F. oxysporum* (6,22 … 8,79%). Astfel, CGV (%) a fost mediu pentru *F. solani* şi *D. sorokiniana,* şi mic pentru *F. oxysporum*, ceea ce oferă şanse mai mari de reuşită la selectarea genotipurilor rezistente pentru primii 2 patogeni.

Tabelul 1.15. Variabilitatea genetică a genotipurilor de grâu în reacția la FC *F. oxysporum* în baza caracterelor de creştere

Parametru	Lungimea radiculei	Lungimea tulpiniței	Lungimea plantulei	Indice de vigoare
FC *F. oxysporum*				
σ^2_G	42,33	24,63	1,14	8799
σ^2_P	149,33	44,93	3,16	32634
h^2, %	28,35	54,82	36,1	27,0
CGV, %	6,22	8,79	6,63	7,09
CPV, %	11,68	11,87	11,03	13,66
CPV, % - CGV, %	5,46	3,08	4,4	6,57
GAM, %	7,87	12,88	9,14	8,03
FC *F. solani*				
σ^2_G	127,4	65,33	3,38	17038
σ^2_P	207,3	80,63	5,01	36040
h^2, %	61,46	81,02	67,5	47,3
CGV, %	11,47	14,38	2,25	10,33
CPV, %	14,63	15,98	2,74	15,03
CPV, % - CGV, %	3,16	1,6	0,49	4,7
GAM, %	18,43	19,41	8,61	13,99
FC *D. sorokiniana*				
σ^2_G	159,4	59,37	4,02	30381,3
σ^2_P	214,3	72,57	5,64	50561,3
h^2, %	74,38	81,81	71,3	60,1
CGV, %	13,59	13,23	13,40	14,22
CPV, %	15,76	14,63	15,88	18,35
CPV, % - CGV, %	2,17	1,4	2,48	4,13
GAM, %	27,48	18,46	21,7	21,08

Coeficientul de heritabilitate în sens larg (h^2, %) este considerat slab (0 – 30%), moderat (31 – 60%) şi înalt (≥61%) [18], fiind totodată şi un indicator al variabilităţii fenotipice. Astfel în cazul *F. oxysporum*, h^2 a fost relativ mic (28,35, %) pentru lungimea radiculei şi mediu (54,82,%) pentru lungimea tulpiniței. În variantele cu *F. solani* şi *D. sorokiniana,* h^2 a înregistrat valori înalte pentru organele de creştere care au variat în limitele 61,46 … 81,81, %. Aceasta relevă că creşterea radiculei a fost influențată mai mult de FC *F. oxysporum*, decât de FC *F. solani* şi FC *D. sorokiniana*. Totodată, h^2 a

avut valori mai înalte în cazul tulpiniţei, ceea ce denotă că comparativ cu radicula aceasta a fost mai puţin sensibilă la filtratele de cultură.

Conform autorilor [18, 61], efectul ambiental este demonstrat bine de magnitudinea diferenţei între PCV (%) şi GCV (%). Astfel, în cercetările noastre s-a constatat că acest indice a fost mai pronunţat pentru FC *F. oxysporum* decât pentru alţi doi fungi, şi totodată – mai mare pentru radiculă decât pentru tulpiniţă, datele confirmând în fond fenomenul stabilit în baza valorilor h^2.

S-a constatat că pentru organele de creştere, GAM (%) a avut valori relativ joase (7,87 … 12,88, %) în cazul fungului *F. oxysporum*, şi medii – înalte (18,43 … 27,48, %) în cazul fungilor *F. solani* şi *D. sorokiniana.* Lunând considerare şi valorile h^2, putem concluziona că la presiunea de selecție de 5% eficienţa selectării genotipurilor rezistente de grâu va fi mai reuşită pentru *F. solani* şi *D. sorokiniana* [36].

1.2.2. Reacția genotipurilor de grâu comun la *F. avenaceum*

Conform datelor noastre recente, în complexul fungic care produce putregaiul de rădăcină la grâul comun de toamnă (*T. aestivum* L.) în condiţiile Republicii Moldova, a crescut considerabil incidenţa ciupercii *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc. care a atins rata de 11,4% [37].

Ciuperca *F. avenaceum* a fost descrisă pentru prima dată în anul 1886 şi este una din cele mai răspândite specii patogene la plante, frecvent implicată în putregaiul rădăcinii, tulpinii, fructelor, căderea plantelor [47, 50, 57], producând pierderi economice enorme culturilor agricole.

De rând cu pierderile economice directe, pentru cultivatorii de cereale în special a grâului şi orzului fungul mai prezintă o îngrijorare de siguranţă alimentară din cauză că acesta este şi un producător activ de micotoxine în boabe, cum ar fi moniliformina, eniatinele, bovericina [26, 48, 63].

Prin analiza repetiţiilor ISSR (*Inter Simple Sequence Repeats*) a succesiunilor de ADN pentru beta-tubulină a 26 tulpini monosporiale de *F. avenaceum*, izolate din plante de graminee, s-a constatat o mare diversitate genetică în cadrul speciei *F. avenaceum* [67]. Analizele ADN – (RAPD)-PCR de asemenea au demonstrat o variație genetică considerabilă între izolatele *F. avenaceum*. Diversitatea genetică a fost confirmată şi de gradul ridicat de incompatibilitate vegetativă între 20 de izolate. Nu s-a constatat însă anumite relații între patogenitate, grupul RFLP, grupul RAPD și grupul de compatibilitate vegetativă [51]. Conform unor opinii, variaţiile ciupercii *F. avenaceum* au evoluat (i) prin polimorfisme ale nucleotidelor unice (SNP – *Single Nucleotide Polymorphism*), (ii) prin variaţii de lungime ale ADN determinate de secvenţele de inserție/deleție (Indels) [48].

Scopul cercetărilor noastre a constat în elucidarea particularităților de plasticitate fenotipică a genotipurilor de grâu comun de toamnă în răspunsul la acțiunea fungului *F. avenaceum,* identificarea clusterelor cu indice de vigoare înalt, variabilității și heritabilității rezistenței la patogen.

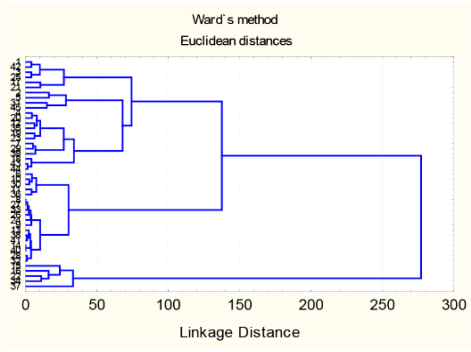
În calitate de material de studiu au fost utilizate 45 genotipuri de colecție, de perspectivă și omologate de grâu și 3 tulpini de *F. avenaceum* izolate din plante cu semne de putregai de rădăcină (Figura 1.14).



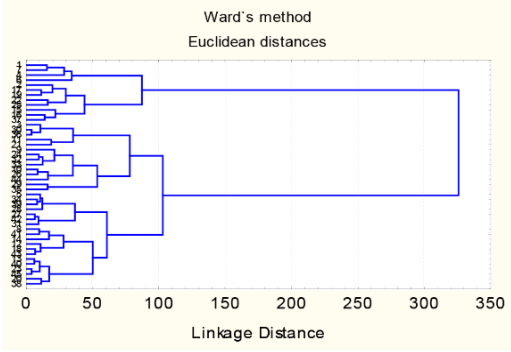
Izolata 1 Izolata 2 Izolata 3

Figura 1.14. Colonii de *F. avenaceum.*

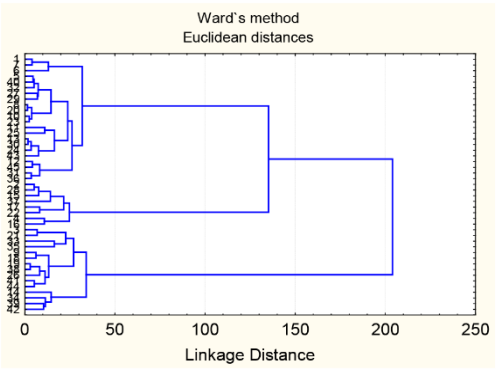
S-a procedat la aplicarea dendrogramelor de distribuţie a genotipurilor conform unor indici biologici importanţi. Astfel, s-a constatat că repartiţia genotipurilor în clustere conform germinaţiei, lungimii radiculei, lungimii tulpiniţei, lungimii plantulei, indicelui de vigoare a fost diferită, ceea ce denotă că similitudinea genotipurilor de grâu a fost determinată de specificitatea plasticității fenotipice a organelor de creştere ca răspuns la izolatele *F. avenaceum* (Figura 1.15).



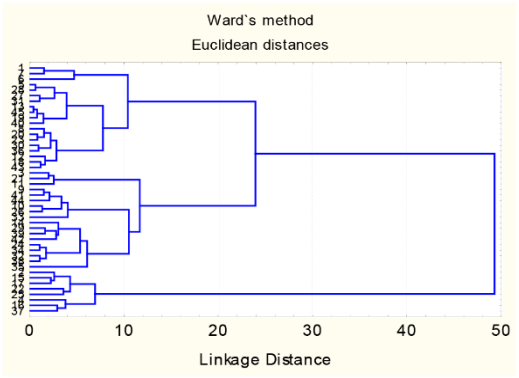
Germinație



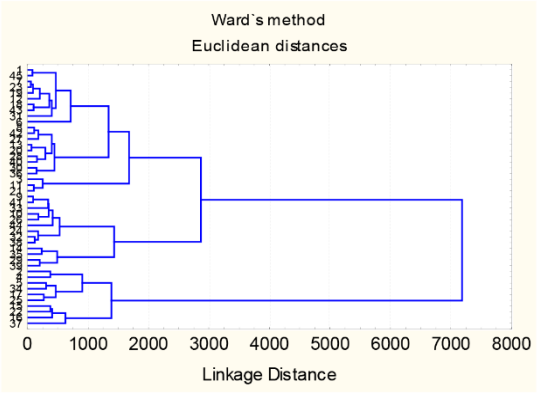
Lungimea radiculei



Lungimea tulpinei



Lungimea plantulei



Indice de vigoare

Figura 1.15. Dendrograma de repartiţie a genotipurilor de colecţie de grâu comun în baza reacţiei caracterelor de creştere şi dezvoltare la tulpinile *F. avenaceum.*

Pentru cuantificarea mai exactă a clusterelor de genotipuri de grâu şi rolului izolatelor fungului *F. avenaceum* în diferenţierea acestora, s-a aplicat analiza clusteriană după metoda *k*-mediilor (Tabelul 1.16). Datele obţinute denotă că media capacităţii de germinare în varianta martor a variat în limitele 85,11 ... 99,45%, indicând astfel o pretabilitate bună a boabelor selectate pentru testare.

Tabelul 1.16. Statistica descriptivă a clusterelor de genotipuri de grâu formate în baza germinaţiei boabelor de grâu

Variantă	Medie, %	Deviaţie standard	Membru al clusterului
Clusterul 1, n = 5			
Martor	85,11	6,79	
FC 1 *F .avenaceum*	61,33	5,27	

FC 2 *F. avenaceum*	77,33	4,63	15 – Urbanus,16 – Python, 22 – Neven, 34 – Judita, 37 – Bucovina SV.
FC 3 *F. avenaceum*	73,77	12,39	
Clusterul 2, n = 6			
Martor	99,45	0,93	1 – Avânt , 3 – Moldova 30, 17 – Zvitlaga, 21 – Aneta, 25 – Nasnaga, 42 – Moldova 66.
FC 1 *F. avenaceum*	80,74	7,53	
FC 2 *F. avenaceum*	95,55	3,52	
FC 3 *F. avenaceum*	92,96	2,29	
Clusterul 3, n = 12			
Martor	97,97	2,21	2 – S.i. Cubani 101, 4 – Selania, 5 – Aluniș, 12 – Select, 18 – Apullum, 19 – Turda 81, 23 – Vyara, 31 – ITC-30, 35 – Avenue, 43 – Kuialnic, 44 – Miranda , 45 – Centurion.
FC 1 *F. avenaceum*	93,24	5,64	
FC 2 *F. avenaceum*	82,22	8,08	
FC 3 *F. avenaceum*	92,88	7,25	
Clusterul 4, n = 22			
Martor	99,25	1,05	6 – Căpriana, 7 – BȚ 16-04, 8 – Accent, 9 – Balada, 10 – Niconia, 11 – BT 43-42, 13 – Trublion, 14 – Numitor, 20 – Ardeal, 24 – Messino, 26 – L 641/19, 27 – L 642/19, 28 – L 643/19, 29 – Cuibo, 30 – ITC 12, 32 – GK Koros, 33 – Tika-Taka, 36 – Rotax, 38 – Speranța, 39 – Dacia, 40 – Transilvania, 41 – Amor.
FC 1 *F. avenaceum*	97,33	3,05	
FC 2 *F. avenaceum*	97,58	2,10	
FC 3 *F. avenaceum*	97,08	4,12	

Clusterele de genotipuri s-au deosebit mult în ceea ce privește reacția boabelor la tratarea cu FC. De exemplu, media (%) pentru cele 5 genotipuri din *clusterul 1* în variantele FC1, FC2, FC3 a fost cu 23,78; 7,78; 11,34%, respectiv, mai mică decât în varianta martor (85,11%), ceea ce relevă acțiunea diferită a izolatelor *F. avenaceum*. *Clusterul 2* (n= 6) s-a caracterizat în special prin sensibilitate pronunțată pentru FC1 (-18,71% față de martor), iar clusterul 3 (n = 12) – pentru FC2 (-15,75%).

Este de menționat că *clusterul 4* – cel mai mare (n = 22), în care s-au repartizat genotipuri de origine autohtonă (Căpriana, BȚ 16-04, Balada, Numitor, etc) și de peste hotare (Ardeal, Tika-Taka, Transilvania, etc) cu înalți parametri de producție, practic n-au manifestat sensibilitate la *F. avenaceum* la această etapă de creștere și dezvoltare a plantelor.

În ceea ce privește indicele de vigoare, (Tab. 10), s-a constatat că în *clusterul 1* parametrul a variat în limitele 72,5 ... 85,1% din martor; *clusterul 2* – 83,1 ... 91,4%; *clusterul 3* - 82,4 ... 90,2%; *clusterul 4* – 80,9 ... 108,1%. Media indicelui de vigoare

pentru variantele cu FC a constituit 80,0%; 87,0%; 85,9%; 94,6%, respectiv, clusterelor 1, 2, 3, 4. Astfel, din 45 genotipuri cercetate, 5 – Căpriana, Niconia, Apullum, L 641/19, Miranda din clusterul 4 au demonstrat un nivel înalt al indicelui de vigoare la interacțiunea cu izolatele *F. avenaceum.*

Clasificarea genotipurilor conform lungimii plantulelor a demonstrat că cel mai avansat este clusterul 1 (n = 15), media căruia a constituit 14,31 cm în varianta martor, iar variantele FC1, FC2, FC3 – cu 3,1; 9,9; 2,6%, respectiv mai puțin (Tabelul 1.17).

Tabelul 1.17. Statistica descriptivă a clusterelor de genotipuri de grâu formate în baza lungimii plantulei

Variantă	Medie, %	Raport la martor, %	Deviație standard	Membru al clusterului
Clusterul 1, n = 16				
Martor	14,31	-	0,92	1 – Avânt, 5 – Aluniș, 6 – Căpriana, 7 – BȚ 16-04, 8 – Accent, 12 – Select, 13 – Trublion, 19 – Turda 81, 20 – Ardeal, 23 – Vyara, 27 – L 642/19, 28 – L 643/19, 31 – ITC 30, 40 – Transilvania, 43 – Kuialnic, 45 – Centurion.
FC 1 *F. avenaceum*	13,86	96,9	0,75	
FC 2 *F. avenaceum*	12,89	90,1	1,09	
FC 3 *F. avenaceum*	13,94	97,4	1,32	
Clusterul 2, n = 9				
Martor	15,78	-	0,60	3 – Moldova 30, 10 – Niconia, 11 – BT 43-02, 18 – Apullum, 21 – Aneta, 24 – Messino, 26 – L 641/19, 30 – ITC 12, 36 – Rotax.
FC 1 *F. avenaceum*	13,10	83,0	1,45	
FC 2 *F. avenaceum*	14,78	93,7	0,77	
FC 3 *F. avenaceum*	15,29	96,9	1,06	
Clusterul 3, n = 12				
Martor	17,01	-	1,28	9 – Balada, 14 – Numitor, 29 – Cuibo, 32 – GK Koros, 33 – Tika-Taka, 34 – Judita, 35 – Avenue, 38 – Speranța, 39 – Dacia, 41 – Amor, 42 – Moldova 66, 44 – Miranda.
FC 1 *F. avenaceum*	15,47	91,0	0,72	
FC 2 *F. avenaceum*	14,73	86,6	1,12	
FC 3 *F. avenaceum*	14,40	84,7	1,61	
Clusterul 4, n = 8				
Martor	11,87	-	1,18	2 – S.i. Cubani 101, 4 – Selania, 15 – Urbanus, 16 – Python , 17 – Zvitlaga,
FC 1 *F. avenaceum*	10,92	82,0	1,21	

FC 2 *F. avenaceum*	11,54	97,2	1,80	22 – Neven, 25 – Nasnaga, 37 – Bucovina, SV.
FC 3 *F. avenaceum*	11,02	92,8	1.24	

Tabelul 1.18. Statistica descriptivă a clusterelor de genotipuri de grâu formate în baza indicelui de vigoare

Variantă	Medie, %	Raport la mar-tor, %	Deviație standard	Membru al clusterului
Clusterul 1, n = 8				
Martor	1107,59	-	155,65	2 – S.i. Cubani 101, 4 – Selania, 15 – Urbanus, 16 – Python, 17 – Zvitlaga, 22 – Neven, 34 – Judita, 37 – Bucovina, SV.
FC 1 *F. avenaceum*	803,28	72,53	226,82	
FC 2 *F. avenaceum*	942,71	85,11	179,49	
FC 3 *F. avenaceum*	911,89	82,33	212,21	
Medie pentru 3 FC	**885,96**	**80,0**		
Clusterul 2, n = 19				
Martor	1444,08	-	77,51	1 – Avânt, 3 – Moldova 30, 5 – Aluniș, 7 – BȚ 16-04, 11 – BT 43-42, 12 – Select , 13 – Trublion, 19 – Turda 81, 20 – Ardeal, 21 – Aneta, 23 – Vyara, 25 – Nasnaga, 28 – L 643/19, 30 – ITC 12, 31 – ITC 30, 36 – Rotax, 40 – Transilvania, 43 – Kuialnic, 45 – Centurion.
FC 1 *F. avenaceum*	1200,09	83,1	161,10	
FC 2 *F. avenaceum*	1248,31	86,44	183,91	
FC 3 *F. avenaceum*	1320,50	91,44	136,86	
Medie pentru 3 FC	**1256,3**	**87,0**		
Clusterul 3, n = 13				
Martor	1663,98	-	144,53	8 – Accent, 9 – Balada, 14 – Numitor, 24 – Messino, 27 – L 642/19, 29 – Cuibo, 32 – GK Koros, 33 – Tika-Taka, 35 – Avenue, 38 – Speranta, 39 – Dacia, 41 – Amor, 42 – Moldova 66.
FC 1 *F. avenaceum*	1501,63	90,2	76,49	
FC 2 *F. avenaceum*	1413,57	85,0	104,82	
FC 3 *F. avenaceum*	1371,13	82,4	178,58	
Medie pentru 3 FC	**1428,8**	**85,9**		
Clusterul 4, n = 5				
Martor	1508,93	-	199,30	6 – Căpriana, 10 – Niconia, 18 – Apullum, 26 – L 641/19, 44 – Miranda.
FC 1 *F. avenaceum*	1430,16	94,8	80,60	
FC 2 *F. avenaceum*	1220,44	80,9	178,97	

FC 3 *F. avenaceum*	1631,55	108,1	100,12	
Medie pentru 3 FC	**1427,4**	**94,6**		

Prin analiza influenţei relaţiei *genotip x izolată F. avenaceum* asupra caracterelor de creştere şi dezvoltare a plantelor de grâu, s-a constatat că în majoritatea cazurilor factorul de izolată a prezentat o sursa de variaţie mai semnificativă (45 ... 69%) decât factorul de genotip (25 ... 47%) sau de interacţiune *genotip x izolată* (4 ... 6%) (Figura 1.16).

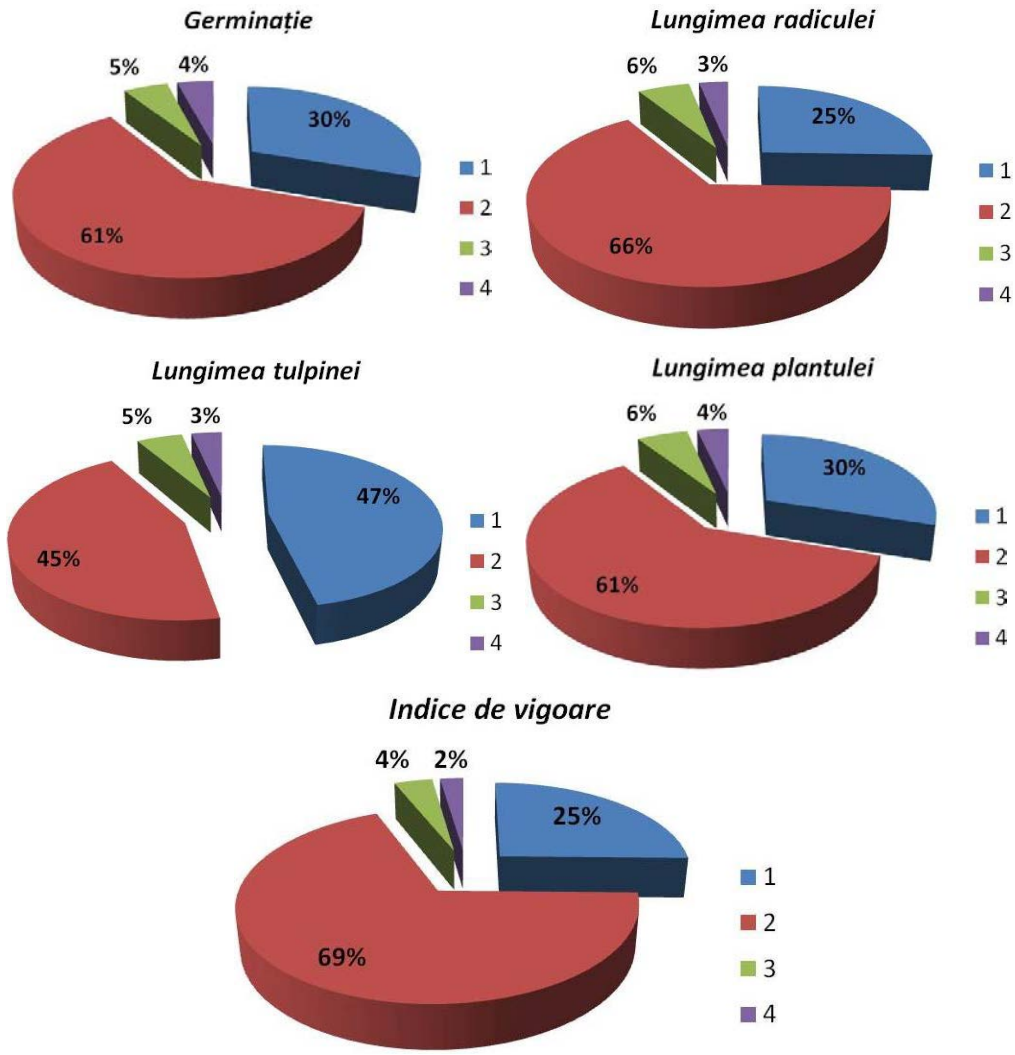


Figura 1.16. Analiza factorială a influenței interacțiunilor *grâu x F. avenaceum* asupra creșterii plantulei de grâu.

1 – genotip, 2 – izolată, 3 – interacțiuni *genotip x izolată*, 4 – efecte aleatorii.

Datele obţinute denotă că CGV (%) care este cel mai bun indice pentru aprecierea varianţei genetice a înregistrat pentru caracterele de germinaţie şi lungime a radiculei un nivel mediu – 15,46% şi 19,25%, respectiv, iar pentru lungimea tulpiniţei, lungimea plantulei, indicele de vigoare – un nivel înalt: 26,36; 20,13; 30,12%, respectiv. Coeficientul de heritabilitate în sens larg (h^2) a variat în limitele 67,7-80,8% pentru caracterele luate în studiu, ceea ce denotă că varianţa genetică identificată prin parametrul CGV (%) se moşteneşte la un nivel înalt (Tabelul 1.19).

Tabelul 1.19. Heritabilitatea și variabilitatea caracterelor de creştere ale grâului comun sub influența izolatelor *F. avenaceum*

Parametru	Germinație	Lungimea radiculei	Lungimea tulpinei	Lungimea plantulei	Indice de vigoare
σ^2_G	205,67	316,33	155,67	7,9	155246
σ^2_P	303,67	454,33	192,67	11,0	201948
GCV, %	15,46	19,5	26,36	20,13	30,12
PCV, %	18,78	23,07	29,33	23,76	34,35
h^2, %	67,73	69,62	80,80	71,82	76,87
GAM, %	19,16	24,99	31,58	25,50	38,28

Cunoaşterea nivelului heritabilităţii este utilă pentru predicţia progresului aşteptat, dar însăşi heritabilitatea nu oferă informaţie despre cota ameliorării genetice care rezultă din selecţia individuală a genotipului. De aceea, cunoştinţele despre heritabilitate, asociate cu avantajul genetic sunt mai valoroase [49]. Astfel, avantajul genetic (GAM, %) a înregistrat un nivel mediu (19,16%) pentru germinaţie, dar un nivel înalt – pentru celelalte caractere (24,99-38,28%), ceea ce denotă că fiind asociat cu un nivel de heritabilitate înalt asigură o relevanţă bună a caracterelor studiate în scopul creării genotipurilor de grâu rezistenţe la atacul de *F. avenaceum* [38].

1.2.3. Influența patogenilor fungici asupra activității peroxidazice în plantulele de grâu

Perturbarea sintezei enzimelor citoplasmatice în timpul atacului patogenic sau expunerii la alte condiţii nefavorabile poate fi letală pentru plantă deoarece anumite funcţii vitale ale acesteia sunt grav afectate [19]. Unele teorii cu privire la sinteza proteinelor în condiții normale și de stres la diverse plante se bazează pe cercetările recente ale interacțiunilor *plantă – patogen*. Astfel a fost constatată expresia diferențiată în conținutul proteic citoplasmatic al plantelor gazdă, ca rezultat al infestării cu patogeni la diferite plante [2, 60].

Proteinele citoplasmatice la orz, de rând cu rolul vital în dezvoltarea fiziologică a plantelor, participă şi în apărarea plantei-gazdă de un spectru larg de fungi şi bacterii [19, 20].

La infectarea orzului cu *D. graminea* s-a înregistrat apariţia noilor proteine în plante care se acumulează în ţesutul infectat. Aceste proteine sunt numite proteine asociate cu patogeneza – *pathogenesis-related (PR) proteins,* deoarece apar în timpul patogenezei. Printre acestea pot fi menţionate polifenoloxidaza, peroxidaza, felilalanin liaza şi tirozin amonia liaza care sunt 4 proteine PR importante la majoritatea plantelor cunoscute. Peroxidazele sunt proteine de apărare, responsabile de oxidarea unor proteine ale patogenilor în prezenţa peroxidului de hidrogen (H_2O_2). Aceşti fermenţi sunt cunoscuţi ca inductori ai rezistenţei în planta gazdă, mediată de reacţii de oxido-reducere în membrana plasmatică şi de diverse modificări în peretele celular (lignificare, suberinizare), iar modificarea profilurilor izozimice ale peroxidazelor prezintă semnale ale răspunsului de apărare şi/sau a inducerii rezistenţei în planta-gazdă [21, 22].

Unul din mecanismele de prevenire a infecţiilor cu patogeni constă în producerea de antioxidanţi enzimatici şi non-enzimatici şi captarea speciilor reactive de oxygen (SRO) care includ molecule non-radicale, cum ar fi peroxidul de oxigen (H_2O_2) şi oxigenul singlet ($^1O_2$), precum şi diverşi radicali liberi [46]. Acumularea SRO este contracarată de activarea antioxidanţilor enzimatici, cum ar fi catalaza, peroxidaza, superoxid dismutaza şi antioxidanţii neenzimatici – fenolii şi carotenoizii cu greutate moleculară mică [7, 64].

Prezentele cercetări au avut drept scop elucidarea relaţiilor *gazdă – patogen* în fitopatosistemul *grâu comun x temperatură x F. oxysporum*/*D. sorokiniana,* în baza activităţii şi profilurilor izozimelor peroxidazelor în planta gazdă.

Pentru evaluări biochimice boabele de grâu au fost tratate timp de 18 ore cu FC *F. oxysporum* (FC *F.o.*) şi FC *D. sorokiniana* (FC *D.s.*), preparate în baza mediului lichid Cszapek [70] după care au fost plasate în cutii Petri şi cultivate timp de 6 zile în 2 variante: 1) temperatură relativ stabilă – 20-22°C şi 2) alternanţă de temperatură 20-22°C/6-8°C/20-22°C, fiecare a câte 2 zile.

În vederea obţineri extractului de fermenţi ce se conţin în plantă, mostra de material vegetal a fost măcinată în mojar în prezenţa nisipului de cuarţ cu soluţie tampon pentru extracţie (0,1 M Tris-HCI tampon, pH 7,5). Raportul masă vegetală: soluţie tampon a constituit 1 : 4 (g/ml). În prealabil, soluţia tampon a fost răcită până la 4-8^{0}C, extragerea fermenţilor având loc pe gheaţă. Extractul de fermenţi a fost menţinut timp de 30 min în frigider, dupa care s-a centrifugat 10 min cu frecvenţa de 15 mii rot. / min. Supranatantul a fost colectat şi păstrat la temperatura 20˚C.

Determinarea activităţii peroxidazice în reacţia cu benzidină a fost realizată cu utilizarea metodei A.N. Boiarcov modificată de autorii [69]. Reagentul de benzidină a

constat din 2 componenţi. Primul component a prezentat soluţie alcoolică de 50% cu 0,1% benzidină, ce conţine 6% acetat de sodiu şi 3% de acid acetic. Aciditatea (pH) primului component a fost adusă până la 7,0 cu ajutorul NaOH. Concentraţia finală a benzidinei în amestecul de reacţie a constituit 5,8 μM. Al 2-lea component este soluţia de peroxid de hidrogen de 0,5% (concentraţia finală – 0,3 μM). Măsurările s-au efectuat la 520 nm la spectrofotometrul SF-46.

Izofermenţii au fost separaţi prin metodă de electroforeză nativă verticală în gel de poliacrilamidă conform metodei standard Devis [15] la temperatura 4°C. Concentraţia gelurilor de separare şi concentrare a constituit 7,5% şi 5%, respectiv.

Electroforeza s-a efectuat utilizând camera Mini-PROTEAN Tetra Cell ("Bio-Rad Laboratories, Inc.", USA). La 0,2 ml extract de fermenţi s-a adăugat în calitate de amestec de anticonvenţie glicerină până la concentraţia finală de 10%. În fiecare godeu al gelului de concentrare s-au introdus câte 20 μl din fiecare mostră. Pentru identificarea izoformelor fermenţilor peroxidazici s-a utilizat reagentul benzidinic cu pH 7,0, componenţii căruia înainte de colorarea gelului s-au amestecat în raportul 1 : 1. După adăugarea în gel a reactivului benzidinic, colorarea zonelor activităţii peroxidazice s-a manifestat în dependenţă de cantitatea fermentului în extract timp de 20-40 minute.

Zimogramele obţinute au fost digitalizate cu ajutorul scanerului Epson Expression 10000XL ("GE Healthcare", USA). Aplicând programul Phoretix 1D Advansed, s-a determinat masa moleculară a tuturor zonelor din gel şi calculat intensitatea fiecărei zone din trec.

Dacă analizăm activitatea sumară a peroxidazelor (Tabelul 1.20) la temperaturile 20-22°C şi 6-8°C, putem observa că în al 2-lea caz activitatea izofermenţilor a scăzut de la 1,48 la 1,17, adică cu 20,9% la L Cubani 101/Bas. şi de la 1,38 la 1,11 – cu 19,56% la L 1/3/M30, efectul temperaturii scăzute asupra activităţii peroxidazelor fiind astfel practic acelaşi la ambele genotipuri.

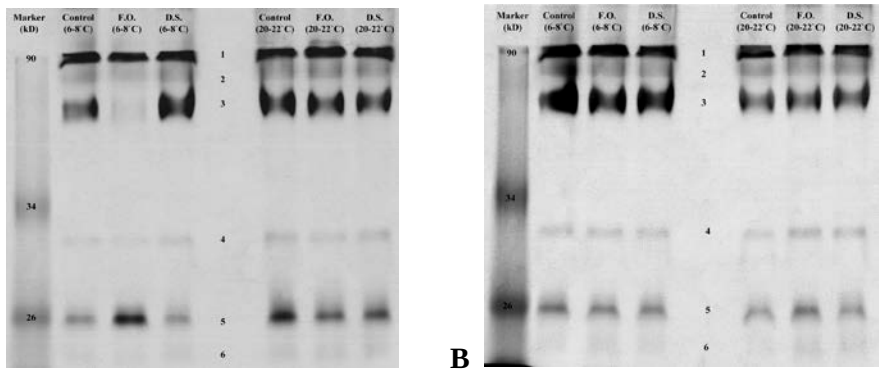
La genotipul L Cubani 101/Bas. care în condiţii de câmp manifestă rezistenţă mai înaltă la putregaiul de rădăcină ca L 1/3/M30, în condiţii controlate şi temperatură optimă activitatea peroxidazelor s-a diminuat cu 46,5% şi 20,9% sub influenţa fungilor *F.o.* şi *D.s.,* respectiv. În cazul alternanţei de temperatură – 20-22/6-8/20-22°C, plantele de grâu au răspuns la acţiunea fungilor prin majorarea activităţii peroxidazelor: +5,1% şi +21,4% în variantele cu *F.o.* şi *D.s.,* respectiv. La genotipul mediu rezistent L 1/3/M30, pe fundal de temperatură optimă constantă activitatea peroxidazelor s-a diminuat cu 15,2% şi 11,6%, respectiv, fungilor *F.o.* şi *D.s.,* iar la trecerea plantulelor prin temperatură scăzută – 6-8°C, diminuarea activităţii izofermenţilor sub influenţa ciupercilor s-a accentuat, aceasta constituind 17,1% şi 21,6% din martor, respectiv, fungilor *F.o.* şi *D.s.*

Tabelul 1.20. Activitatea peroxidazelor în plantule de grâu la acţiunea temperaturii şi filtratelor de culturi *F. oxysporum, D. sorokiniana*

Nr.	Variantă	L Cub. 101 x Bas.	% la martor	L 1/3 x M30	% la martor
1	20-22°C – Martor I	1,48±0,02	-	1,38±0,02	-
2	20-22°C + FC *F. o.*	0,79±0,02	53,4	1,17±0,01	84,8
3	20-22°C + FC *D. s.*	1,17±0,02	79,1	1,22±0,01	88,4
4	20-22°C/6-8°C/ 20-22°C – Martor II	1,17±0,01	-	1,11±0,03	-
5	20-22°C/6-8°C/ 20-22°C + FC *F. o.*	1,23±0,02	105,1	0,92±0,01	82,9
6	20-22°C/6-8°C/ 20-22°C + FC *D. s.*	1,42±0,03	121,4	0,87±0,02	78,4

Deci, la ambele genotipuri, în condiţii de temperatură optimă acţiunea unor din cei mai virulenţi agenţi ai putregaiului de rădăcină – *F.o.* şi *D.s.* a condus la diminuarea considerabilă a activităţii peroxidazelor în plantulele de grâu la ambele genotipuri aflate în studiu, în special în cazul fungului *F.o.* Pe fond de alternanţă de temperatură – optimă / nefavorabilă, la genotipul mai puţin rezistent diminuarea activităţii izoformelor s-a accentuat, iar la genotipul rezistent, dimpotrivă – s-a majorat. Datele obţinute relevă că sistemul peroxidazic în plantulele de grâu comun este influenţat puternic la interacţiunea acestora cu factorul de temperatură şi unii agenţi cauzali ai putregaiului de rădăcină, efectul depinzând în mare măsură de genotipul grâului.

Acţiunea ciupercilor aflate în studiu şi a temperaturii nu a condus la schimbări calitative în profilul electroforetic al peroxidazelor, numărul izoformelor fiind 6 pentru toate mostrele (Figura 1.17).



A **B**

Figura 1.17. Activitatea peroxidazelor în plantule de grâu sub influenţa temperaturii şi filtratelor de culturi *F. oxysporum, D. sorokiniana.*

A – L Cubani 101/Bas., B – L 1/3 x M30.

În baza densitometriei zimogramelor obţinute şi scanate au fost construite diagramele intensităţii izoformelor particulare ale fermenţilor peroxidazici – la diferite temperaturi şi sub acţiunea filtratelor de cultură a 2 fungi diferiţi (Figura 1.18).

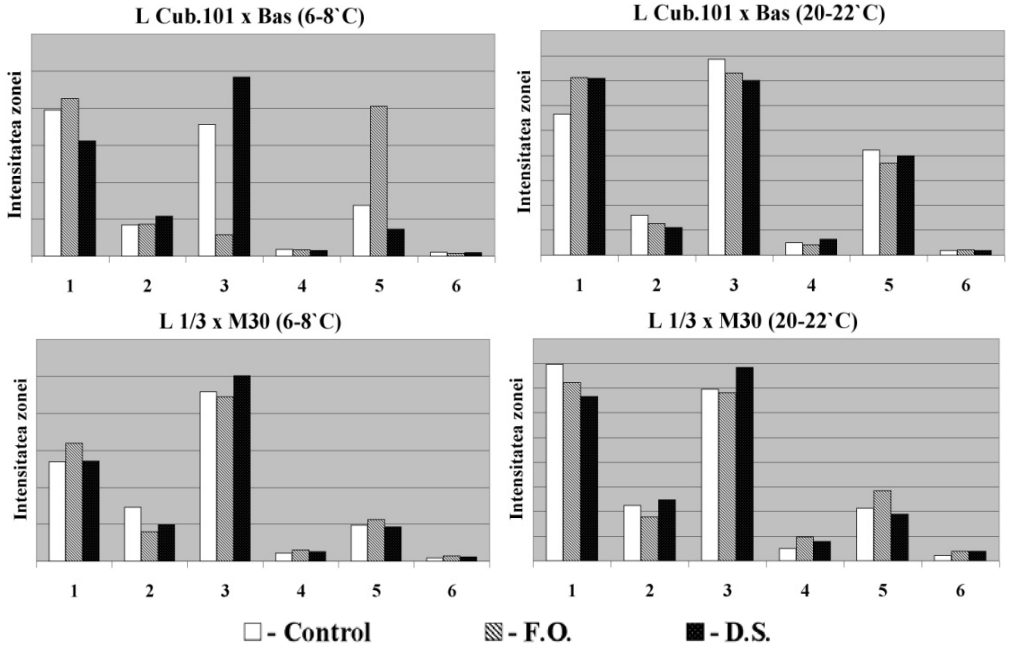


Figura 1.18. Labilitatea intensităţii izofermenţilor peroxidazici la două genotipuri de grâu sub influenţa temperaturii şi fungilor *F. oxysporum* (*F.o.*) şi *D. sorokiniana* (*D.s.*).

Sub influenţa temperaturii scăzute şi a ciupercii *F.o.,* la linia L Cub. 101/Bas. a crescut activitatea a 2 izofermenţi – nr. 1 (+8%) şi nr. 5, la care sporul activităţii a constituit 196%. Acţiunea fungului *D.s.*, dar şi a temperaturii scăzute la această linie a condus la mărirea parametrului aflat în studiu la izofermenţii nr. 2 şi nr. 3 – cu 27% şi 36%, respectiv. Este de menţionat că la temperatură optimă, la aceast genotip, atât sub influenţa fungului *F.o.* cât şi *D.s.* a crescut activitatea doar a zonei nr. 1 – cu 25-26%. La genotipul L 1/3 x M30, la temperatură 6-8°C, acţiunea ciupercii *F.o.* a condus la sporirea activităţii aceloraşi două zone: nr. 1 (+18%) şi nr. 5 (+16%), dar schimbările au fost mai puţin semnificative. Sub acţiunea *D.s.* a crescut activitatea zonei nr. 3 cu 10%. La condiţii optime de temperatură, sub influenţa *F.o.* la acest genotip a crescut activitatea zonei nr. 5 (+33%), iar la acţiunea *D.s.* s-a înregistrat sporirea activităţii izofermenţilor nr. 2 (+10%) şi nr 3 (+13%) [40].

Concluzii

- Analiza macro- şi microscopică a 724 tulpini de fungi izolați din partea bazală a plantelor de grâu comun de toamnă cu semne de putregai de rădăcină și 54 tulpini din partea aeriană (boabe, spice, tulpini, frunze) cu pete necrotice, a demonstrat că agenții cauzali de bază ai maladiilor sunt *Fusarium* spp., *Drechslera* spp., *A. alternata*, *N. maydis*, *Cladosporium* var. *herbarum*, *Rh. solani*. Dintre speciile Fusarium, în ultimul timp se remarcă cu incidență înaltă spre deosebire de alți ani fungii *F. equiseti*, *F. avenaceum*, *F. culmorum*, *F. sambucinum* var. *minus*, *F. lateritium.*
- Indicele de *diversitate* a fungilor izolați din baza tulpinii a constituit: 2,61; 1,80, iar indicele de *dominanță* – 0,35 (*F. equiseti*), 0,30 (*D. avenae*), respectiv, anilor 2020, 2021. În anul 2022, indicele de diversitate a fungilor a constituit 2,25 și 2,40, iar de dominanță – 0,35 (*F. oxysporum*) și 0,31 (*F. equiseti*), respectiv, plantelor viguroase și plantelor firave de grâu, ceea ce denotă influența condițiilor de mediu asupra structurii complexului fungic și speciei dominante în cadrul acestuia. În baza analizei clusteriene, s-a constatat că speciile *F. oxysporum*, *F. sambucinum* var. *minus*, *F. equiseti*, *D. avenae*, *A. alternata* dețin o capacitate mare de diferențiere a genotipurilor de grâu comun pe baza gradului de infectare cu agenții cauzali ai putrezirii rădăcinii.
- Tratarea boabelor a 8 genotipuri de grâu comun cu filtrate de cultură ale fungilor *F. oxysporum*, *F. solani*, *D. sorokiniana* a condus în majoritatea cazurilor la diminuarea creşterii radiculei embrionare şi a tulpiniţei, efectul depinzând de genotip. În cazul radiculei embrionare, cele mai sensibile genotipuri au înregistrat diminuări ale creşterii de 34,8% (Moldova 16), 31,4% (L M/M 30) şi 30,7% (L M/M 30) sub acţiunea FC *F. oxysporum*, FC *F. solani* şi FC *D. sorokiniana*, respectiv, iar lungimea tulpiniţei la cel mai sensibil genotip Moldova 16 pentru cei 3 patogeni s-a diminuat cu 21,2 … 26,5%. Cele mai mici abateri de la martor ale lungimii radiculei şi a tulpiniţei, adică cele mai rezistente genotipuri s-au dovedit a fi Moldova 11, L 1/3/M 30 şi L M/M30, respectiv, fungilor *F. oxysporum*, *F. solani*, *D. sorokiniana.*
- Prin analiză corelaţională s-a constatat o dependenţă (r) de 0,78* … 0,82* ($p \leq 0.05$) între lungimea radiculei şi a tulpiniţei la interacţiunea plantelor cu FC ale fungilor *F. oxysporum*, *F. solani*, *D. sorokiniana*, ceea ce relevă că în condiţii de infecţie fungică, organele de creştere ale plantelor de grâu păstrează o proporţionalitate relativă, asta fiind o dovadă a integralităţii reacţiei de răspuns la patogeni. Analiza factorială a demonstrat că în reacţia grâului la *F. oxysporum*, *F. solani*, *D. sorokiniana*, creşterea radiculei a manifestat o variabilitate mult mai înaltă decât a tulpiniţei, ceea ce denotă a specificitate de interacţiune mai pronunţată în primul caz.
- Coeficientul genotipic de variaţie (CGV, %) a înregistrat valori mai înalte la tratarea boabelor de grâu cu FC *D. sorokiniana* (13,23 … 13,59%) decât la tratarea cu FC *F.*

solani (11,47 … 14,38%) şi în special – FC *F. oxysporum* (6,22 … 8,79%). Diferenţele mai înalte între PCV (%) şi GCV (%) pentru varianta "FC *F. oxysporum*", comparativ cu alţi 2 patogeni denotă acţiunea mai pronunţată a fungului *F. oxysporum*. Pentru organele de creştere, valorile h^2 (61,46 … 81,81%) şi GAM (18,43 … 27,48%) au fost mult mai înalte în varianta "FC *F. solani*" şi "FC *D. sorokinina*", ceea ce oferă şanse de reuşită mai mari la selectarea genotipurilor rezistente pentru aceşti doi patogeni.

- Analiza clusteriană (dendrograme de repartiţie) a 45 genotipuri de grâu comun de toamnă, de diferită origine ecologo-geografică, tratate cu filtrate de cultură *F. avenaceum* a demonstrat că similitudinea acestora depinde mult de organul testat, ceea ce denotă că în reacţia grâului la patogen se manifestă o plasticitate fenotipică specifică a organului de creştere şi dezvoltare. Prin metoda *k*-mediilor de analiză clusteriană a fost identificat un cluster din 5 genotipuri de grâu – Căpriana, Niconia, Apullum, L 641/19, Miranda cu înalt indice de vigoare a plantulelor la acţiunea filtratelor de cultură a 3 izolate *F. avenaceum.*
- În majoritatea cazurilor, factorul de izolată *F. avenaceum* a prezentat o sursa de variaţie mai importantă (45 ... 69%) decât factorul de genotip (25 ... 47%) sau de interacţiune *genotip x izolată* (4 ... 6%) pentru caracterele de creştere şi dezvoltare ale plantulelor de grâu la etapă timpurie a ontogenezei. Pentru caracterele de creştere şi dezvoltare luate în studiu, la interacţiunea grâului cu filtrate de cultură *F. avenaceum* coeficientul genotipic de variaţie a variat în limitele 15,46-30,12%, coeficientul de heritabilitate în sens larg – 67,7-80,8%, iar progresul genetic – 19,16-38,28%. Deci, la interacţiunea grâului cu *F. avenaceum* variabilitatea caracterelor are un puternic determinism genetic, iar asocierea nivelului înalt al coeficientului de heritabilitate în sens larg cu progresul genetic avansat denotă că în controlul caracterelor de creştere şi dezvoltare sunt implicaţi în special factorii aditivi, ceea ce oferă şanse reale de reuşită la ameliorarea rezistenţei grâului la *F. avenaceum* în termeni restrânşi.
- S-a constatat că în interacţiunile *genotip de grâu x temperatură x F. oxysporum/ D. sorokiniana* una din proteinele asociate cu patogeneza – peroxidaza reacţionează specific la schimbarea entităţii componentelor sistemului (genotip, fung) sau a nivelului acestora (temperatură). În condiţii optime de temperatură (20-22°C), tratarea boabelor de grâu comun cu FC *F. oxysporum* sau *D. sorokiniana* a condus la micşorarea activităţii peroxidazice atât la plantulele genotipului rezistent, cât şi mediu rezistent, în special în cazul fungului *F. oxysporum*, însă la alternanţă de temperatură – 20-22/6-8/20-22°C, la genotipul rezistent, spre deosebire de genotipul mediu rezistent, activitatea fermentului a crescut cu 5,1% şi 21,4% în cazul fungului *F. oxysporum* şi *D. sorokiniana*, respectiv.

- Specificitatea de activitate a peroxidazelor în plantele de grâu la acţiunea fungilor *F. oxysporum, D. sorokiniana* s-a manifestat nu doar la nivel sumar, dar şi la izoforme particulare. Sunt relevante în mod special: i) izoformele nr.1, nr. 5, intensitatea cărora sub influenţa ambilor patogeni s-a mărit cu 25-26% la temperatură optimă la genotipul rezistent şi cu 16-18% la genotipul mediu rezistent la temperatură joasă; ii) izofermenţii nr. 2, nr. 3, activitatea cărora s-a majorat cu 27% şi 36%, respectiv, la genotipul rezistent, ceea ce denotă rolul lor important în reacţiile defensive ale plantelor de grâu împotriva agenţilor cauzali ai putregaiului de rădăcină.

Referințe bibliografice

1. Adeniji O.T. Genetic variation and heritability for foliage yield and yield component traits in edible *Amaranthus cruentus* [L.] genotypes. In: *Bangladesh J. Agril. Res.*, 2018, 43(3), p. 513-524.
2. Bais H.P., Park S.W., Weir T. L. et al. How plants communicate using the underground information superhighway. In: *Trends in Plant Science*, 2004, 9 (1), p. 26–32.
3. Bakar N.A., Karsani S.A., Alias S.A. Fungal survival under temperature stress: a proteomic perspective. In: *Peer J.*, 2020, 8: e10423.
4. Balestrini R. Grand Challenges in fungi-plant interactions. In: *Front. Fungal Biol*., 2021, 2. https://doi.org/10.3389/ffunb.2021.750003.
5. Balestrini R., Lumini E. Focus on mycorrhizal symbioses. In: *Appl. Soil Ecol*., 2018, 123, p. 299–304.
6. Balkan A. Genetic variability, heritability and genetic advance for yield and quality traits in M 2-4 generations of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. In: *Turkish Journal of Field Crops*, 2018, 23, p. 173-179.
7. Barna B., Fodor J., Harrach B. et al. The Janus face of reactive oxygen species in resistance and susceptibility of plants to necrotrophic and biotrophic pathogens. In: *Plant Physiol. Biochem*., 2012, 59, p. 37–43.
8. Barnett H.L., Hunter B.B. Illustrated Genera of Imperfect Fungi, 4th Ed. APS Press, 1998, 218 p.
9. Bastías D.A., Gianoli E., Gundel P.E. Fungal endophytes can eliminate the plant growth–defence trade-off. In: *New Phytol*., 2021, 230, 2105–2113. doi: 10.1111/nph.17335.
10. Bello O.B., Ige S.A., Azeez M.A. et al. Heritability and genetic advance for grain yield and its component character in Maize (*Zea mays* L.). In: *Intern. J. of Plant Research*, 2012, 2, p. 138–145.
11. Bennett J.A., Cahill J.F. Fungal effects on plant-plant interactions contribute to grassland plant abundances: evidence from the field. In: *J. Ecol*., 2016, 104, p. 755–764.
12. Bhatta M., Morgounov A., Belamkar V. et al. Genome-wide association study for multiple biotic stress resistance in synthetic hexaploid wheat. In: *Int. J. Mol. Sci*., 2019, 20(15), p. 3667.
13. Black M., Beweley J.D. Seed technology and its biological basis. Sheffield Biological Siences (Book 3). Publisher: Blackwell, 1 edition, 2000. 428 p.
14. Caruso T., Pigino G., Bernini F. et al. The Berger-Parker index as an effective tool for monitoring the biodiversity of disturbed soils: A case study on Mediterranean oribatid (Acari: Oribatida) assemblages. In: *Biodiversity and Conservation*, 2007, 16, p. 3277-3285.
15. Davis B.J. Disc electrophoresis. II. Method and application to human serum proteins. In: *Annals of the NY Academy of Science*, 1964, 121. p. 404-427.

16. Fernandez M.R., Abdellatif L., Lokuruge P. et al. Root disease and fungal populations in organic crops under different tillageand cropping systems. In: *Crop Science*, 2022, 62, p. 1288–1304. https://doi.org/10.1002/csc2.20663.
17. Gilardi G., Garibaldi A., Gullino M.L. Emerging pathogens as a consequence of globalization and climate change: leafy vegetables as a case study. In: *Phytopath. Mediter.*, 2018, 57, 1, p.146−152.
18. Gobu R., Harish Babu B.N., Chandra K. et al. Genetic variability, heritability and genetic advance in eggplant (*Solanum melongena L.*) genotypes under normal and osmotic stress in *in vitro* condition. In: *Int. J. of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2017, 6 (3), p.749-760.
19. Goel N., Paul P. K., Jaiswal G. et al. Effect of *Drechslera graminea* on total soluble proteins and defense enzymes of barley. In: *J. of Plant Prot. Res*., 2018, 58, (3), p. 220-226.
20. Goel N., Paul P. K. Plant age affects elicitation of polyphenol oxidase activity by neem extract in *Solanum lycopersicum* against *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*. In: *Israel J. of Plant Sci*., 2015, 62 (4), p. 283–293.
21. Goel N., Sahi A. N., Paul P. K. Age as a factor in induction of systemic acquired resistance in tomato against bacterial speck by aqueous fruit extracts of *Azadirachta indica*. In: *Arch. of Phytopath. and Plant Prot.*, 2013, 46 (14), p. 1696–1706.
22. Goel N., Sahi A.N., Paul P.K. Stage-specific induction of systemic acquired resistance by fruit extracts of *Azadirachta indica*. In: *Arch. of Phytopath. and Plant Prot.*, 2014, 47 (4), p. 477–489.
23. Gupta P.K., Chand R., Vasistha N.K. et al. Spot blotch disease of wheat: the current status of research on genetics and breeding. In: *Plant Pathol.*, 2018, 67, pp. 508–531.
24. Hassani F., Zare L., Khaledi N. Evaluation of germination and vigor indices associated with Fusarium-infected seeds in pre-basic seeds wheat fields. In: *Journal of Plant Protection Research*, 2019, 59(1), p. 69-85.
25. Himanshu Rai, Ovais Hamid Peerzada, Dahiya O.S. et al. Seed Vigour Assessment in Different Varieties of Indian mustard (*Brassica juncea* (L.) Czern. & Coss.). *In: Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*., 2017, 6(10), p. 1930-1936.
26. Jestoi M., Rokka M., Yli-Mattila T. et al. Presence and concentrations of the Fusarium-related mycotoxins beauvericin, enniatins and moniliformin in Finnish grain samples. *In: Food Addit. Contam*., 2004, 21, pp. 794–802.
27. Kaur N. Root rot pathogens of wheat in South Dakota and their affect on seed germination and seedling blight in spring wheat cultivars. Electronic Theses and Dissertations, 2016, 1117.
28. Kiecana I., Cegiełko M., Rachoń L. et al. The occurrence of fungi on roots and stem bases of *Triticum aestivum* ssp. *spelta* L. Thell. grown under two levels of chemical protection and harmfulness of *Fusarium graminearum* Schwabe to seedlings of selected genotypes. In: *Acta Agrobot*., 2016, 69(3), p. 1657.
29. Koija F.S., Sabaa J. Using cluster analysis and principal component analysis to group lines and determine important traits in white bean. *In: Procedia Environmental Sciences*, 2015, 29, p. 38-40.
30. Laghari K.A., Sial M.A., Arain M.A. et al. Heritability studies of yield and yield associated traits in bread wheat. In: *Pak. J. Bot*., 2010, 42(1), p. 111-115.
31. Lexerod N.L., Eid T. An evaluation of different diameter diversity indices based on criteria related to forest management planning. In: *Forest Ecology and Management*, 2006, 222(1), p. 17-28.
32. Lukanowski A. Winter wheat stem base infestation and fungal communities occurring on stems in dependence on cropping system. In: *Phytopathologia*, 2009, 53, p. 43–55.
33. Lupaşcu G. Putregaiul de rădăcină la grâul comun de toamnă. Chişinău: Print-Caro, 2020, 120 p.

34. Lupaşcu G., Gavzer S. Diversitatea agenţilor cauzali ai maladiilor de rădăcină la grâul comun (*Triticum aestivum* L.). In: *Conf. Ştiinţifică Internaţională "Protecţia Plantelor în Agricultura Convenţională şi Ecologică"*, 10-12 decembrie 2018, Chişinău. Chişinău: Biotehdesign, p. 32-36.
35. Lupaşcu G., Gavzer S. Influenţa etapei ontogenetice a plantei-gazdă şi condiţiilor climatice asupra complexului fungic care produce putregaiul de rădăcină la grâu. În: *Buletinul AŞM. Ştiinţele vieţii*, 2020, nr 2(341), p. 80-86.
36. Lupaşcu G., Gavzer S. Variability and heritability of the common wheat growth characters to the interaction with the pathogenic agents of the root rot. In: *Romanian Journal of Biology – Plant Biology*, 2020, vol. 65, nr. 1-2, p. 31-41.
37. Lupaşcu G., Gavzer S. Influenţa condiţiilor de mediu asupra complexului de agenţi patogeni ai putregaiului de rădăcină la grâul comun. In: *Buletinul AŞM. Ştiinţele vieţii*, 2021, nr. 2 (344), p. 98-103.
38. Lupascu G., Gavzer S., Sasco E., Cristea N. Genetic variability and heritability of wheat resistance (*Triticum aestivum* L.) to *Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc. In: *Rom. J. Biol. – Plant Biol*., 2022, 67(1-2), p. 19–32.
39. Lupaşcu G., Mereniuc Gh., Boincean B. et al. Diversitatea şi dominanţă agenţilor cauzali ai putregaiului de rădăcină la grâul de toamnă pe diferite fundaluri agrotehnice. In: *Biotehnologia microbiologică – domeniu scientointensiv al şt. contemporane*. Chişinău, 6-8 iulie 2011, p. 73-74.
40. Lupaşcu G., Rudacova A., Rudacov S. şi alţii. Influenţa temperaturii şi patogenilor fungici asupra activităţii peroxidazelor la grâul comun. In: *Buletinul AŞM. Ştiinţele vieţii*, 2022, nr. 3(347), p. 54-61.
41. Lupaşcu G., Saşco E., Gavzer S. Componenţa speciilor de fungi care produc boli la *Triticum aestivum* L. În: *Buletinul AŞM. Seria Ştiinţele vieţii*, 2008, nr.2 (305). p. 66-73.
42. Margalef R. Perspectives in Ecological Theory. University of Chicago Press, Chicago, 1968, p.111.
43. Moya-Elizondo E.A., Rew L.J., Jacobsen B.J. et al. Distribution and prevalence of fusarium crown rot and common root rot pathogens of wheat in montana. In: *Plant Disease*, 2011, vol. 95, No. 9, p. 1099-1108.
44. Nandini, B., Gangappa E., Rajanna M.P. et al. Genetic variability analysis for grain yield and its components traits in traditional rice varieties (TRVs). In: *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 2017, 6(8), p. 494-502. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.608.064.
45. Nayak P., Mukherjee A.K., Pandit E. et al. Application of statistical tools for data analysis and interpretation in rice plant pathology. In: *Rice Science*, 2018, 25(1), p. 1-18.
46. Pastuszak J., Szczerba A., Dziurka M. et al. Physiological and biochemical response to *Fusarium culmorum* infection in three durum wheat genotypes at seedling and full anthesis stage. In: *Int. J. Mol. Sci*., 2021, 22 (14), p. 7433.
47. Peters J.C., Lees A.K., Cullen D.W. et al. Characterization of *Fusarium* spp. responsible for causing dry rot of potato in Great Britain. In: *Plant Pathol*., 2008, 57, p. 262–271.
48. Ponts N., Gautier Ch., Gouzy J. et al. Evolution of *Fusarium tricinctum* and *Fusarium avenaceum* mitochondrial genomes is driven by mobility of introns and of a new type of palindromic microsatellite repeats. In: *BMC Genomics*, 2020, 21 (1), 16 p.
49. Rosmaina, Syafrudin, Hasrol et al. Estimation of variability, heritability and genetic advance among local chili pepper genotypes cultivated in peat lands. In: *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2016, 22, nr. 3, p. 431–436.
50. Sakoda T., Yamasaki N., Abe Y. et al. Bulb rot of *Sandersonia aurantiaca* caused by *Fusarium anguioides* and *Fusarium* sp. intercepted at plant quarantine in Japan. In: *Res. Bull. Plant Prot. Japan*, 2011, 47, p. 41–47.

51. Satyaprasad K., Bateman G.L., Ward E. Comparisons of isolates of *Fusarium avenaceum* from white lupin and other crops by pathogenicity tests, DNA analyses and vegetative compatibility tests. In: *Journal of Phytopathology*, 2000, 148 (4), p. 211-219.
52. Savary S. et al. Use of Categorical information and correspondence analysis in plant disease epidemiology. In*: Adv. in Bot. Research*, 2010, 54, p. 190-198.
53. Scherm B., Balmas V., Spanu F. et al. *Fusarium culmorum*: causal agent of foot and root rot and head blight on wheat. In: *Mol. Plant Pathol*., 2013, 14(4), p. 323–341.
54. Sharifi P., Astereki H., Pouresmael M. Evaluation of variations in chickpea *(Cicer arietinum* L.) yield and yield components by multivariate technique. In: *Annals of Agrarian Science*, 2018, 16(2), p. 136-142.
55. Singh J., Chhabra B., Raza A. et al. Important wheat diseases in the US and their management in the 21st century. In: *Front Plant Sci*., 2023. doi: 10.3389/fpls.2022.1010191.
56. Snedecor G.W., Cochran W.G. Statistical methods. 7th ed., Iowa State University Press, 1980.
57. Sørensen J.L., Phipps R.K., Nielsen K.F. et al. Analysis of *Fusarium avenaceum* metabolites produced during wet apple core rot. In: *J. Agric. Food Chem.*, 2009, 57, 4, p. 1632–1639.
58. Syukur M., Sujiprihati S., Yunianti R. et al. Pendugaan komponent ragam, heritabilitas dan korelasi untuk menentukan kriteria seleksi cabai (*Capsicum annuum* L.) populasi F_5. In: J. *Hort. Indonesia*, 2010, 1(2), p. 74-80.
59. Taneva K., Bozhanova V., Petrova I. Variability, heritability and genetic advance of some grain quality traits and grain yield in durum wheat genotypes. In: *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2019, 25(2), p. 288–295.
60. Torres M.A., Jones J.D., Dangl J.L. Reactive oxygen species signaling in response to pathogens. In: *Plant Physiology*, 2006, 141 (2), p. 373–378.
61. Tuhina-Khatun M., Hanafi M.M., Yusop M.R. et al. Genetic variation, heritability, and diversity analysis of upland rice (*Oryza sativa* L.) genotypes based on quantitative traits. In: *BioMed Research International*, 2015. http://dx.doi.org/10.1155/2015/290861.
62. Tuite J. Plant pathological methods (Fungi and Bacteria). Burgess Publish. Company, 1969, 239 p.
63. Uhlig S., Jestoi M., Parikka P. *Fusarium avenaceum* – The North European situation. In: *Int J Food Microbiol*, 2007, 119, p. 17–24.
64. Waskiewicz A., Beszterda M., Golinski P. Nonenzymatic antioxidants in plants. In: *Oxidative Damage to Plants*; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2014, p. 201–234.
65. Williamson-Benavides B.A., Dhingra A. Understanding root rot disease in agricultural crops. In: *Horticulturae*, 2021, 7, 33. https://doi.org/10.3390/horticulturae7020033.
66. Wolde T., Eticha F., Alamerew S. et al. Genetic variability, heritability and genetic advance for yield and yield related traits in durum wheat (*Triticum durum* L.) accessions. In: *Sky J. Agri. Res*., 2016, 5(3), p. 042-047.
67. Yli-Mattila T., Hussien T., Gavrilova O. et al. Morphological and molecular variation between *Fusarium avenaceum, Fusarium arthrosporioides* and *Fusarium anguioides* strains. In: pathogens, 2018, 7, p. 94; doi:10.3390/pathogens7040094.
68. Билай В. Фузарии. Киев: Наукова думка, 1977, 422 с.
69. Землянухин А. Практикум по биохимии: учебное пособие. Воронеж: Изд. ВГУ, 1993, 188 с.
70. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наукова думка, 1982. 550 с.

DOI: https://doi.org/10.53040/9789975626057.02

2. DIVERSITATEA MORFOLOGICĂ ȘI A REACȚIILOR DE RĂSPUNS A GENOTIPURILOR DE TOMATE LA FACTORI ABIOTICI DE STRES ȘI INFECȚII VIRALE

MĂRÎI Liliana, ANDRONIC Larisa, SMEREA Svetlana, RUDACOVA Angela, RUDACOV Serghei

Temperaturile ridicate şi seceta sunt considerate cele mai iminente stresuri ale culturilor agricole. Acestea modifică componența și impactul elementelor fitopatogene exercitat asupra plantelor. În acest context se modifică și spectrul gazdelor pentru patogeni, iar în consecință acțiunea combinată a stresului biotic şi abiotic influențează negativ potențialul de producere al culturilor agricole. Totodată, schimbarea condițiilor de mediu influențează răspunsul plantei la patogeni, sau viceversa, plantele infestate au un răspuns neprevizibil la variațiile de mediu. Acțiunea simultană a mai multor factori de stres este scenariul cel mai frecvent atestat în condiții naturale, moment ce trebuie elucidat în cazul studierii răspunsului și adaptării plantelor la acțiunea factorilor nefavorabili.

Conform datelor expuse în literatura de specialitate, mecanismele de reacție la diverși factori sunt cunoscute parțial sau tangențial. Totodată, acțiunea simultană sau consecutivă a factorilor biotici și abiotici presupune unele reacții particulare. Printre răspunsurile primare comune pentru diferiți factori stresogeni biotici şi abiotici este generarea rapidă a speciilor reactive de oxigen (SRO), care servesc ca molecule de semnalizare și activare a sistemelor de protecție a plantelor, însoțită ulterior de expresia genelor specifice, acumularea diferitelor substanțe cu rol de protecție [14, 51], inducerea aclimatizării și adaptării la stres [13].

În pofida succeselor înregistrate în domeniul ameliorării tomatelor, problema obținerii genotipurilor cu rezistența sporită/toleranță la bolile virale, care pot condiționa cele mai păgubitoare niveluri, rămâne nesoluționată definitiv. Acest fapt este cauzat de complexitatea genetică a caracterului de rezistență, de procesele evolutive în sistemul „patogen-gazdă-mediu”.

2.1. Reacții defensive ale genotipurilor de tomate cu răspuns diferențiat (rezistență, sensibilitate, toleranță) la infecția virală

Specificitatea răspunsului defensiv al genotipului la pătrunderea virusului în planta gazdă, determină particularitățile de interacțiune a componenților

fitopatosistemului şi depinde de rapiditatea declanşării reacţiilor legate de acumulările SRO, şi reglarea conţinutului de antioxidanţi, stabilind astfel tipul interacţiunii – compatibilă sau incompatibilă [23, 58].

Pe tot parcursul vieţii plantei, de la germinarea seminţelor şi până la senescenţă, SRO se produc şi se exclud într-o manieră flexibilă, astfel creând premise ca planta să regleze dezvoltarea sa în funcţie de condiţiile mediului. Cu toate acestea, efectele SRO asupra creşterii şi dezvoltării plantei, în contextul inter-/acţiunii cu factorii de stres ai mediului sunt foarte diverse, datorită generării diferenţiate în spaţiu şi în timp [23].

În celulele inoculate cu patogeni acumularea SRO are loc în două faze. Creşterea iniţială a concentraţiei SRO (faza I) se produce rapid de la pătrunderea particulelor virale în celule, este de scurtă durată şi proprie atât pentru interacţiunile compatibile plantă-patogen, cât şi cele incompatibile. A doua fază de acumulări a SRO este mai lentă, dar consistentă şi se desfăşoară numai la interacţiunile incompatibile plantă-patogen [21, 58, 61].

Tipurile de SRO au diferită capacitate oxidativă şi interconexiune cu diferite reacţii fiziologice şi biochimice reglate de variate gene ale plantelor. În condiţii normale, excesul de SRO este neutralizat de diverse sisteme antioxidante (enzimatice şi non enzimatice). Echilibrul dintre producerea prooxidanţilor şi anihilarea lor este frecvent perturbat de diverşi factori biotici şi abiotici [23]. Pierderea controlului asupra acestui echilibru conduce la creşterea cantităţii SRO care pot duce la schimbări structurale grave ale celulelor şi organelor în vederea creşterii rezistenţei la stres.

Cunoaşterea răspunsului oxidativ primar este relevantă în sensul decurgerii procesului de acomodare a plantei la stres. Reieşind din reactivitatea mare a celulelor la pătrunderea agenţilor virali, este importantă evaluarea expresiei răspunsului oxidativ în dinamică în frunzele plantelor infectate cu virusuri. În acest scop studiile au fost realizate pe o gama diversă de genotipuri ce a inclus forme spontane, soiuri, hibrizi de tomate – genotipuri cu diferită reactivitate la acţiunea infecţiilor virale. Aici ne referim la genotipurile ce deţin genele de rezistenţă la virusul mozaicului tutunului (VMT), a căror acţiune este diferită. Astfel mecanismul de influenţă a genei Tm-1 este legat de inhibarea replicării ARN-ui viral [28], iar a genelor Tm-2 şi Tm-2^2 de limitare a deplasării particulelor virale [47]. În studiile mai recente este dovedit efectul genei Tm-2^2 împotriva mai multor tipuri de virusuri [25]. În calitate de genotipuri cu gene de rezistenţă la VMT au fost utilizate soiurile Craigella TM 2 (Tm-2^2/Tm-2^2), Craigella TM 1 (Tm-1/Tm-1) şi Rufina (Tm-1/Tm-2^2).

Plantele tuturor genotipurilor analizate au fost inoculate mecanic la etapa de 5-6 frunzuliţe cu VMT sau virusul aspermiei tomatelor (VAT). La diferite perioade de postinoculare s-au evaluat reacţiile histochimice la prezenţa SRO şi a peroxidului de hidrogen. La 14 zile de la inoculare s-a determinat prezenţa particulelor virale în ţesuturile plantelor prin metoda microscopiei electronice prin contrastare negativă. Tot

la această perioadă s-a determinat activitatea peroxidazelor în țesuturile plantelor infectate cu virusuri și a celor sănătoase.

În funcție de interacțiunea *genotip-virus,* au fost descrise un șir de răspunsuri histochimice ca rezultat al eliberării diferitelor cantități de SRO. În linii generale constatăm că, VAT de regulă a indus reacții mai pronunțate de acumulări, ca intensitate și suprafață, comparativ cu VMT, atât pentru SRO, cât și H_2O_2, fapt ce ar putea corespunde unor reacții defensive mai pronunțate (Figura 2.1 B, C, G, H). De asemenea, pentru toate genotipurile, se atestă intensificarea în dinamică a reacțiilor calitative, ceea ce corespunde creșterii cantității agenților oxidativi în țesuturile frunzelor infectate (Figura 2.1 D, E). În baza genotipurilor și respectiv a combinațiilor analizate, a fost posibilă evidențierea unui spectru larg în ceea ce privește specificul acumulărilor sau distribuțiilor SRO (H_2O_2) în frunze (Figura 2.1 I, J).

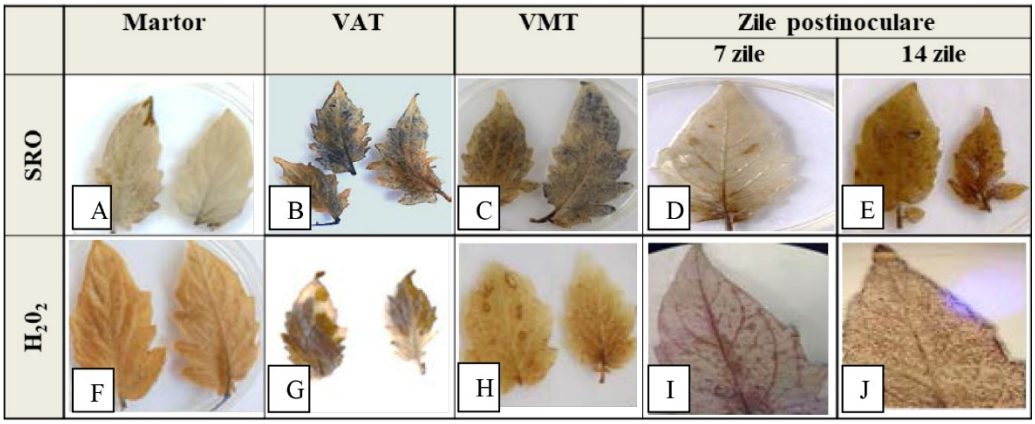


Figura 2.1. Acumularea SRO în frunzele plantelor infectate cu VAT sau VMT: variantele martor (A), VAT (B) și VMT (C); acumulări de H_2O_2 în variantele martor (F), VAT (G) și VMT (H), acumularea H_2O_2 la 7 (D) și 14 zile (E) postinoculare cu VMT; acumulări diferențiate de H_2O_2 în funcție de genotip *S. pimpinellifolium* (I) și Rufina (J).

Este cunoscut efectul distructiv al excesului de SRO din celule și indiferent de cauza creșterii cantității lor, este necesar de a preveni autodistrugerea prin activarea în regim de alertă a sistemului antioxidativ. Analiza a 20 genotipuri de tomate, după indicele activității peroxidazelor (POX) ca urmare a infectării cu VMT sau VAT, a stabilit că în toate cazurile, la 14 zile de la inoculare, formele spontane au înregistrat valori cu cel puțin 50 % mai mari ca martorul, iar la soiuri – doar pentru 3 din 8 s-a constatat o creștere cu cca 50 % față de martor în variantele infectate cu VAT; la combinațiile hibride F_1 din 8 doar una singură, la infectarea cu VAT, a prezentat o creștere cu cca 50 % față de martor, în timp ce alte 3

combinații au expus o creștere cu 6-33 % pentru ambii agenți patogeni. Cea mai semnificativă creștere a activității POX a fost stabilită la forma spontană *S. peruvianum* – de 4,5 ori mai mare față de martor (Figura 2.2).

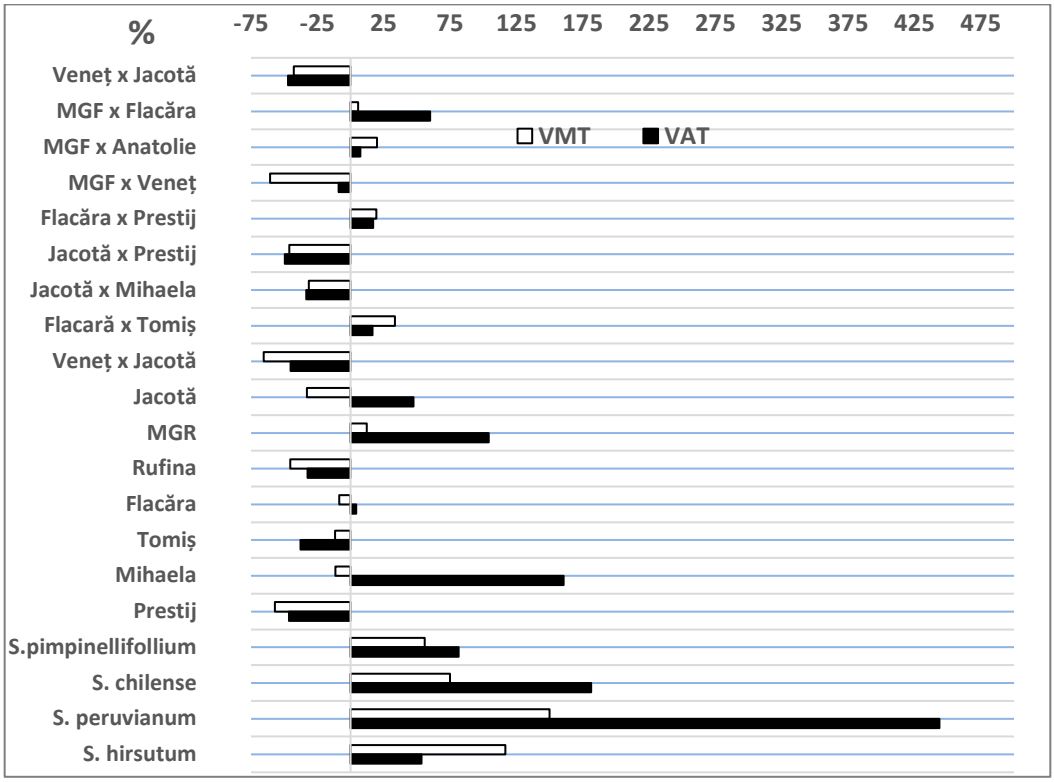


Figura 2.2. Modificarea indicilor POX în variantele VMT sau VAT raportat la martor, %.

Coraportul dintre SRO și activitatea antioxidativă, determină în particular, de rând cu alți factori, derularea procesului infecțios care poate duce la instalarea infecției, manifestarea rezistenței sau toleranței față de agentul viral.

Pe lângă modificările cantitative în sistemul antioxidativ, pentru unele variante, ca urmare a infectării cu virusuri, s-au atestat schimbări calitative legate de spectrul polimorfic al esterazelor și polimerazelor. Astfel, la genotipul Rufina ca urmare al infectării cu VAT sau VMT a fost stabilit polimorfism după spectrul izoformelor de la 3 (în varianta martor) la 6 în cele infectate (Figura 2.3).

De asemenea, s-a constatat apariția zonelor noi – 2, 3 și 5 conform electroforegramei (probele 1-3). În mod similar, pentru genotipul *S. chilense* (probele 4-6) s-a stabilit creșterea numărului de izoforme de la 2 (martor) la 7 (variantele infectate),

iar pentru genotipul *S. hirsutum* nu au fost înregistrate diferențe în spectrul esterazelor. Un răspuns diferențiat constatăm în cazul soiului Mary Gratefully (probele 17-19), în care la infectare cu VMT este descrisă apariția a 2 benzi suplimentare (față de 1 la martor), în timp ce sub acțiunea VAT, numărul lor crește până la 4. O reacție similară atestăm și pentru genotipul Jacotă (probele 14-16) remarcat prin apariția unei benzi suplimentare față de martor la infectarea cu VMT și 2 ca urmare a infectării cu VAT. Diferențe semnificative în spectrul esterazelor sub influența virusurilor VMT și VAT au fost demonstrate și la genotipul *S. peruvianum*. La varianta martor, numărul de izoenzime a constituit 7, în probele experimentale a crescut la nouă, fiind atestate apariția a două zone noi 5 și 9. În plus, intensitatea zonelor 2, 3, 4 și 7 a crescut semnificativ, ceea ce indică manifestarea modificărilor cantitative.

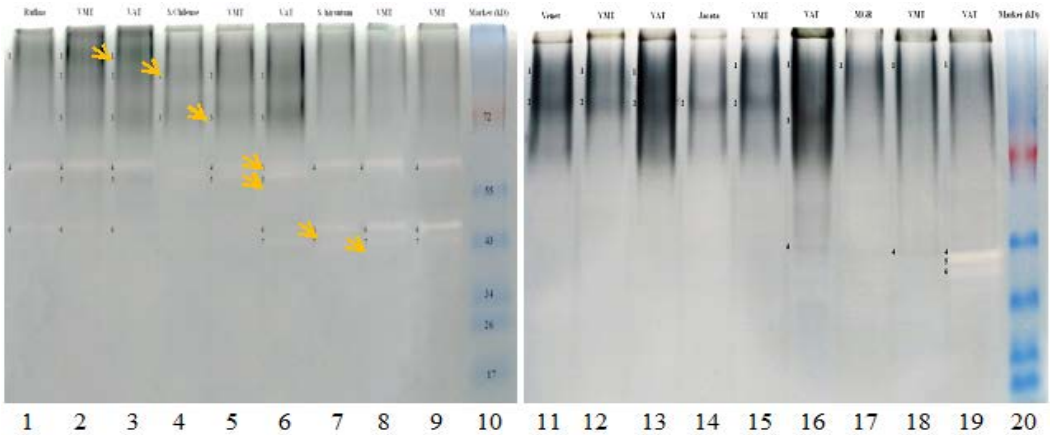


Figura 2.3. Spectrul polimorfic al esterazelor tomatelor în variantele martor și cele infectate cu VMT sau VAT. Corespondența codurilor genotipurilor Rufina (1, 2, 3), *S. chilense* (4, 5, 6), *S. hirsutum* (7, 8, 9), Veneț (11, 12, 13), Jacotă (14, 15, 16), Mary Gratefully (17, 18, 19); variantelor – martor (1, 4, 7, 11, 14, 17), VMT (2, 5, 8, 12, 15, 18), VAT (3, 6, 9, 13, 16, 19). Benzile 10, 20 – marcheri moleculari.

Cu referire la polimorfismul peroxidazelor, la majoritatea soiurilor de tomate analizate nu s-au observat modificări calitative sub influența virusurilor VMT sau VAT. Totuși, pentru unele combinații hibride (Mary Gratefully x Flacăra, Mary Gratefully x Anatolie, probele 10-15) s-au atestat schimbări în raportul cantitativ al izoenzimelor peroxidazelor atunci când plantele sunt infectate cu VMT sau VAT. Aceleași modificări au fost stabilite și la alte genotipuri, ceea ce corespunde datelor privind activitatea totală a peroxidazelor (Figura 2.4).

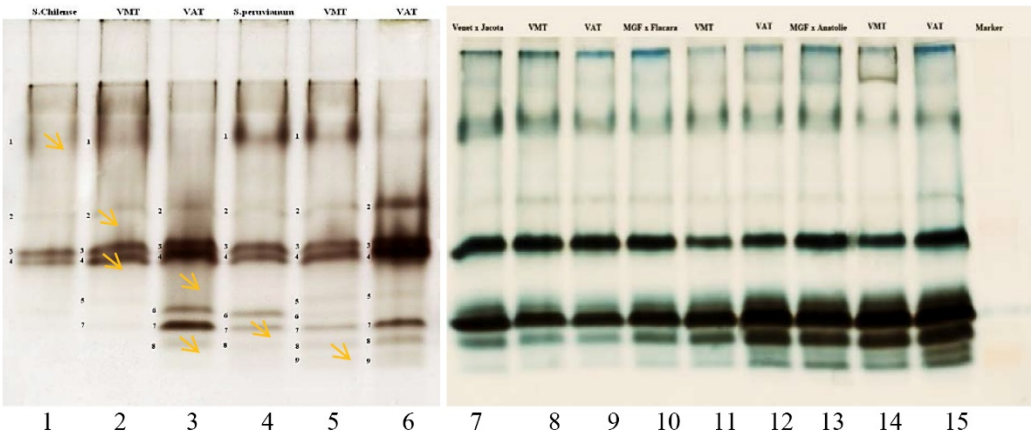


Figura 2.4. Polimorfismul peroxidazelor tomatelor în variantele martor și cele infectate cu VMT sau VAT. Corespondența codurilor genotipurilor *S. chilense* (1, 2, 3), *S. pimpinellifolium* (4, 5, 6), Veneț x Jacotă (7, 8, 9), Mary Gratefully x Flacăra (10, 11, 12), Mary Gratefully x Anatolie (13, 14, 15) și variantelor experimentale: martor (1, 4, 7, 10, 13), VMT (2, 5, 8, 11, 14), VAT (3, 6, 9, 12, 15).

Cele mai accentuate modificări calitative ale peroxidazelor s-au înregistrat la formele spontane *S. chilense* şi *S. peruvianum*. Astfel, pentru fiecare din ele s-a stabilit un răspuns diferențiat la acțiunea diferitelor virusuri, raportat la martor. Patru izoforme de peroxidaze au fost constatate la genotipul *S. chilense* (martor). De asemenea, sub influența VMT a fost atestată apariția a două noi zone (5 și 7). VAT la acest genotip a condiționat apariția a trei izoenzime noi (6, 7 și 8).

Fluctuații ale parametrilor sistemului redox (exprimate prin creștere sau diminuare) și ale elementelor sistemului antioxidativ, ca urmare a infectării cu virusuri, au fost atestate și în alte studii la tomate [39], precum și alte culturi, date ce indică dependența fenomenului de specificitatea reacției genotipului stabilită atât pe termen scurt (ore) [42], cât și pe termen lung – zile postinoculare [2]. Totodată schimbările produse în plantele de tomate ca rezultat al infectării cu diverse virusuri, pot afecta indicatorii sistemului antioxidativ, în particular activitatea peroxidazelor atât cantitativ, cât și calitativ [26], aspecte atestate și în cercetările noastre. Astfel, analiza unui spectru variat de genotipuri cu diferită constituție genetică – forme spontane, soiuri de cultură, genotipuri cu gene de rezistență la virus, forme hibride, a demonstrat specificitatea reacțiilor genotipurilor la diferite virusuri la nivelul sistemului antioxidativ, exprimată atât cantitativ, cât și calitativ. Creșterea cea mai semnificativă a indicilor activității antioxidative ca urmare a infectării cu VMT sau VAT, a fost stabilită la speciile spontane incluse în studiu și, particular, la unele soiuri și hibrizi.

2.2. Reacția genotipurilor de tomate conform răspunsului biomorfologic și oxidativ la acțiunea stresului termic și hidric la descendenții plantelor infectate cu virusuri

La tomate, germinarea semințelor este considerată cea mai sensibilă etapă a plantelor și care este puternic influențată de diferiți factorii de stres ai mediului, inclusiv temperatură și deficitul hidric [14]. Cercetările ce cuprind indicatorii morfologici ai germenilor de tomate în condiții optime și de stres termic sau hidric sunt importante și relevante, reieșind din existența unei corelări genotipice și fenotipice de rezistență la etapa de germene și plantă, precum și în sensul consecințelor stresului la etapele incipiente de dezvoltare asupra etapelor ulterioare [32].

Observațiile asociative au stabilit că infecțiile virale ar putea în anumite circumstanțe îmbunătăți toleranța plantelor la stresul abiotic, implicând diverse mecanisme de reglare – osmoprotector și antioxidant [65], de eficientizare a utilizării apei din plante [46], implicând reacții diferențiate la genotipurile sensibile și rezistente la patogeni [3]. În diverse studii atestăm efecte transgenerațională la descendenții plantelor infectate cu virusuri, exprimând modificări semnificative ale profilului metabolic, precum și ale rezistenței la diverși factori [8, 37].

În acest context a prezentat interes studiul răspunsului oxidativ la diferite etape ontogenetice la descendenții plantelor infectate cu virusuri. În cercetare au fost incluse: forma spontană *S. pimpinellifolium,* soiurile Mary Gratefully, Jacotă, Elvira, Flacăra, Tomiș, Veneț, formele hibride F_3 Mary Gratefully x Veneț și Flacăra x Tomiș, genotipurile cu gene de rezistență la VMT – Craigella TM 2, Craigella TM 1 și Rufina, forma mutantă RinNor.

Genotipurile evaluate au avut un statut fitosanitar diferit: descendenți de la plante infectate cu VMT, VAT și sănătoase – Martor (M). În scopul inactivării agenților patogeni, semințele au fost expuse în prealabil termoterapiei la 70^0C timp de 72 ore.

Stresul termic a fost modelat după metoda [75], iar cel hidric conform [74]. Astfel, după 72 ore de germinare a fost aplicat factorul stres hipertermic timp de 6 ore, T 42^0C sau deficit hidric (5 atm.). După aplicarea stresului, semințele germinate au fost menținute în condiții optime până la 120 ore. Intensitatea creșterii (%) a fost determinată prin raportul dintre lungimea radiculei la a doua și prima măsurare, cu un interval de 48-72 ore, în funcție de experiență. Analiza histochimică calitativă de identificare a SRO s-a bazat pe reacția asociată de reducere a tetrazoliului nitro albastru şi azidei de sodiu [9].

În urma cercetărilor efectuate, s-a stabilit existența unor particularități morfologice și fiziologice la germenii de tomate, în cazul în care semințele au provenit de la plantele infectate cu VMT sau VAT comparativ cu cele de la plante sănătoase. Rezultatele au fost confirmate în experiențele repetate în diferiți ani, iar deosebirile în

ceea ce privește rata de germinare, lungimea radicelei sau a germenului au fost înregistrate și după patru generații de la acțiunea factorului viral.

Evaluarea gradului de toleranță a genotipurilor de tomate la temperaturi supraoptimale sau deficit hidric la etapele timpurii de dezvoltare ale plantelor s-a efectuat în baza comparării valorilor alungirii relative a radicelei între 2 măsurări pentru variantele expuse stresului și cele menținute în condiții optime. Gradul de suprimare a creșterii radicelei a variat mult în dependență de genotip și statutul fitosanitar (Figura 2.5). Astfel, temperaturile supraoptimale au diminuat intensitatea creșterii radicelelor de 1,9-3,3 ori în variantele martor (provenite de la plante sănătoase) comparativ cu condițiile optime, iar pentru deficitul hidric diminuarea a constituit 1,1-3,4 ori. De asemenea, diferențiat au reacționat la stresul termic descendenții primei generații de la plantele infectate cu VMT și VAT, astfel că pentru genotipul Rufina diminuarea intensității creșterii radicelei față de condițiile optime a constituit 1,9 și 4,6 ori, respectiv, pentru Mary Gratefully de 1,4 și 3,4 ori și Flacăra de 1,8 și 3.0 ori.

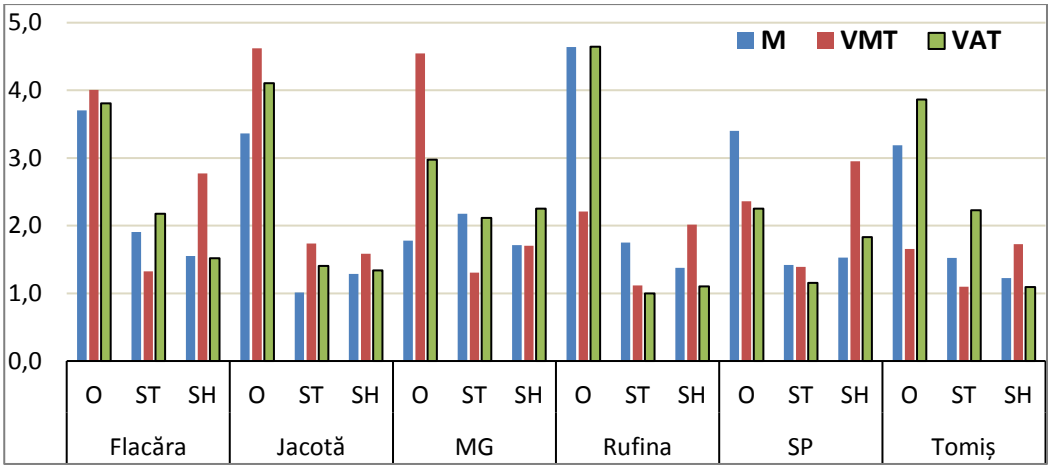


Figura 2.5. Intensitatea creșterii radicelei conform datelor a 2 două evaluări până la stres și 48 ore poststres la descendenții plantelor infectate cu VMT, VAT sau martor.

Notă: O – optim, ST – Stres Termic, SH – Stres Hidric; MG – Mary Gratefully, SP – *S. pimpinellifolium.*

La fel, specific a fost modificată intensitatea creșterii radicelei și la variantele VMT sau VAT expuse deficitului hidric, cu excepția formei spontane *S. pimpinellifolium*. Prezintă interes anumite variante VMT (Flacăra – ST; Jacotă – ST și Optim; MG – Optim; Rufina – SH; *S. pimpinellifolium* – SH; Tomiș – SH) sau VAT (Tomiș – Optim), care au indicat o intensitate sporită a creșterii radicelei comparativ cu

martorul în aceleași condiții de mediu, fapt ce relevă performanța specifică, condiționată de statutul genotipului.

Valorile indicilor rezistenței la stresul hidric s-au încadrat în limita aceleași grupe de rezistență pentru variantele martor și cele obținute de la plante infectate cu VAT sau VMT pentru genotipurile Flacăra, Veneț și Rufina (Figura 2.6).

În aceleași condiții, pentru genotipurile Mary Gratefully, *S. pimpinellifolium* și Tomiș au fost stabilite diferențe ale rezistenței la deficitul hidric între variantele provenite de la plantele infectate cu VAT sau VMT și cele martor. Totodată, variantele VMT ale genotipurilor *S. pimpinellifolium* și Tomiș au depășit cu mult indicii rezistenței față de martor, ceea ce denotă o adaptabilitate mai bună a acestor genotipuri la deficitul hidric. Acest lucru rezultă din alungirea mai mare a radicului pentru variantele date în condiții de stres comparativ cu celelalte variante analizate.

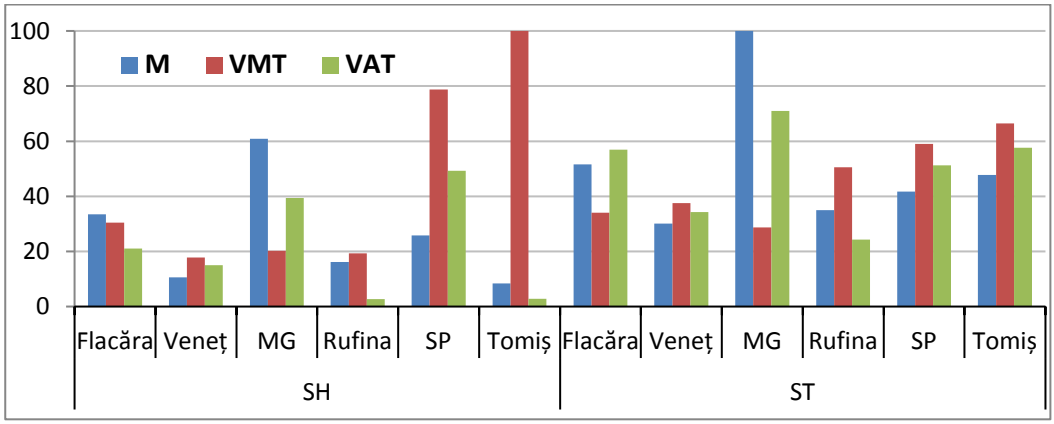


Figura 2.6. Rezistența descendenților de tomate VMT, VAT supuși stresului termic (ST) și stresului hidric (SH), %.

MG – Mary Gratefully, SP – *S. pimpinellifolium*

Analiza indicilor rezistenței la stresul termic a scos în evidență că variantele VMT ale genotipurilor Rufina, *S. pimpinellifolium* și Tomiș au înregistrat valori puțin mai mari comparativ cu martorul și varianta VAT, dar fiind în limita aceluiași grup de rezistentă.

Evaluarea a 17 familii de plante F_3 din cadrul a 2 hibrizi intraspecifici Flacăra x Tomiș și Mary Gratefully x Veneț, descendente de la plantele F_1 infectate cu VMT sau VAT, și care au fost selectate în prealabil în F_2 după indicatori agrobiologici valoroși, a permis evidențierea unor particularități ale indicilor de alungire relativă a radicului în funcție de originea fitosanitară a materialului semincer. Astfel pentru combinația hibridă Flacăra x Tomiș, 2 familii din cadrul populațiilor martor și câte o familie din populațiile

VMT şi VAT au prezentat o rezistenţă relativă foarte înaltă (mai mult de 50%), precum şi câte o familie cu rezistenţă medie (40%) pentru combinaţia Flacăra x Tomiş (Tabelul 2.1).

Tabelul 2.1. Indicii rezistenței relative la stresul hidric în 17 familii F_3 a doi hibrizi de tomate și a formelor parentale, %

Mary Gratefully x Veneț									**Forme parentale**	
VMT			**VAT**			**Martor**			**P_1**	**P_2**
4A-4	4A-5	4A-8	4B-15	4B-1	4B-2	4-10	4-2	4-6	MG	Veneț
23,8	38,1	22,4	26,6	86,1	19,2	7,6	18,1	17,8	60,0	11,0
Flacăra x Tomiș									**Forme parentale**	
VMT			**VAT**			**Martor**			**P1**	**P2**
7A-20	7A-7	7A-3	7B-1	7B-6	-	7-1	7-3	7*5	Flacăra	Tomiș
39,0	86,2	14,1	116,5	35,1	-	109,8	100,0	26,9	33,0	8,0

Totodată în populația hibridului Mary Gratefully x Veneț doar câte o familie din cadrul variantelor VMT și VAT și 2 familii martor au avut indici optimali ai parametrului rezistenței, încadrat în diapazonul *mediu - înalt*. Pentru ambele combinații hibride s-au obținut forme la care indicele rezistenței depășea valorile celui mai bun părinte (P_1 sau P_2).

Efectul stresului abiotic la descendenţii generaţiei a patra de la plantele infectate cu VMT sau VAT. Stresul hipertermic. Perpetuarea manifestării specifice a reacției germenilor la stresul abiotic a fost atestată și la descendenții generațiilor mai tardive (a IV-a) de la plantele infectate cu VAT și VMT.

Prelucrarea statistică a datelor a permis să stabilim că, rata de germinare a seminţelor menţinute în condiţii optime a fost diferită pentru 4 genotipuri incluse în studiu, în particular, în funcţie de condiţiile de formare a seminţelor. În cazul seminţelor provenite de la plantele infectate cu VAT sau VMT, rata germinării după 72 de ore de imersare în apă a fost mai mare comparativ cu cele provenite de la plantele martor şi a constituit în cazul genotipului *S. pimpinellifolium* 83, 97 şi 98 %, iar pentru TM2 – 38, 63 şi 62% în variantele martor, VAT şi VMT, respectiv (Tabelul 2.2). În dinamică, după 102 ore de imersare în apă, pentru toate genotipurile s-a ajuns la o germinare de 98-100%.

Analiza comparativă a lungimii radicului după 72 ore de imersare (26^0C), la descendenţii generaţiei a patra de la plantele infectate cu VAT sau VMT, a stabilit o creştere semnificativă a acestui indice comparativ cu variantele martor la toate genotipurile analizate (Tabelul 2.2). Spre exemplu, lungimea radicului pentru genotipul *S. pimpinellifolium* în varianta VAT a fost de 2,4 mai mare faţă de martor, în varianta TM2 VMT – 5,8, iar TM1 VMT – 1,24. Pentru majoritatea variantelor (excepţie TM2 şi

TM1 infectate cu VAT) diferenţe statistice faţă de martor se atestă şi la 120 ore de imersare în apă.

Expunerea aceloraşi variante (martor, VAT şi VMT) unui şoc termic de scurtă durată (42°C, 6 ore), a arătat că restabilirea funcţiilor de creştere a radiculei de asemenea poartă un caracter transgenerativ specific originii iniţiale a seminţelor. În acest caz, descendenţii variantelor VAT şi VMT, au demonstrat valori statistic mai mici ale lungimii radiculei comparativ cu variantele martor (excepţie *S. pimpinellifolium* VAT care a indicat valori mai mari) (Tabelul 2.2).

Tabelul 2.2. Variaţia indicilor de germinare a seminţelor în condiţii optime (26^0C) şi şoc termic de scurtă durată (42^0C, 6 ore) în variantele martor, VAT şi VMT (generaţia a patra)

Genotip / variantă	Lungimea radiculei, cm 26°C, 72 ore	Germinarea, 72 ore, %	Lungimea radiculei, cm, 120 ore		K_2	K_1	R, %
			26°C	42°C, 6 ore			
SP martor	0,66±0,42	83	1,89	0,99	2,74	1,71	62,41
SP VAT	1,59±0,67***	97	3,22***	1,44+++	2,00	0,90	45,00
SP VMT	1,26±0,68***	98	2,52***	1,03	1,82	1,00	54,95
Rufina M	0,12±0,09	20	2,2	3,27	1,60	1,81	113,13
Rufina VMT 88	0,18±0,12***	37	5,21***	3,19	2,16	1,30	60,19
Rufina VMT 73	0,63±0,37***	92	4,22***	0,81+++	8,70	1,15	13,22
TM2 martor	0,11±0,09	38	4,91	2,42	0,86	1,33	154,65
TM2 VAT	0,55±0,46***	63	4,92	0,86+++	6,20	1,99	32,10
TM2 VMT	0,64±0,45***	62	3,17***	0,98+++	5,00	1,50	30,00
TM1 martor	0,65±0,31	75	2,81	0,89	5,24	1,23	23,47
TM1 VAT	0,86±0,43***	92	3,15	0,72+++	2,63	1,03	39,16
TM1 VMT	0,81±0,54***	96	4,96***	0,96	6,31	1,21	19,18

Notă: ***, +++ diferenţe semnificative pentru P ≤ 0,001 faţă de martor la 26^0C, şi respectiv în condiţii 42°C, 6 ore; K2 şi K1 – respectiv, indicele intensităţii creşterii radiculei în condiţii optime şi de stres termic; R – termorezistenţa. SP – *S. pimpinellifolium.* Rufina VMT 88 şi 73 reprezintă 2 populaţii de plante care provin de la infectare cu VMT.

Indicele ce reprezintă raportul lungimii radiculei între 2 măsurări (K), ce corespunde intensităţii de creştere, a avut valori diferite în variantele expuse şocului termic de scurtă durată şi cele menţinute în condiţii optime. Spre exemplu, în cazul

formei spontane *S. pimpinellifolium* (varianta martor) intensitatea creşterii K_2 = 2,74 pentru condiţii optime şi K_1=1,71 pentru expunere la şocul termic, în timp ce în variantele VAT sau VMT, acest indice a exprimat valori mai mici, atât în cazul menţinerii în condiţii optime (K_2 = 2,0 varianta VAT şi 1,82 - VMT), cât şi în cazul şocului termic ($K_{1=}$ 0,90 varianta VAT şi 1,00 - VMT) (Tabelul 2.2).

Astfel, deşi lungimea radiculei a înregistrat iniţial valori mai mari în variantele VAT şi VMT, intensitatea creşterii pentru *S. pimpinellifolium* a fost mai mare la descendenţii de la plante sănătoase, iar rezistenţa relativă R la şocul termic a constituit 62,4, 45,1 şi 54,8 %, respectiv, în variantele martor, VAT şi VMT, ceea ce demonstrează efectul stresului termic în diminuarea intensităţii creşterii radiculei în majoritatea variantelor analizate, dar mai pronunţat în variantele VAT şi VMT, fapt ce s-a răsfrânt şi asupra indicilor rezistenţei la stres termic.

Evaluările efectuate au stabilit că, şocul termic modifică raportul lungimii radiculei per germene, iar acest răspuns este diferenţiat în funcţie de genotip, precum şi variantă – martor sau virus. Astfel, pentru genotipul TM 1, în condiţii optime, lungimea rădăcinii a constituit 60, 60 şi 76% din lungimea totală a plantulei pentru martor, VAT şi VMT, respectiv, iar în cazul şocului termic valoarea acestui indice a constituit 52, 67 şi 53%, respectiv (Figura 2.7). În aceleaşi timp, la genotipul *S. pimpinellifolium*, diferenţele de raport au constituit pentru condiţii optime 40, 57 şi 53% în variantele martor, VAT şi VMT, iar la şocul termic diferenţele s-au diminuat, atingând 53, 58, 57%, respectiv.

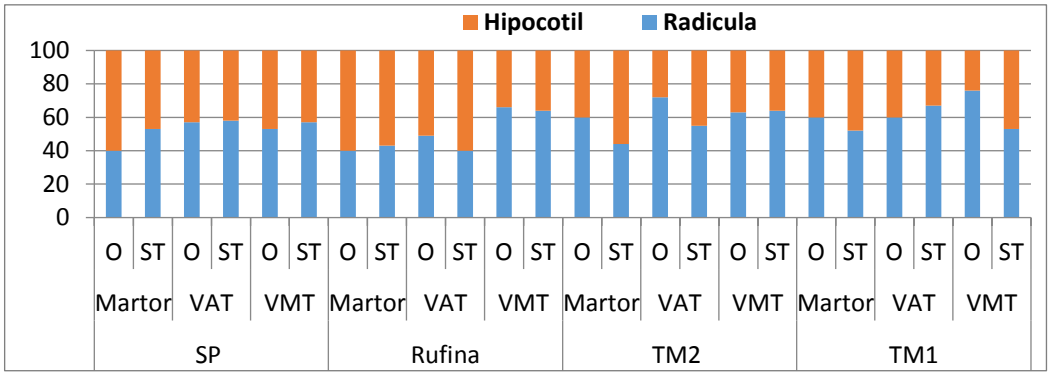


Figura 2.7. Coraportul lungimilor radiculei din cota lungimii germenului în condiţii optime şi de stres termic la descendenţii VMT sau VAT, %.

SP – *S. pimpinellifolium*, TM1– Craigella TM 1 (Tm-1/Tm-1),
TM2 – Craigella TM 2 (Tm-2^2/Tm-2^2)

Deci, constatăm faptul că, lungimea radiculei poate reprezenta 40-76 % din lungimea plantulei ceea ce este aproape de limitele stabilite de alţi cercetători [48], iar şocul termic modifică acest raport, atât spre creşterea, cât şi diminuarea cotei parte a

radiculei din întreaga plantulă, în funcție de variantă – martor, VAT sau VMT, cât și genotip.

Efectele șocului termic asupra plantelor pot varia mult în funcție de etapa ontogenetică. Astfel, la etapa inițială de germinare a seminţelor stresul termic poate contribui la inhibarea totală a germinării şi creşterii, în funcție de durată și nivelul stresului [60].

Stresul hidric. În mod similar ca și în cazul stresului termic, creşterea radiculei în condiţii de stres hidric, depinde atât de genotip, cât şi de statutul fitosanitar al seminţelor. Astfel, pentru genotipul Elvira, variantele provenite de la plante sănătoase au indicat o lungime a radiculei semnificativ mai mare faţă de semințele colectate de la plantele infectate cu virus, atât în condiţii optime, cât şi în condiţii de stres hidric (Figura 2.8 A).

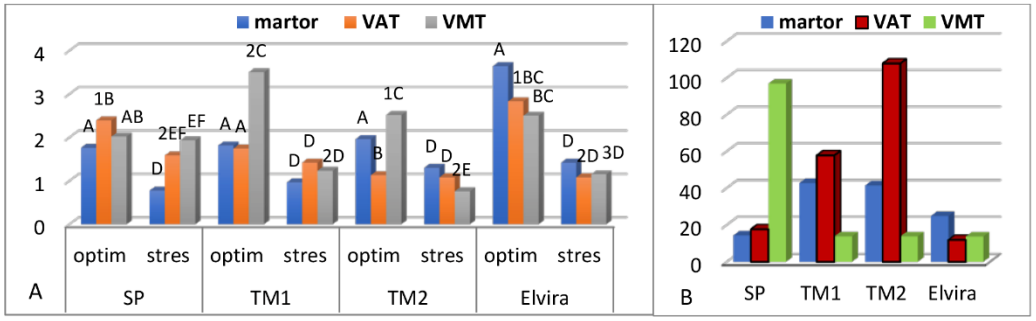


Figura 2.8. Parametrii morfofuncționali ai radiculelor germenilor din generația a patra a variantelor martor (M), VMT sau VAT: A. Lungimea radiculei în condiții optime și de stres hidric (cm); B. Indicii valorilor rezistenței la stres hidric (%).

SP – *S. pimpinellifolium*, TM1– Craigella TM 1 (Tm-1/Tm-1),
TM2 – Craigella TM 2 (Tm-2^2/Tm-2^2)

Notă: literele sau combinațiile lor indică diferență semnificativă pentru nivelul 95%.

Pentru genotipurile *S. pimpinellifolium*, TM 1 şi TM 2 a fost atestat un tablou cu răspuns diferenţiat. În condiţii optime, variantele VMT ale genotipurilor TM 1 şi TM 2 au format radicule mai lungi comparativ cu martorul şi variantele VAT, care la rândul său au avut valori medii mai mici faţă de martor. Pentru aceleași variante expuse şocului hidric, diferențe semnificative au fost atestate doar în cazul genotipului TM 2 infectat cu VMT, indicând valori mai mici. În cazul genotipului *S. pimpinellifolium* variantele provenite de la plantele infectate cu virus au indicat, de regulă, valori semnificativ mai mari ale lungimii radiculei, atât în condiţii optime (cu excepție varianta SP VAT), cât şi în cazul stresului hidric. Suprimarea creşterii radiculelor după expunerea la stres a fost cu cca 80 % faţă de martor în condiţii optime la 6 din 12 variante analizate (4 genotipuri în 3 variante), la 3 variante cu cca 50%, 1 variantă cu

doar 3%. La o singură variantă s-a atestat o creştere cu 190% faţă de martor. Astfel, creşterea relativ diferită a radiculei în condiţii optime şi de stres în variantele martor, VMT şi VAT a permis să evidenţiem 2 variante - *S. pimpinellifolium* VMT şi TM 2 VAT care au indicat valori ale rezistenţei mai mari decât la alte variante ale genotipurilor incluse în studiu (Figura 2.8 B).

Analiza varianţei a evidenţiat o contribuţie semnificativă a factorilor analizaţi – genotip, virus, stres hidric, precum şi a interacţiunii lor asupra caracterului *lungimea radiculei*. Cea mai mare contribuţie a fost stabilită pentru *stresul hidric* (21,4%), urmată de *genotip* şi *virus* (3,01 şi 0,85%), iar la interacţiunea factorilor nominalizaţi, se constată o contribuţie mai mare în cazul combinaţiei *genotip – virus* (5,38%), urmând *stres hidric – virus* (3,36%) şi interacţiune mixtă a factorilor *genotip – stres hidric – virus* (2,80%) (Tabelul 2.3). Datele denotă că stresul hidric exercită cel mai puternic efect asupra creşterii radiculei.

Tabelul 2.3. Analiza polifactorială a varianţei lungimii radiculei

	Suma pătratelor	GL	Media pătratică	F test	P	PI, %
A: Genotip	113,814	3	37,938	35,31	0,0000	3,01
B: Stres hidric	809,559	1	809,559	753,49	0,0000	21,42
C: Virus	32,329	2	16,1645	15,04	0,0000	0,85
AB	61,703	3	20,568	19,14	0,0000	1,63
AC	203,425	6	33,904	31,56	0,0000	5,38
BC	127,005	2	63,502	59,10	0,0000	3,36
ABC	106,091	6	17,682	16,46	0,0000	2,80
Rezidual	2269,170	2112	1,074			60,04
Total	3779,220	2135				

Stresul oxidativ în germeni de tomate în condiţii optime şi de stres termic sau hidric. Reieşind din numeroasele studii realizate, SRO s-au dovedit a fi o componentă crucială a semnalizării în repausul seminţelor şi a germinării lor [36, 15] şi joacă un rol important în răspunsurile plantelor la stresul abiotic şi biotic [10]. Prezenta SRO din seminţe este importantă pentru procesul de germinare şi dezvoltare a germenului în condiţii de stres hidric la tomate [49]. Foreman şi colab. [16] au demonstrat că SRO dirijează formarea perişorilor absorbanţi şi a rădăcinţelor adventive, iar suprimarea cumulării lor duce la stoparea formării radiculei.

Cercetările efectuate la mai multe specii de plante expuse diferitelor tipuri de stres, relevă date importante despre acumularea diferenţiată a SRO în radicule în funcţie de sistemele analizate. Radiculele embrionare prezintă interes ştiinţific, fiind deosebit de vulnerabile la fluctuaţiile factorilor nefavorabili de mediu. Totuşi, nu există o tendinţă

unică *cauză-efect* în ceea ce privește manifestarea acumulărilor de SRO. Astfel, într-un șir de studii sunt elucidate efectele de creștere a acumulărilor de SRO în zona apicală a radicului sau redistribuirii în alte zone, precum la specia *Agrostis* sub acțiunea stresului termic [63], la tutun în variantele tratate cu Cd [67], la specia din flora spontana *Festuca* sub acțiunea deficitului hidric [64]. Dar, în același timp, se atestă cercetări ale căror rezultate vorbesc despre suprimarea acumulărilor de SRO din zona apicală-mersitematică, inclusiv la tomatele expuse stresului cu cianamide [55], la sp. *Medicago* sub acțiunea nitraților [69] sau la lotus expus stresului hidric [54].

O lucrare relevantă în acest context reprezintă cercetările la *Arabidopsis* [29], care denotă rolul decisiv al SRO în creșterea și diferențierea zonelor radicului în condiții optime și de stres, în particular în zona apical-meristematică, stresul determinând diminuarea activității oxidative în această zonă, ce duce după sine diminuarea capacității de dividere a celulelor.

Cercetările realizate cu privire la particularitățile distribuției SRO din radicule sunt relevante în contextul rolului lor în organizarea structurală, diferențierea celulelor și țesuturilor, precum și de adaptare la stres. Studierea distribuției SRO în radiculele a 6 genotipuri de tomate în condiții optime, de stres hipertermic, deficit hidric și stres mixt a stabilit un șir de particularități, atât în funcție de genotip, cât și tipul stresului aplicat (Figura 2.9). Totodată, s-a constatat o diminuare semnificativă a lungimii radicului în condiții de stres solitar, precum și mixt, în cel din urmă caz, suprimarea fiind mai evidentă.

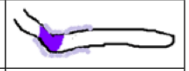
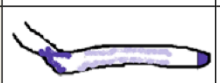
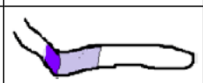
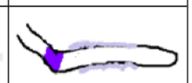
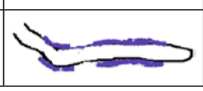
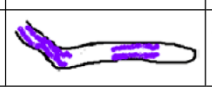
Genotip / variantă	Martor	Stres hidric	Stres termic	Stres mixt
Mary Gratefully				
S. pimpinellifolium				
Rufina				
Tomiș				
Mihaela				
CisGen				

Figura 2.9. Reprezentarea schematică a distribuției SRO în meristemul radicular, zona de creștere și joncțiunea rădăcină - hipocotil a radiculei.

În urma analizei rezultatelor obținute s-a stabilit că, cele 6 genotipuri incluse în acest studiu, după lungimea zonei meristemei radiculare cu acumulări de SRO pot fi împărţite convenţional în 2 grupe: i) în diapazonul 4095,1 - 5015,4 µm s-au situat genotipurile *S. pimpinellifolium*, Mary Gratefully şi Rufina şi ii) cu dimensiuni în jur de 643,0 µm – genotipurile Mihaela, Tomiş şi CisGen.

În linii generale s-a constat o specificitate a acumulărilor de SRO în condiții de stres și în particular în funcție de natura factorului de stres. Astfel, la variantele martor a tuturor genotipurilor, în zona apicală a radiculei era prezentă o arie extinsă cu acumulări de SRO, totodată s-a stabilit o distribuţie uşor diferită a SRO în zonele de creștere şi a joncţiunii rădăcină-hipocotil în funcţie de genotip și stres. În variantele expuse stresului termic, hidric sau mixt, s-a constatat lipsa totală a acumulărilor de SRO în zona meristemei radiculare şi doar în cazuri unice puteau fi atestate acumulări pe o lungime de 32,15-128,6 µm.

De asemenea s-a constat că, în variantele expuse stresului hidric, acumulările de SRO erau cu precădere la suprafaţă radiculei (epiderm, endoderm), de regulă cuprinzând joncţiunea rădăcină-hipocotil cu acumulări mai consistente şi în cantităţi reduse în interiorul rădăcinii (cortex, periciclu şi țesut conducător).

Stresul termic a condiționat stoparea acumulărilor de SRO în zona apicală, dar în comparație cu stresul hidric, acumulări de diferită intensitate, precum şi distribuţie de-a lungul radiculei erau prezente în ţesuturile conducătoare şi în tot spaţiul din cortex şi mai puţin în epidermă. Stresul mixt a determinat lipsa totală a acumulărilor SRO în zona meristematică, cu acumulări minore la nivelul epidermei în zona de creștere şi diferenţiere, cantitatea maximă fiind atestată în jumătatea a doua a zonei de joncţiune rădăcină-hipocotil. Astfel, constatăm că după 12 ore de la acţiunea stresului, este inhibată formarea SRO în zona apicală a radiculei, iar acumulările mai consistente, sau dimpotrivă lipsa SRO, se înregistrează în zona de creștere şi diferenţiere a radiculei.

Astfel, stresul abiotic a dus fie la suprimarea totală (Figura 2.10 B, E) sau parțială (Figura 2.10 A, C) a SRO din zona apicală, precum și redistribuirea lor de-a lungul radiculei (Figura 2.10 D, E, H), acumularea diferențiată în zonele de creștere sau diferențiere (Figura 2.10 F, G, H) dar și în hipocotil (Figura 2.10 H).

Atestarea reacțiilor histochimice a scos în evidență tablouri cu aspect specific în funcție de tipul stresului, care au variat ușor la diferite termene poststres. În acest context a fost efectuat un studiu ce vizează reacțiile radiculelor după acumularea SRO în dinamică la diferite termene după aplicarea factorului de stres. Analiza radiculelor la 24, 48 și 72 ore din momentul inițierii experienței (ore poststres în variantele expuse stresului - OPS) a stabilit că în condiții optime lungimea zonei cu SRO se micșorează în dinamică (Figura 2.11). Totodată, stresul termic (42^0C, 6 ore) sau stres hidric (5 atm. deficit hidric) determină o diminuare a lungimii zonei cu SRO față de condiții optime cu

6,3-53 % la 24 OPS, cu 4,8-45 % la 48 OPS și 77-100% la 72 OPS. Cele mai mari valori ale lungimii zonei cu SRO per genotip, precum și cea mai mică diminuare în dinamică au fost stabilite pentru s. Mary Gratefully, atât în condiții optime, cât și de stres termic.

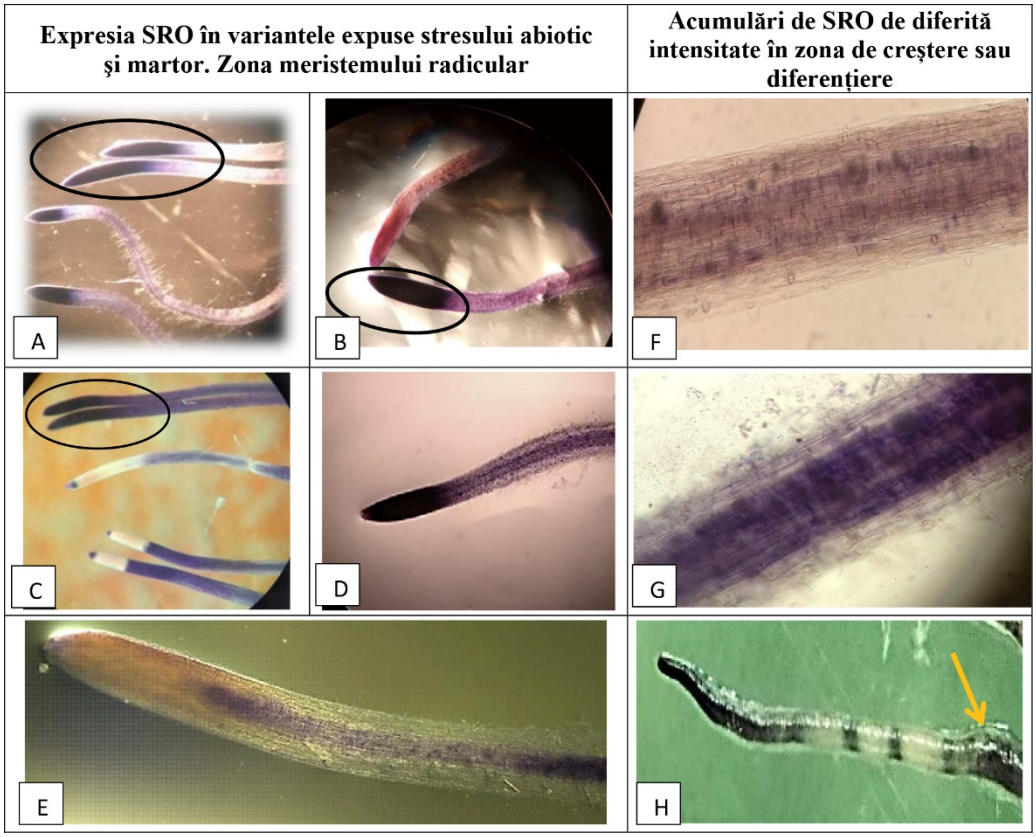


Figura 2.10. Acumulări de SRO în diferite zone ale radicului în condiții optime (încercuit) și condiții de stres termic sau hidric. H. Săgeata indică joncțiunea radiculă-hipocotil. Vizualizare la microscop cu mărirea x 50 (A, B, C, D, H) sau x100 (F, G, E).

Deficitul hidric a avut o specificitate mai mare prin pizma răspunsului plantei la diferite termene poststres, dar și în funcție de genotip, astfel că la 48 OPS acumulări de SRO se atestă doar la Rufina, iar la 72 OPS nici pentru un genotip nu au fost remarcate acumulări.

Din datele obținute rezumă o tendință generală stabilită în dinamică ce scoate în evidență diminuarea zonei cu acumulări de SRO, atât în condiții optime, cât și de stres. De asemenea constatăm că, după cota radicululelor cu acumulări de SRO în zona apicală, la 24 OPS în variantele martor aceasta a constituit peste 83%, iar în variantele tratate a

variat foarte mult în funcție de combinația genotip-stres, astfel că stresul termic a determinat o diminuare a cotei cu 25-80% din valoarea martorului, iar stresul hidric un impact mai temperat (Figura 2.11 B).

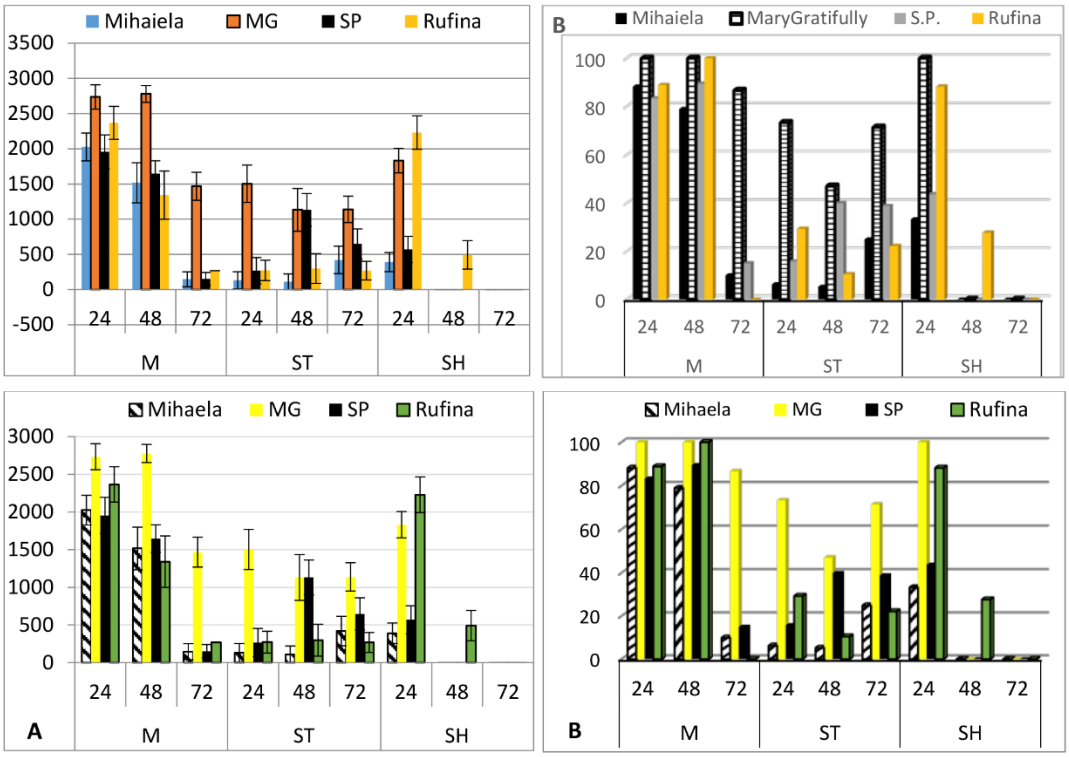


Figura 2.11. Reacții de răspuns al radicelelor la diferite termene de evaluare poststres termic (ST) sau deficit hidric (SH):
A. Lungimea zonei cu acumulări de SRO ($\bar{x}$ ± SD, µm);
B. Cota radicelelor cu răspuns pozitiv de acumulare a SRO, %.

MG – Mary Gratefully, SP – *S. pimpinellifolium*

Tabloul histochimic se schimbă semnificativ la 48 și 72 ore poststres, perioade în care cota radicelelor cu SRO scade treptat la zero în variantele tratate cu deficit hidric (excepție Rufina), iar la cele termic persistă indici mai mari sau similari martorului. Deci, stresul hidric are un impact mai devastator asupra acumulării SRO în zona meristemei radiculare începând cu 48 OPS, iar de aici ar putea rezulta și efecte cu impact mai puternic de suprimare a creșterii și dezvoltării ei, fapt confirmat după valorile medii ale lungimii radicelelor în condiții optime și de stres termic sau hidric.

Pe lângă diminuarea zonei cu acumulări de SRO sub acțiunea stresului, la fel ca și în alte studii realizate cu alte genotipuri, constatăm diminuarea valorilor medii ale

radiculelor. De asemenea, pentru unele genotipuri, constatăm o reacție specifică a genotipului în funcție de tipul stresului aplicat, după lungimea radiculei, stresul hidric de regulă având un efect mai puternic de suprimare comparativ cu stresul termic, diminuarea față de martor fiind multiplă (Tabelul 2.4).

Tabelul 2.4. Lungimea radiculei unor soiuri de tomate la 72 ore poststres abiotic, mm

Genotip	Mihaela			Mary Gratifully			*S. pimpinellifolium*			Rufina		
Variantă	O	ST	SH	O	ST	SH	O	ST	SH	O	ST	SH
x̄	30,5	23,8	10,8	36,2	12,6	12,6	35,0	25,2	11,4	35,9	18,4	8,1
SE	4,6	2,5	1,6	5,2	1,8	2,6	3,6	2,9	1,9	4,2	1,7	1,0

Analiza dispersională a variației lungimii zonei cu acumulări de SRO denotă o contribuție semnificativă a stresului în fluctuațiile acestui indice, contribuția fiind de 17,0 %, urmată de perioada poststres (13,3 %) și interacțiunea lor (11,7 %), iar genotipului îi revine 8,8 % (Tabelul 2.5).

Tabelul 2.5. Analiza variației lungimii zonei cu SRO din radicule, zona apicală, în funcție de genotip, stres, perioada poststres

Indici ai variației	Suma pătratelor	GL	Media pătratică	F test	PI, %
A: Genotip	14965,6	3	4988,53	37,33***	8,77
B: Stres	29048,0	2	14524,00	108,69***	17,02
C: Poststres	22728,2	2	11364,10	85,04***	13,32
AB	7004,3	6	1167,39	8,74***	4,10
AC	4026,9	6	671,145	5,02***	2,36
BC	19961,3	4	4990,32	37,34***	11,70
ABC	5553,3	12	462,77	3,46***	3,25
Rezidual	67348,2	504	133,63		
Total	170636,0	539			

*** diferențe semnificative pentru $P \leq 0,001$

Evaluarea indicilor morfologici ai radiculei și activarea SRO la descendenții plantelor infectate cu VAT sau VMT și expuse stresului abiotic. Studiile realizate în cadrul diferitelor sisteme gazdă-patogen și descendenților acestora a scos în evidență o dependență a intensității creșterii radiculei în condiții normale și suboptimale în funcție de statutul fitosanitar al semințelor. În mod similar a fost stabilită o variație a lungimii

zonei cu SRO între variantele obținute de la plantele infectate cu VAT sau VMT și cele sănătoase, atât în condiții optimale, cât și expuse stresului abiotic. Astfel, în condiții optime cel puțin una din variantele VMT sau VAT a indicat valori semnificativ mai mici decât martorul după lungimea zonei cu acumulări de SRO, și doar pentru Rufina ambele variante au fost semnificativ mai mari (Figura 2.12). În ceea ce privește variantele expuse stresului termic sau hidric, s-a atestat o specificitate mare în funcție de combinația *Genotip – Virus – Stres*, diferențele statistice fiind veridice atât între variantele martor și VAT sau VMT, cât și între VAT și VMT.

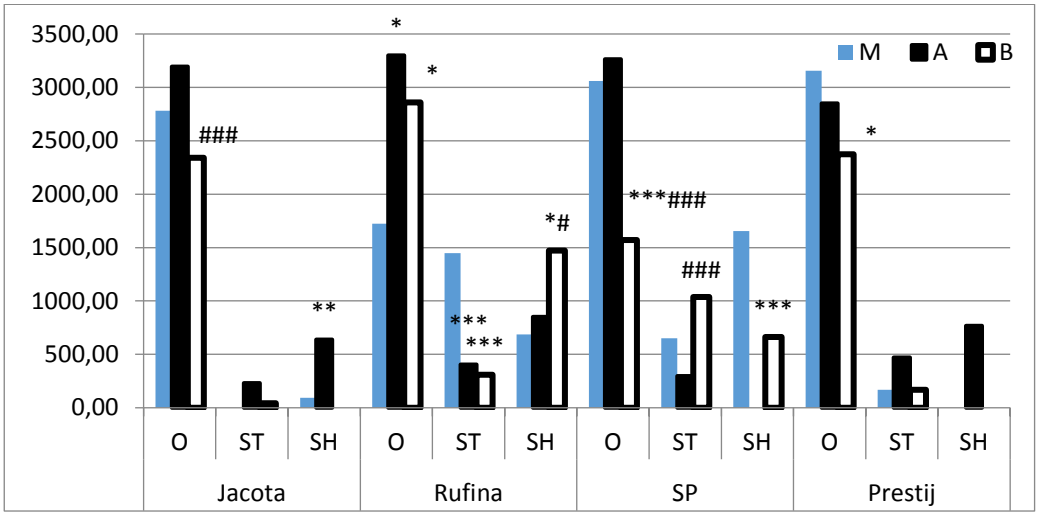


Figura 2.12. Răspunsul expresiei SRO în zona meristemei radiculare în cazul expunerii la ST (stres termic) sau SH (stres hidric) în dependență de statutul fitosanitar al semințelor: M – martor, A –varianta VMT, B – varianta VAT (µm). SP – *S. pimpinellifolium*
***, **, *** - diferențe semnificative pentru P ≤ 0,05, 0,01 și 0,001 respectiv față de martor,**
 # - diferențe semnificative pentru P ≤ 0,001 între variantele VAT și VMT.

Testul viabilității Evans Blue. Evaluarea viabilității celulelor radiculei prin intermediul testului Evans Blue a stabilit că, în germenii expuși stresului termic sau deficitului hidric, comparativ cu varianta optim, în zona apicală are loc colorarea intensă, fapt ce denotă pătrunderea reactivului în celule ca urmare a distrucției membranelor celulare (Figura 2.13 D, F, H). Acest fapt a fost confirmat după 24 ore poststres și s-a menținut în evoluție la analize repetate la 120 - 148 ore. Totodată, inhibarea creșterii radiculei principale în condiții de stres era însoțită de stimularea creșterii rădăcinilor adventive (Figura 2.13 G). Analizele morfologice au stabilit diferențe în ceea ce privește

arhitectura radicului la plantele expuse stresului termic între variantele VMT, VAT sau martor după lungimea radicului principale, numărul și lungimea rădăcinilor secundare, precum și comparativ cu varianta menținută în condiții optime.

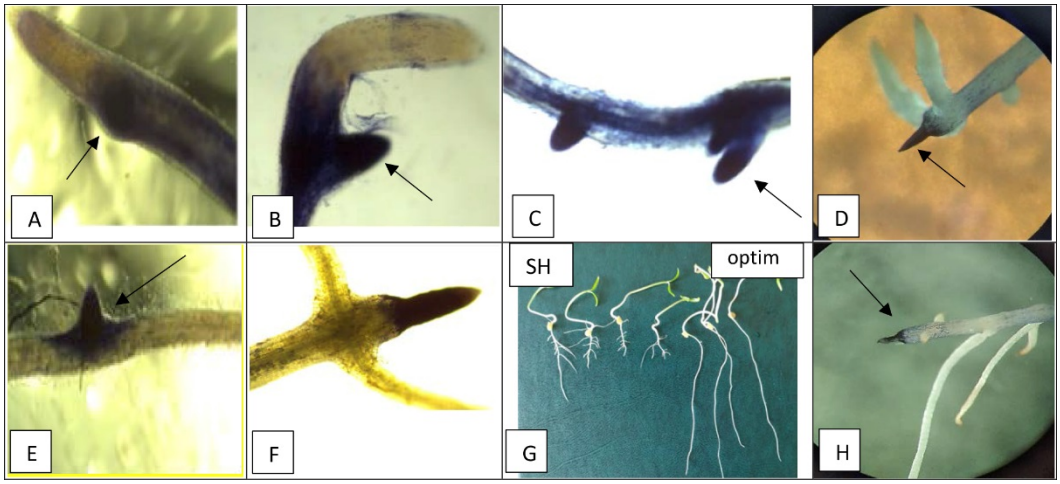


Figura 2.13. Manifestarea acumulărilor SRO în radiculele expuse stresului termic sau hidric (A, B, C, E) și a colorării cu Evans Blue (D, F, H).

În urma studiilor realizate s-a constatat că, la germenii expuși stresului termic sau hidric lungimea radicului după 150 ore poststres era mai mică comparativ cu condițiile optime și se constată formarea unui număr mare de rădăcini adventive. Una din explicațiile acestui fapt este stoparea creșterii rădăcinii principale, care în același timp duce la stimularea apariției rădăcinițelor adventive în imediata apropiere a apexului (Figura 2.13 A, B) sau/și în alte zone, precum cea de creștere, diferențiere sau de joncțiune radiculă – hipocotil (Figura 2.13 C, E). În acest context, rezultatele obținute în cercetările noastre, care au vizat evaluarea acumulărilor de SRO, vin cu completarea datelor ce țin de viabilitatea celulelor din zona apicală a radicului raportată la capacitatea de creștere a radicului principale în condiții de stres termic sau hidric. Rezultatele obținute au arătat că, stresul abiotic de regulă duce la diminuarea acumulărilor de SRO din zona meristemtice (Figura 2.13 A, B) la diferite termene de evaluare poststres, precum și la pierderea integrității acestor celule, exprimate prin acumularea particulelor colorantului Evans Blue (Figura 2.13 D, F, H). Totodată, în cazul pierderii capacității de creștere a radicului prin intermediul zonei meristematice, în imediata apropiere a apexului radicular se atestă apariția unor excrescențe cu acumulări de SRO, din care se formează rădăcinițe adventive care depășesc după lungime radicula principală a cărei creștere a fost inhibată (Figura 2.13 D, H).

2.3. Efectul temperaturii ridicate asupra unor indici biomorfologici și fiziologici ai tomatelor la diferite etape ontogenetice (germene și plantulă)

Stresul fiziologic este definit ca un efect rapid și direct al unui factor de stres extern care provoacă perturbarea homeostaziei organismului [33]. În schimb, aclimatizarea este procesul prin care un organism individual se adaptează la o schimbare treptată a mediului, permițându-i să-și mențină performanța în diverse condiții de mediu [18]. Sistemele de răspuns ale plantelor sunt orientate diferențiat în dependență de tipul și durata stresului. În cazul factorului hipertermic de scurtă durată mecanismele de protecție sunt orientate spre menținerea funcționalității metabolice a celulelor. În contrast, expunerea plantelor la stresul hipertermic de lungă durată reduce semnificativ creșterea celulelor și mărește rata celulelor moarte. Totodată, în prima fază a stresului hipertermic de lungă durată, celulele îmbunătățesc sistemele antioxidante pentru a preveni formarea unui mediu oxidant. Sub stres termic prelungit, sistemele antioxidante, în special cele enzimatice, sunt inactivate. În consecință, are loc o creștere a conținutului de H_2O_2, accentuarea peroxidării lipidelor și oxidării proteinelor. Această stabilire a stresului oxidativ ar putea fi responsabilă pentru creșterea cotei celulelor moarte [51]. Astfel, la temperaturi ridicate (de obicei ≥30°C), sunt afectați atât parametrii de dezvoltare, cât și de creștere, inclusiv germinarea semințelor, reproducerea, precum și randamentul de realizare al potențialului culturii agricole [22].

O serie de studii au evaluat toleranța la temperaturi supraoptimale la tomate folosind diferiți parametri [24]. Indicele fenotipic este un instrument de diagnostic direct care poate reflecta gradul de deteriorare termică [60]. Prin urmare, indicele daunelor termice este un parametru de încredere pentru aprecierea gradului de deteriorare termică al plantulelor de tomate sub stres hipertermic. Indicii fiziologici și biochimici [53, 70] sunt, de asemenea, instrumente de evaluare fiabile, mai ales că aceste modificări răspund mai repede decât modificările morfologice la stres. Multe trăsături fiziologice și biochimice sunt asociate cu toleranța la factori abiotici ai plantelor de tomate. De asemenea, sunt cunoscute caractere morfologice care sunt corelate cu toleranța la stres, precum si indici indirecți ai toleranței [35].

Relatările cercetătorilor cu privire la asocierea răspunsului fiziologic la stresul termic prezintă date ce scot în evidență reacții specifice la stadiul de răsad și cel de anteză la tomate în funcție de particularitățile stresului și indicatorii evaluați [73]. Astfel, este demonstrată posibilitatea *screening*-ului genotipurilor după sensibilitate la stresul termic la etapa plantulelor juvenile [71] sau dimpotrivă, etapele ontogenetice sunt considerate de unii autori independente ca și reacție de răspuns [62, 52].

În contextul celor menționate, ne-am propus ca scop evaluarea particularităților răspunsului plantelor de tomate în cazul aplicării unice sau repetate a stresului la 2 etape diferite de dezvoltare a plantei – germene și plantulă. Cercetările ce vizează evaluarea efectului stresului hipertermic a inclus plante menținute în condiții optime la stadiul de plantulă și expuse stresului termic, unele din ele provenind din germeni expuși la stres hipertermic conform variantelor:

1. CC – plante menținute în *condiții optime* de temperatură (26/21 ^{0}C) zi/noapte și regim hidric optim,
2. TC – plante menținute în *condiții optime*, dar obținute din germeni expuși la șoc termic de scurtă durată (42^{0}C, 6 ore),
3. CT – plante expuse *temperaturilor înalte* 42/25^{0}C zi/noapte timp de 7 zile (umiditatea cca 65-70 %),
4. TT – plante expuse *temperaturilor înalte* de lungă durată, obținute din germeni expuși socului termic de scurtă durată (42^{0}C, 6 ore).

Efectul diferențiat al stresului termic asupra răspunsului oxidativ la plante (stres unic și repetat la diferite etape de dezvoltare). Luând în calcul că schimbările biochimice și fiziologice sunt indicatori ce au un răspuns mai rapid decât însăși schimbările morfologice sau cele legate de gradul de atac, acumularea diferențiată a SRO ca urmare a acțiunii stresului, ar fi un indicator relevant în diferențierea reacțiilor genotipului. Analizele histochimice vin să scoată în evidență tabloul efectelor produse de stresul unic sau repetat la diferite etape de dezvoltare a plantei. Astfel, încă până la apariția simptomelor vizibile de deteriorare se pot urmări acumulări de SRO în frunzele plantelor expuse stresului, precum și zone în care a fost compromisă integritatea celulelor. Vizualizarea rezultatelor ne permit să stabilim reacții ușor diferențiate după acumularea SRO din frunzele plantelor la acțiunea diferențiată a stresului termic aplicat la diferite etape de dezvoltare prin prisma efectelor produse. Pentru toate 4 genotipuri studiate (*S. pimpinellifolium*, Rufina, Mary Gratefully și Elvira) s-au stabilit acumulări de diferită intensitate și suprafață de SRO în frunzele plantelor expuse stresului hipertermic, pentru variantele cu stres aplicat dublu – la stadiul de germene și de plantă (TT) comparativ cu cele expuse stresului doar la stadiul de plantă (CT) sau germene (TC) (Figura 2.14). Un tablou similar ce descrie incidența zonelor s-a atestat în celulele care au pierdut integritatea, posibil, ca urmare a acumulării excesive a SRO.

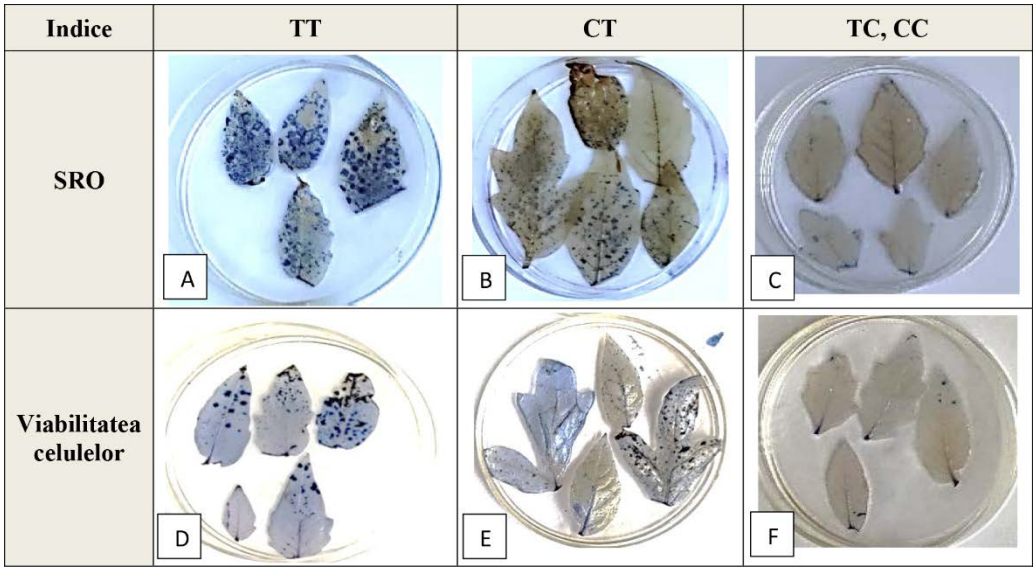


Figura 2.14. Acumulări de SRO și testul viabilității celulelor în frunze la 48 ore poststres în cazul expunerii la stresul termic: A, B, C - acumularea SRO în frunzele plantelor expuse stresului termic în variantele TT, CT și TC-CC, respectiv: D, E, F - testul viabilității celulelor după Evans Blue.

În alte studii la tomate de asemenea au fost stabilite acumulări consistente de SRO însoțite de pierderea integrității celulelor ca urmare a stresului hipertermic de scurta durată (42^0C, 24 ore) [68]. În general, membranele biologice sunt primele ținte ale factorului abiotic și pierderea integrității membranelor este un efect primar al leziunii termice. Studiile anterioare au documentat că stresul termic reduce termostabilitatea membranelor și condiționează peroxidarea lipidelor membranelor, iar în consecință pierderea integrității celulare [22].

În urma evaluării acestor doi indicatori histochimici – acumularea SRO și viabilitatea celulelor, s-au atestat următoarele aspecte specifice:

i) stresul termic unic sau repetat, în funcție de genotip și schema aplicării lui, contribuie într-o manieră ușor diferențiată la acumularea SRO și moartea celulelor, reacții practic nesesizabile în condiții optime;

ii) acumulările de SRO în țesuturile parenchimatice au fost asociate cu zonele în care celulele au pierdut integritatea (testul Evans Blue). Totodată, acumularea SRO a fost mai intensă pentru 2 (*S. pimpinellifolium* și Rufina) din 4 genotipuri la plantele expuse stresului repetat – la stadiul de germene și plantulă, în timp ce pentru altele 2 (Mary Gratefully și Elvira) la stres unic la stadiul de plantulă.

Cele mai multe acumulări de SRO (raportate la suprafața foliară) au fost atestate la *S. pimpinellifolium* expus stresului repetat.

Evaluarea cantitativă a unor SRO precum peroxidul de hidrogen (H_2O_2) în variantele în care stresul a fost aplicat diferențiat, a stabilit că, expunerea la stres termic (ST) la etapa de germinare (TC) a contribuit ulterior la diminuarea semnificativă de 2,51-6,7 ori a conținutului de peroxid de hidrogen din frunzele plantelor în raport cu cele netratate (CC) la genotipurile analizate (Figura 2.15 A). Totodată variantele expuse stresului cu temperaturi ridicate la stadiul de plantulă (CT) au indicat valori semnificativ mai mari ale conținutului de H_2O_2 față de cele pretratate (TT). Tendințele de creștere sau diminuare ale conținutului de H_2O_2 între variantele CT/TT sau TC/CC au fost similare la diferite etape de la inițierea stresului (Figura 2.15 A, B).

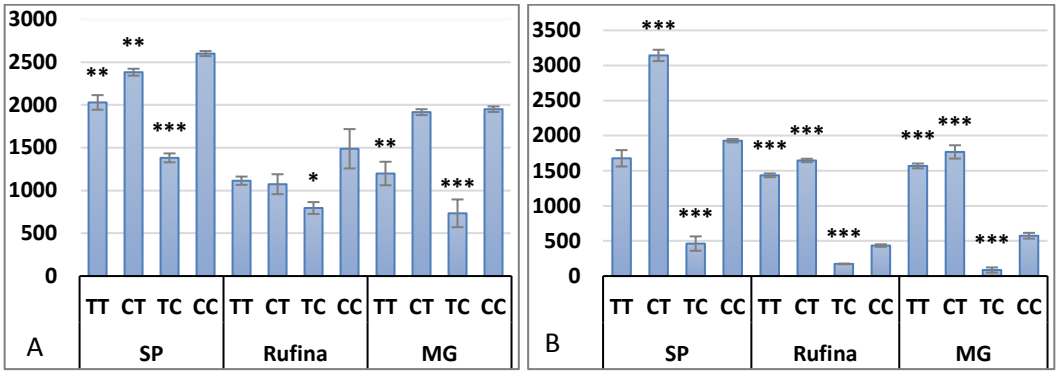


Figura 2.15. Conținutul peroxidului de hidrogen în frunzele plantelor expuse la ST (10^{-3} µM): A. 24 ore poststres; B. 14 zile poststres.

Notă: CC – Control optim; CT – stres la stadiul de plantulă (stadiul 1 după scara BBCH), TC – apariția radiculei (stadiul 0 după scara BBCH); TT – aplicarea stresului la stadiul de germene și plantulă. MG – Mary Gratefully, SP – *S. pimpinellifolium*

*, **, *** diferențe semnificative pentru $P \leq 0,5$, 0,01 și 0,001 față de martor (CC).

S. pimpinellifolium a prezentat de regulă valori mai mari ale conținutului de H_2O_2 din frunzele plantelor comparativ cu restul genotipurilor. La 24 ore de la acțiunea stresului variantele CT expuse prima dată stresului la stadiul de plantulă au indicat valori de 1,6-3,7 ori mai mult decât controlul (CC). Diferențe considerabile au fost înregistrate practic între toate variantele analizate. Totodată, s-a atestat că, pentru genotipurile analizate cel mai mare conținut de H_2O_2 a fost stabilit în variantele expuse stresului termic doar la stadia de plantă (CT), depășind de 1,2-1,9 ori valorile variantelor pretratate (TT), și în același timp au depășit de 6,7; 9,5 și 20,6 ori valorile variantelor expuse la stres numai la stadiul de germene (TC), respectiv pentru *S. pimpinellifolium*, Rufina și Mary Gratefully (MG). În dinamică, la 14 zile poststres (Figura 2.15 B), în linii generale

se mențin tendințe diferențiate între variantele cu diferit mod de aplicare a stresului, indicând unele particularități de răspuns în funcție de genotip dintre care *S.pimpinellifolium* a prezentat cele mai mari valori ale H_2O_2.

Variația cantitativă a componentelor sistemului redox (SRO, POX) a fost atestată la tomate și în alte cercetări, implicând diferite etape ale expunerii la stres termic [70], în anumite condiții indicând de asemenea valori mai mici decât varianta optimă.

Rezultă că variantele expuse ST la stadiul de germene (TC) au în frunze un conținut al H_2O_2 multiplu mai mic față de cele neexpuse stresului (CC), precum și toate celelalte variante experimentale, iar variantele tratate doar la stadiul de plantulă (CT) au indicat un conținut semnificativ mai mare comparativ cu cele pretratate cu același stres (TT).

Evaluarea răspunsului redox a plantelor de tomate sub acțiunea stresului hidric și termic. Din datele obținute nu s-a stabilit o corelare definitorie dintre conținutul de H_2O_2 din germenii și plantele expuse stresului termic sau hidric pentru 8 genotipuri analizate (datele nu sunt prezentate). În linii generale, la etapa de germene, între valorile medii pentru diferite genotipuri, precum și între varianta martor și cea expusă stresului termic sau hidric, s-au înregistrat diferențe proxime, în timp ce pentru stadiul de plantulă, valorile H_2O_2 au variat în dinamică mai mult la diferite termene poststres.

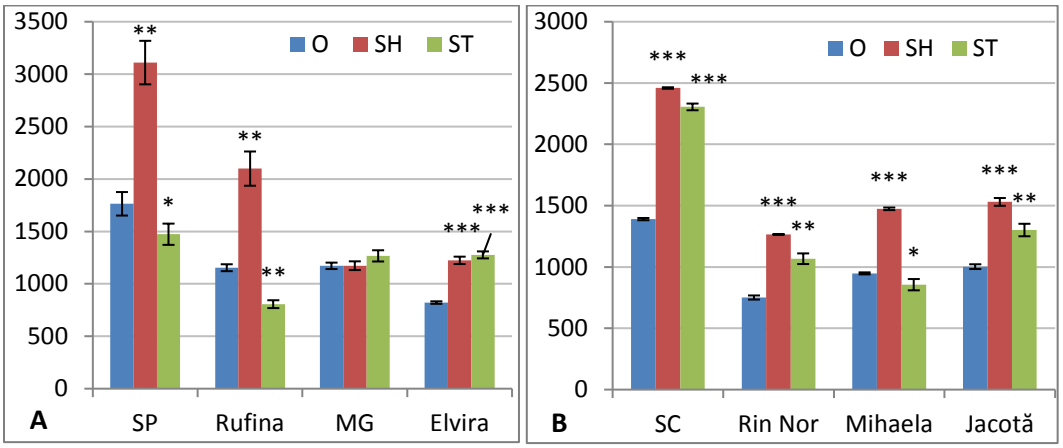


Figura 2.16. Conținutul H_2O_2 (10^{-3} µM) în frunzele plantelor de tomate expuse la stres abiotic.

*, **, *** – diferențe semnificative pentru $P \leq 0,05$, 0,01 și 0,001 față de varianta Optim (O).
SP – *S. pimpinellifolium*, *MG* – Mary Gratefully, SC – *S. cheesmaniae*,

Ținem să menționăm că la stadiul de plantulă, indicii cei mai înalți ai conținutului de peroxid de hidrogen au fost stabiliți, de regulă, pentru formele spontane incluse în studiu, fapt ce nu a fost valabil și pentru stadiul de germene. În general, în majoritatea cazurilor, s-a stabilit o creștere a indicilor H_2O_2 la plantele expuse stresului față de cele

martor cu tendințe specifice pentru combinația concretă *genotip-stres* (Figura 2.16). În acest studiu creșterea cea mai mare a conținutului de H_2O_2 a fost stabilită în variantele expuse stresului hidric la 7 din 8 genotipuri analizate, respectiv pentru genotipurile *S. pimpinellifolium,* Rufina, Mary Gratefully și Elvira –1,76, 1,83, 1,0, 1,49 ori față de varianta Optim (Figura 2.16 A) și 1,76, 1,68, 1,55, 1,52, respectiv *S. cheesmaniae,* Rin Nor, Mihaela și Jacotă (Figura 2.16 B). Indicii H_2O_2 sub acțiunea stresului hipertermic cronic au înregistrat atât valori mai mari, cât și mai mici față de varianta Optim.

Suprimarea producției de SRO, contribuie la atenuarea daunelor membranelor celulare cauzate de temperaturile înalte [68]. Enzimele antioxidante sunt cruciale în detoxifierea SRO, care se crede să facă parte din adaptarea la stres termic și care corelează pozitiv cu dobândirea termotoleranței la plante [59]. În același context s-a stabilit că stresul hipertermic cronic a contribuit la creșterea mult mai accentuată a indicelui activității peroxidazelor (POX) comparativ cu stresul hidric (Tabelul 2.6). Cea mai mare creștere a POX, față de condițiile optime, atât pentru varianta cu stres hidric, cât și stres termic a fost stabilită pentru genotipul Jacotă – 145,1 și 267,7 % respectiv. Luând în considerare tendințele conținutului de H_2O_2 din plantele expuse stresului termic sau hidric și valorile POX respective, putem presupune că în linii generale, valorile mai mari ale indicilor POX în variantele cu stres termic sunt responsabile de conținutul mai scăzut al H_2O_2 comparativ cu cel hidric.

Tabelul 2.6. Activitatea peroxidazelor în frunzele plantelor de tomate expuse la stres abiotic

Genotip	Optim	Stres hidric		Stres termic	
	x̄ ±SE	x̄ ±SE	% față de martor	x̄ ±SE	% față de martor
S. pimpinellifolium	0,85 ± 0,02	1,09 ± 0,03	28,2	2,22 ± 0,04	161,2
Rufina	0,99 ± 0,02	1,16 ± 0,02	17,2	2,20 ± 0,02	122,2
Mary Gratefully	0,61 ± 0,01	0,74 ± 0,01	21,3	1,59 ± 0,01	160,6
Elvira	1,25 ± 0,03	1,14 ± 0,02	-8,8	2,39 ± 0,04	91,2
S. cheesmaniae	1,30 ± 0,04	0,97 ± 0,02	-25,4	3,33 ± 0,11	156,2
Rin Nor	1,34 ± 0,02	2,02 ± 0,04	50,7	3,14 ± 0,14	134.3
Mihaela	1,30 ± 0,01	2,68 ± 0,04	106,2	3,42 ± 0,18	163,1
Jacotă	1,33 ± 0,02	3,26 ± 0,06	145,1	4,89 ± 0,14	267,7

Un răspuns specific al sistemului redox a fost stabilit în cazul regimului diferențiat de temperatură și durată, în cazul sp. *Arabidopsis thaliana,* unde H_2O_2 a crescut în funcție de timpul expunerii la stresul termic de lungă durată, dar nu și sub stresul termic

de scurtă durată. Conținutul crescut de H_2O_2 în timpul stresului termic poate funcționa nu numai negativ, ci și pozitiv, în sensul inducerii toleranței [45].

Rezultate similare au fost atestate și în cercetările noastre, care confirmă constatarea conform căreia acumulările de H_2O_2 în cazul stresului termic pot și utilizate ca marcheri ai toleranței la stres [17], așa cum s-a demonstrat și de alți cercetători [13, 72]. Utilizarea genotipurilor sensibile și termotolerante permit evidențierea relațiilor între termotoleranță și capacitatea de a crește una sau mai multe enzime de captare a SRO. De exemplu, un studiu efectuat pe diferite genotipuri de grâu a constatat că toleranța la căldură este asociată cu capacitatea APX și CAT de a coopera la eliminarea H_2O_2 [12]. În special, APX joacă un rol cheie în eliminarea H_2O_2 în răspunsul la stresul termic [13, 72]. Prin urmare, activarea antioxidativă sub stres termic poate fi parțial responsabilă pentru nivelurile mai scăzute de H_2O_2. Acțiunea stresului hipertermic solitar sau în combinație cu alți factori a avut un răspuns diferit după conținutul de H_2O_2 în organele plantei, astfel rădăcinile exprimând o creștere a conținutului de H_2O_2, iar frunzele indicând valori mai mici, prezentând în același timp un răspuns antioxidativ diferențiat [56].

Indicii arhitecturali ai plantelor de tomate sub acțiunea stresului hipertermic aplicat diferențiat la stadiul de germene și plantulă. Specificitatea acțiunii stresului termic, în funcție de schema de cercetare – aplicare unică sau repetată, la stadiul de germene sau plantulă a fost relevantă și pentru manifestarea indicilor arhitecturali ai plantei, variantele tratate la stadiul de germene având, de regulă, indici mai mici ca cele netratate, iar cele expuse tratării repetate cu ST prezintă valori mai mici ale caracterelor decât cele tratate o singura dată.

Aplicarea stresului termic la stadiul de germene are impact asupra dezvoltării ulterioare a plantelor de tomate, ceea ce se exprimă prin diminuarea valorilor medii ale caracterelor analizate față de condițiile optime. Astfel, la genotipul *S. pimpinellifolium* diminuarea valorilor medii pentru caracterele înălțimea plantei și lungimea frunzei a fost semnificativă atât pentru variantele expuse stresului la stadiul de germene (TC), comparativ cu controlul absolut (CC), cât și între variantele la care a fost aplicat stresul dublu – la stadiile de germene și plantulă (TT) comparativ cu cele expuse la stres la stadiul de plantulă (CT) (Figura 2.17).

Variantele soiurilor Rufina și Mary Gratefully au prezentat valori medii mai mici, dar cu semnificații dependente în particular de genotip și caracter (Figura 2.17 A, D). Un răspuns diferențiat la stres în dependență de caracterul evaluat a fost atestat și de alți cercetători [71]. Totodată pentru genotipul Mary Gratefully, cea mai vulnerabilă s-a dovedit a fi varianta tratată termic la stadiul de germene (TC), atestându-se diminuare pentru toate caracterele analizate. Rezultate similare au fost atestate și în altă lucrare în care semințele au fost obiectul expunerii la șocul termic [27] sau plantele au fost supuse

stresului repetat la diverse etape, ceea ce poate constitui un indicator al adaptabilității la etapele ontogenetice mai avansate. Tratarea repetată cu șoc termic de scurtă durată ar avea efecte inhibitoare asupra plantelor, de rând cu aplicarea stresului de lungă durată [1].

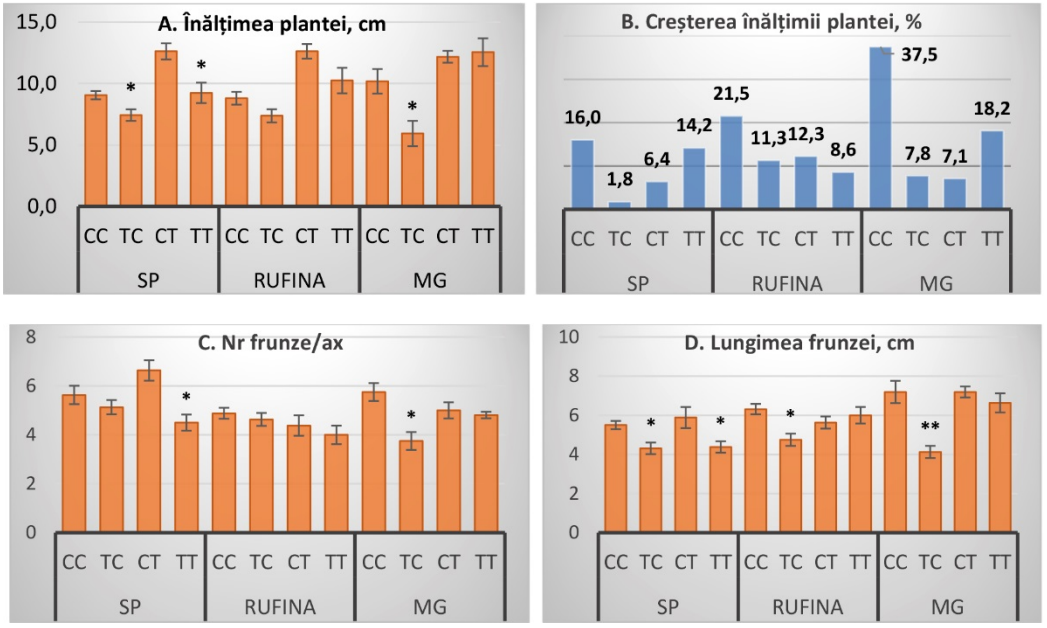


Figura 2.17. Variația caracterelor cantitative a plantelor de tomate în variantele cu expunere la stresul abiotic după diferite scheme.

MG – Mary Gratefully, SP – *S. pimpinellifolium*

*, ** diferențe semnificative pentru P ≤ 0,5 și 0,01, respectiv variantelor CC-TC și CT-TT.

Intensitatea creșterii plantelor între 2 evaluări (până la inițierea stresului și 14 zile după inițierea lui, inclusiv după 7 zile de reabilitare poststres) a fost diminuată multiplu în variantele tratate la stadiul de germene (TC) comparativ cu condițiile optime (CC) de până la 8,8 ori la *S. pimpinellifolium*, de 1,9 ori la Rufina și de 4,8 ori la Mary Gratefully, în timp ce la plantele expuse stresului doar la stadiul de plantă (CT) față de cele tratate repetat (TT) s-a stabilit o diminuare de 1,4 ori pentru Rufina și o creștere de 2,2 ori pentru *S. pimpinellifolium* și 2,6 ori la Mary Gratefully (Figura 2.17 B). Un moment specific a fost marcat pentru caracterul lungimea frunzei, astfel încât pentru 2 din 3 genotipuri (*S. pimpinellifolium* și Mary Gratefully) în variantele tratate la stadiul de germene (TC) comparativ cu varianta optimă (CC) creșterea a fost multiplu mai mare (de 8,2 și 5,6 ori) și similar tendinței variantelor tratate repetat (TT) la stadiul de planta față de cele expuse la stres o singură dată (CT) (de 6,2 și 2,5 ori, respectiv).

Analiza variației, denotă o specificitate a răspunsului plantelor genotipurilor studiate în dependență de schema de aplicare a stresului. Astfel, cea mai mare contribuție în variabilitatea caracterelor morfologice revine pe seama regimului de temperatură, în cazul aplicării stresului unic la stadiul de germene față de control (CC-TC), și un tablou mult mai specific pentru caracterele analizate la aplicarea stresului la stadiul de plantulă – repetat sau unic (CT / TT). Pentru aceste din urmă variante, genotipul determină cea mai mare variabilitate pentru lungimea frunzei și numărul de frunze per ax, dar nu și pentru înălțimea plantei. Contribuția genotipului în variația caracterelor a constituit 5,43, 28,34 și 20,01% pentru *înălțimea plantei, numărul de frunze per ax* și *lungimea frunzei*, iar a regimului de aplicare a stresului de 12,28 și 13,4 %, respectiv (Figura 2.18).

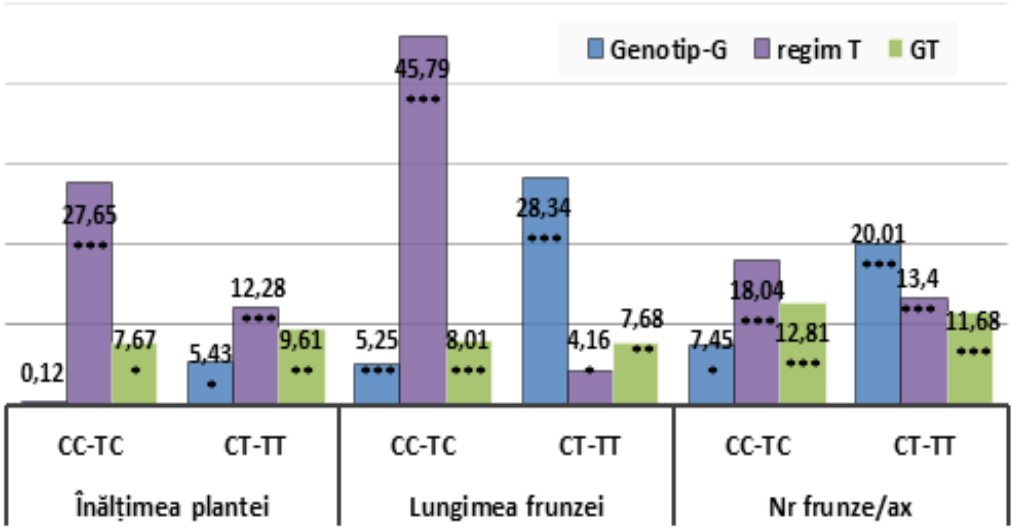


Figura 2.18. Contribuția factorilor în variabilitatea caracterelor cantitative a tomatelor expuse stresului termic (în baza analizei ANOVA).

*, **, *** semnificativ pentru P ≤ 0,5, 0,01 și 0,001

Astfel, stabilim o redistribuire a puterii de influență a factorilor *genotip* și *stres* în funcție de schema de aplicare a stresului, încât în cazul expunerii stresului la etapele de germene stresul are efect dominant asupra caracterelor arhitecturale, iar în cazul aplicării stresului (unic sau repetat) la etapa de plantulă, genotipul a avut impact prioritar. O partajare a efectului deprimant al stresului termic sau hidric în funcție de condiții specifice este descrisă pentru tomate și de alți autori [71].

2.4. Variabilitatea intrapopulațională a descendenților plantelor de tomate infectate cu virusuri pe fond de stres abiotic

Expunerea continuă la stres duce la selecția trăsăturilor adaptive benefice față de anumiți factori de mediu și fixarea evolutivă a acestor însușiri. Este cunoscut, că o selecție naturală a celor mai performante plante dintr-o populație necesită mult timp. Totodată, capacitatea de a se aclimatiza poate fi ușor modificată urmare a fluctuării factorilor ambientali. Menținerea homeostaziei, numită și aclimatizare, este un proces important, utilizat eficient pentru aprecierea adaptabilității genotipurilor la un mediu nou [44]. Producția de SRO este un rezultat comun al diferitelor reacții metabolice la factori de stres, care apar în mai multe organite și structuri intracelulare, precum și celule și țesuturi vegetale. Producerea SRO este, de asemenea, una dintre cele mai timpurii răspunsuri ale celulelor plantelor la factorii ambientali, iar aceste molecule de SRO pot provoca daune unei varietăți de procese metabolice [20, 11]. Pentru a combate stresul oxidativ, plantele au dezvoltat un sistem de control al titrului celular de SRO [43], precum și o modalitate de a valorifica un titru mai scăzut de SRO ca componentă de semnalizare pentru a regla o varietate largă de procese ale plantelor, inclusiv alungirea celulelor, diferențierea, morfogeneza și răspunsurile la stresul mediului [6, 14, 16]. Prin urmare, percepția rapidă și precisă, precum și răspunsul la diverși stimuli sunt importanți deoarece plantele se adaptează la schimbarea mediului natural. Cu toate acestea, modul în care o plantă percepe schimbările ambientale și cum declanșează ulterior semnale pentru a activa răspunsul fiziologic sunt studiate insuficient.

În această direcție, un interes deosebit prezintă studiul adaptabilității plantelor la variația factorilor de mediu a genotipurilor cu diferit statut fitosanitar. În acest scop au fost incluse soiuri cultivate Mary Gratefully, Jacotă, soiul cu gene de rezistență Rufina (Tm-1/Tm-2^2), forma spontană *S. pimpinellifolium*, precum și descendenții primei generații obținuți de la plante infectate cu virusul mozaicului tutunului (VMT), virusul aspermiei tomatelor (VAT) expuse în diferite condiții de stres:

- Optim (O) – plante menținute în condiții optime de temperatură (27/21^{0}C zi/noapte) și regim hidric,
- Stres hidric (SH) – plante de cca 5 săptămâni expuse deficitului hidric la nivel de plantulă prin restricționarea regimului de apă, menținute la temperatura 27/21^{0}C (zi/noapte) cu aplicarea stresului în 3 reprize,
- Stres termic (ST) – plante de cca 5 săptămâni expuse stresului termic cu creștere progresivă a temperaturii până la 42/25^0 C (zi/noapte), menținute în climocameră timp de 7 zile în regim hidric optim, umiditatea aerului cca 65-70%.

Pe parcursul primelor 5 săptămâni de la germinare toate plantele au fost crescute în regim optim de irigare. Regimul hidric normal a continuat pentru plantele variantei

optime şi cele expuse stresului termic, iar în varianta cu stres hidric udarea a fost restricţionată până la ofilirea frunzelor, după care, irigarea a fost reluată. Răspunsul plantelor la stresul abiotic a fost evaluat în baza activităţii peroxidazelor, apreciată după metoda Boyarkov [76], conţinutului peroxidului de hidrogen, determinat conform [50], iar cel al prolinei după [5]. Evaluările biomorfologice şi biochimice au fost efectuate la 14 zile de la iniţierea stresului, 7 zile de stres şi 7 zile de reabilitare poststres.

Diferenţierea răspunsului oxidativ la stresul termic sau hidric al genotipurilor de tomate descendente de la plante infectate cu virusuri. Luând în calcul semnificaţia H_2O_2 în diverse procese vitale – creşterea, diferenţierea ţesuturilor, mesager în manifestarea rezistenţei dobândite, putem ipoteza diferite particularităţi ale conţinutului peroxidului de hidrogen pe fond de stres termic sau hidric, care pot fi relevante pentru aprecierea stării fiziologice a organismului.

În condiţii optime, plante ale 4 genotipuri descendente de la părinţi infectaţi cu VMT sau VAT au indicat valori ale H_2O_2 multiplu mai mari faţă de cele descendente de la plantele sănătoase, spre exemplu pentru genotipul *S. pimpinellifolium* creşterea constituind 2,26 şi 1,8 ori faţă de martor, pentru VMT şi VAT, respectiv (Figura 2.18). Aceeaşi tendinţă se atestă pentru aceste variante în condiţii de ST (excepţie fiind înregistrată pentru variantele *S. pimpinellifolium*, Mary Gratefully-VAT). Variantele expuse SH au exprimat de regulă valori semnificativ mai mici sau similare martorului, cu excepţia variantei *S. pimpinellifolium*-VAT. Diminuarea conţinutului de H_2O_2 în condiţii de stres termic sau hidric la tomate a fost relatată şi în alte studii [17, 39, 56].

Cele mai înalte valori ale H_2O_2 în condiţii optime per variantă (martor, VAT sau VMT) revin genotipului *S. pimpinellifolium*. În condiţii de stres termic valori înalte au înregistrat genotipurile Rufina-VMT şi Jacotă-VMT, iar în condiţii de stres hidric – *S. pimpinellifolium*-VAT şi Rufina şi Jacota (martor) (Figura 2.19). Totuşi cele mai mari creşteri ale conţinutului de H_2O_2 la descendenţii VMT sau VAT comparativ cu martorul se atestă în cazul genotipului Jacotă, pentru variantele menţinute în condiţii optime şi cele expuse la ST, creşterea constituind de la 1,5 la 3,4 ori, urmată de variantele VMT şi VAT ale genotipului Rufina în condiţii ST şi varianta VMT-optim, pentru care majorarea a variat în diapazonul 1,7-3 ori, variantele VMT ale genotipului Mary Gratefully în condiţii optime şi ST (1,7-3 ori), şi pentru *S. pimpinellifolium* variantele VMT şi VAT în condiţii optime şi VAT în SH (1,8-2,3 ori). Totodată, pentru unele variante VMT şi/sau VAT în condiţii de stres au fost înregistrate valori semnificative mai mici ca martorul (*S. pimpinellifolium*-ST, Jacotă-SH, Rufina-SH), atestând diminuarea conţinutului de H_2O_2 cu 20-40 %.

Din cele menţionate rezultă că la descendenţii plantelor infectate cu virusuri are loc creşterea conţinutului de H_2O_2 comparativ cu martorul în condiţii optime, iar în condiţii de stres abiotic reacţiile au fost specifice în funcţie de combinaţia *genotip-virus-stres*.

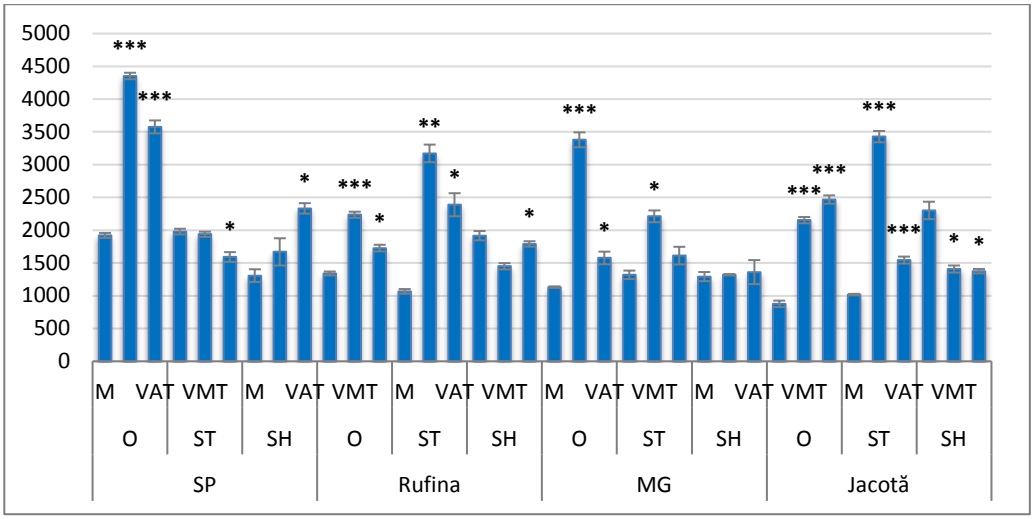


Figura 2.19. Concentrația H_2O_2 în frunzele plantelor de tomate în condiții optime și de stres abiotic, 10^{-3} µM.

MG – Mary Gratefully, SP – *S. pimpinellifolium*
*, **, *** diferențe semnificative pentru P ≤ 0,5, 0,01 și 0,001 față de martor

Generalizând rezultatele în baza analizei dispersionale, constatăm că cea mai mare contribuție în variația conținutului de H_2O_2 îi revine factorului *stare fitosanitară* (23,6 %), interacțiunii factorilor *stres x stare fitosanitară* (22%), urmată de interacțiunea tuturor factorilor din sistem – *genotip-stare fitosanitară-stres* (19%) (Figura 2.20 A).

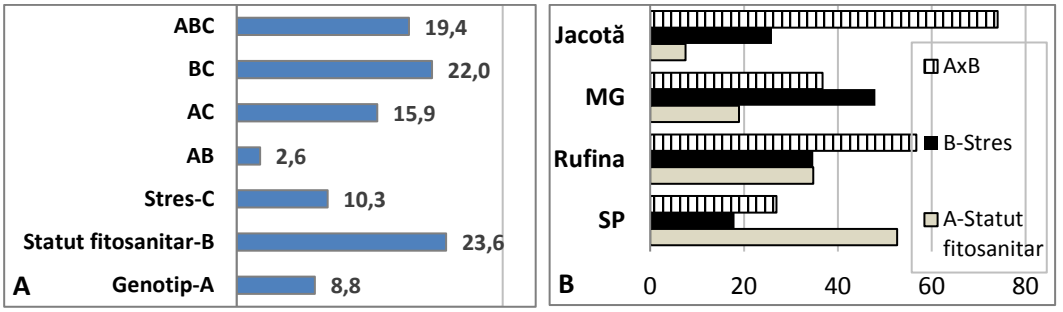


Figura 2.20. Contribuția factorilor în variabilitatea conținutului de peroxid de hidrogen, %. A. Rezultate cumulative pentru 4 genotipuri. B. Rezultate individuale per genotip (în baza analizei ANOVA, semnificativ pentru P ≤ 0,001).

MG – Mary Gratefully, SP – *S. pimpinellifolium*

Analiza contribuției factorilor *stres* și *stare fitosanitară* asupra variației conținutului de H_2O_2 per genotip, denotă un răspuns neunivoc. Astfel, aportul

factorului *stare fitosanitară* descreşte ierarhic de la *S. pimpinellifolium* cu 53 % la Rufina (cu 34%), Mary Gratefully (cu 19%) şi Jacotă (cu 8%), în timp ce interacţiunea factorilor *stres x stare fitosanitară* a descrescut în sens invers – de la s. Jacotă cu 72%, Rufina – 57%, Mary Gratefully – 37% şi *S. pimpinellifolium* – 27% (Figura 2.20 B). Tendinţe specifice similare au fost stabilite şi pentru contribuţia factorilor sus menţionaţi în variabilitatea caracterului înălţimea plantei – descreşterea ponderii factorului *stare fitosanitară* şi creşterea interacţiunii *stare fitosanitară* x *stres* (cu excepţie s. Mary Gratefully) (Figura 2.29 B).

Răspunsul antioxidativ enzimatic al tomatelor la acţiunea factorilor de stres abiotic. Activitatea peroxidazelor (POX). Dacă în cazul conţinutului H_2O_2 în frunze au fost stabilite diferenţieri mai pronunţate după interacţiunea factorilor *stare fitosanitară* x *stres* şi *stare fitosanitară* x *stres* x *genotip,* precum şi *stare fitosanitară* separat, atunci pentru răspunsul antioxidativ în baza activităţii POX şi conţinutului de prolină, acest accent a fost mai evident în funcţie de tipul de stres cu aspecte specifice pentru genotip şi starea fitosanitară. Astfel s-a constatat că, POX indică o creştere semnificativă pentru toate genotipurile expuse stresului termic, iar conţinutul prolinei a variat în special la acţiunea deficitului hidric.

Evaluarea activităţii POX la plantele menţinute în condiţii optime, a stabilit că pentru genotipurile Jacota şi *S. pimpinellifolium* aceasta a indicat valori semnificativ mai mari la descendenţii plantelor infectate cu VAT sau VMT comparativ cu martorul, şi dimpotrivă valori mai mici pentru genotipurile Mary Gratefully şi Rufina.

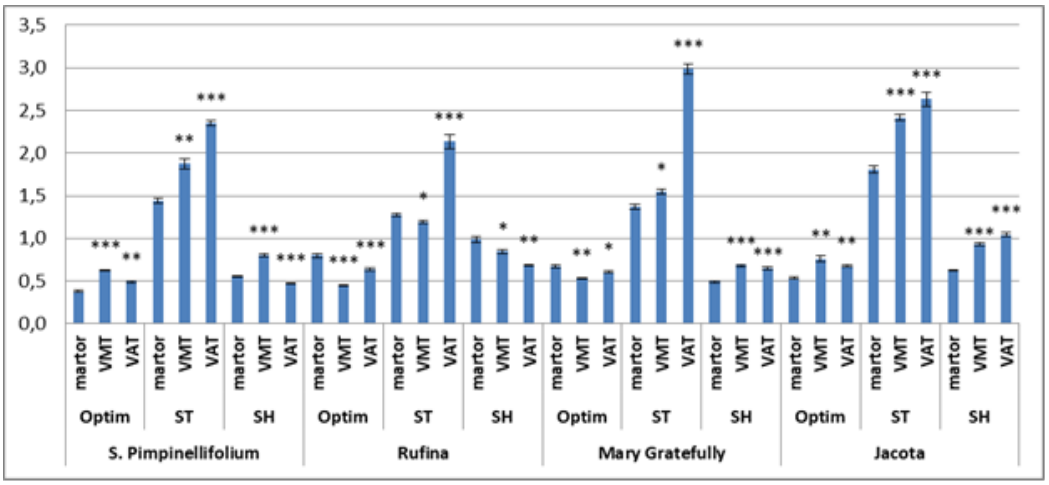


Figura 2.21. Valorile indicilor POX (unităţi/sec./g. mv) la acţiunea stresului termic (42^0 C) şi hidric la descendenţii plantelor infectate cu VAT / VMT sau descendenţii plantelor sănătoase (Martor).

*, **, *** diferenţe semnificative pentru P ≤ 0,5, 0,01 şi 0,001 faţă de martor.

Astfel, în cazul variantelor martor, VAT sau VMT expuse stresului termic valorile POX au fost de 2-5 ori mai mari comparativ cu variantele similare menținute în condiții optime sau SH (Figura 2.21). În mod similar, variantele expuse stresului hidric, deși de regulă acestea au indicat valori statistic mai mari față de variantele din condiții optime, totuși, diferențele dintre variantele stres hidric-optim au fost mult mai mici comparativ cu stresul termic-optim, iar valoarea maximă a POX a fost de 1,86 ori mai mare în varianta VMT/stres hidric decât în condiții optime (Rufina).

Rezultatele obținute denotă că, variantele VAT ale celor 4 genotipuri expuse stresului termic (ST) au indicat cele mai mari valori ale POX per experiență, fiind statistic semnificative atât față de varianta VMT, cât și martor, iar pentru genotipurile *S. pimpinellifolium* și Jacotă variantele VMT au înregistrat de asemenea valori relativ înalte ale POX.

Cele mai mari valori medii ale POX au fost stabilite pentru genotipurile Mary Gratefully și Jacotă – descendente de la plantele infectate cu VAT, expuse stresului termic, iar creșterea a constituit 4,96 și 3,92 ori, respectiv, față de aceeași variantă în condiții optime și de 2,2 și 1,45 ori respectiv mai mult, față de varianta martor în condiții de stres termic (ST). Tendințe similare între variante (martor-virus și optim-stres), cu indici relativ înalți ale POX au fost stabilite și în condiții de deficit hidric, dar cu specificitate genotipică.

În condiții de stres hidric pentru cazul diferențelor semnificative a POX din variantele VMT valorile medii au constituit de la 0,84 la 1,5 din valoarea martorului în condiții similare (respectiv pentru genotipul Rufina și Jacotă) și pentru VAT 0,68 … 1,67 (respectiv, *S. pimpinellifolium* și Jacotă). Astfel, în funcție de starea fitosanitară a semințelor (VAT, VMT) și condițiile de creștere a plantulelor atestăm atât creșterea, cât și diminuarea valorilor POX comparativ cu martorul. Totodată, pentru genotipurile Jacotă și *S. pimpinellifolium* s-au stabilit valori exclusiv mai mari la descendenții VMT sau VAT față de martor în diferite condiții de creștere (cu excepție *S. pimpinellifolium* - VAT SH). Conform acestor rezultate, stresul abiotic și VAT, ca factor destabilizator la plantele recurente, au determinat creșterea semnificativă a răspunsului antioxidativ enzimatic la descendenții plantelor de tomate.

În confirmare cu profilurile electroforetice ale izoenzimelor peroxidazice în variantele de diferită proveniență fitosanitară, care au indicat acumulări cantitative mai mari în cazul expunerii la stresul termic, se atestă diferențe calitative și cantitative față de variantele menținute în condiții optime sau expuse stresului hidric (Figura 2.22).

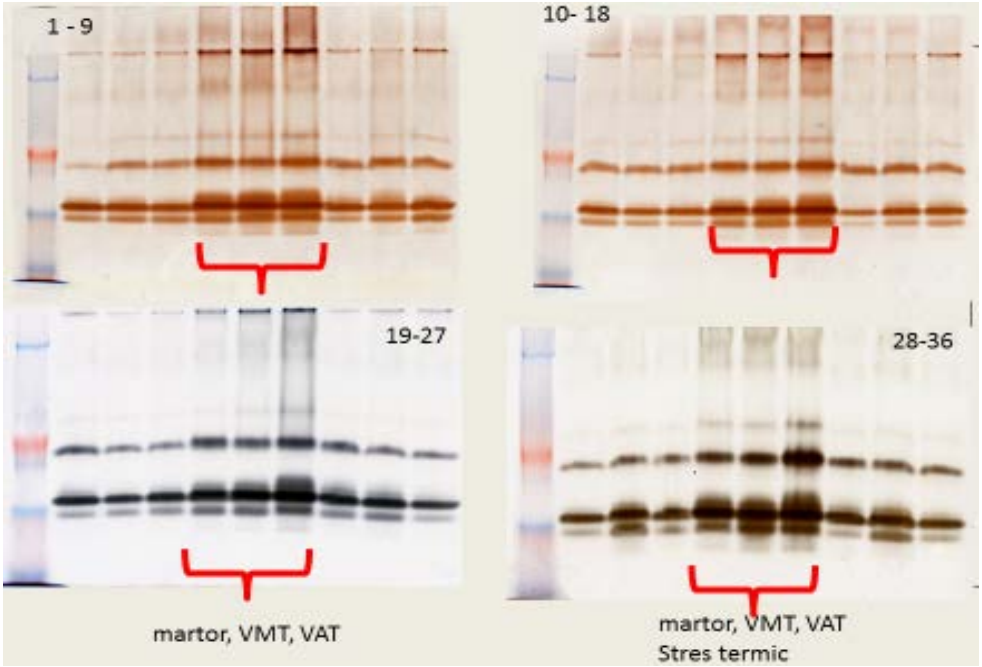


Figura 2.22. Profilurile electroforetice ale izoenzimelor peroxidazice în variantele martor, VMT şi VAT ale soiurilor, respectiv: 1 - 9 – s. Jacotă (optim, stres termic, stres hidric), 10 - 18 – s. Mary Gratefully (optim, stres termic, stres hidric), 19 - 27 – s. Rufina (optim, stres termic, stres hidric), 26 - 36 – *S. pimpinellifolium* (optim, stres termic, stres hidric). Prima bandă din stânga – marcheri moleculari, Mr 17 - 45 kDa.

Analiza clusteriană prezentată în Figura 2.23 ne indică asupra faptului că are loc o distribuţie diferenţiată a variantelor în clustere după asemănarea indicilor POX. Astfel constatăm că există diferenţe în tabloul clusterilor între variantele expuse stresului termic şi cele cu deficit hidric sau optim.

Varianta optimă (O) şi cea cu stres hidric (H), conform valorilor POX au manifestat similitudine înaltă, formând un cluster separat, în timp ce variantele expuse stresului termic (T) s-au distribuit separat. De asemenea putem evidenţia că într-un cluster s-au distribuit doar variantele expuse stresului termic care provin de la plantele infectate cu VAT sau VMT (temperatura – virus), iar în alt cluster – cele care au suportat preponderent stres termic şi provin de la plante sănătoase (temperatura – martor). Totodată, stabilim că distanţele între elementele clusterilor cu variante tratate termic au indicat valori mai mari ale distanţei dintre elementele variantelor luate în analiză comparativ cu celelalte variante.

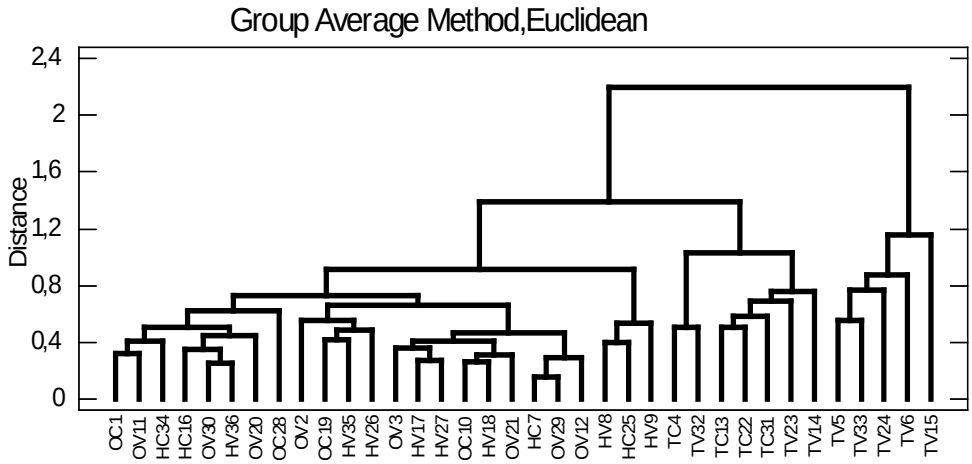


Figura 2.23. Distribuirea clusteriană a indicilor POX la plantele expuse stresului termic sau hidric în baza metodei Average Group.

Notă: literele pe axa absciselor reprezintă abrevierea variantelor conform următorilor identificatori: O – condiții optime, H – stres Hidric, T – stres Termic, C – martor, varianta plantelor sănătoase,V – descendența plantelor infectate cu virusuri (VAT sau VMT). Numerele de la 1 la 36 reprezintă nr de variante analizate pentru 4 genotipuri în 3 medii – optim, Stres termic, Stres hidric și 3 origini fitosanitare – martor, infectat cu VMT sau VAT. Distanța este exprimată în unități Euclidiene.

Pentru scoaterea în evidență a particularităților specifice variantelor experimentale a fost aplicată media grupului (*Group Average method*), metodă ce prezintă distanța dintre două grupuri calculată ca diferența medie dintre toate perechile de obiecte ale acestor grupuri calculată în unități Euclidiene, măsură a distanței în spațiul multidimensional. Conform celor prezentate în dendrogramă, putem afirma că stresul termic are un efect diferențiat asupra POX comparativ cu stresul hidric sau condiții optime. De asemenea, a fost stabilit un răspuns specific al izofermenților și în funcție de statutul fitosanitar al materialului semincer. Astfel, descendenții plantelor infectate cu VAT sau VMT, de regulă au avut o reacție specifică a răspunsului antioxidativ la temperaturi ridicate comparativ cu controlul aceloraşi genotipuri, situându-se în clustere diferite.

Răspunsul antioxidativ nonenzimatic la acțiunea stresului abiotic la tomate. Prolina poate avea diverse funcții în condiții de stress – ca mediator al ajustării osmotice, stabilizator al structurilor subcelulare, eliminator de radicali liberi şi tampon al potențialului redox [57]. Gholi-Tolouie și colab. [19] au raportat o creștere a nivelului de prolină în frunzele de tomate în condițiile stresului biotic (la infectare cu virusul mozaicului castraveților). Sunt cunoscute date, conform cărora, prolina în celulele plantelor de tomate se acumulează atât ca răspuns la stresul termic [40], precum și cel hidric [66].

În cercetările realizate, stresul hidric (SH) a determinat creșterea valorilor conținutului de prolină în frunzele plantelor de tomate practic pentru toate variantele (martor, VMT, VAT), comparativ cu cele menținute în condițiile optime (cu excepția variantelor s. Mary Gratefully și *S. pimpinellifolium*-VMT). Totodată, a fost constatat, că variantele VMT au indicat de regulă valori statistic mai mici față de cele martor sau VAT per genotip. Genotipul Rufina a înregistrat cel mai înalt conținut de prolină în varianta martor și VAT, cu valori aproxime genotipurilor Jacotă și *S. pimpinellifolium* (Figura 2.24).

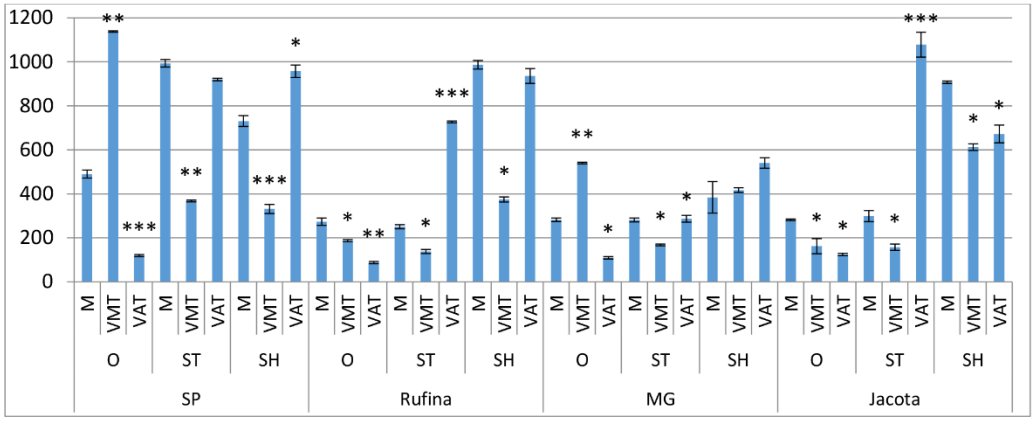


Figura 2.24. Valorile conținutului de prolină (µg/1g m. f. v.) la acțiunea de lungă durată a stresului termic (43 ^{0}C) (ST) și hidric (SH) la descendenții plantelor infectate cu VAT sau VMT.

Notă: Martor - descendența plantelor sănătoase. MG – Mary Gratefully, SP – *S. pimpinellifolium*
*, **, *** diferențe semnificative pentru P ≤ 0,5, 0,01 și 0,001 față de martor

În cazul variantelor expuse stresului termic (ST), cele mai mari valori ale conținutului de prolină au fost înregistrate de asemenea pentru plantele descendente de la varianta VAT sau martor care au devansat considerabil valorile din varianta VMT (excepție varianta martor a s. Mary Gratefully). Astfel pentru genotipul Jacotă, indicii conținutului de prolină în varianta VAT au crescut de 7 ori față de varianta VMT și de 4 ori față de martor, iar pentru *S. pimpinellifolium* creșterea a constituit 2,5 ori față de VMT.

În cadrul aceluiași genotip, valori relativ înalte ale prolinei s-au stabilit pentru variantele Martor, VMT și VAT expuse în condiții de SH, varianta VAT expusă la ST ale s. Jacotă, variantele Martor și VAT în condiții de SH și VAT la ST a genotipului Rufina. Genotipurile *S. pimpinellifolium* și Mary Gratefully au demonstrat un tablou diferit de celelalte genotipuri după conținutul de prolină fără a exprima o specificitate distinctă în funcție de statutul fitosanitar sau stres, astfel că *S. pimpinellifolium* a indicat per variantele Martor, VMT și VAT în diverse condiții cel mai mare conținut de prolină

per condițiile experimentale - 6049 µg/1g m.f.v, iar Mary Gratefully cel mai mic conținut sumar – 2470 (Figura 2.24).

În ceea ce privește raportul conținutului de prolină la descendenții VMT sau VAT față de martor, s-a stabilit că de regulă acesta are valori semnificativ mai mici (cu 26-76 %), doar în puține cazuri – indici statistic mai mari (cu 40-260%), cu tendințe similare pentru genotipurile *S. pimpinellifolium* și Mary Gratefully în variantele VMT-optim și VAT-SH, precum și varianta VAT-ST a soiurilor Rufina și Jacotă.

Rezultatele specifice ale răspunsului oxidativ au determinat necesitatea aplicării analizei dispersionale în vederea stabilirii contribuției factoriilor analizați în variabilitatea conținutului de prolină. Analiza dispersională trifactorială a stabilit că contribuția cea mai mare în variabilitatea indicilor POX revine *stresului* (74,5%), urmată la o mare diferență de interacțiunea *virus-stres* (9,3%) (Tabelul 2.7). Analiza contribuției acelorași factori asupra conținutului de prolină a stabilit că ponderea cea mai înaltă în variație revine interacțiunilor *virus–stres* (26,9%) și *genotip-virus-stres* (17,7%) – similar cu impactul factorului de *stres* (18,0%). Un aport mai redus, însă semnificativ revine factorului *genotip* (14,1%). Cele relatate indică asupra faptului că prolina poate fi un criteriu cu capacitate predictivă mai înaltă pentru reacțiile de răspuns la factorii de mediu, comparativ cu POX.

Tabel 2.7. Analiza dispersională a variației indicilor POX și a conținutului de prolină din frunzele plantelor de tomate în funcție de genotip, tipul stresului și statutul fitosanitar, și interacțiunea acestor factori

Sursa variației	GL	POX			Prolina		
		Suma pătratelor	F test	PI, %	Suma pătratelor	F test	PI, %
A: Genotip	3	1,3240	477,46***	2,6	0,8078	128,58 ***	14,1
B: Virus	2	2,4901	1346,97***	4,8	0,2707	64,62 ***	4,7
C: Stres	2	38,1535	20638,39***	74,5	1,0314	246,27 ***	18,0
Interacțiunea							
AB	6	1,3861	249,93***	2,7	0,3059	24,35***	5,3
AC	6	1,9131	344,95***	3,7	0,6019	47,90 ***	10,5
BC	4	4,7834	1293,74***	9,3	1,5406	183,93 ***	26,9
ABC	12	1,0902	98,29***	2,1	1,0112	40,24***	17,7
Rezidual	72	0,0665			0,1508		
TOTAL	107	51,2069			5,7202		

*, **, *** diferențe semnificative pentru P ≤ 0,5, 0,01 și 0,001

Reieșind din valorile medii ale indicilor POX și prolină, pentru care au fost atestate reacții specifice ale genotipurilor în funcție de tipul stresului și statutul fitosanitar, a fost efectuată analiza variației per genotip. Astfel, am constatat pentru POX

cea mai mare contribuție a factorului Stres – cu – 67-90 %, iar pentru genotipurile Rufina, Mary Gratefully, interacțiunea *stres* x *virus* au condiționat cca 20% din variația POX (Figura 2.25 A). Pentru indicii prolinei s-a stabilit că la 2 genotipuri – *S. pimpinellifolium* și Mary Gratefully contribuția interacțiunii *virus* - *stres* a constituit 89 și 57 % respectiv, iar la genotipurile Rufina și Jacotă factorul *stres* a determinat cea mai mare variație a prolinei - 53 și 44 %, corespunzător (Figura 2.25 B).

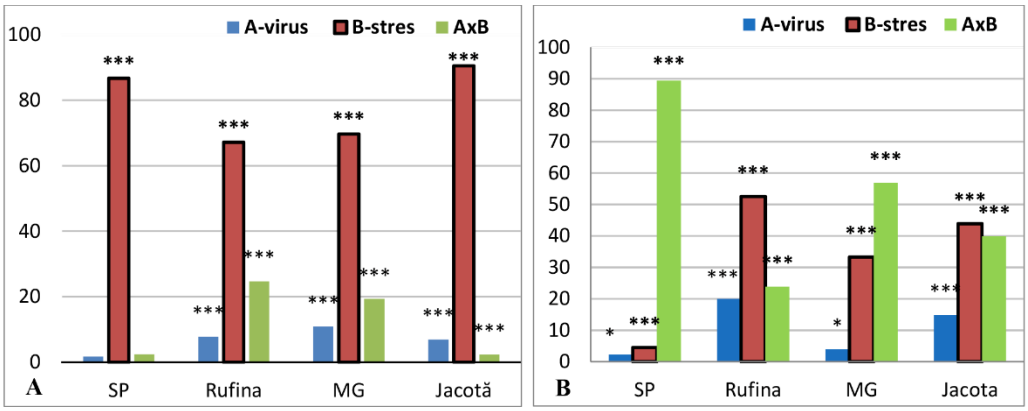


Figura 2.25. Aportul factorilor de stres biotic și abiotic în variația activității POX (A) și conținutului prolinei (B) la genotipurile de tomate analizate (în baza analizei ANOVA, %).

MG – Mary Gratefully, SP – *S. pimpinellifolium.*

Rezultate obținute de diverși cercetători la *spp. Brassica, Arabidopsis* și *Nicotiana* în baza analizelor expresiei genelor, recombinării și aprecierii modificărilor profilului metabolic sau ale caracterelor cantitative au scos în evidență efectul de memorie transgenerativă a interacțiunii cu patogenul [30, 31, 38, 41]. Rezultatele obținute în această direcție, vin să completeze dovezile conform cărora, plantele pentru o perioadă finită de timp, rețin expresia reacțiilor anterioare, ceea ce conform unor studii [4, 34] poate fi explicat prin faptul că, în plan intergenerativ, la acțiunea repetată a aceluiași stres, planta reacționează rapid și adecvat, însumând și un consum mai mic al metaboliților. Luând în calcul mecanismele de răspuns ale plantelor la factorii biotici și abiotici, putem presupune că, schimbările produse transgenerativ în plante ca și măsură de adaptare la factorii destabilizatori pot avea efecte avantajoase pentru plante [7, 41] sau dimpotrivă – un impact negativ, ceea ce ar prezenta un impediment în manifestarea potențialului biologic al plantei.

Evaluarea caracterelor arhitecturale la descendenții plantelor infectate pe fond de stres termic sau hidric. Evaluarea răspunsului plantelor la stres poate fi efectuată printr-o multitudine de indici fiziologici, biochimici, morfologici, cel mai

elocvent indice fiind totuși cel al productivității și parametrilor biomorfologici ai plantelor. În condiții optime sau de șoc termic valorile caracterului *înălțimea plantei* a fost semnificativ mai mare la plantele martor față de variantele VMT și/sau VAT (provenite de la plante infectate cu VMT sau VAT), excepție fiind înregistrate pentru genotipul Rufina, iar în condiții de stres hidric variantele martor, dimpotrivă, au indicat valori semnificativ mai mici cel puțin față de una din variante VMT sau VAT (Figura 2.26). De asemenea constatăm că, stresul hidric a suprimat mai puternic indicii caracterelor analizate, decât temperaturile ridicate pentru o parte considerabilă din variantelor analizate. Spre exemplu, pentru *înălțimea plantei*, valori semnificativ mai mici în variantele expuse stresului hidric comparativ cu cel termic au fost stabilite în toate variantele martor, VMT si VAT ale genotipurilor Rufina și Mary Gratefully și martor și VMT pentru s. Jacotă, precum și varianta martor *S. pimpinellifolium.*

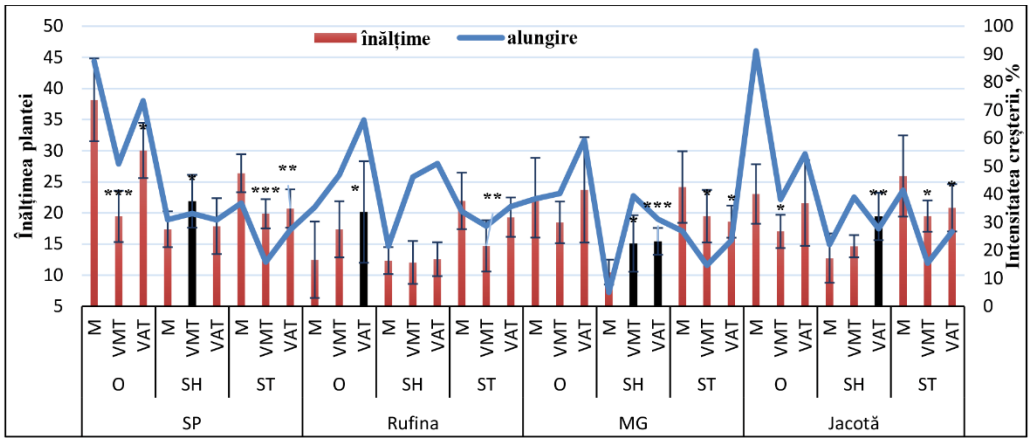


Figura 2.26. Înălțimea plantei (cm) și intensitatea creșterii plantei (alungire înregistrată între 2 evaluări - până la acțiunea stresului și 7 zile de reabilitare poststres) (%).

Notă: SP - *S. pimpinellifolium*, MG - Mary Gratefully
*, **, *** diferențe semnificative pentru P ≤ 0,5, 0,01 și 0,001 față de martor

În același context, intensitatea creșterii plantei sub acțiunea ST sau SH a fost considerabil suprimată comparativ cu variantele din condiții optime, exprimând unele particularități în funcție de combinațiile analizate - genotip, tipul stresului și statutul fitosanitar al materialului semincer. Spre exemplu, indicele intensității creșterii plantei a fost mai mic la descendenții VMT față de VAT sau martor în cazul stresului termic la 3 din 4 genotipuri analizate (excepție s. Rufina), iar în cazul SH același indice a fost mai mic de cca 2 ori la variantele martor comparativ cu cel puțin una din variantele VAT sau VMT (excepție *S. pimpinelifolium*) (Figura 2.26).

În linii generale, tendințe similare au fost atestate și pentru caracterele *lungimea frunzei* și *numărul de frunze* per axul principal, atât după valorile medii ale caracterelor, cât și a indicilor de intensitate a creșterii (Figurile 2.27 și 2.28). Totuși, în cazul *lungimii frunzei* intensitatea creșterii a fost mult mai puternic suprimată în variantele expuse stresului, comparativ cu varianta optim, decât *înălțimea plantei* în variante similare.

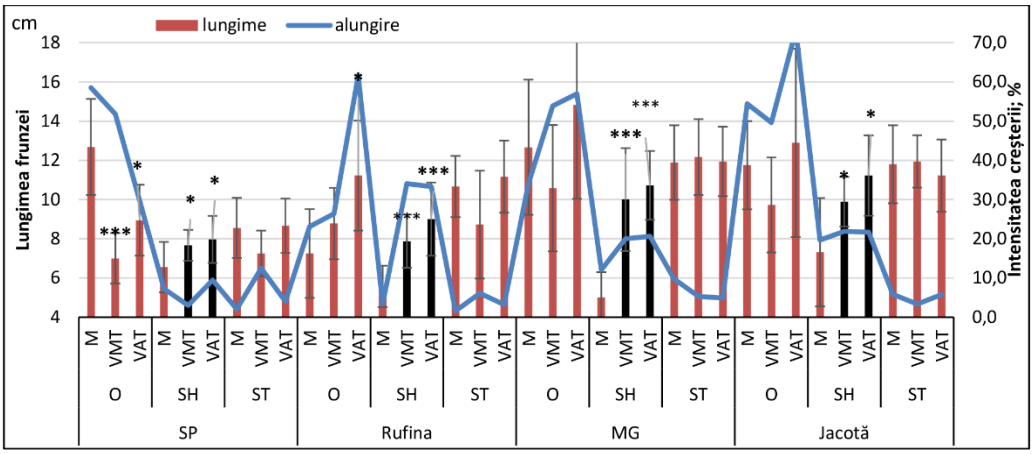


Figura 2.27. Lungimea frunzei (cm) și intensitatea creșterii frunzei (alungire înregistrată între 2 evaluări - până la acțiunea stresului și 7 zile de reabilitare poststres), (%).

MG – Mary Gratefully, SP – *S. pimpinellifolium*
*, **, *** diferențe semnificative pentru P ≤ 0,5, 0,01 și 0,001 față de martor

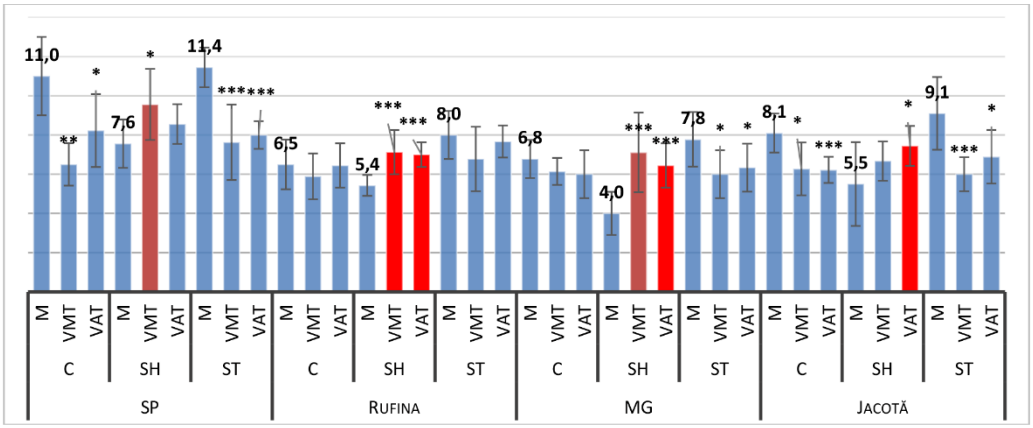


Figura 2.28. Numărul de frunze per axul principal în condiții de stres hidric (SH) sau stres termic (ST).

MG – Mary Gratefully, SP – *S. pimpinellifolium*

Analiza varianței a permis să stabilim că cea mai mare contribuție în variabilitatea manifestării caracterelor studiate îi revine genotipului și stresului (excepție pentru numărul de frunze per ax), urmată de interacțiunea factorilor *statut fitosanitar* și *stres*, precum și a altor tipuri de interacțiuni dintre factorii analizați (Figura 2.29 A). Totuși, unele particularități specifice ale reacției la stres, pot fi deduse din analiza dispersională pentru fiecare genotip în particular.

Conform rezultatelor obținute putem constata că cea mai mare contribuție în variabilitatea caracterului *înălțimea plantei* îi revine *stresului* și interacțiunii factorilor *stres* x *statut fitosanitar* (Figura 2.29 B). Astfel, valorile contribuției *stresului* în variabilitatea indicelui *înălțimea plantei* sunt cuprinse între 22 - 32%, urmată de interacțiunea factorilor *stres x statut fitosanitar* 12 - 27 %. Totodată constatăm, că *statutul fitosanitar* a avut cel mai mare impact asupra înălțimii plantei pentru genotipul *S. pimpinelifollium* 15% și cel mai mic, nesemnificativ, pentru Mary Gratefully - 1%. La *S. pimpinelifollium* s-au atestat cei mai înalți indici ai contribuției pentru fiecare factor analizat per experiență.

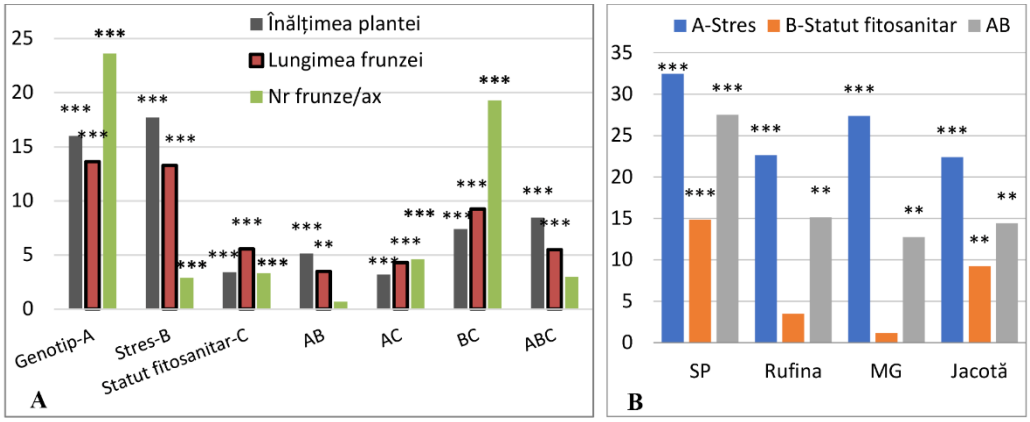


Figura 2.29. Contribuția genotipului, factorilor de stres și statutului fitosanitar în variabilitatea caracterelor: A. *Înălțimea plantei, lungimea* și *numărul de frunze*, B. Caracterul *înălțimea plantei* în dependență de genotip (în baza analizei ANOVA, %).

MG – Mary Gratefully, SP – *S. pimpinellifolium*
*, **, *** diferențe semnificative pentru P ≤ 0,5, 0,01 și 0,001

Stresul termic sau hidric au determinat manifestarea unor reacții specifice în cadrul genotipului în funcție de statutul fitosanitar (Martor, VMT, VAT), conform diferențelor între valorile medii ale caracterului *înălțimea plantei*, iar analiza dispersională pentru fiecare tip de stres a stabilit că interacțiunea factorilor fitopato-

sistemului *genotip-statut fitosanitar-stres* au impact semnificativ asupra variației caracterului, dar nu și stresul termic ca factor solitar (Tabelul 2.8).

Tabel 2.8. Analiza varianței *înălțimii plantei* în funcție de tipul de stresului aplicat

Sursa variației		Stres termic			Stres hidric		
	GL	Suma pătratelor	F test	P	Suma pătratelor	F test	P
A: Genotip	3	1888,22	24,31	0,0000	2804,69	40,70	0,0000
B: Stres	1	35,12	1,36	0,2456	2334,06	101,60	0,0000
C: Statut fitosanitar	2	1258,32	24,30	0,0000	354,16	7,71	0,0006
Interacțiuni							
AB	3	773,29	9,95	0,0000	323,09	4,69	0,0035
AC	6	833,21	5,36	0,0000	699,19	5,07	0,0001
BC	2	286,39	5,53	0,0046	620,22	13,50	0,0000
ABC	6	765,01	4,92	0,0001	1069,07	7,76	0,0000
Rezidual	192	4971,48			4410,69		
Total	215	10811,0			12615,20		

În același timp constatăm un răspuns diferențiat al genotipurilor de diferită origine în funcție de stresul aplicat. Astfel, genotipul are efectul cel mai mare asupra variabilității caracterului înălțimea plantei, atât în condiții de stres termic, cât și hidric, iar factorii *statut fitosanitar* și *stres* au un efect diametral opus în funcție de tipul stresului aplicat, încât stresul hidric are efect de cca 27 % în variabilitatea caracterului, iar pe fondul de stres termic *statutul fitosanitar* a determinat 12 % ale variabilității. Interacțiunea celor 3 factori analizați a condiționat o variație proximă similară tipului stresului aplicat.

Concluzii

- Stresul hidric sau termic condiționează modificarea activității antioxidative în plantele de tomate indicând atât creșterea, cât și diminuarea valorilor față de condițiile optime. La genotipurile de tomate temperatura înaltă are un efect destabilizator diferențiat asupra activității POX comparativ cu cel provocat de deficitul hidric.
- Descendenții plantelor infectate cu VAT au indicat o activitate sporită a POX în condiții de stres termic comparativ cu cel înregistrat la plante sănătoase, precum și pentru cele provenite de la plantele infectate cu VMT. În cazul aceloraşi descendenți expuși stresului hidric, variantele VAT au avut o reacție specifică genotipului, indicând de regulă valori mai mici față de varianta VMT.

- Răspunsul antioxidativ enzimatic și conținutul prolinei au avut o creștere specifică la acțiunea stresului hidric, în particular, pentru variantele descendente de la plantele VAT și martor (cu excepția s. Mary Gratefully), indicând cele mai mari valori per experiență, în timp ce variantele VMT au expus valori mai mici față de VAT și martor.
- În cazul variantelor expuse stresului termic, cele mai mari valori ale conținutului de prolină au fost înregistrate pentru plantele descendente de la varianta VAT, și totodată semnificativ mai mari comparativ cu varianta VMT sau martor. În condiții de deficit hidric variantele VAT au avut valori semnificativ mai mari decât cele VMT după acest indice, iar după activitatea POX acest lucru a fost confirmat în toate cazurile cu aplicarea stresului termic.
- În condiții optime, conținutul peroxidului de hidrogen a fost semnificativ mai mic în variantele martor față de cele provenite de la plante infectate, diminuarea constituind cca 80 % pentru genotipurile analizate. În cazul expunerii la stresul termic sau hidric, la descendenții plantelor infectate au fost constatate variații ale H_2O_2 direcționate spre majorarea, diminuarea sau menținerea nivelului mediu, specific plantelor martor.
- Variabilitatea conținutului de H_2O_2 din frunze a fost influențată prioritar de interacțiunea *statut fitosanitar* x *stres* cu 22 %, urmată de interacțiunea tuturor factorilor – *genotip* x *stres* x *statut fitosanitar* (19 %), *statut fitosanitar* (18 %).
- A fost confirmată manifestarea diferențiată a unor caractere (înălțimea plantei, lungimea frunzei, numărul de frunze per ax) a plantelor de tomate descendente de la plante infectate cu VMT, VAT sau cele sănătoase, în condiții de stres termic sau hidric, indicând variații bidirecționale ale valorilor medii. Variabilitatea caracterelor cantitative a fost condiționată de *genotip* (14-24 %) și *stres* (3-17 %), iar *statutul fitosanitar* (VAT, VMT) a contribuit cu 3-6 %.
- Acțiunea stresului termic sau hidric a determinat suprimarea semnificativă a intensității de creștere a plantelor de tomate. În cazul descendenților de la plantele infectate cu VMT sau VAT, în condiții de stres termic sau hidric comparativ cu martorul în condiții de stres similar au fost atestate:
    - valori similare martorului – *S. pimpinellifolium* (Stres Hidric), Rufina (Stres Termic)
    - valori mai mari față de martor – Rufina (Stres Hidric), Mary Gratefully (Stres Hidric), Jacotă (VMT *Stres Hidric*)
    - valori mai mici față de martor – *S. pimpinellifolium* (Stres Termic), Mary Gratefully (VMT Stres Termic), Jacotă (Stres Termic).

Referințe bibliografice

1. Abdelmageed A.H.A., Gruda N. Influence of heat shock pretreatment on growth and development of tomatoes under controlled heat stress conditions. In: *J. Appl. Bot. Food Qual*. 2007, 81, p. 26–28.
2. Aguilar-Sánchez C., Minero-GarcíaY., Hernández-Zepeda C., Moreno-Valenzuela O. Biochemical characterization of oxidative stress in the compatible interaction between Pepper golden mosaic virus and habanero pepper plants. In: *Revista mexicana de fitopatología*, 2022, vol. 40(2). https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2111-1.
3. Anfoka G., Moshe A., Fridman L. et al. Tomato yellow leaf curl virus infection mitigates the heat stress response of plants grown at high temperatures. In: *Sci Rep*, 2016, 6, 19715. https://doi.org/10.1038/srep19715.
4. Balmer A., Pastor V., Gamir J. et al. The 'prime-ome': towards a holistic approach to priming. In: *Trends Plant Sci*., 2015, 20(7), p. 443-452.
5. Bates L., Waldren R.P., Teare I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. In: *Plant and Soil*, 1973, 39, p. 205-207.
6. Bhattacharjee S. An inductive pulse of hydrogen peroxide pretreatment restores redox homeostasis and mitigates oxidative membrane damage under extremes of temperature in two rice cultivars (*Oryza sativa* L., cultivars Ratna and SR 26B). In: *Plant Growth Regul*, 2012, 68, p. 395-410.
7. Bilichak A., Ilnystkyy Y., Hollunder J., Kovalchuk I. The progeny of *Arabidopsis thaliana* plants exposed to salt exhibit changes in DNA methylation, histone modifications and gene expression. In: *PLoS ONE*. 2012, vol. 7(1). e30515. https://doi.org/10.1371/ journal.pone.0030515.
8. Bilichak A., Kovalchuk I. Transgenerational response to stress in plants and its application for breeding. In: *Journal of Experimental Botany*, 2016, 67(7), p. 2081-2092.
9. Bournonville C., F., Diaz-Ricci J.C. Quantitative determination of superoxide in plant leaves using a modified NBT staining method. In: *Phytochem Anal*, 2011, vol. 22(3), p. 268-271.
10. Corpas F.J., Leterrier M., Valderrama R. et al. Nitric oxide imbalance provokes a nitrosative response in plants under abiotic stress. In: *Plant Science*, 2011, 181, p. 604–611.
11. Das K., Roychoudhury A. Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. In: *Front. Environ. Sci*. 2014, vol. 2, https://doi.org/10.3389/fenvs.2014.00053.
12. Dash S., Mohanty N. Response of seedlings to heat-stress in cultivars of wheat: growth temperature-dependent differential modulation of photosystem 1 and 2 activity, and foliar antioxidant defense capacity. In: *Journal of Plant Physiology*, 2002, 159, p. 49-59.
13. De Pinto M. C., Locato V., Paradiso A., De Gara L. Role of redox homeostasis in thermo-tolerance under a climate change scenario. In: *Annals of Botany*, 2015, vol. 116, p. 487-496. https://doi.org/10.1093/aob/mcv071.
14. Dietz K., Mittler R., Noctor G. Recent progress in understanding the role of reactive oxygen species in plant cell signaling. In: *Plant Physiology*, 2016, vol. 171(3), p. 1535-1539. https://doi.org/10.1104/pp.16.00938.
15. Foolad M., Subbiah P., Zhang L. Common QTL affect the rate of tomato seed germination under different stress and nonstress conditions. In: *International journal of plant genomics*, 2007: 97386.

16. Foreman J., Demidchik V., Bothwell J. H. et al. Reactive oxygen species produced by NADPH oxidase regulate plant cell growth. In: *Nature*, 2003, 422, p. 442–446. https://doi: 10.1038/nature 01485.
17. Francesca S., Vitale L., Arena C., et al. The efficient physiological strategy of a novel tomato genotypeto adapt to chronic combined water and heat stress. In: *Plant Biology*, 2022, 24, p. 62–74.
18. Gerszberg A., Hnatuszko-Konka K. Tomato tolerance to abiotic stress: a review of most often engineered target sequences. In: *Plant Growth Regul*, 2017, 83, p. 175–198. https://doi.org/10.1007/s10725-017-0251-x.
19. Gholi-Tolouie S., Davari M., Sokhandan-Bashir N., Sedghi M. Influence of salicylic and jasmonic acids on the antioxidant systems of tomato (*Solanum lycopersicum* cv. Superchief) plants under biotic stresses. In: *Plant Physiol*. 2018, 8(2), p. 2345–2351.
20. Gill S.S., Tuteja N.: Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. In: *Plant Physiol. Bioch*., 2010, 48, p. 909-930.
21. Grant J.J., Loake G.J. Role of reactive oxygen intermediates and cognate redox signaling in disease resistance. In: *Plant Physiol*, 2000, vol. 124, p. 21–29.
22. Hasanuzzaman M., Nahar K., Alam M.M., Fujita M. Modulation of antioxidant machinery and the methylglyoxal detoxification system in selenium supplemented *Brassica napus* seedlings confers tolerance to high temperature stress. In: *Biol Trace Elem Res*. 2014, vol. 161, p. 297–307.
23. Hernández J.A, Gullner, G., Clemente-Moreno, M.J. et al. Oxidative stress and antioxidative responses in plant–virus interactions. In: *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 2016, vol. 94, p. 134-148.
24. Hoshikawa K., Pham D., Ezura H. et al. Genetic and molecular mechanisms conferring heat stress tolerance in tomato plants. In: *Front Plant Sc*, 2021, doi: 10.3389/fpls.2021.786688.
25. Hu Z., Liu G., Gao J. et al. Tomato Tm-2^2 gene confers multiple resistances to TMV, ToMV, PVX and PVY to cultivated potato. In: *Russian Journal of Plant Physiology*, 2015, vol. 62, p. 101–108.
26. Huseynova I., Mirzayeva, S., Sultanova, N. et al. Virus-induced changes in photosynthetic parameters and peroxidase isoenzyme contents in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants. In: *Photosynthetica*, 2018, 56 (3), p. 841-850,
27. Ibrahim S., El-Muqadam L. Enhancing thermotolerance of tomato plants (*Lycopersieon esculentum* Mill.) by heat hardening of seeds. In: *Bulletin of the National Research Centre*, 2019, vol. 43, p. 126.
28. Ishibashi, K., Ishikawa, M. The resistance protein Tm-1 inhibits formation of a tomato mosaic virus replication protein-host membrane protein complex. In: *Journal of Virology*, 2013, vol. 87(14), p. 7933–7939.
29. Jiang K., Moe-Lange J., Hennet L., Feldman L. J. Salt stress affects the redox status of arabidopsis root meristems. In: *Front Plant Sci*. 2016, doi: 10.3389/fpls.2016.00081.
30. Kalischuk M., Johnsona D., Kawchuk L. Priming with a double-stranded DNA virus alters *Brassica rapa* seed architecture and facilitates a defense response. In: *Gene*, 2013, vol. 557, p. 130-137.
31. Kathiria P., Sidler C., Golubov A. et al. Tobacco mosaic virus infection results in an increase in recombination frequency and resistance to viral, bacterial and fungal pathogens in the progeny of infected tobacco plants. In: *Plant Physiol*., 2010, 153(4), p. 1859–1870.
32. Kazmi R.H., Khan N., Willems L. A. J. et al. Seed quality phenotypes in a recombinant inbred population of an interspecific cross between *Solanum lycopersicum* x *Solanum pimpinellifolium*. In: *Plant Cell & Environment*, 2012, vol. 35, p. 929-951

33. Koolhaas J.M., Bartolomucci A., Buwalda B. et al. Stress revisted: a critical evaluation of the stress concept. In: *Neurosci Biobehav Rev*., 2011, vol. 35, p. 1291-1301.
34. Lämke J., Bäurle I. Epigenetic and chromatin-based mechanisms in environmental stress adaptation and stress memory in plants. In: Genome Biol., 2017, 18(1), p. 1-11.
35. Lee K., Rajametov S., Jeong H.B. et al. Comprehensive understanding of selecting traits for heat tolerance during vegetative and reproductive growth stages in tomato. In: *Agronomy*, 2022, vol. 12, p. 834. https://doi.org/10.3390/agronomy12040834.
36. Libourel I.G.L, Bethke P.C., De Michele R., Jones R.L. Nitric oxide gas stimulates germination of dormant Arabidopsis seeds: use of a flow through apparatus for delivery of nitric oxide. In: *Planta*, 2006, vol. 223, p. 813–820.
37. Luna E., Bruce T. J., Roberts A. et al. Next-generation systemic acquired resistance. In: *Plant physiology*. 2011, vol. 158(2), p. 844–853.
38. Mandal R., Kathiria P., Psychogios N. et al. Progeny of tobacco mosaic virus-infected *Nicotiana tabacum* plants exhibit trans-generational changes in metabolic profiles. In: *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 2012, vol. 2, p. 115–123.
39. Matkovics B., Szabo L., Varga S. I. Study of host-parasite interaction in tomato plants. In: *Acta Biologica Szeged*. 1981, vol. 27(1-4), p. 17-23.
40. Mazzeo M.F., Cacace G., Iovieno P. et al. Response mechanisms induced by exposure to high temperature in anthers from thermo-tolerant and thermo-sensitive tomato plants: A proteomic perspective. In: *PloS one*. 2018; 13(7):e0201027.
41. Migicovsky Z., Kovalchuk I. Change to DNA methylation and homologous recombination frequency in the progeny of stressed plants. In: *Biochemistry and Cell Biology*, 2013, 91 (1), p. 1-5.
42. Milavec M., Gruden K., Ravnikar M., Kovač M. Peroxidases in the early responses of different potato cultivars to infection by Potato virus Y. In: *Plant Pathology, 2008*, vol. 57 (5), p. 861-869. https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2008.01833.x.
43. Mittler R., Vanderauwera S., Suzuki N. et al.: ROS signaling: the new wave? In: *Trends Plant Sci*, 2011, vol. 16, p. 300-309.
44. Mullineaux C.W., Emlyn-Jones D. State transitions: an example of acclimation to low-light stress. In: *J Exp Bot*, 2005, vol. 56, p. 389–393.
45. Ono M., Isono K., Sakata Y. et al. CATALASE2 plays a crucial role in long-term heat tolerance of *Arabidopsis thaliana*. In: *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2021, vol. 534, p. 747-751.
46. Pagliarani C., Moine A., Chitarra W. et al. The C_4 protein of tomato yellow leaf curl Sardinia virus primes drought tolerance in tomato through morphological adjustments. In: *Horticulture Research*, 2022, vol. 9, 2022, https://doi.org/10.1093/hr/uhac164.
47. Panthee D., Brown A., Yousef G. et al. Novel molecular marker associated with Tm 2 agene conferring resistance to tomato mosaic virus in tomato. In: *Plant Breeding*, 2013, vol. 132, p. 413–416.
48. Penaloza P., Duran J. M. Association between biometric characteristics of tomato seeds and seedling growth and development. In: *Electron. J. Biotechnol.*, 2015, vol. 18(4), p. 267-272. http://dx.doi.org/10.1016/j.ejbt.2015.04.003.
49. Piterkova J., Luhova L., Hofman J. et al. Nitric oxide is involved in light-specific responses of tomato during germination under normal and osmotic stress conditions. In: *Annals of Botany*, 2012, vol. 110, p. 767 –776.
50. Sergiev, I., V Alexieva, E Karanov. Effect of spermine, atrazine and combination between them on some endogenous protective systems and stress markers in plants. In: *Compt. Rend. Acad. Bulg. Sci*., 1997, vol. 51, p. 121–124.

51. Sgobba A., Paradiso A., Dipierro S., De Gara L., de Pinto M.C. Changes in antioxidants are critical in determining cell responses to short- and long-term heat stress. In: *Physiol Plant*. 2015, vol. 153(1), p. 68-78. doi: 10.1111/ppl.12220.
52. Sherzod R., Yang E.Y., Cho M.C. et al. Physiological traits associated with high temperature tolerance differ by fruit types and sizes in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). In: *Hortic. Environ. Biotechnol*. 2020, vol. 61, p. 837–847.
53. Siddiqui M.H., Alamri S.A., Al-Khaishany M.Y. et al. Nitric oxide and calcium induced physio-biochemical changes in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plant under high-temperature stress. In: *Fresen Environ Bull*. 2017, vol. 26, p. 1663–1672.
54. Signorelli S., Corpas F.J., Borsani O. et al. Water stress induces a differential and spatially distributed nitro-oxidative stress response in roots and leaves of *Lotus japonicus*. In: *Plant Sci*., 2013, vol. 201-202, p. 137-46. doi: 10.1016/j.plantsci.2012.12.004.
55. Soltys D., Gniazdowska A., Bogatek R. Inhibition of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) root growth by cyanamide is not always accompanied with enhancement of ROS production. In: *Plant Signal Behav*. 2013, 8(5):e23994. doi: 10.4161/psb.23994.
56. Sousa B., Rodrigues F., Soares C. et al., Impact of combined heat and salt stresses on tomato plants –insights into nutrient uptake and redox homeostasis. In: *Antioxidants*, 2022, vol. 11, p. 478. https:// doi.org/10.3390/antiox11030478
57. Szabados L., Savouré A. Proline: a multifunctional amino acid. In: *Trends Plant Sci*. 2010, vol. 15(2), p. 89–97.
58. Torres M.A., Jones J.D.G., Dangl J.L. Reactive oxygen species signaling in response to pathogens. In: *Plant Physiol*. 2006, vol. 141, p. 373-378.
59. Tutar O., Marín-Guirao L., Ruiz J. M., Procaccini G. Antioxidant response to heat stress in seagrasses. a gene expression study. In: *Mar. Environ. R*es., 2017, vol. 132, p. 94–102. doi: 10.1016/j.marenvres.2017.10.011
60. Wahid A., Gelani S., Ashraf M., Foolad M.R. Heat tolerance in plants: An overview. In: *Environ. Exp. Bot*. 2007, vol. 61, p. 199–223.
61. Wright K.M., Duncan G.H., Pradel K.S. et al. Analysis of the N gene hypersensitive response induced by a fluorescently tagged tobacco mosaic virus. In: *Plant Physiol*, 2000, vol. 123, p. 1375–1386.
62. Xu J., Wolters-Arts M., Mariani C., Huber H. Heat stress affects vegetative and reproductive performance and trait correlations in tomato (*Solanum lycopersicum*). In: *Euphytica*, 2017, vol. 213, p. 156 DOI 10.1007/s10681-017-1949-6.
63. Xu Y., Burgess P., Huang B. Root Antioxidant mechanisms in relation to root thermotolerance in perennial grass species contrasting in heat tolerance. In: *PLoS One*. 2015, doi: 10.1371/journal.pone.0138268.
64. Xu Y., Xu Q., Huang B. Ascorbic acid mitigation of water stress-inhibition of root growth in association with oxidative defense in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). In: *Front Plant Sci*. 2015, doi: 10.3389/fpls.2015.00807.
65. Xu P., Chen F., Mannas J. P. et al. Virus infection improves drought tolerance. In: *New Phytologist*. 2008, vol. 180(4), p.911–921.
66. Yao X., Yang R., Zhao F. et al. An analysis of physiological index of differences in drought tolerance of tomato rootstock seedlings. In: *J. Plant Biol*., 2016, vol. 59, p. 321-331, doi 10.1007/s12374-016-0071-y.
67. Ye X., Ling T., Xue Y. et al. Thymol mitigates cadmium stress by regulating glutathione levels and reactive oxygen species homeostasis in tobacco seedlings. In: *Molecules*. 2016, vol. 21(10), p. 1339. doi: 10.3390/molecules21101339.

68. Yu W., Wang L., Zhao R et al. Knockout of SlMAPK3 enhances tolerance to heat stress involving ROS homeostasis in tomato plants. In: *BMC Plant Biology*, 2019, vol. 19, p. 354 https://doi.org/10.1186/s12870-019-1939-z.
69. Zang L., Morère-Le Paven M.C. et al. Nitrate inhibits primary root growth by reducing accumulation of reactive oxygen species in the root tip in Medicago truncatula. In: *Plant Physiol Biochem*. 2020, vol. 146, p. 363-373. doi: 10.1016/j.plaphy.2019.11.006.
70. Zhou R., Kong L., Yu X. et al. Oxidative damage and antioxidant mechanism in tomatoes responding to drought and heat stress. In: *Acta Physiologiae Plantarum*, 2019, vol. 41, p. 20. https://doi.org/10.1007/s11738-019-2805-1
71. Zhou R., Yu X., Ottosen C.O. et al. Drought stress had a predominant effect over heat stress on three tomato cultivars subjected to combined stress. In: *BMC Plant Biology*, 2017, vol. 17, p. 1–13. https://doi.org/10.1186/s12870-017-0974-x
72. Zhou R., Yu X., Ottosen C.O. et al. Unique miRNAs and their targets in tomato leaf responding to combined drought and heat stress. In: *BMC Plant Biology*, 2020, vol. 20, p. 1–10. https://doi.org/10.1186/s12870-020-2313-x
73. Zhou R., Kjaer K.H., Rosenqvist E. et al. Physiological response to heat stress during seedling and anthesis stage in tomato genotypes differing in heat tolerance. In: *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2017, vol. 203(1), p. 68-80
74. Гончарова Э.А. *Методические указания. Сортовая и индивидуальная оценка засухоустойчивости овощных растений на разных этапах развития, томаты, перцы*. Л.: 1981, 13 с.
75. Ивакин А.П. *Определение жаростойкости овощных культур по ростовой реакции проростков после прогревания их при высокой температуре (томаты)*. Методические указания (ВИР). Л, 1979.
76. Рогозин, В.В. *Пероксидаза: строение и механизм действия*. Иркутск: Изд-во ИГТУ, 2004. 200 с.

DOI: https://doi.org/10.53040/9789975626057.03

3. PARTICULARITĂȚILE GAMETOFITULUI MASCUL DE TOMATE ÎN CONDIȚII DE PATOGENEZĂ VIRALĂ ȘI STRES ABIOTIC

SALTANOVICI Tatiana, ANDRONIC Larisa, ANTOCI Ludmila, BULDUMAC Ana

Se cunoaște că ciclul de viață al angiospermelor constă din două faze alternative – ***sporofit*** diploid și complex, din punct de vedere morfologic, și ***gametofit*** haploid, care este format din 2-3 celule. Fiecare grăuncior de polen se caracterizează prin dimensiuni mici, de diferite forme și structuri. Grăuncioarele de polen reflectă starea plantei, astfel încât modificarea caracteristicilor de bază ale acestora poate afecta fertilitatea și productivitatea plantelor [69]. Se consideră, că gametofitul mascul, comparativ cu generația sporofită, are două avantaje sub aspectul oportunităților în programele de cercetare – dimensiuni mici și genotip haploid, care îi permit să fie cu succes utilizat în diferite sisteme de *screening* și valorificare practică. În procesul de analiză a grăuncioarelor de polen în condiții de laborator poate fi estimat un număr mare de genotipuri, cât și identificate alele recesive rare [75]. În legătura cu aceasta, în ultimii ani, cercetările privind studiul particularităților gametofitului mascul la diferite culturi în diverse condiții nefavorabile au devenit larg răspândite.

Analiza polenului este o metodă de cercetare, care permite determinarea potențialului de reproducere al plantelor în baza variabilității unui șir de caracteristici ale grăuncioarelor de polen (dimensiunea, fertilitatea, viabilitatea acestuia și al.). În ultimii ani a fost publicat un număr impunător de lucrări științifice, ce prezintă informații privind diferite opțiuni de utilizare ale metodelor de analiză a polenului: testarea sensibilității la ozon și peroxizi, determinarea viabilității în procesul de hibridare distantă, sporirea eficacității încrucișărilor în procesul de hibridare, crearea soiurilor adaptive cu producție de polen stabilă și al. [85]. Pe parcursul procesului de estimare și evaluare a polenului există posibilitatea reglării intensității acțiunii factorilor stresogeni prin crearea fundalurilor, care diferă după puterea impactului și expoziția acestora. În cercetările ecologice și genetice, caracteristicile cantitative și calitative ale grăuncioarelor de polen reflectă capacitățile de reproducere ale genotipurilor și pot fi utilizate ca indicatori ai diagnosticului.

De menționat că pentru prima dată selecția la nivel de gametofit mascul a fost teoretic conceptualizată de Mulcahy (1979) [36]. Această abordare prezintă un interes deosebit în cercetările genetico-ameliorative. Se consideră, că nu toate grăuncioarele de

polen reacționează în același mod la acțiunea factorilor de stres, majoritatea dintre ele manifestă reacții specifice, fapt ce permite diferențierea și selectarea genotipurilor rezistente în baza variabilității stabilite. La diferite culturi agricole a fost demonstrată eficacitatea metodelor ameliorării gametice, cât și a metodelor de estimare a rezistenței sporofitului în baza variabilității indicelor polenului [31, 34, 56]. A fost confirmat experimental, că selecția gametică după indicii ce se exprimă la etapa de gametofit și sporofit contribuie la manifestarea reacțiilor asociative [31, 34]. Astfel, selecția haploidă poate fi o metodă eficientă, ce contribuie la apariția modificărilor semnificative în componența populațiilor la nivel de sporofit. În unele cazuri, componența genetică a populațiilor poate fi modificată nu numai după indiciul în baza căruia a fost efectuată selecția, dar și după un alt caracter, fapt ce poate fi explicat prin asocierea strânsă a genelor, care determină ambele caractere [75]. *Screening*-ul polenului poate fi cu succes utilizat ca instrument important în programele ameliorative, pentru estimarea și evidențierea genotipurilor rezistente la factorii abiotici și biotici. În plus, testarea calității microgametofitului se utilizează ca metodă suplimentară în procesul selecției individuale în cazuri, când au fost evidențiate mai multe plante similare după criteriile biometrice.

Totodată, luând în considerare faptul că la multe specii de plante, în polen se manifesta peste jumatate din genomul acestora, gametofitul mascul poate deveni un sistem fiabil de evaluare a gradului de interacțiune a genotipului cu factorii de mediu [26]. Actualmente, la diferite culturi a fost confirmat, că acțiunea factorilor termic și hidric contribuie la manifestarea reacțiilor specifice ale grăuncioarelor de polen, ceea ce denotă posibilitatea realizării unei selecții reușite la nivel haplod și utilizarea acestor caractere ca indicatori de rezistență [5, 14, 16, 82]. Un șir de cercetători au obținut rezultate pozitive prin selecție gametică pentru rezistența la patogeni fungici la năut [6, 49], ricin [76], lupin [68] și al. În acest context, prezintă interes studiul variabilității caracterelor funcționale ale gametofitului mascul la plantele infectate cu fitopatogeni virali și descendenții acestora, deoarece informațiile despre astfel de cercetări sunt restrânse.

În general, putem menționa că controlul genetic al rezistenței gametofitului mascul la stresuri abiotice și biotice a fost studiat insuficient. Rezultatele recente indică faptul că sunt determinate secvențe nucleotidice, ce pot avea un rol important în determinarea termorezistenței și activității polenului [41]. Luând în considerare faptul că în literatura de specialitate informația privind influența fitopatogenilor virali – Virusul Mozaicul Tutunului (VMT) / Virusul Aspermiei Tomatelor (VAT), cât și acțiunea asociată a virusurilor și factorilor abiotici asupra gametofitului mascul este limitată, cercetările noastre au vizat studiul particularităților gametofitului mascul de tomate în condiții de patogeneză virală și stresuri abiotice (Figura 3.1).

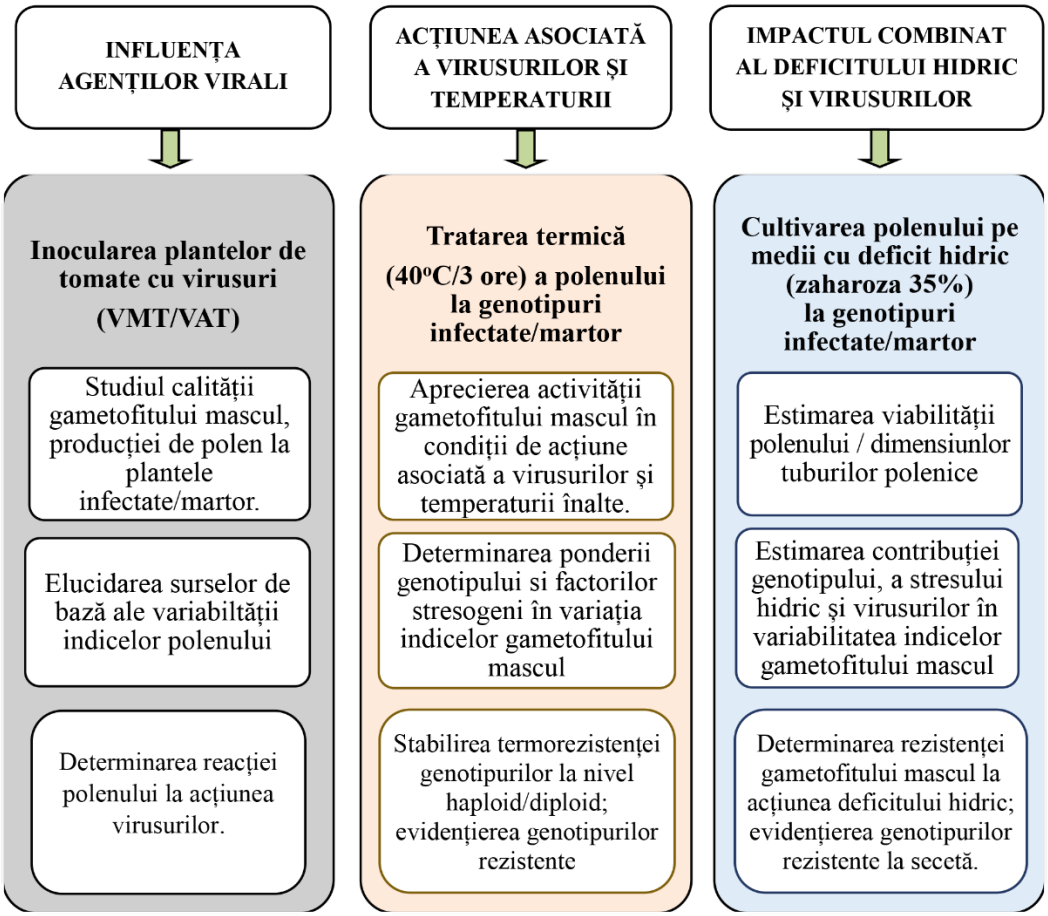


Figura 3.1. Algoritmul cercetărilor cu utilizarea gametofitul mascul în studiul reacțiilor de răspuns al tomatelor la factori de stres.

3.1. Influența fitopatogenilor virali asupra variabilității gametofitului mascul de tomate

În pofida succeselor înregistrate de selecția clasică în domeniul obținerii genotipurilor cu rezistență sporită la unele boli, problema unei rezistențe complexe, inclusiv și la cele mai devastatoare boli, nu este soluționată definitiv. Acest fapt este cauzat de complexitatea genetică a caracterului dat, de procesele evoluționiste în sistemul *patogen-gazdă*, cât și de apariția biotipurilor de patogeni cu rezistență înaltă [83]. Acțiunea organismelor fitopatogene ce provoacă îmbolnavirea plantelor contribuie la pierderi economice semnificative. Sunt cunoscute numeroase cazuri, când

în rezultatul infecțiilor puternice la plante în unele ecosisteme s-a înregistrat un procent destul de mare de pierderi la culturi valoroase, fapt ce a condus la eroziunea genetică și restrângerea diversității unor specii [73].

Bolile virale se numără printre cele mai dăunătoare grupe de infecții, ce provoacă pierderi anuale de recolte care depășesc 25%, fapt ce poate fi explicat prin lipsa unor măsuri eficiente de combatere a acestora în condiții de câmp, precum și a nivelului insuficient de rezistență a culturilor [86]. Pătrunderea și reproducerea virusurilor în celulele gazdelor susceptibile provoacă modificări ale metabolismului plantelor, perturbarea dezvoltării și funcționalității diferitelor țesuturi și organe. În pofida faptului că dezvoltarea bolii și reacțiile defensive au loc simultan, contribuția fiecăruia dintre aceste procese în modificările stabilite depinde în mod semnificativ de susceptibilitatea plantei la virus [79]. Pentru a depăși consecințele negative ale unor astfel de infecții, devin relevante cercetările privind răspunsul genotipurilor la acțiunea agenților patogeni virali bazate pe utilizarea atât a metodelor clasice, cât și a celor netradiționale (expres), inclusiv a metodelor de selecție la nivel de gametofit mascul.

Plantele de tomate infectate cu virusuri au prezentat diverse simptome externe, exprimate prin mozaicism, clarifieri, deformări ale limbului foliar (Figura 3.2).

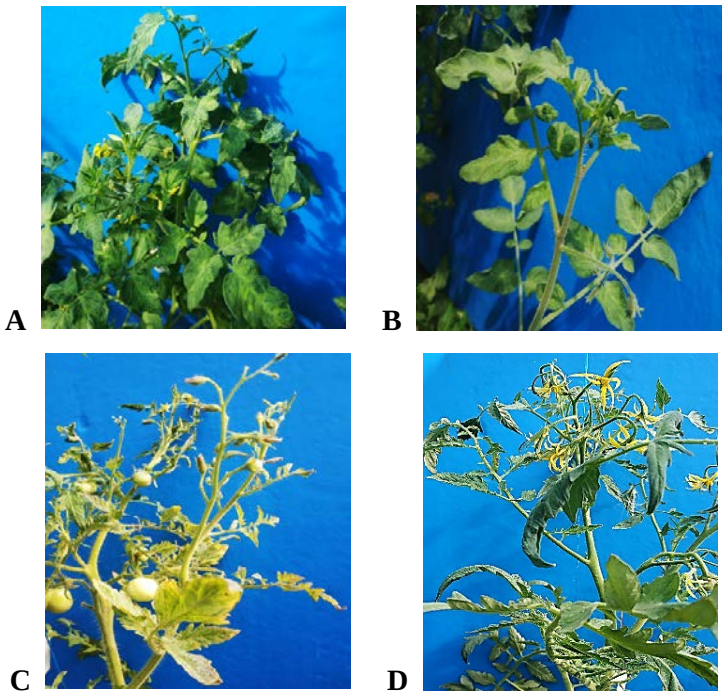


Figura 3.2. Manifestarea simptomelor virale la tomate:
A, B – induse de VMT; C, D - VAT.

Luând în considerare faptul că la multe specii de plante în polen se manifestă peste jumatate din genomul acestora, gametofitul mascul poate deveni un sistem fiabil de evaluare a gradului de interacțiune a genotipului cu factorii de mediu [26]. În procesul de formare a polenului, influența factorilor biotici, precum și a celor abiotici, poate provoca diferențe semnificative în calitatea acestuia [15]. Potrivit unor cercetători, calitatea grăuncioarelor de polen este unul dintre indicii principali ai biologiei de reproducere, deoarece este strâns legat de capacitatea plantelor de a forma semințe calitative [67, 74]. Cercetătorii menționează, că calitatea gametofitului mascul este un indicator important pentru realizarea reușită a proceselor de polenizare și fertilizare. În timpul adaptării plantelor la condițiile nefavorabile ale mediului se atestă reglarea unui șir de procese morfofiziologice și biochimice, ce determină reacția plantelor la diferite etape, inclusiv la cele reproductive [32].

În acest context menționăm, că în condiții de stres biotic o importanță deosebită are informația despre capacitatea de formare a polenului și calitatea gametofitului mascul. În acest sens a fost stabilit că combinațiile hibride de tomate, ce au manifestat rezistența genetică la VMT, s-au caracterizat printr-un nivel diminuat de producție a polenului [72]. Infectarea plantelor *Chenopodium quinoa* cu *Sowhane mosaic sobemovirus* contribuie la apariția unui șir de modificări morfologice ale grăuncioarelor de polen, schimbări similare ale polenului fiind atestate și la alte specii de plante, infectate cu viruși [21]. Astfel, condițiile mediului de creștere ale genitorilor afectează numărul și calitatea descendenților. Cu toate acestea, doar în câteva studii au fost înregistrate date despre îmbunătățirea viabilității polenului în generațiile segregante prin selectarea polenului cu fertilitate ridicată [51]. De asemenea, pentru îmbunătățirea calității gametofitului mascul și sporirea adaptivității sistemului de reproducere la impactul factorilor abiotici și biotici, pot fi importante gama și tipul de variație genetică, asociată cu viabilitatea polenului [27]. În acest context, prezintă interes elucidarea ponderii factorilor genetici și de mediu în variația caracterelor funcționale ale gametofitului mascul de tomate la descendenții obținuți în condiții de patogeneză virală și selecție gametică.

De menționat faptul, că analiza polenului pentru fiecare cultură necesită stabilirea unor obiective de cercetare proprii, care pot fi legate de problemele adaptivității, productivității sau rezistenței genotipurilor la factorii de mediu și alt. [84]. Pentru tomate, informația privind particularitățile caracteristicilor gametofitului mascul poate prezenta interes în legătură cu particularitățile de adaptare ale genotipului la factorii de mediu, precum și rezistența acestora la stresuri abiotici și biotici (Figura 3.3).

Reieșind din faptul, că problemele variabilității indicilor gametofitului mascilin în condiții de patogeneză virală sunt studiate insuficient, în cercetările noastre am examinat capacitatea de formare a grăuncioarele de polen și particularitățile caracterelor morfofuncționale ale gametofitului mascul de tomate la plantele infectate cu VMT și VAT.

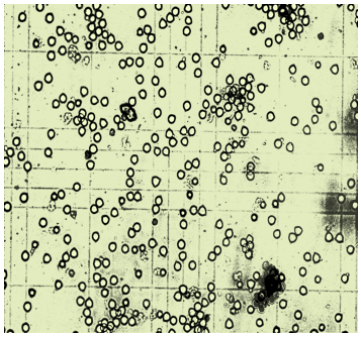
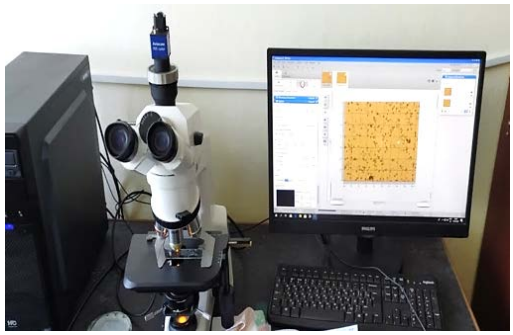
A  B 

Figura 3.3. Determinarea numărului grăuncioarelor de polen cu ajutorul camerei Goreaev: A – aspectul unui câmp microscopic cu grăuncioare de polen; B – sistemul microscopic pentru evaluarea numărului grăuncioarelor de polen.

Este cunoscut faptul, că numărul grăuncioarelor de polen este un caracter foarte important, deoarece se asociază cu procentul de legare a fructelor și numărul de semințe în fructe. Conform datelor din literatura de specialitate [32], numărul grăuncioarelor de polen în floarea de tomate variază de la 100 de mii pană la 400 de mii, în funcție de genotip, în plus, a fost determinat că la formele spontane valoarea acestui caracter, este mai mare în raport cu soiurile de tomate. În rezultatul cercetărilor noastre realizate cu 5 soiuri și 3 forme spontane de tomate, a fost stabilit că în varianta martor numărul mediu de grăuncioare de polen la toate genotipurile studiate a constituit 200 de mii, în timp ce la formele spontane capacitatea de formare a polenului a fost de 1,8 ori mai mare în raport cu soiurile. Conform datelor din literatură, în majoritatea cazurilor, capacitatea de formare a polenului este asociată cu particularitățile genetice a genotipului. Totodată, a fost constatat, că cantitatea de polen produsă în florile de tomate în mare parte depinde de condițiile externe [32, 71, 81].

Rezultatele cercetărilor noaste au demonstrat că infectarea plantelor cu VMT/VAT a contribuit la modificarea producției de polen atât la soiuri, cât și la formele spontane. La formele spontane VMT cantitatea grăuncioarelor de polen s-a diminuat de 1,5 ori față de plantele neinfectate, în timp ce la soiuri VMT acest indicator s-a majorat nesemnificativ, în raport cu martorul. De menționat, că rezultate similare au fost obținute și de alți autori [71]. Urmare a examinării numărului grăuncioarelor de polen la genotipurile infectate cu VAT s-a stabilit majorarea acestui caracter, comparativ cu varianta martor. A fost stabilit că în aceste condiții formele spontane au demonstrat o producție de polen mai mare față de soiuri (Figura 3.4). Astfel, infectarea plantelor de tomate cu patogeni virali VMT/VAT contribuie la modificarea producției de polen și acționează specific la modificarea acestui caracter la soiuri și formele spontane de tomate.

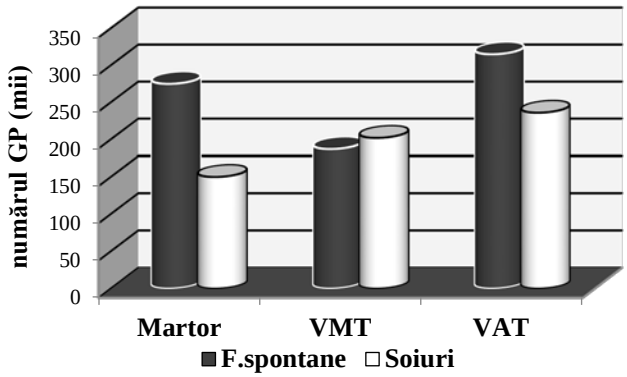


Figura 3.4. Influența infecțiilor virale asupra capacității de formare a polenului.

Rezultatele cercetărilor noastre privind aprecierea influenței agenților patogeni virali asupra variației caracterelor funcționale ale gametofitului mascul la hibrizii F_1, soiuri și forme spontate de tomate pe fonduri virale VMT/VAT) au stabilit diminuarea viabilității polenului în medie cu 9,5…10,4% și reducerea lungimii tuburilor polenice cu 20,4 ….27,2% în raport cu varianta martor (Figura 3.5). Acest fapt confirmă că în condiții de patogeneză virală, viteza de creștere a tuburilor polenice se reduce. Conform unor autori [35] viteza de creștere a tuburilor polenice este un factor decisiv, deoarece determină competitivitatea polenului. Astfel, probabilitatea de participare a grăuncioarelor de polen cu competivitate redusă în procesul de fecundare poate fi limitată.

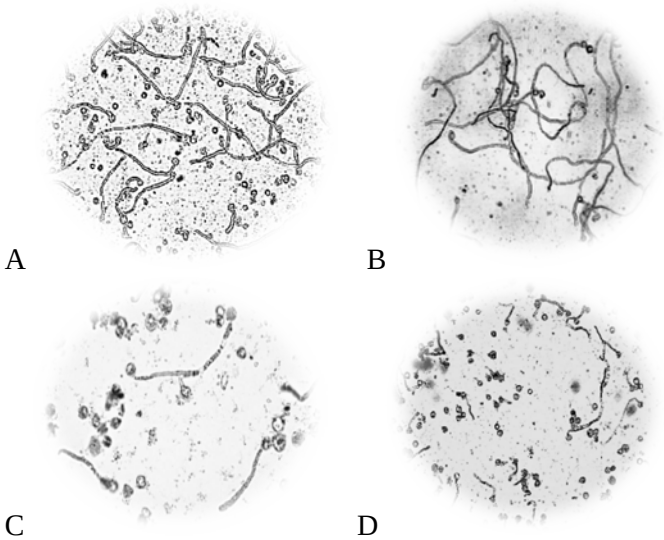
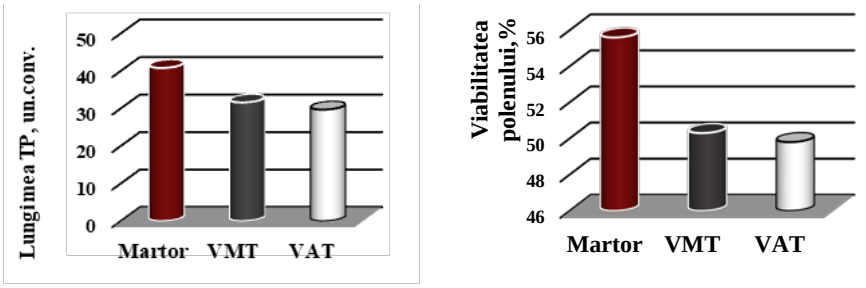


Figura 3.5. Influența infecției virale asupra viabilității polenului și lungimii tuburilor polenice la tomate: A, B – martor, C, D - experiență.

În același timp, cercetările realizate au constatat că grăuncioarele de polen la etapa de creștere a tuburilor polenice au manifestat reacții specifice. Astfel, în varianta martor majoritatea grăuncioarelor de polen au format tuburi cu dimensiuni 30…60 un.conv., deși în variantele experimentale (VMT/VAT) o mare parte de tuburi au avut dimensiuni mai mici de 2,0-3,1 ori și numai 2,5…18,0% de grăuncioare (în funcție de genotip) au manifestat capacitate de formare a tuburilor lungi (Figurile 3.6 și 3.7). Aceste rezultate, de asemenea, dau dovadă de variabilitate diferențiată a grăuncioarelor după viteză lor de creștere.

Luând în considerare faptul, că indiferent de metodele de selecție, una dintre cele mai importante sarcini ameliorative este identificarea variabilității materialului inițial și selectarea genotipurilor valoroase. Rezultatele obținute au demonstrat că la nivel de gametofit mascul se atestă o reacție diferențiată a grăuncioarelor de polen la acțiunea patogenilor virali.



Lungimea tuburilor polenice Viabilitatea polenului

Figura 3.6. Variabilitatea caracterelor gametofitului mascul la tomate sub influența infecțiilor virale.

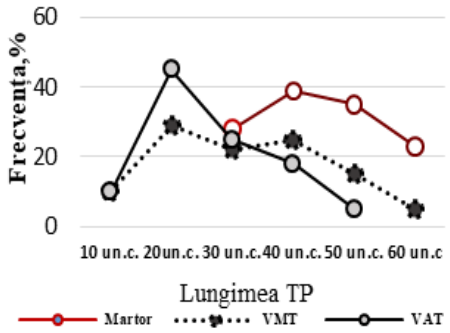


Figura 3.7. Distribuția grăuncioarelor de polen în baza lungimii tuburilor polenice.

În pofida faptului că în condiții de patogeneză virală valorile caracterelor analizate în medie s-au redus, rezultatele studiului realizat au demonstrat, că genotipurile examinate au manifestat reacții variate. Astfel, la unele genotipuri infectate a fost înregistrată depășirea valorilor indicilor polenului în raport cu martorul, totodată, au fost evidențiate genotipuri, la care aceste caractere au fost diminuate sau stabile (Figura 3.8). În rezultatul analizei detaliate a datelor obținute, s-a stabilit, că printre genotipurile analizate, 3 combinații hibride F_1 M.Gratefully x Anatolie, Jacota x Prestij, Flacara x Prestij și 5 soiuri Veneț, Jacotă, M.Gratefully, Mihaela, Rufina pe fond de VMT s-au evidențiat prin diminuarea viabilității polenului. În cazul infectării cu VAT viabilitatea polenului s-a redus la 5 hibrizi F_1 Mary Gratefully x Flacăra, Mary Gratefully x Anatolie, Mary Gratefully x Veneț, Flacăra x Prestij, Jacotă x Prestij și 2 soiuri Flacăra și Mihaela. Totodată a fost stabilit, că 2 combinații hibride F_1Veneț x Jacotă și Flacăra x Tomiș (VMT/VAT) au manifestat majorarea viabilității polenului, soiurile Flacăra, Tomiș VMT și Veneț, Jacotă VAT de asemenea au atestat efect stimulator după acest indiciu, deși la celelalte genotipuri a fost constatată reacția neutră (Figura 3.8). Genotipurile au reacționat diferențiat și la etapa de creștere a tuburilor polenice, astfel, atât pe fond de VMT, cât și pe fond de VAT, la majoritatea hibrizilor și soiurilor studiate dimensiunele tuburilor polenice s-au redus. A fost stabilit, că lungimea tuburilor s-a majorat numai la 2 hibrizi F_1Veneț x Jacotă, Flacăra x Tomiș (VMT) și 2 soiuri Tomiș (VMT) și Jacotă (VAT). De menționat, că 3 combinații hibride F_1 (Veneț x Jacotă, Mary Gratefully x Venet, Flacăra x Tomis) în condiții de infecții virale au îmbinat valorile înalte ale viabilității polenului și lungimii tuburilor polenice.

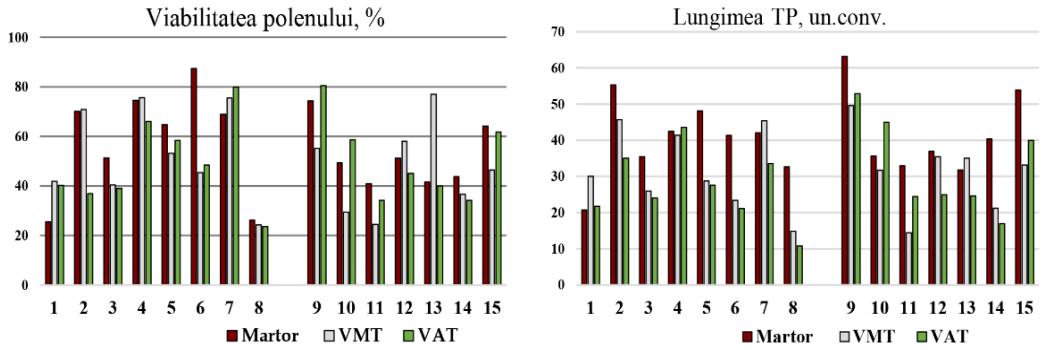


Figura 3.8. Variabilitatea viabilității polenului și lungimii tuburilor polenice (TP) la hibrizi F_1 și soiuri de tomate sub acțiunea infecțiilor virale.

Notă: **Hibrizii F1**: 1 – Veneț x Jacotă; 2 – Mary Gratefully x Flacăra; 3 – Mary Gratefully x Anatolie; 4 – Mary Gratefully x Veneț; 5 – Flacăra x Prestij; 6 – Jacotă x Prestij; 7 – Flacăra x Tomiș; 8 – Jacotă x Mihaela. **Soiuri:** 9 – Veneț; 10 – Jacotă; 11 – Mary Gratefully; 12 – Flacăra; 13 – Tomiș; 14 – Mihaela; 15 – Rufina.

În baza generalizării datelor obținute s-a constatat manifestarea reacțiilor specifice ale grăuncioarelor de polen (stimulare, neutralitate, inhibare) în funcție de genotip și agentul viral (Figura 3.9). În variantele cercetate a fost stabilit efect stimulativ cu frecvența 6,7…27,0%, reacția neutră a fost atestată în 13,0…20,0% de cazuri deși în majoritatea cazurilor a fost constatată inhibarea caracterelor analizate (53,3…80,0%). În literatura de specialitate sunt cunoscute cazuri de stimulare a viabilității polenului sub acțiunea fitopatogenilor fungici. În rezultatul infectării plantelor de tomate cu verticiloză cercetătorii de asemenea au obținut rezultate similare [66]. Manifestarea efectului stimulator poate fi explicată prin: i) procesul de eliminare selectivă la etapele de formare a grăuncioarelor de polen cu viabilitate diminuată; ii) interacțiunea pozitivă a grâuncioarelor rămase cu metaboliții patogenului.

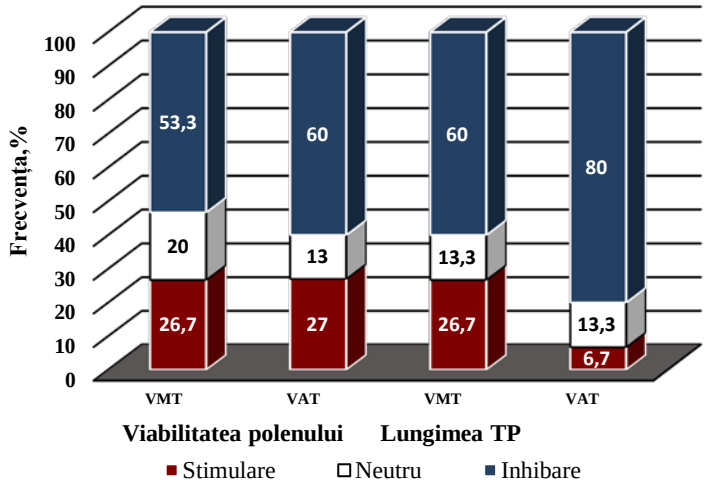


Figura 3.9. Reacția gametofitului mascul de tomate sub influența agenților virali.

Reieșind din faptul, că conform datelor din literatură [84], susceptibilitatea la VMT a plantelor de tomate contribuie la reducerea producțivității acestora de 1,3-1,6 ori. Unul din motivele acestui fenomen poate fi diminuarea semnificativă a calității gametofitului mascul în condiții de patogeneză virală.

Gradul variabilității gametofitului mascul poate fi determinat de acțiunea diferițior factori, inclusiv de particularitățile genetice ale plantei-gazdă, de condițiile de patogeneză, cât și de interacțiunea acestora. În scopul elucidării surselor de bază ce au contribuit la variabilitatea caracterelor gametofitului mascul, am aplicat analiză dispersională bifactorială. Rezultatele testului ANOVA au confirmat, că variabilitatea indicilor gametofitului mascul a fost determinată de influența unui șir de surse (Tabelul 3.1).

Tabelul 3.1. Sursele de bază ale variabilității caracterelor gametofitului mascul la plantele infectate cu virusuri

Sursă de variație	Viabilitatea polenuui			Lungimea TP		
	Grad de libertate	Suma pătratelor	CSV, %	Grad de libertate	Suma pătratelor	CSV, %
VMT						
Genotip (G)	14	21108,7*	57,2	14	6709,2*	22,2
VMT	1	629,4*	23,9	1	1477,9*	68,4
Interacțiune G-VMT	14	6922,6*	18,8	14	2387,4*	7,9
Efecte aleatorii	60	151,7*	5,1	60	1895,4*	1,5
VAT						
Genotip (G)	14	21666,8*	58,8	14	8613,9*	16,9
VAT	1	755,7*	28,7	1	2783,3*	76,5
Interacțiune G-VAT	14	4545,5*	12,3	14	1915,1*	3,8
Efecte aleatorii	60	160,1*	0,2	60	181,3*	2,8

* - diferențe semnificative pentru $P \leq 0,05$.

Conform datelor prelucrării statistice genotipul, agenții virali și interacțiunea acestora au influențat semnificativ asupra modificării caracterelor polenului. Astfel, în variabilitatea polenului atât pe fond de infectare cu VMT, cât și cu VAT contribuția genotipului a fost decisivă și a constituit 57,2…58,8%, fapt ce poate indica posibilitatea evidențierii genotipurilor după acest caracter. În același timp a fost stabilit, că ponderea agenților virali (VMT/VAT) a fost mai slabă de 2,0…2,4 ori, în aceste condiții interacțiunea factorilor a variat în limitele 12,3…18,8%. De menționat, că acțiunea virusurilor în mare parte determină variația lungimii tuburilor polenice – 68,4…76,6%, deși contribuția genotipului a variat în limitele 16,9…22,2%, deci a influențat mai slab de 3,5…4,0 ori. Astfel, acțiunea agenților virali (VMT/VAT) reduce semnificativ viteza de creștere a tuburilor polenice și contribuie la diminuarea dimensiunilor acestora.

Este cunoscut faptul, că utilizarea eficientă a combinațiilor hibride F_1 presupune obținerea informației privind gradul de dominație (h_p) a caracterelor. În scopul caracterizării particularităților de ereditare a caracterelor gametofitului mascul la hibrizii F_1 a fost determinat acest parametru genetic. În general, în funcție de genotip și indicatorul analizat, valorile h_p au variat de la supradominație negativă până la

supradominație pozitivă. Astfel, supradominația negativă și dominația negativă a fost stabilită în 20,0% de cazuri, ereditare intermediară – 10,0% de cazuri, dominație și supradominație pozitivă – 70,0% de cazuri, fapt ce relevă manifestarea dominantă a formei parentale cu valori înalte ale caracterului.

În baza generalizării datelor obținute privind estimarea caracterelor gametofitului mascul, cât și a rezultatelor aplicării testului ANOVA, s-a determinat coraportul valorilor medii ale acestor indici în variantele experimentale și martor. Astfel, a fost stabilit că majoritatea genotipurilor au manifestat valori înalte ale vabilității polenului, care în medie au constituit la combinațiile hibride 98,0% și 80,3% – la soiurile analizate. Printre combinațiile hibride examinate numai 3 genotipuri au atestat indicatori medii mai mici față de valoarea medie a caracterului. La soiurile studiate doar 2 genotipuri au demonstrat un nivel al viabilității polenului mai redus comparativ cu valoarea medie. În rezultatul studiului realizat au fost identificate 4 combinații hibride (F_1 Mary Gratefully x Venet, Veneț x Jacota, Flacara x Tomiș, Jacota x Mihaela) și 3 soiuri (Flacara, Tomiș, Mihaela) gametofitul mascul al cărora a îmbinat valori înalte ale viabilității polenului în condiții de infectare cu VMT și VAT, fapt ce presupune oportunități de utilizare a acestor genotipuri în cercetările ulterioare și programele de ameliorare (Figura 3.10).

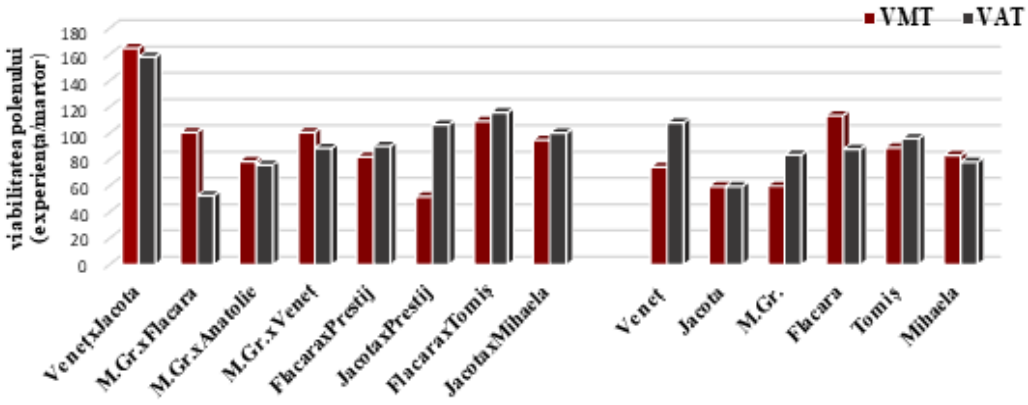


Figura 3.10. Variabilitatea viabilității polenului genotipurilor de tomate în condiții de patogeneză virală.

Descendenții plantelor VMT/VAT au fost evaluați în condiții de câmp după variabilitatea unor caractere morfologice, biometrice și elementele de productivitate. A fost stabilit un spectru larg de variație după înălțimea plantei, numărul de lăstari și fructe cât și procentul de legare a fructelor. În baza variabilității caracterelor analizate din componență familiilor F_2 au fost selectate 16 familii VMT/VAT cu valori maxime ale elementelor de productivitate pentru cercetările ulterioare.

3.2. Reacția gametofitului mascul de tomate la acțiunea asociată a fitopatogenilor virali și temperaturilor ridcate

În cercetările contemporane genetico-ameliorative problema identificării și selectării genotipurilor rezistente la condiții stresogene este una prioritară. Conform datelor din literatura [38], influența stresurilor biotice și abiotice, cât și îmbinarea acestora, contribuie la pierderi anuale ale recoltei de până la 51–82%. În acest context, evidențierea genotipurilor rezistente la acțiunea asociată a factorilor nefavorabili ai mediului prezintă un interes deosebit. Însă, după cum arată practica, crearea genotipurilor rezistente la stresuri asociate este destul de dificilă, fapt ce este cauzat de particularitățile specifice ce invocă reacția și selectarea independentă pentru fiecare tip de rezistență [65]. Prin urmare, în prezent, pentru mai multe culturi agricole, problema rezistenței complexe durabile la factorii biotici și abiotici rămane nerezolvată. Soluționarea acestei sarcini presupune sporirea adaptivității genotipurilor prin utilizarea metodelor de analiză a reacțiilor genotipurilor la nivel haploid sau diploid în condiții stresogene cu selectarea ulterioară a formelor de perspectivă [77].

În literatura de specialitate informația privind influența stresurilor complexe asupra plantelor este limitată și reflectă cu precădere rezultatele cercerărilor efectuate la etapa de sporofit. A fost stabilit, că în cazul asocierii stresului biotic și abiotic acțiunea factorului abiotic poate provoca, între plantă și patogen, interacțiuni atât pozitive cât și negative, fapt ce contribuie la majorarea/micșorarea simptomelor de îmbolnăvire a plantelor [12]. Se consideră, că reacția plantelor la acțiunea stresurilor polifactoriale nu poate fi comparată cu reacția la stresul solitar. Influența concomitentă a factorilor contribuie la apariția reacțiilor biochimice complexe, deoarece răspunsul plantelor la astfel de stresuri este controlat de diferite semnale și căi metabolice, ce pot interacționa. Rezultatele cercetărilor [63] cu aplicarea stresurilor bi- și trifactoriale au demonstrat posibilitatea acestora de a interacționa și influența negativ asupra dezvoltării și creșterii plantelor, inclusiv și în cazul acțiunii nesemnificative a stresului. Factorii abiotici, inclusiv și temperatura, influențează asupra plantelor, cât și asupra populațiilor de microorganisme. Conform datelor [44] acțiunea temperaturilor înalte contribuie la răspândirea virusului mozaicului tutunului sau virusului mozaicului ridichii și reduce reacțiile defensive ale plantelor. Pe de altă parte, în aceste condiții, unele plante infectate au fost mai puțin simptomatice datorită protecției eficiente asociate cu suprimarea sintezei ARN viral. În rezultatul cercetărilor asupra soiurilor de tomate în condiții de influență asociată a factorilor au fost stabilite corelații pozitive între rezistența genotipurilor la VMT sau combinare de virusuri (VMT+VXC, VXC – virusul X al cartofului) și toleranța la iluminare redusă [2,23]. Formele de tomate selectate în condiții de infectare cu virusuri s-au caracterizat printr-o fructificare sporită în condiții de iluminare redusă și au prezentat interes deosebit pentru amelioratori.

Este cunoscut faptul că condițiile de mediu influențiază asupra gametofitului mascul la toate etapele de dezvoltare [40]. Astfel, acțiunea factorilor biotici, precum și abiotici în timpul formării polenului poate genera diferențe majore în performanța gametofitului mascul. Diminuarea activității polenului, atât *în vitro,* cât și *în vivo* în condiții de stresuri abiotice a fost demonstrată la un număr mare de specii [50]. S-a constatat că influența temperaturii înalte în timpul dezvoltării aparatului reproductiv mascul corelează cu diminuarea numărului de fructe la tomate, iar această dependență se datorează perturbării metabolismului glucidic și translocării prolinei [54]. Totodată, în literatura de specialitate există informații privind reacțiile specifice ale grăuncioarelor de polen la acțiunea termică, fapt ce permite evidențierea genotipurilor rezistente la această etapă [10, 18, 82]. Rezultatele cercetărilor [50] au constatat că modificarea viabilității polenului *Helianthus annuus* L. în condiții de stres termic în mare parte a fost controlată de variabilitatea genetică, fapt ce indică că eficacitatea ameliorării după acest caracter poate fi îmbunătățită prin selecție recurentă.

Luând în considerare faptul că la multe specii de plante în polen se manifestă peste jumatate din genomul acestora, gametofitul mascul poate deveni un sistem fiabil de evaluare a gradului de interacțiune a genotipului cu factorii de mediu. Autorii menționează, că viabilitatea polenului este un caracter important de toleranță a genotipurilor la stresuri abiotice [26]. Pentru îmbunătățirea calității gametofitului mascul și sporirea adaptivității sistemului de reproducere la impactul factorilor abiotici și biotici, o importanța valoroasă îi aparține gamei și tipului de variație genetică, asociată cu viabilitatea polenului [27]. În acest context, prezintă interes elucidarea ponderii factorilor genetici și de mediu în variația caracterelor funcționale ale gametofitului mascul de tomate în condiții de influență asociată a virusurilor și temperaturii înalte (Figura 3.11).

Tomate: soiuri, forme spontane, obținute în condiții de patogeneză virală		
Genotipuri Martor Tratarea termică a polenului (40ºC/3 ore)	**Genotipuri VMT** Tratarea termică a polenului (40ºC/3 ore)	**Genotipuri VAT** Tratarea termică a polenului (40ºC/3 ore)
Evaluare: ***Analiza microscopică***: Determinarea viabilității și rezistenței polenului, lungimii și rezistenței TP ***Analiza statistică***: Elucidarea surselor variabilității gametofitului mascul; evidențierea formelor cu potențial de rezistență la temperaturi ridicate.		

Figura 3.11. Algoritmul cercetărilor cu utilizarea gametofitul mascul în aprecierea acțiunii asociate a fitopatogenilor virali și temperaturii ridicate.

Rezultatele cercetărilor noastre privind studiul variabilității gametofitului mascul la soiuri, hibrizii F_1 și forme spontane de tomate în condiții de acțiune asociată a temperaturii ridicate (40ºC/3 ore) și a patogenilor virali (VMT/VAT) au demonstrat că acțiunea factorilor contribuie la modificarea calității polenului. A fost stabilit că tratarea termică a polenului la plantele VMT a contribuit la diminuarea valorilor viabilității acestora în medie cu 27,4% și la reducerea lungimii tuburilor polenice cu 23,4% în raport cu martorul. De menționat, că în aceste condiții reacția grăuncioarelor de polen a fost specifică. Deci, la 20% din genotipuri în varianta experimentală s-a atestat depășirea valorilor viabilității polenului cu 3,0…9,0% față de martor, deși la celelalte genotipuri (80,0%) a fost înregistrată diminuarea acestui caracter cu 5,0…45,0%. De asemenea, în aceste condiții la 46,6% de genotipuri a fost atestată creșterea lungimii tuburilor polenice cu 5,8…24,5 unități convenționale, totodată la celelalte genotipuri s-au format tuburi mai scurte cu 7,1…15,5 un.conv.

În baza examinării reacțiilor grăuncioarelor de polen în condiții de acțiune complexă a factorilui termic și VAT, de asemenea s-a constatat micșorarea valorilor viabilității polenului în medie cu 29,5% comparativ cu martorul. Totodată, în aceste condiții, dimensiunele tuburilor polenice în medie au depășit valorile martorului cu 11,2%, fapt ce poate fi explicat prin maturizarea unor grăuncioare de polen în rezultatul tratării termice. În general, pe fond complex (VAT și temperatură) la 46,6% de genotipuri a fost înregistrată majorarea lungimii tuburilor, fapt ce dă dovada de viteza lor de creștere mai mare față de plantele sănătoase. În același timp, la 46,6% de genotipuri dimensiunile tuburilor polenice s-au redus în rezultatul micșorării vitezei de creștere a acestora după tratarea termică. Este cunoscut faptul [35] că viteza de creștere a tuburilor polenice este un factor decisiv, ce determină competivitatea grăuncioarelor de polen și poate caracteriza adaptivitatea acestora la stres. Astfel, influența tratării termice asupra gametofitului mascul a contribuit la manifestarea reacțiilor specifice după viabilitatea polenului și lungimea tuburilor polenice (Figura 3.12).

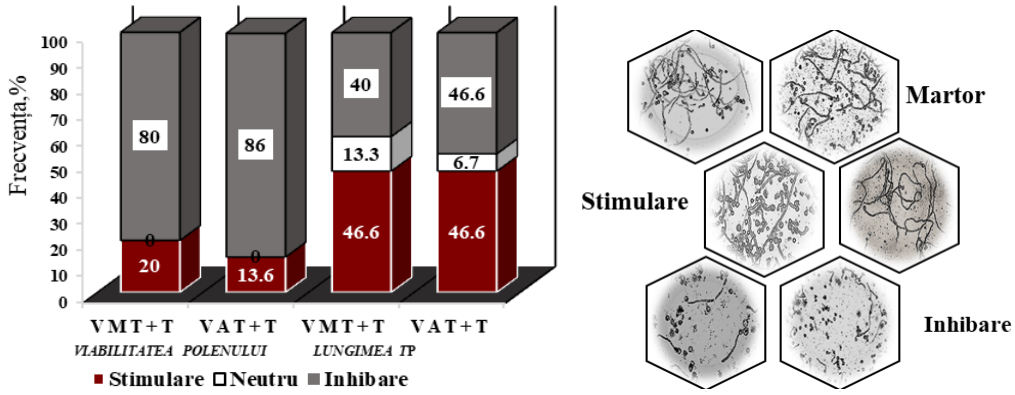


Figura 3.12. Reacția gametofitului mascul la influența asociată a virusurilor (VMT/VAT) și temperaturii ridicate.

Deci, rezultatele noastre sunt în concordanță cu datele obținute de un șir de cercetători privind impactul semnificativ al temperaturilor ridicate asupra funcționalității gametofitului mascul la tomate [25, 45]. Conform datelor [3, 45], sterilitatea polenului, cauzată de acțiunea stresului termic în majoritatea cazurilor influențează negativ asupra polenului și reprezintă posibile blocaje în ciclul de viață la multe specii de plante.

Astfel, acțiunea combinată a fitopatogenlor virali VMT/VAT și temperaturi ridicate a influențat specific asupra funcționalității gametofitului mascul de tomate, contribuind la modificarea viabilității polenului și lungimii tuburilor polenice.

Rezultatele prelucrării statistice, obținute în baza aplicării testului ANOVA, privind variația caracterelor analizate în condiții de stresuri asociate, ne-a permis să apreciem contribuția fiecărui factor în structura variabilității caracterelor analizate (Tabelul 3.2). Astfel, a fost constatat că patogenii virali, factorul termic, genotipul, cât și interacțiunea acestora, au influențat semnificativ (P<0,001) indicii gametofitului mascul. Cea mai mare pondere în sursa de variație a viabilității polenului a avut-o factorul termic (69,3…69,7%), contribuția genotipului și a virușilor a fost mult mai redusă și a constituit 8,8…9,0%. Totodată, s-a stabilit că agenții virali sunt factorii decisivi (54,5…64,3%) în variația lungimii tuburilor polenice, contribuția genotipului, de asemenea, a fost mai redusă de 4,2…4,5 ori și a variat în limitele 12,2…15,2%, acțiunea factorului termic a determinat 2,7 și 14,7% a variabilității acestui caracter.

Tabelul 3.2. Sursele de bază ale variabiltății indicilor gametofitului mascul la tomate

Sursă de variație	Viabilitatea polenuui			Lungimea TP		
	Grad de libertate	Suma pătratelor efectelor	CSV, %	Grad de libertate	Suma pătratelor efectelor	CSV, %
VMT						
Genotip	14	16826,6*	9,0	14	12333,9*	15,2
VMT	1	813,5*	6,0	1	3734,3*	64,3
Interacțiune G-VMT	1	9416,6*	69,7	1	154,9*	2,67
Efecte aleatorii	43	28694,9*	15,7	43	14523,5*	17,8
VAT						
Genotip	14	16548,1*	8,7	14	10090,1*	12,2
VAT	1	1205,7*	8,9	1	3233,4*	54,5
Interacțiune G-VAT	1	9361,0*	69,3	1	872,5*	14,7
Efecte aleatorii	43	24283,6*	12,6	43	11373,2*	13,3

* - diferențe semnificative pentru P < 0,01.

Astfel, în condiții de influență asociată a factorilor, temperatura și patogenii virali sunt sursele principale ale variabilității viabilității polenului și a lungimii tuburilor polenice. De menționat, că conform rezultatelor [44] dintre stresurile abiotice, ce au influențat asupra gametofitului mascul la diferite genotipuri de tomate, acțiunea factorului termic de asemenea a fost cea mai semnificativă. Ținând cont de acest fapt, autorii consideră că rezultatele estimării calității gametofitului mascul în condiții de temperatura înaltă contribuie la evidențierea genotipurilor rezistente și această abordare poate fi o strategie valoroasă pentru depășirea efectelor negative ale temperaturii.

Totodată, în procesul ameliorativ privind sporirea rezistenței genotipurilor la temperaturi ridicate apar dificultăți, ce pot fi asociate cu ereditarea scăzută a acestui caracter [14]. Pentru identificarea particularităților de heritabilitate ai indicilor gametofitului mascul în condițiile acțiunii complexe a factorilor, am apreciat gradul de dominație. Valorile acestui indicator au variat de la supradominație negativă la supradominație pozitivă. Dominația pozitivă și supradominația în ceea ce privește viabilitatea polenului a fost atestată în 60,0% de cazuri, în timp ce după lungimea tuburilor polenice valorile acestui indicator au fost stabilite în 50,0% de cazuri, ceea ce presupune manifestarea particularităților formelor parentale cu caracteristici mai mari ale acestui caracter (Tabelul 3.3).

Tabelul 3.3. Gradul de dominație (h_p) a indicilor gametofitului mascul al hibrizilor de tomate

	Gradul de dominație, (h_p)			
	Rezistența polenului la etapa de germinare		**Rezistența tuburilor polenice**	
Hibrizi F_1	**VMT + Temperatură**	**VAT + Temperatură**	**VMT + Temperatură**	**VAT + Temperatură**
Veneț x Jacotă	0,17	6,96	3,29	35,8
Mary Gratefully x Flacăra	-1,79	-0,94	-1,72	-0,46
Mary Gratefully x Veneț	108,3	1,08	0,71	1,06
Flacăra x Tomiș	0,54	-1,64	0,15	-55,4
Jacotă x Mihaela	6,22	14,8	3,60	30,4

Conform rezultatelor analizei viabilității polenului după coraportul experiență/martor, care indică nivelul de termorezistență a genotipurilor, a fost stabilit că majoritatea genotipurilor au manifestat valori înalte ale acestui indiciu. S-a constatat că la majoritarea combinațiilor hibride coraportul a acestor caractere în mediu a constituit 63,8%, deși la soiurile analizate valorile acestui indiciu au fost mai mici și au alcatuit 47,9%. În rezultatul cercetărilor au fost evidențiate 4 combinații hibride F_1 Flacara x Tomiș, Mary Gratefully x Veneț, Jacotă x Prestij, Flacara x Prestij și 3 soiuri Flacăra, Veneț, Rufina, care au înregistrat un nivel înalt al viabilității polenului și au îmbinat rezistența la ambii factori stresogeni (Figura 3.13).

Astfel, viabilitatea polenului este un indicator, ce reflectă reacția grăuncioarelor de polen la acțiunea stresului termic și poate fi aplicat în scopul diferențierii genotipurilor după nivelul de rezistență, iar informația privind variabilitatea caracterelor polenului permite aprecierea particularităților reacțiilor gametofitului mascul în condiții de stres termic.

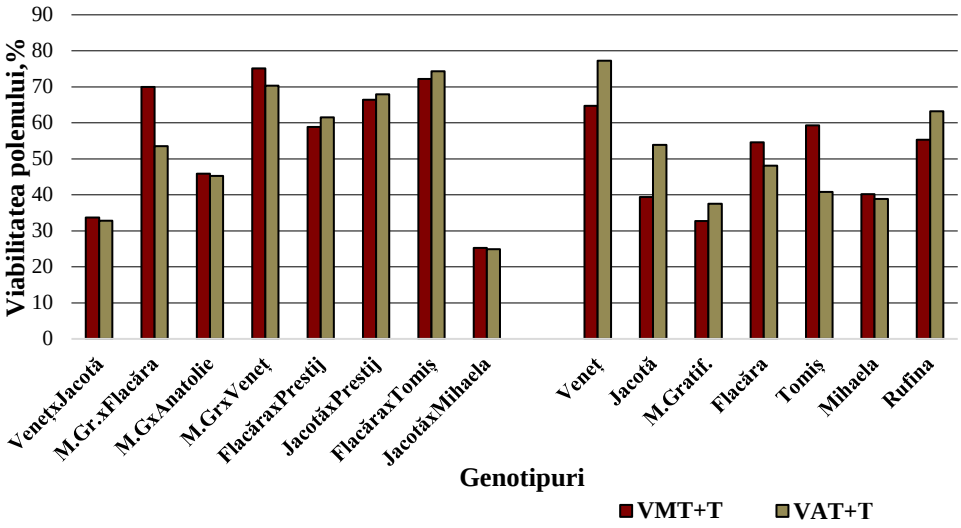


Figura 3.13. Influența temperaturii asupra viabilității polenului (experiență/martor) la genotipuri de tomate (VMT/VAT).

De menționat, că nu numai plantele infectate cu virusuri, ci și descendenții acestora au reacționat specific la tratarea termică a polenului. Rezultatele cercetărilor noastre au constatat că acțiunea temperaturii asupra gametofitului mascul la plantele sănătoase și descendenții plantelor infectate VMT/VAT a contribuit la diminuarea viabilității polenului de 1,6 …2,0 ori, respectiv. Totodată la descendenții VMT/VAT, ca și în cazul viabilității polenului, a fost constatată diminuarea lungimii tuburilor polenice

comparativ cu martorul cu 28,4…32,9 %, fapt ce poate fi cauzat de o viteză de creștere redusă a tuburilor polenice ale acestor genotipuri.

Conform datelor analizei dispersionale trifactoriale, variabilitatea caracterelor polenului a fost determinată semnificativ de genotip, factorul termic, agenții virali și interacțiunea acestora. Factorul termic a fost sursa principală (78,1…81,5 %) a variabilității viabilității polenului. Modificarea lungimii tuburilor polenice la descendenții VMT, în mare măsură, depinde de temperatura și interacțiunea factorilor – 75,6%. La descendenții VAT în variația dimensiunii tuburilor polenice ponderea genotipului, temperaturii și interacțiunii acestora a fost aproximativ egală – 19,7… 21,8%, deși, acțiunea virusului a fost de 1,7 ori mai mare și a consituit 36,8 %.

Analiza componentelor spectrelor de variație individual pentru fiecare genotip a stabilit diferențe semnificative ($P<0,01$) pentru ponderea temperaturii în variația caracterelor polenului, fapt ce indică nivelul diferit de sensibilitate termică a acestora și permite utilizarea rezultatelor obținute pentru prognozarea reacțiilor genotipurilor în condiții de stres termic (Figura 3.14).

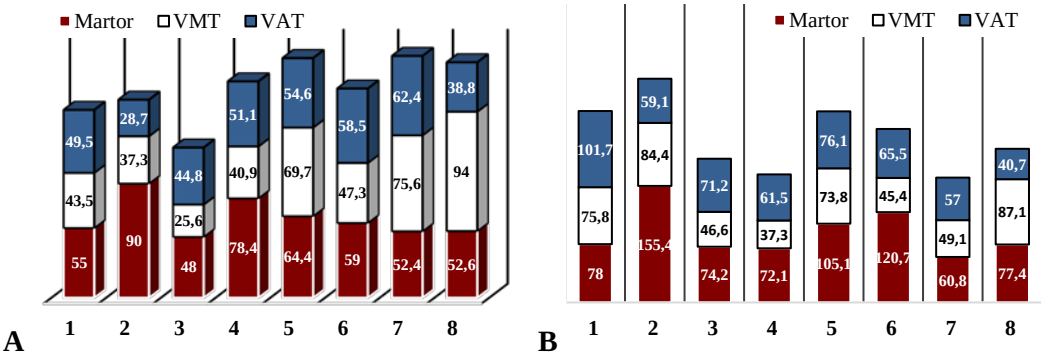


Figura 3.14. Însușirile morfofuncționale ale gametofitului mascul de tomate la descendenții VMT/VAT: A – termorezistența polenului; B – termorezistența tuburilor polenice, %.

Estimarea termorezistenței gametofitului mascul la plantele sănătoase și descendenții plantelor infectate a stabilit că plantele din varianta martor au manifestat cel mai înalt nivel al valorilor acestui caracter – 62,5 %, deși la descendenții VMT/VAT, nivelul de termorezistență a fost mai redus cu 13,3 și 22,2 %, respectiv.

În baza generalizării datelor obținute, s-a constatat că gametofitul mascul la plantele martor și descendenții soiurilor infectate Mihaela și Rufina, cât și specia spontană *S. pimpinellifolium* îmbină un nivel înalt de termorezistență a polenului la etapa de germinare și de creștere a tubului polenic, fapt ce presupune posibilitatea utilizării acestora în cercetările de ameliorare.

3.3. Influența deficitului hidric asupra variabilității gametofitului mascul la plantele de tomate infectate cu virusuri

Impactul factorilor abiotici stresogeni, inclusiv și secetei asupra etapelor reproductive de dezvoltare a plantelor, contribuie la diminuarea productivității multor culturi agricole. S-a constatat că răspunsul genotipurilor la condițiile de mediu este destul de diferit, iar interacțiunile *genotip* x *mediu* reprezintă diferențe calitative sau cantitative în dependență de plasticitatea fiecărui genotip [20, 52]. Conform datelor analizei factoriale, în condiții stresogene variabilitatea indicilor productivității este determinată de ponderea semnificativă a genotipului, condițiilor de creștere și interacțiunii acestora [52]. Cercetătorii menționează că succesul *screening*-ului depinde de eficacitatea metodelor de identificare a genotipurilor, valorile criteriilor productivității și cunoașterea diapazonului variabilității genetice a acestora [17].

Printre stresurile abiotice ce influențează creșterea și dezvoltarea plantelor, seceta este una dintre cele mai limitative, deoarece influențează direct asupra procesului de legare a fructelor. S-a constatat că acțiunea negativă a deficitului hidric, generează modificarea caracterelor morfologice, fiziologice și biochimice la toate etapele dezvoltării vegetative și reproductive ale plantelor și contribuie la diminuarea productivității plantelor [24]. Se consideră, că seceta influențează asupra întregului ciclu de viață a culturilor agricole, în timp ce gradul de deteriorare, capacitatea de recuperare și modificarea productivității sunt strâns asociate cu stadiul de dezvoltare a plantelor supuse acțiunii secetei [30]. Se cunoaște, că perioadele cu insuficiență de umiditate destul de des coincid cu fazele reproductive ale ciclului de viață a plantelor, când acestea sunt sensibile la acțiunea acestui factor [62]. Chiar și la astfel de plantă ca sorgul, care este destul de rezistentă la secetă, acțiunea stresului hidric la etapa vegetativă diminuează recolta mai mult de 36 %, atunci când la etapele reproductive, productivitatea plantelor pe fond de deficit hidric se reduce cu 55 % [4]. A fost confirmat că toate etapele de dezvoltare și activitate ale gametofitului mascul, de asemenea, sunt afectate de influența insuficienței de apă, ce provoacă uscarea anterelor și diminuarea activității polenului. Viabilitatea gametofitului mascul depinde în mare măsură de condițiile ce determină conținutul de apă în grăuncioarele de polen. A fost constatat că în procesul dezvoltării, polenul conține peste 60% apă, în timp ce în grăuncioarele de polen mature acest indicator scade, de obicei, sub 40%. În condiții de stres hidric conținutul de apă în anterele și grăuncioarele de polen poate fi limitat, fapt ce contribuie la micșorarea productivității plantelor [19, 41]. Conform datelor din literatură [40], în condiții optimale conținutul de apă în grăuncioarele de polen depășește 60%, dar în cazul când planta maternă se confruntă cu stresul hidric, valorile acestui indiciu se reduc până la 40%, totodată, diminuarea umidității până la cel puțin 20-25% cauzează pierderea completă a viabilității polenului. A fost stabilit că în timpul deshidratării are loc majorarea conținutului de osmotine, asociate cu acest

stres [7]. Rezultatele ce au constatat că grăuncioarele de polen au manifestat reacții specifice la acțiunea deficitului hidric, permit utilizarea variabilității indicilor polenului ca indicatori de rezistență [13, 16]. Cercetătorii au identificat mai multe gene, ce determină reacția plantelor la etapele reproductive sub acțiunea secetei, însă caracterul de expresie și localizarea acestora nu sunt stabilite [62].

În condiții naturale, cât și în timpul procesului ameliorativ, deseori, plantele la diferite etape de vegetație, inclusiv și cele reproductive, sunt supuse acțiunii asociate a factorilor biotici și deficitului hidric, ce influențează semnificativ asupra interacțiunii plantelor cu patogenii. În literatura de specialitate informația privind reacția plantelor la acțiunea concomitentă a factorilor abiotici și biotici este limitată. În funcție de condițiile mediului, orice infecție se manifestă diferit, având un impact specific asupra procesului de patogeneză [33, 47]. Se comunică, că în condițiile influenței asociate a factorilor, reacția de răspuns depinde de tipul stresului abiotic și patogen [47]. În astfel de condiții, acțiunea factorului abiotic cauzează interacțiuni pozitive/negative între plantă și patogeni, ce pot majora/micșora manifestarea simptomelor de îmbolnavire. Totodată există și informații opuse, conform cărora stresul hidric majorează răspunsul defensiv al plantelor la acțiunea agentului patogen [1, 48]. De asemenea, s-a demonstrat că infectarea plantelor cu patogeni poate modifica reacția acestora la acțiunea deficitului hidric. Seceta poate provoca reducerea nivelului de îmbolnăvire, dar în majoritatea cazurilor contribuie la sporirea susceptibilității genotipurilor [29, 47, 48].

Cercetătorii menționează că în condiții de acțiune asociată a factorilor, succesul *screening*-ului în mare masură depinde de eficacitatea metodelor de identificare a genotipurilor, valorile indicilor productivității și cunoașterea diapozonului variabilității genetice a acestora [17]. În acest context, de rând cu metodele tradiționale de selecție în procesul ameliorativ pot fi utilizate și metodele de analiză și selecție a polenului. Acest fapt se bazează pe o corespondență înaltă dintre genele gametofitului și sporofitului, deoarece s-a constatat că aproximativ 60% de gene exprimate în polen sunt exprimate și în sporofit [37, 39]. Prin urmare, acest fapt permite evidențierea genotipurilor valoroase după indicii controlați de gene care se expresează la nivel de microgametofit. Actualmente, rezultatele mai multor cercetări pentru diferite culturi agricole au demonstrat eficacitatea metodelor selecției gametice privind rezistența la seceta, precum și metodelor de evaluare a rezistenței plantelor la nivel de sporofit prin estimarea variabilității gametofitului mascul [31]. De menționat că – controlul genetic al rezistenței gametofitului mascul la stresuri abiotice nu a fost studiat în profunzime, rezultatele recente au constatat identificarea secvențelor nucleotidice, ce pot avea un rol important în determinarea rezistenței și activității polenului în condiții stresogene [40].

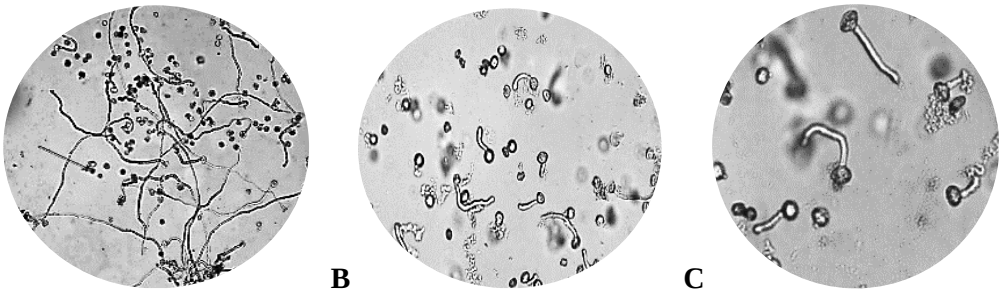
Luând în considerare faptul că în literatura de specialitate informația privind reacția la nivel haploid a genotipurilor de tomate infectate cu virusuri și descendenții

acestora la acțiunea factorilor abiotici este limitată, cercetările noastre au vizat studiul reacției gametofitului mascul a genotipurilor de tomate infectate cu VMT/VAT la acțiunea deficitului hidric şi identificarea genotipurilor rezistente (Figura 3.15).



Figura 3.15. Algoritmul cercetărilor parametrilor funcționali ai gametofitului mascul în condiții de deficit hidric.

În cercetările noastre rezultatele testării viabilității polenului, bazate pe germinarea grăuncioarelor pe mediu nutritiv suplimentat cu concentrația selectivă de zaharoză, au stabilit, că acțiunea asociată VMT/VAT şi insuficiența de umiditate au redus viabilitatea polenului la genotipurile investigate în medie cu 19,5…33,4% în raport cu martorul (Figura 3.16). Printre genotipurile analizate reacția mai puternică a fost atestată la soiuri de tomate, viabilitatea polenului cărora a diminuat cu 31,5…33,4%, deşi la combinații hibride acest indice s-a redus mai puțin – cu 19,4…29,0%.



A **B** **C**

Figura 3.16. Influența deficitului hidric asupra grăuncioarelor de polen la tomate: A – martor; B, C – experiență.

Este necesar de remarcat, că la plantele infectate pe fond de deficit hidric, în majoritatea de cazurilor grăuncioarele de polen au format tuburi polenice cu dimensiuni mai mici de 2,2...2,6 ori comparativ cu martorul. Astfel, în condiții de influență asociată

a factorilor viteza de creștere a tuburilor polenice s-a redus, fapt ce a cauzat micșorarea lungimii acestora în varianta experientală față de varianta martor, ceea ce poate influența negativ procesul de fecundare.

Conform rezultatelor obținute în condiții de deficit hidric reacția grăuncioarelor de polen a fost diferențiată. Astfel, în aceste condiții prin cele mai stabile valori ale viabilității polenului și dimensiunii tuburilor polenice s-a evidențiat hibridul F_1 Veneț x Jacotă, deși la celelalte genotipuri, cu excepția F_1 Flacara x Prestij VMT, valorile caracterelor analizate s-au redus semnificativ. Grăuncioarele de polen la hibridul F_1 Jacota x Prestij și soiul Veneț au fost cele mai sensibile după viabilitatea polenului, cât și lungimea tuburilor polenice.

Generalizând datele obținute, constatăm că în condiții de influență asociată a virusurilor și deficit hidric la nivel haploid, genotipurile implicate în studiu au reacționat specific. În varianta VMT+deficit hidric în 12,5% de cazuri a fost stabilit efectul stimulativ pentru viabiltatea polenului, iar lungimea tuburilor polenice în 12,5% de cazuri s-a majorat în rezultatul infectării cu ambele virusuri. Totodată la 37,5% de genotipuri infectate cu VAT a fost stabilită creșterea viabilității polenului. În general, majoritatea genotipurilor (50,0…87,5%) au atestat reacții de inhibare a caracterelor analizate (Figura 3.17). Rezultatele noastre privind reacția specifică microgametofitului la influența deficitului hidric și diminuarea, în majoritatea cazurilor, a calității polenului, coincid cu cele ale altor autori, care de asemenea au constatat un efect nefavorabil al secetei asupra gametofitului mascul [8, 55].

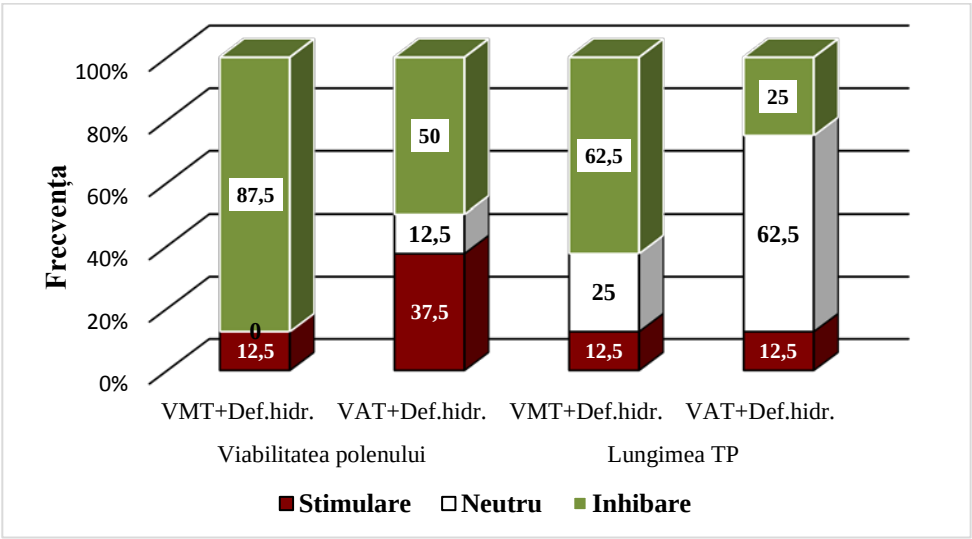


Figura 3.17. Reacția grăuncioarelor de polen a plantelor de tomate infectate cu virusuri pe fundal de deficit hidric.

Pentru elucidarea surselor de bază cu impact asupra variabilității indicilor analizați, s-a aplicat testul ANOVA. S-a constatat, că în toate variantele experimentale genotipul, virusurile, deficitul hidric cât şi interacțiunea acestora au influențat variabilitatea indicilor polenului. Astfel, pentru genotipuri VMT în componența spectrului de variabilitate a viabilității polenului ponderea agenților virali a fost decisivă și a constituit 54,0%, deși pentru genotipuri VAT contribuția acestora a fost mai mare – 76,9%. Acțiunea deficitului hidric asupra grăuncioarelor de polen VMT a determinat 22,6% din variabilitatea viabilității polenului, deci a avut influența mai redusă de 2,4 ori, ponderea genotipului constituind 10,7…13,8% în variația acestui caracter.

Modificarea lungimilor tuburilor polenice a fost determinată într-o măsură mai mare de VMT/VAT – 64,2…73,1%, iar cota de influență a deficitului hidric mai redusă – 18,0 și 5,2%, respectiv (Tabelul 3.4). De menționat, că lungimea tuburilor polenice și viteza de creștere a acestora sunt caracteristici importante ale polenului, deoarece asigură nivelul de competitivitate în timpul procesului de germinare și creștere a grăuncioarelor de polen pe stigmatul pistilului. Rezultatele prelucrării statistice au constatat că modificarea caracterelor polenului la genotipurile VMT este cauzată nu numai de contribuția semnificativă a genotipului, virusului și deficitului hidric, ci și de intercațiunea acestora.

Astfel, cultivarea grăuncioarelor de polen ale genotipurilor VMT/VAT pe mediul nutritiv cu deficit hidric contribuie la variabilitatea caracterelor funcționale ale gametofitului mascul, iar reacția polenului în funcție de genotip și varinta de infectare se manifestă specific, fiind controlată în mare masură de agenți virali.

Tabelul 3.4. Sursele de bază ale variabilității gametofitului mascul la tomate în condiții de stres

Surse de variabilitate	Viabilitatea polenului			Lungimea TP		
	Grad de libertate	Suma pătratelor efectelor	CSV, %	Grad de libertate	Suma pătratelor efectelor	CSV, %
VMT+Deficit hidric						
Genotip	7	14282	13,8*	7	6697	9,23*
VMT	1	8471	54,0*	1	6648	64,2*
Deficit hidric	1	3550	22,6*	1	1859	18,0*
Interacțiunea factorilor	22	9167	9,6*	22	4004	8,6*
Efecte aleatorii	64	178	1,9*	71	1048	

continuarea tab. 3.4.

VAT+Deficit hidric						
Genotip	7	13392	10,7*	7	4712	8,10*
VAT	1	13706	76,9*	1	6113	73,1*
Deficit hidric	1	1,48	0,01	1	466	5,2*
Interacțiunea factorilor	22	11819	12,4*	22	4010	12,7*
Efecte aleatorii	64	169,8		71	1930	0,3

* - diferențe semnificative pentru $P < 0,001$.

De menționat, că infectarea plantelor cu virusuri a provocat modificarea activității polenului nu nimai la plantele infectate ci și la descendenții acestora. În baza testării gametofitului mascul, a fost stabilită reducerea nivelului de viabilitate a polenului cu 16,0% și diminuarea dimensiunilor tuburilor polenice cu 18,6% în raport cu varianta martor. În același timp, în **condiții optime** de cultivare, analiza histogramelor de distribuție a grăuncioarelor de polen în baza lungimii tuburilor polenice a stabilit la unii descendenții (Mary Gratefully VMT/VAT și *S.chilense* VAT) majorarea frecvenței de apariție a grăuncioarelor de polen, ce au format tuburi polenice cu dimensiuni mai mari comparativ cu martorul. Pe fond de **deficit hidric** în majoritatea cazurilor, la genotipurile din varianta martor și la descendenții plantelor infectate, au predominat grăuncioarele de polen, ce au format tuburi polenice scurte sau de dimensiuni medii (Figura 3.18). Acest fapt confirmă influența negativă a stresului provocat de secetă asupra procesului de germinare și creștere a tuburilor polenice.

În scopul determinării sensibilității fiecărui genotip la acțiunea factorilor stresogeni a fost aplicată analiza dispersională polifactorială. Rezultatele examinării structurii spectrelor de variație a indicilor gametofitului mascul au constatat diferențe semnificative ($P<0,001$) după contribuția factorilor în variabilitatea caracterelor studiate (Figura 3.19). Astfel, la descendenții VMT în variația viabilității polenului acțiunea virusului a fost decisivă la 3 genotipuri, la 2 soiuri – determinată de stres hidric și la un singur soi – de interacțiunea factorilor. Totodată, deficitul hidric a fost sursa principală (50,2 ... 97,0%) a variabilității lungimii tuburilor polenice la majoritatea descendenților, fapt ce indică că în timpul procesului de creștere tuburile polenice manifestă sensibilitate înaltă la deficitul hidric, și în aceste condiții se reduce viteza lor de dezvoltare. De menționat, că rezultatele cercetărilor noastre anterioare asupra plantelelor sănătoase (neinfectate), de asemenea, au demonstrat impactul major al deficitului hidric asupra procesul de creștere a tuburilor polenice [80]. Conform rezultatelor analizei descendenților VAT, la 3 genotipuri modificarea viabilității polenului a fost determinată într-o măsură mai mare de virus, iar la 3 genotipuri sursa principală a variabilității a fost

deficitul hidric. Variația lungimii tuburilor polenice la 4 descendenți VAT a fost cauzată de influența majoră a deficitului hidric, deși la soiurile Veneț și Rufina modificarea acestui caracter a fost determinată de virus. Prin urmare, efectuarea analizei individuale a spectrelor de variație a caracterelor gametofitului mascul, efectuată în baza contribuției fiecărui factor în variablitatea generală, a permis caracterizarea receptivității grăuncioarelor de polen la stresul hidric și evidențierea genotipurilor cu diferit grad de sensibilitate.

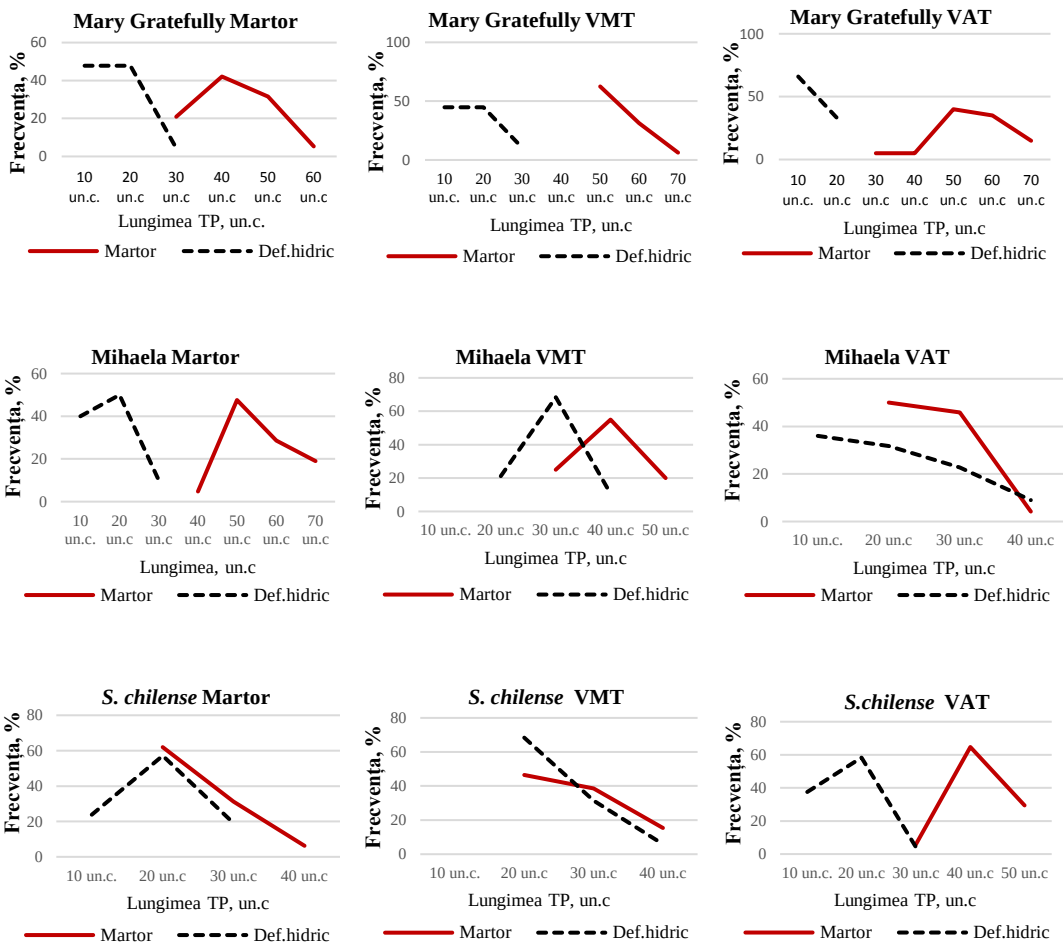


Figura 3.18. Distribuția grăuncioarelor de polen în baza lungimii tuburilor polenice la descendenții VMT/VAT pe medii nutritive cu deficit hidric conform variantelor experimentale: martor, VMT; VAT a genotipurilor Mary Gratefully, Mihaela, *S. chilense.*

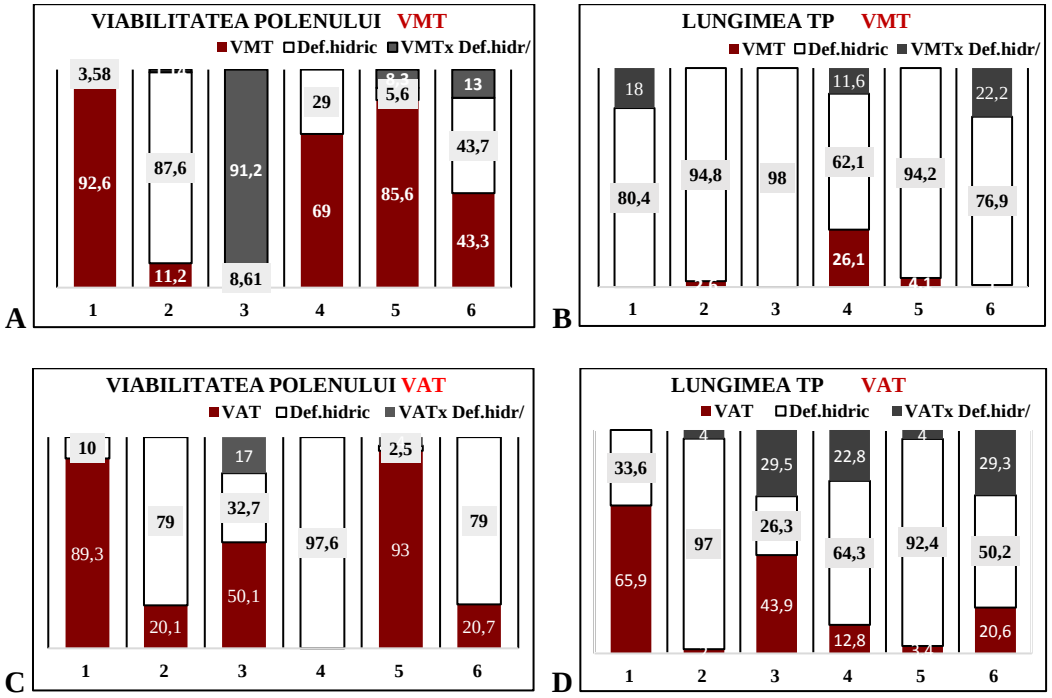


Fig. 3.19. Structura spectrelor de variabilitate a indicilor gametofitului mascul la descendenții VMT / VAT pe medii cu deficit hidric, %.

Astfel, în condiții de influență complexă a virusurilor și deficitului hidric au fost constatate diferențe majore în ceea ce privește calitatea gametofitului mascul și reacții diferențiate ale grăuncioarelor de polen. Analiza comparativă a structurii spectrelor de variație ale caracterelor funcționale ale polenului a permis estimarea sensibilității fiecărui genotip la acțiunea factorilor de stres și diferențierea lor după aceste caracteristici. În baza generalizării rezultatelor obținute, s-a stabilit că printre combinațiile hibride studiate s-au evidențiat următoarele genotipuri: F_1 Mary Gratefully x Flacara, Flacara x Prestij, cât și soiurile Venet și Flacăra, care în condițiile asociate au îmbinat valori înalte ale viabilității polenului cu posibilitatea de a forma tuburi polenice cu dimensiuni mari. Deci, în condiții de influență complexă a factorilor, fiecare dintre genotipurile studiate a manifestat receptivitate specifică a microgametofitului (Tabelul 3.5).

Prin urmare, nivelul de variabilitate al microgametofitului poate fi dependent de particularitățile genetice ale plantei, cât și de factorii de stres ce influențează asupra polenului. Efectele de interacțiune ale acestor factori de asemenea pot avea un impact semnificativ asupra calității și activității grăuncioarelor de polen în condiții stresogene.

Tabelul 3.5. Caracteristica gametofitului mascul de tomate infectate cu virusuri în condiții de deficit hidric

Genotip	Viabilitatea polenului,%		Lungimea TP, un.conv.	
	VMT + deficit hidric	VAT + deficit hidric	VMT + deficit hidric	VAT + deficit hidric
F_1 Veneț x Jacotă	25,4	26,2	22,9	18,4
F_1 Mary Gratefully x Flacăra	53,8	44,8	37,1	34,8
F_1 Flacăra x Prestij	49,8	61,8	31,3	33,1
F_1 Jacotă x Prestij	50,1	48,2	26,1	26,7
s. Veneț	51,0	56,7	36,7	34,3
s. Jacotă	28,8	40,3	15,4	26,6
s. Mary Gratefully	21,6	27,3	12,9	14,3
s. Flacăra	40,2	39,9	27,0	24,4
DME $_{0.5}$	**1,53**	**1,50**	**3,54**	**4,8**

3.4. Activitatea gametofitului mascul la genotipurile de tomate reinfectate cu virusuri

Influența extremală a factorilor biotici și abiotici creează impedimente serioase pentru gestionarea practică a reacțiilor culturilor agricole. Asigurarea productivității înalte a plantelor presupune desfășurarea *screening*–ului genotipurilor, care manifestă reacții stabile în condiții stresogene. Pentru sporirea eficacității procesului ameliorativ, în asociere cu metodele clasice, pot fi aplicate și metode de selecție gametică. Această abordare permite evidențierea genotipurilor rezistente la stresuri abiotice și biotice în timpul funcționării gametofitului mascul. Posibilitatea selectării genotipurilor rezistente la nivel haploid a fost confirmată la diferite culturi, destul de vast fiind și numărul factorilor în baza cărora este posibilă evidențierea formelor valoroase [11, 43, 75].

Un șir de autori au constatat, că acțiunea agenților virali contribuie la modificarea calității gametofitului mascul. Influența virusurilor la trandafir, tomate, pepene galben și dovlecei sălbatici a avut un impact negativ asupra producției de polen și a caracterelor de performanță ale polenului [84, 87]. La plantele de tutun infectate cu diferiți agenți virali au fost depistate modificări semnificative în grăuncioarele de polen, după componentele proteinelor [46]. S-a stabilit, că genotipurile de tomate, care posedă rezistență genetică la VMT manifestă o capacitate redusă de formare a polenului [72]. A fost constatat, că infectarea cu virusuri contribuie la apariția unor modificări nu numai la plantele infectate, ci și la descendenții acestora. Astfel, la descendenții plantelor de tutun (*Nicotiana tabacum*), infectate cu VMT, au fost atestate modificări specifice, ce determină rezistența

mai înaltă la stres în raport cu plantele sănătoase [28]. Luând în considerare faptul, că în literatura de specialitate informațiile privind particilaritățile manifestării indicilor gametofitului mascul la plantele supuse reinfectării cu virusuri sunt limitate, scopul cercetărilor realizate a constat în studiul influenței reinfectării genotipurilor de tomate cu patogeni virali asupra capacității de formare și a activității gametofitului mascul. Pentru realizarea experiențelor în calitate de material experimental au fost utilizate următoarele genotipuri de tomate: soiurile Mary Gratefully, Veneț, Flacăra, Rufina și formele spontane *S. pimpinellifolium, S. chilense*. Plantele au fost cultivate în condiţii de solariu, în blocuri randomizate. La etapa de 3-4 frunze, plantele au fost primar infectate/reinfectate cu VMT/VAT. După cum am menționat anterior, numărul grăuncioarelor de polen – ce se produc în florile de tomate, variază de la 100 la 400 de mii, valorile acestui caracter fiind în dependență de particularitățile genetice ale genotipului și condițiile mediului [7]. Rezultatele cercetărilor noastre au demonstrat, că în condiții optime, la soiuri, producția de polen la plantele sănătoase (martor) a fost mai mică față de formele spontane. Astfel, la *S. pimpinellifolium* și *S. chilense* numărul de grăuncioare de polen în medie a constituit 320 de mii, în timp ce la soiuri acest indiciu a fost mai mic de 1,7 ori și a constituit 190 mii. În rezultatul infectării primare cu VMT/VAT la toate genotipurile incluse în studiu s-a atestat modificarea producției de polen (Figura 3.20). Astfel, la formele spontane infectate cu VMT cantitatea grăuncioarelor de polen s-a diminuat de 1,5 ori față de martor, în timp ce la soiuri a fost stabilit un efectul neutru sau ușor stimulativ. La genotipurile infectate cu VAT numărul grăuncioarelor de polen a depășit valorile martorului, totodată la formele spontane producția de polen a fost mai mare decât la soiuri.

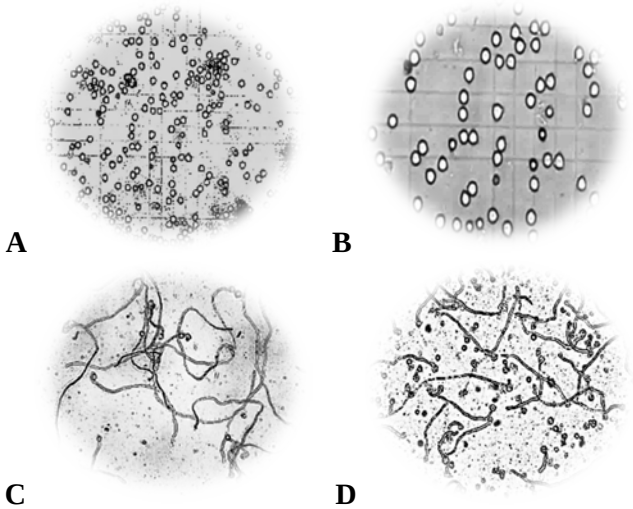


Figura 3.20. Determinarea producției de polen (A, B) și a viabilității polenului (C, D).

După cum rezultă din datele analizei microscopice, toate genotipurile reinfectate cu VAT, în raport cu infectarea primară, au manifestat majorarea capacității de formare a polenului, fapt ce poate fi explicat prin eliminarea din componența populației a grăuncioarelor de polen cu nivel redus de viabilitate. Genotipurile reinfectate cu VMT au reacționat specific: la soiul Veneț și forma spontană *S.pimpinellifolium* a fost înregistrată sporirea producției de polen, în timp ce la sourile Flacăra și Rufina valorile acestui caracter s-au redus în raport cu infectarea primară. La soiul Mary Gratefully (infectare primară/reinfectare), spre deosebire de alte genotipuri, diferențele conform acestui caracter n-au fost semnificative, fapt ce ne indică lipsa răspunsului la infectare. Astfel, plantele reinfectate cu virusuri, în majoritatea cazurilor, la nivel haploid manifestă reacții specifice, ce contribuie la modificarea capacității de formare a polenului.

Se consideră, că viabilitatea gametofitului mascul este un caracter important, ce determină succesul fecundării și calitatea semințelor și poate caracteriza funcționalitatea polenului. A fost stabilit, că grăuncioarele de polen reacționează diferit la acțiunea factorilor de stres; majoritatea acestora manifestă reacții specifice, fapt ce permite selectarea genotipurilor rezistente în baza variabilității existente [9]. În cercetările noastre, reinfectarea cu VMT a soiurilor Veneț, Mary Gratefully și a formei spontane *S. pimpinellifolium* a contribuit la diminuarea nivelului viabilității polenului cu 6,2…28,9% față de infectarea primară. Totodată, în aceste condiții, la soiul Flacăra s-a atestat majorarea acestui indice cu 27,4%, iar la soiul Rufina n-au fost stabilite diferențe semnificative dintre plantele primar infectate și cele reinfectate, după acest indicator. În rezultatul reinfectării cu VAT la soiurile Veneț si Flacăra, precum și la forma spontană *S. pimpinellifolium,* ca și în cazul reinfectăruii cu VMT, viabilitatea polenului s-a redus cu 4,5…11,4%, în timp ce la soiurile Mary Gratefully și Rufina s-a constatat creșterea acestui indice cu 9,4…9,6%.

Urmare a examinării lungimii tuburilor polenice la genotipurile reinfectate VMT, în raport cu plantele primar infectate, s-a constatat depășirea valorilor acestui indice cu 9,6…18,8 un. conv. În același timp, reinfectarea cu VAT la soiurile Mary Gratefully și Flacăra a contribuit la formarea tuburilor polenice mai scurte cu 23,0…34,6 un. conv., deși la celelalte genotipuri n-au fost stabilite diferențe semnificative după acest parametru. În general, în 50% de cazuri analizate, a fost depistată diminuarea viabilității polenului și reducerea lungimii TP, iar în 30% de cazuri s-a înregistrat efect stimulativ sau reacții neutre (Figura 3.21). Astfel, reinfectarea plantelor de tomate cu VMT/VAT, la fel ca și în rezutatul infectării primare, a contribuit, la nivel haploid, la manifestarea unor reacții specifice, dependente de genotip, agentul viral și numărul infectărilor (cicluri de infectare).

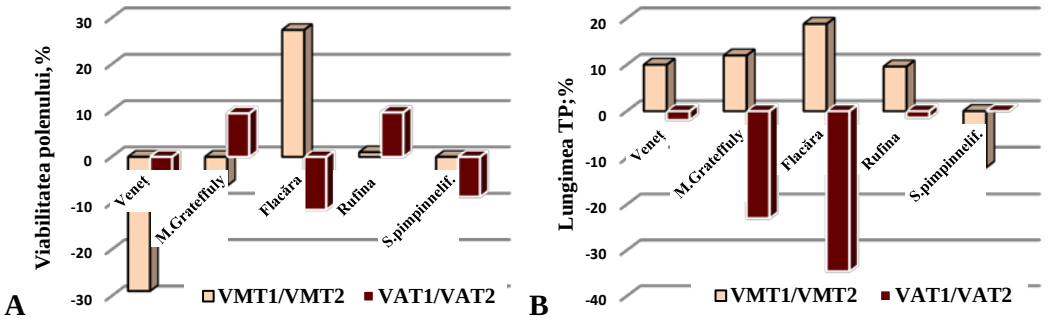


Figura 3.21. Influența infectării primare/reinfectării plantelor cu virusuri asupra indicilor gametofitului mascul (VMT 1, VAT 1 - infectare primară, VMT 2, VAT 2 - reinfectare): A – viabilitatea polenului; B – Lungimea tuburilor polenice, %.

Reieșind din faptul că lungimea tuburilor polenice este asociată cu viteza de creștere, am examinat distribuția grăuncioarelor de polen în baza acestui caracter în condiții de infectare/reinfectare cu virusuri. S-a stabilit că la plantele sănătoase amplitudinea variației lungimii tuburilor polenice a fost destul de mare, și a variat în limitele 30-90 un. conv. În cazul infectării primare cu VMT, frecvența grăuncioarelor cu tuburi polenice de dimensiuni mici s-a majorat, și respectiv s-a redus numărul grăuncioarelor cu tuburi polenice lungi, fapt ce indică acțiunea negativă a virusului asupra vitezei de creștere a acestora. Totodată, la plantele infectate cu VAT a fost depistată majorarea numărului grăuncioarelor de polen, ce au format tuburi cu dimensiuni mari, în raport cu martorul. După cum rezultă din datele obținute, reinfectarea plantelor cu VMT nu a contribuit la modificări semnificative în distribuția TP, deși în cazul reinfectării cu VAT, s-a atestat majorarea frecvenței de apariție a tuburilor polenice cu lungimi medii (Figura 3.22).

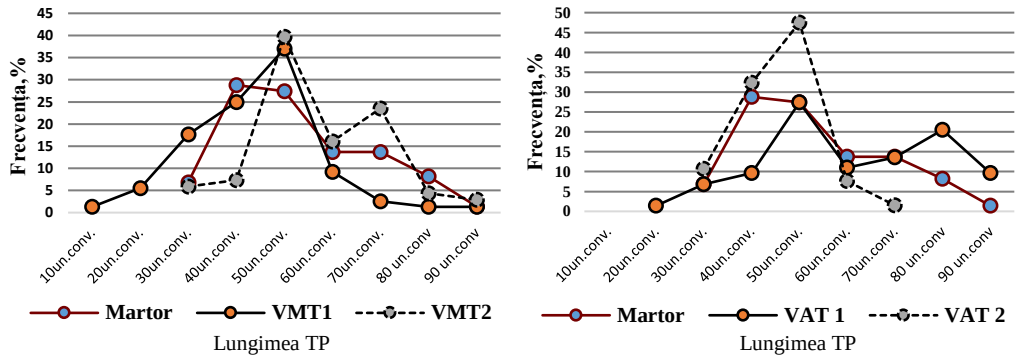


Figura 3.22. Influența infectării primare/reinfectării plantelor cu virusuri asupra parametrilor morfofuncționali ai polenului în baza lungimii tuburilor polenice (VMT 1, VAT 1 - infectare primară, VMT 2, VAT 2 - reinfectare).

În baza analizei dispersionale multifactoriale au fost elucidate sursele de variabilitate ale indicilor gametofitului mascul. S-a stabilit, că asupra variației caracterelor polenului influența genotipului, a agenților virali și interacțiunii acestora a fost semnificativă (P<0,001). În condiții de infectare primară/reinfectare a plantelor, genotipul a fost factorul decisiv - 45,0...70,0% de modificare a viabilității polenului, în timp ce acțiunea virusurilor a fost mai slabă și a determinat 26,0…45,0% din variabilitate (Figura 3.23 A). Astfel, genotipul are o pondere mai mare în norma de reacție a grăuncioarelor de polen la acțiunea virusurilor. De menționat că în cazul reinfectării plantelor, contribuția virusurilor în variația acestui caracter s-a majorat de 1,4…1,5 ori, comparativ cu infectarea primară, fapt ce poate provoca modificări semnificative în activitatea grăuncioarelor de polen. În cazul infectării primare/reinfectării, virusurile au determinat si partea majoră a variabilității lungimii tuburilor polenice – 41,0...87,0%, efectul genotipic fiind mai slab (Figura 3.23 B). Prin urmare, acțiunea patogenilor virali contribuie la manifestarea unor reacții diferențiate ale gametofitului mascul, care în mare măsură sunt controlate de genotip – în variația viabilității polenului și de virusuri – în creșterea tuburilor polenice.

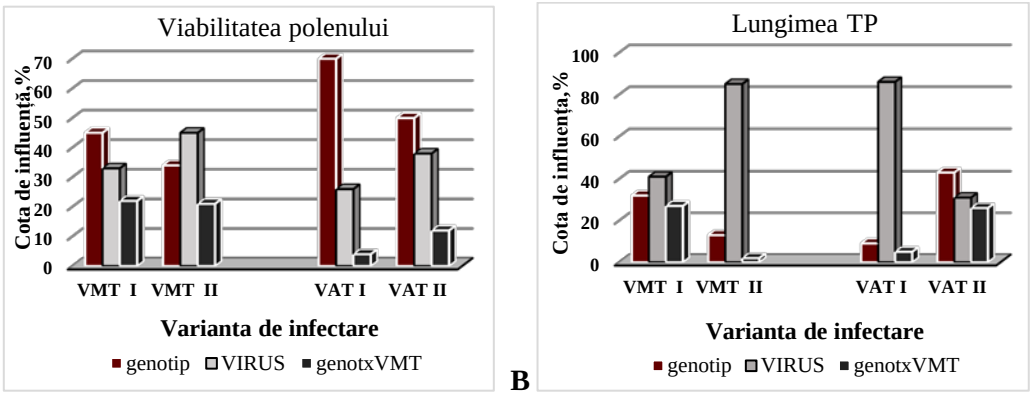


Figura 3.23. Sursele de variabilitate ale indicilor gametofitului mascul în condiții de infectare cu virusuri (VMT 1,VAT 1 - infectare primară, VMT 2,VAT 2 - reinfectare).

În baza generalizării datelor experimentale au fost evidențiate soiurile Mary Gratefully, Rufina și forma spontană *S. pimpinellifolium*, care în rezultatul infectării/reinfectării cu VMT/VAT au demonstrat indici înalți ai activității gametofitului mascul și producției de polen, fapt ce denotă potențialul major de reproducere al acestor genotipuri.

3.5. Termorezistența germenelor de tomate la descendenții plantelor infectate cu virusuri

În condițiile schimbărilor globale ale climei, stresul termic constituie un obstacol sever, ce limitează productivitatea mai multor culturi agricole. Influența factorului termic asupra caracterelor morfologice la tomate se manifestă la temperaturi mai mari de 40ºC [59]. Se știe că dezvoltarea organelor reproductive este mai puternic influențată de temperaturi ridicate spre deosebire de cele vegetative. La tomate creșterea temperaturii de la 28/22 la 32/26ºC (zi/noapte) conduce la diminuarea semnificativă a numărului de fructe. S-a constatat că diminuarea caracterului a corelat cu creșterea temperaturii și această dependență se datorează, în primul rând, perturbărilor metabolismului glucidic și translocării prolinei în perioada dezvoltării aparatului reproductiv mascul [53, 60].

De menționat că acțiunea negativă a temperaturilor înalte provoacă la nivel de sporofit un șir de schimbări morfoanatomice, fiziologice și biochimice, care influențează negativ asupra proceselor de dezvoltare și creștere a plantelor, ceea ce contribuie la micșorarea productivității acestora [9, 57]. În acest sens, cercetările direcționate spre estimarea și evidențierea formelor cu rezistență la temperatură înaltă sunt relevante și prezintă un interes deosebit. Realizarea eficientă a acestor cercetări presupune utilizarea metodelor contemporane și rapide de *screening* al genotipurilor valoroase. Procedeele existente de apreciere a gradului de termorezistență a culturilor agricole includ testarea termică a genotipurilor la nivel de gametofit și sporofit pentru evaluarea și prognozarea rezistenței acestora în baza analizei modificărilor în sinteza proteinelor în urma tratării termice a germenilor [78]. Rezistența la stresul termic este un caracter complex poligen, care variază la diferite specii de plante. Totodată, informația detaliată privind controlul genetic al termorezistenței plantelor este limitată. În acest context autorii menționează, că implicarea unui număr mare de gene în controlul reacției plantelor condiționează complexitatea procesului ameliorativ privind sporirea rezistenței la stresuri termice [58]. Pentru caracterizarea nivelului de rezistență a genotipului o mare importanță are alegerea corectă a indicelui ameliorativ. În unele cercetări în acest scop au fost utilizate caracterele legate cu etapele reproductive, precum perioada de înflorire, viabilitatea polenului și legarea fructelor, în timp ce alți cercetători au demonstrat eficiența utilizării în acest scop a indicilor sporofitului [61]. Condiție obligatorie pentru crearea genotipurilor termorezistente constituie existența variabilității genetice după rezistența la stresul termic. Variabilitatea capacității de formare a fructelor la tomate pe fundal de temperaturi ridicate confirmă posibilitatea realizării *screening*-ului reușit în aceste condiții [9].

În unele cazuri în condiții naturale, perioada de influență a temperaturii înalte asupra plantelor poate coincide cu acțiunea factorilor biotici, inclusiv a virusurilor. A fost stabilit că stresurile asociate provoacă acțiuni complexe, ce diferă de răspunsul plantelor expuse influenței doar a unui factor solitar [42]. Luând în considerare faptul că în literatura de specialitate informația privind reacția descendenților de tomate, obținute de la plantele infectate cu patogeni virali, la acțiunea factorilor abiotici este limitată, am realizat cercetări privind evaluarea termorezistenței descendenților de tomate, obținuți de la plantele infectare cu virusuri la etapa de germinare a semințelor (Figura 3.24).

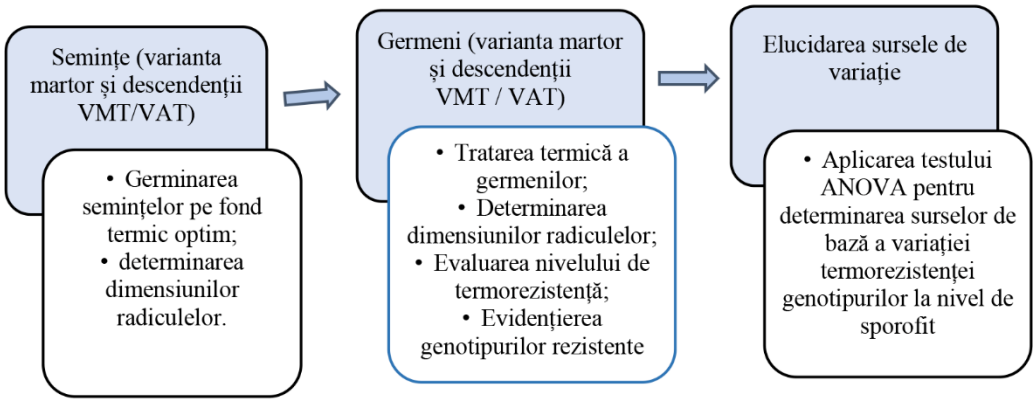


Figura 3.24. Algoritmul evaluării parametrilor morfofuncționali ai gametofitului mascul la descendenții plantelor infectate cu virusuri.

În calitate de material experimental au fost utilizați descendenții genotipurilor de tomate, obținuți de la plantele infectate cu Virusul mozaicul tutunului (VMT) și Virusul aspermiei tomatelor (VAT). În studiu au fost incluse soiurile Flacăra, Tomiș, Veneț, Mary Gratefully, Rufina și forma spontană *S. pimpinellifolium,* fiecare genotip fiind prezentat în 3 variante: martor, descendenții VMT, descendenții VAT. Aprecierea termorezistenței genotipurilor a fost efectuată conform metodei cunoscute [70]. Reacția radiculelor la tratarea termică a fost stabilită în baza procentului de germinație a semințelor și valorilor lungimii radiculelor. În baza rezultatelor obținute au fost evidențiate genotipuri cu valori înalte ale nivelului de termorezistență.

Urmare a estimării genotipurilor analizate după procentul de germinare a semințelor în condiții de temperatură optimă, a fost stabilit că la plantele din varianta martor valorile acestui caracter au fost destul de înalte și au variat în limitele 76,0…98,0%, dar media acestui parametru a constituit 91,8+3,2%. La descendenții VMT a fost înregistrată depășirea valorii medii de germinație a semințelor cu 8,0% față de martor. Totodată, descendenții VAT au atestat diminuarea caracterului analizat cu 30,5% în raport cu martorul. Astfel, infectarea plantelor cu virusuri a contribuit la

modificarea procentului de germinație a semințelor la descendenții VMT/VAT, fapt ce poate fi explicat prin reacții specifice ale genotipurilor.

În baza studiului realizat a fost constatat că la majoritatea soiurilor (varianta martor) lungimea radiculei a variat în limitele 11 – 14 mm la prima măsurare, deși la forma spontană valorile acestui caracter au fost mai mici. În timpul măsurării repetate pe fond de temperatură optimă, a fost atestată majorarea acestui caracter în varianta martor de 1,8…6,0 ori în funcție de genotip, la descendenții VMT și VAT – de 1,8…4,9 și 1,4…4,4 ori, respectiv (Figura 3.25).

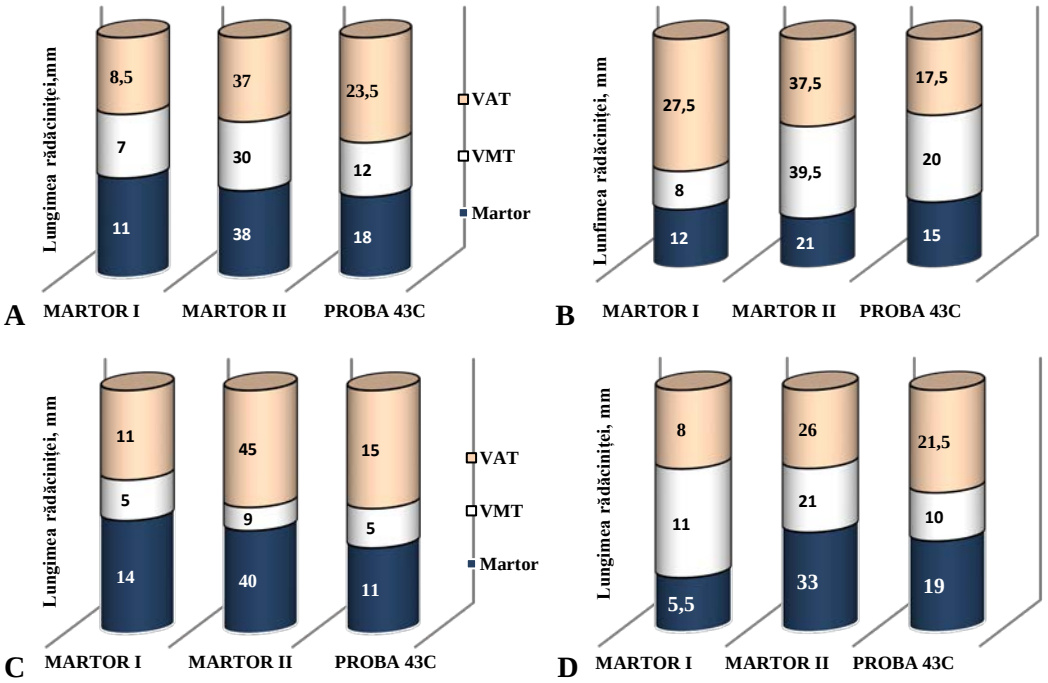


Figura 3.25. Influența temperaturii înalte asupra lungimii radiculei (mm) la genotipurile de tomate: A – s. Venеț; B – s. Mary Gratefully; C – s. Tomiș; D – varietatea *S. pimpinellifolium* la plantele în condiții optime (martor I, 27 ^{0}C), infectate (martor II) și tempertauri ridicate (43 ^{0}C).

În rezultatul tratării termice (43ºC/6 ore) a germenilor la toate variantele a fost înregistrată diminuarea lungimii medii a radiculei de 2,1…2,2 ori în raport cu martorul. Totodată, a fost stabilită existența unei reacții diferențiate a acestora la stresul termic. În varianta martor acțiunea temperaturii a cauzat diminuarea dimensiunilor radiculei de 1,4…3,6 ori în funcție de genotip. Cea mai puternică reacție a fost atestată la soiul Tomiș, evidențiat prin micșorarea lungimii radiculei de 3,6 ori. Printre genotipurile studiate cele mai

stabile dimensiuni ale radiculei au fost constatate la soiul Mary Gratifully. La descendenții VMT, în funcție de genotip lungimea radiculei s-a micșorat de 1,8…2,5 ori. Soiul Veneț a demonstrat o reacție puternică, care s-a exprimat prin diminuarea lungimii de 2,5 ori față de martor. Destul de puternic au reacționat și descendenții VAT, ceea ce s-a exprimat prin reducerea lungimii radiculelor de 1,2…3,0 ori. La varianta Tomiș VAT, a fost constatată cea mai puternică reacție, în rezultatul căreia dimensiunile radiculelor au fost mai mici comparativ cu martorul de 3,0 ori. De menționat, că descendenții Tomiș VMT, de asemenea au manifestat sensibilitate înaltă la acțiunea factorului termic. Totodată, la descendenții VAT în trei cazuri a fost constatată majorarea caracterului analizat față de varianta martor. Astfel, în majoritatea cazurilor acțiunea factorului termic la etapa de creștere a germenilor a contribuit la inhibarea germinației, iar în unele cazuri a fost înregistrată formarea radiculelor mai mari față de martor, fapt ce confirmă manifestarea diferențiată a reacțiilor de răspuns.

Analiza histogramelor de distribuție a caracterului lungimea radiculei a arătat că la genotipurile din varianta martor în condiții de temperatură optimă s-a constatat un spectru larg de variabilitate a indicelui analizat (5–50 mm), deși la descendenții VMT/VAT în majoritatea cazurilor în aceste condiții s-au format radicule scurte sau cu valori medii (Figura 3.26).

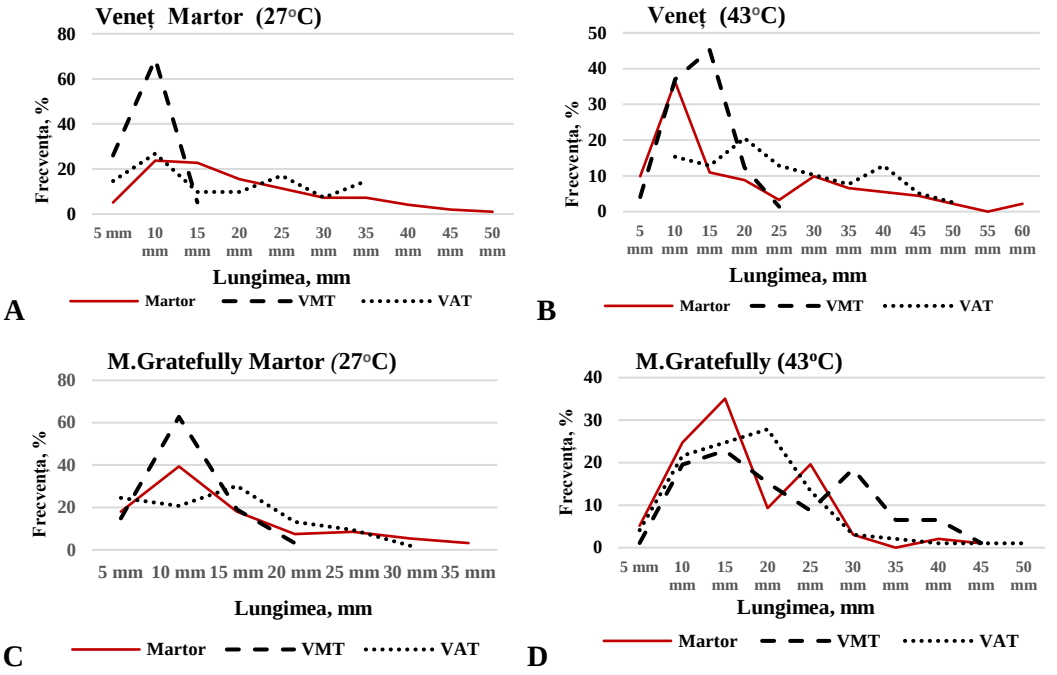


Figura 3.26. Distribuția germenilor de tomate a soiurilor Veneț (A, B) și Mary Gratefully (C, D) după lungimea radiculei în rezultatul expunerii la temperatură ridicată.

În rezultatul tratării termice (43ºC) la descendenții VAT s.Veneț a fost stabilită majorarea frecvenței semințelor ce au format radicule lungi. Totodată, și la varianta Mary Gratefully VMT a fost stabilită extinderea diapazonului spectrului de variație după acest parametru față de s.Veneț. Astfel, tratarea termică a germenilor la descendenții VMT/VAT a contribuit la apariția abaterilor de distribuție a acestora după lungimea radiculei față de martor, ceea ce confirmă manifestarea reacțiilor diferențiate la acțiunea temperaturii înalte.

În scopul elucidării surselor de bază a variabilității termorezistenței genotipurilor analizate a fost aplicată analiza dispersională bifactorială, rezultatele căreia au confirmat contribuția veridică ($P<0,001$) a genotipului, temperaturii și interacțiunii acestora. Conform datelor prelucrării statistice, la descendenții VMT ponderea genotipului și interacțiunii *genotip* x *temperatura* în sursa de variație au fost aproximativ egale – 37,0…39,0%, cota de influență a temperaturii fiind mai slabă – 24,0%. Totodată, la descendenții VAT contribuția genotipului a fost decisivă – 62,0%, cota de influență a interacțiunii *genotip* x *virus* a constitut 32,0%, iar factorul termic a determinat doar 6,0% din variabilitatea generală (Figura 3.27).

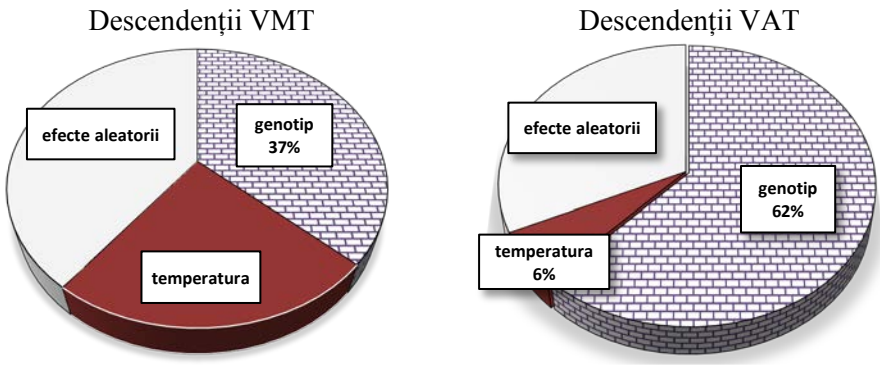


Figura 3.27. Structura spectrelor de variabilitate a termorezistenței germenilor la descendenții de tomate VMT / VAT.

Astfel, rezultatele obținute au constatat contribuția majoră a genotipului în formarea termorezistenței la descendenți VAT, fapt ce are importanță practică, întrucât sporește posibilitatea identificării și selectării genotipurilor rezistente.

Se cunoaște că productivitatea culturilor agricole se formează în procesul de interacțiune dintre genotipul plantei și condițiile de mediu. În cazul factorilor climatici nefavorabili și rezistenței reduse a genotipurilor, realizarea potențialului biologic este pusă în dificultate. În acest sens estimarea, evidențierea și crearea genotipurilor termorezistente prezintă un interes deosebit pentru amelioratori. În baza generalizării

datelor obținute printre genotipurile analizate, au fost stabilite diferențe cu privire la termorezistența acestora.

De menționat, că nivelul mediu de termorezistență la descendenții VAT a depășit cu 19,5% valorile acestui caracter față de genotipurile VMT. Majoritatea descendenților VAT (Veneț, Flacăra, Tomiș și Mary Gratefully) au înregistrat valori înalte ale caracterului studiat (Figura 3.28). Printre genotipurile VAT cel mai mic grad de termorezistență a manifestat s. Rufina. În cadrul descendenților VMT prin termorezistență înaltă s-au evidențiat soiul Veneț și forma spontană *S.pimpinellifolium,* deși la celelalte soiuri acest parametru a avut valori mai mici – 59,0...62,5%.

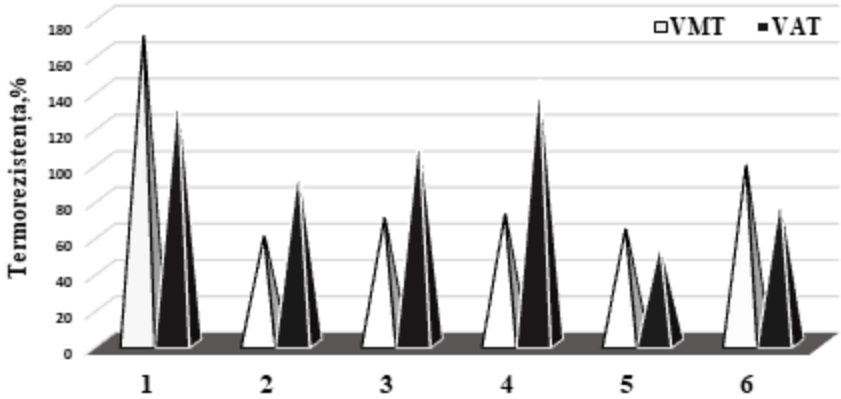


Figura 3.28. Termorezistența tomatelor la etapa de germinare a semințelor descendenților plantelor infectate cu virusuri la genotipurile: 1 – Veneț; 2 – Mary Gratefully; 3 – Flacăra; 4 – Tomiș; 5 – Rufina; 6 – *S. pimpinellifolium.*

Prin urmare, descendenții VMT/VAT la etapa de germinație a semințelor au manifestat potențial de termorezistență diferit, ceea ce a permis evidențierea genotipurilor rezistente pentru includerea ulterioară în procesul ameliorativ.

Investigații similare au fost efectuate și cu 17 familii F_3 de tomate obținute de la 2 combinații hibride F_3 Mary Gratefully x Veneț și Flacăra x Tomiș, infectate cu VMT/VAT. Conform rezultatelor obținute în condiții de temperatură optimă la genotipurile din varianta martor a fost stabilit un procent înalt de germinare a semințelor, care în funcție de genotip a variat în limitele 82,2…96,2%, în aceste condiții lungimea medie a radicului a variat în limitele 20,6-28,1 mm în funcție de genotip. La descendenți F_3 Flacăra x Tomiș VMT/VAT valorile acestui caracter s-au diminuat cu 14,5% și 23,0% în raport cu martorul, deși la descendenții hibridului F_3 Mary Gratefully x Veneț parametrul s-a redus mai semnificativ – cu 25,0-30,0%. În timpul măsurării repetate pe fundal de temperatură optimă la genotipurile din varianta martor, cât și la descendenții

VMT /VAT a fost înregistrată majorarea lungimii rădicului de 1,3…2,7 ori în funcție de genotip.

În rezultatul tratării termice, la descendenții plantelor infectate în majoritatea cazurilor a fost înregistrată diminuarea lungimii radiculelor cu 28,5...29,4% față de varianta martor. Totodată au fost evidențiate unele familii din combinația F3 M.Gratefully x Venеț, care au manifestat majorarea a acestui caracter, fapt ce confirmă expresia diferențiată a reacțiilor de răspuns.

Analiza distribuției germenilor la plantele sănatoase (7/3) conform lungimii radiculelor în condiții de temperatura optimă, a demonstrat că caracterul a variat în limitele 5…35 mm, deși în rezultatul tratării termice amplituda variabilității s-a redus (Figura 3.29). Descendenții VMT (7/3) în condiții termice optime au manifestat un spectru de variație mai larg – 5…60 mm, însă în rezultatul tratării termice s-a redus frecvența de apariție germenilor cu radicule cu dimensiuni mari, adică amplituda de variabilitate după aceast caracter s-a restrâns. O tendință similară au manifestat majoritatea familiilor studiate. Totodată, la unele familii, de exemplu, la descendenții VAT (7/6), n-au fost înregistrate diferențe semnificative între varianta martor și varianta cu tratare termică, deci acțiunea factorului termic nu a contribuit la modificarea acestui caracter.

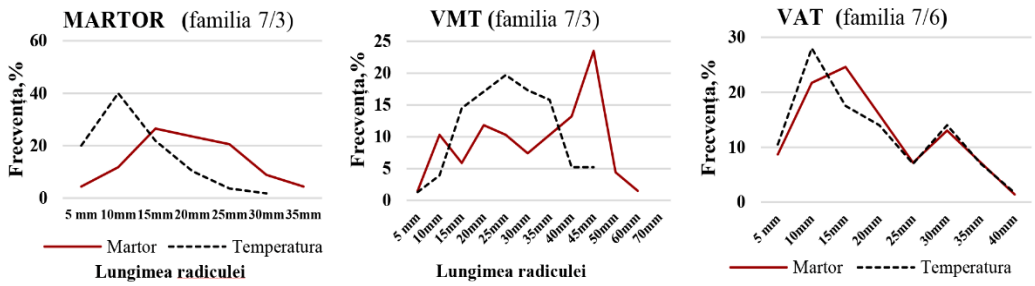


Figura 3.29. Distribuția germenilor de tomate după lungimea radiculelor sub influența temperaturii înalte (43°C).

Prin urmare, în bază analizei distribuției genotipurilor după lungimea radiculelor pe fundal de temperatură înaltă (43ºC), în majoritatea cazurilor a fost constatată reducerea amplitudei de variabilitate după acest caracter, cât și majorarea frecvenței de apariție a radiculelor cu lungimi medii și mici.

Reiesind din faptul că etapa de germinare a semințelor este o perioada critică a ontogenezei și în condiții stresogene multe genotipuri se elimină la această perioadă, informația despre termorezistența genotipurilor prezintă un interes deosebit pentru pronosticul structurii și viabilității populațiilor în condiții de temperaturi ridicate. În baza

prelucrării statistice a datelor experimentale am stabilit că genotipurile incluse în studiu au manifestat un potențial de termorezistență diferit (Figura 3.30).

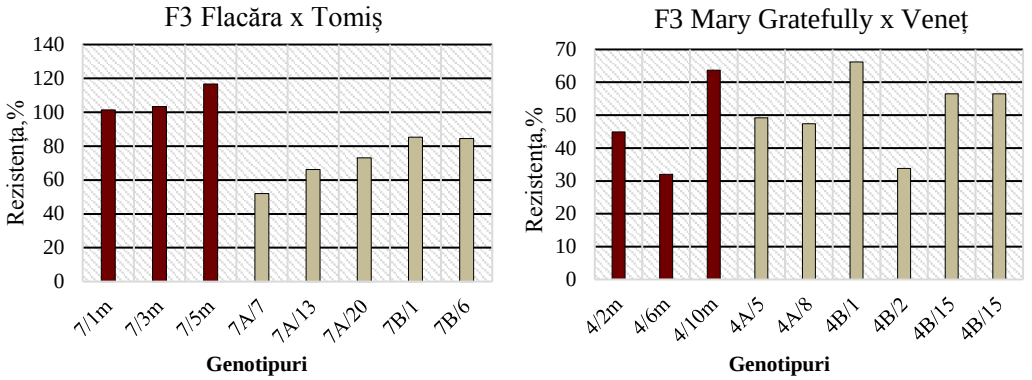


Figura 3.30. Termorezistența familiilor F_3 de tomate obținute de la plantele infectate VMT / VAT.

Printre familiile analizate, cele mai înalte valori ale acestui indice au înregistrat genotipurile martor din combinația hibridă F_3 Flacăra x Tomiș, în timp ce nivelul de rezistență la acest factor al familiilor martor ale hibridului F_3 Mary Gratefully x Veneț a fost semnificativ mai scăzut. De menționat, că toți descendenții VMT/VAT au demonstrat un nivel de rezistență specific. Astfel, la descendenții hibridului Flacăra x Tomiș VMT/VAT termorezistența a fost mai diminuată de 1,4…1,6 ori în raport cu varianta martor. Totodată, la familiile hibridului F_3 Flacăra x Veneț VMT/VAT termorezistență medie a fost la nivelul martorului, sau a depășit nesemnificativ valorile acestui caracter. În baza variabilității stabilite, din componența genotipurilor analizate au fost evidențiate 6 familii cu un nivel înalt de termorezistență de 58,0...82,0%.

Analiza surselor de bază a variabilității termorezistenței descendenților F_3 de tomate a stabilit ponderea veridică ($P<0,001$) a genotipului, factorului termic și interacțiunii acestora în variația caracterului studiat. S-a stabilit, că în formarea termorezistenței contribuția comună a genotipului și temperaturii a determinat 84,0% a variabilității, interacțiunea acestora fiind mai mică de 5,3 ori, și a constituit 16,0%.

Concluzii

- Infectarea / reinfectarea plantelor de tomate cu VMT/VAT contribuie la modificarea capacității de formare a polenului și caracterelor gametofitului mascul, care în funcție de genotip se manifestă ca reacții neutre, efecte de stimulare sau inhibare a viabilității polenului și lungimii tuburilor polenice.
- Analiza histogramelor de distribuție a grăuncioarelor de polen după lungimea tuburilor polenice a stabilit în variantele infectate reducerea frecvenței de apariție a tuburilor polenice cu dimensiuni mari, fapt ce demonstrează heterogenitatea populațiilor de gameți după viteza lor de creștere în condiții de patogeneză virală.
- Valorile gradului de dominație al rezistenței gametofitului mascul au variat de la supradominație negativă până la supradominație pozitivă; dominația și supradominația pozitivă au fost stabilite în 70% de cazuri, fapt ce relevă manifestarea dominantă a părintelui cu valori înalte ale caracterului.
- Acțiunea asociată a temperaturii ridicate și a patogenilor virali (VMT/VAT) contribuie la manifestarea reacțiilor specifice ale gametofitului mascul după viabilitatea polenului și lungimea tuburilor polenice, ce sunt determinate de influența majoră a factorului termic și patogenilor virali.
- În rezultatul aprecierii valorilor gradului de dominație pentru viabilitatea polenului și lungimea tuburilor polenice (experiența/martor) a fost stabilită dominația și supradominația pozitivă în 60% și 50% de cazuri (respectiv), ceea ce presupune manifestarea particularităților parintelui cu valori înalte ale indicilor studiați.
- În condiții de deficit hidric, la descendenții plantelor infectate grăuncioarele de polen au format tuburi polenice cu dimensiuni mici și medii, fapt ce indică micșorarea vitezei de creștere a acestora în condiții de stres.
- Analiza structurii spectrelor de variabilitate a indicilor polenului la fiecare genotip individual în condiții de impact asociat al deficitului hidric și virusurilor permite aprecierea și prognozarea reacțiilor acestora la acțiunea factorilor de stres, cât și clasificarea lor pe baza variabilității stabilite.
- Reacția descendenților VMT/VAT la influența temperaturii la etapa de germinare a semințelor a fost controlată prioritar de influența genotipului (37,8...62,0%), ponderea factorului termic a fost mai slabă și a constituit 24,0% pentru descendenții VMT și 6,0% pentru descendenții VAT.
- În baza variabilității stabilite au fost evidențiate 6 familii de tomate cu nivelul de termorezistență înaltă – 58,0...82,0 %; majoritatea descendenților VAT (Veneț, Flacăra, Tomiș și M.Gratefully) au prezentat valori înalte ale termorezistenței; prin termorezistență înaltă s-au evidențiat descendenții VMT Veneț și *S.pimpinellifolium,* ceea ce argumentează posibilitatea antrenării acestor genotipuri în cercetările ulterioare.

Referințe bibliografice

1. Achuo E., Prinsen E., Höfte M. Influence of drought, salt stress and abscisic acid on the resistance of tomato to *Botrytis cinerea* and *Oidium neolycopersici.* In: *Plant Pathology*, 2006, vol. 72. https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01340.
2. Aronne G. Identification of bottlenecks in the plant life cycle for sustainable conservation of rare and endangered species. In: *Front Ecol Evol*. 2017, vol. 1-7. https://doi.org/10.3389/fevo.2017.00076.
3. Aronne G., Buonanno M., De Micco V. Reproducing under a warming climate: Long winter flowering and extended flower longevity in the only Mediterranean and maritime Primula. In: *Plant Biol*. 2015, vol. 17(2), p. 535–544. https://doi.org/10.1111/plb.12239.
4. Assefa Y., Scott A. Staggenborg et al. Grain sorghum water requirement and responses to drought stress: A Review. In: *Plant Management Network*. 2010, vol. 9, p. 1-11.
5. Ayenan M., Danquah A., Hanson P. et al. Accelerating breeding for heat tolerance in tomato (*S.lycopersicum* L.):. In: *Agronomy*. 2019, 9, p. 720. https://doi.org/10.3390/agronomy9110720.
6. Babu R., Ravikumar R. Parallel response between gametophyte and sporophyte for Fusarium wilt resistance in the recombinant inbred lines of chickpea (*Cicer arietinum* L.). In: *Current Science* 2010, vol. 99(4), p.513-518.
7. Bashir M., Silvestri C., Ahmad T. et al. Osmotin: A cationic protein leads to improve biotic and abiotic stress tolerance in plants. plants (Basel). 2020, vol. 9(8), p. 992. https://doi: 10.3390/plants9080992.
8. Bheemanahalli R., Ramamoorthy P., Poudel S. et al. Effects of drought and heat stresses during reproductive stage on pollen germination, yield, and leaf reflectance properties in maize (*Zea mays* L.). In: *Plant Direct*, 2022, vol. 6(8), e434. https://doi.org/10.1002/pld3.434.
9. Bita C., Gerads T. Plant tolerance to high temperatures in a chaning environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops. In: *Front. Plant Sci.* 2013. 4:273. https://doi:10.3389/fpls.2013.00273.
10. Boavida L. Temperature as a determinant factor for increased and reproducible in vitro pollen germination in *Arabidopsis thaliana.* In: *The Plant Journal*, 2007, vol. 52, p. 570-582.
11. Chang Y., Leslie A. et al. Effect of temperature on gametophytic selection in a *Phalaenopsis* F_1 population. In: *Euphytica*, 2010, vol.171(2), p. 251–261.
12. Chojak-Koźniewska J., Kuźniak E., Zimny J. The effects of combined abiotic and pathogen stress in plants: insights from salinity and *Pseudomonas syringae* pv *lachrymans* interaction in cucumber. In: *Front. Plant Sci.* 2018. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01691.
13. David M. Pollen grain expression of intrinsic and osmolyte induced osmotic adjustment in a set of wheat cultivars. In: *Romanian agricultural research*. 29. 2012. National Agricultural Research and Development Institute Fundulea, p. 45-52.
14. De Micco V., De Pascale S., Paradiso R., Aronne G. Microgravity effects on different stages of higher plant life cycle and completion of the seed-to-seed cycle. In: *Plant Biol*, 2014, vol. 16, p. 31–38. https://doi.org/10.1111/plb.12098.
15. Delph L., Johannsson M., Stephenson A. How environmental factors affect pollen performance ecological and evolutionary perspectives. In: *Ecol*. 1997, vol. 78(6), p. 1632-1639.
16. Dong B., Zheng X., Liu H. et al. Effects of dought stress on pollen sterility, grain yield, abscisic acid and protective enzymes in two winter wheat cultivars. In: *Front. Plant Sci*. 2017, vol. 8, p. 1008.

17. Driedonks N., Rieu I., Vriezen W. Breeding for plant heat tolerance at vegetative and reproductive stages. In: *Plant Reprod*. 2016, vol. 29, p. 67–79.
18. Firon R., Shaked M., Peet M. et al. Pollen grains of heat tolerant tomato cultivars retain higher carbohydrate concentration under heat stress conditions. In: *Scientia Horticulturae*, 2006, vol.109, p. 212-217.
19. Firon N., Nepi M., Pacini E. Water status and associated processes mark critical stages in pollen development and functioning. In: *Ann. Bot.* 2012, vol.109, p. 1201–1214.
20. Fordyce J. The evolutionary consequences of ecological interactions mediated through phenotypic plasticity. In: *Journal of Experimental Biology*. 2006, vol. 209, p. 2377-2383.
21. Haight F., Gibbs A. Effect of viruses on pollen morphology. In: *Plant Pathology*, 2007, vol. 32, p. 369-372.
22. Hanson P., Chen J., Kuo G. Gene action and heritability of high-temperature fruit set in tomato line CL5915. In: *Hort. Science*. 2002, vol. 37, p. 172–175. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.37.1.172.
23. Hazra P., Ansary S., Dutta A. et al. Breeding tomato tolerant to high temperature stress. In: *Acta Hort*. 2009, vol. 830, p. 241–248. Doi: 10.17660/ActaHortic.2009.830.33.
24. Hoshikawa K., Pham D., Ezura H. et al. Genetic and Molecular Mechanisms Conferring Heat Stress Tolerance in Tomato Plants. In: *Front. Plant Sci*., 2021. doi.org/10.3389/fpls.2021.786688.
25. Iovane M., Aronne G. High temperatures during microsporogenesis fatally shorten pollen lifespan. In: *Plant Reprod*. 2022, vol. 35(1), p. 9-17. doi: 10.1007/s00497-021-00425-0.
26. Johnson M., Harper J., Palanivelu R. A. A fruitful journey: Pollen tube navigation from germination to fertilization. In: *Annual Review of Plant biology*. 2019, vol. (70), p. 809-837. https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050718-100133.
27. Kalyar T., Rauf S., Teixeira S. 2014. Handling sunflower (*Helianthus annuus* L.) populations under heat stress. Arch. Agron. Soil Sci. 60. 655-672.
28. Kathiria P., Sidler C., Golubov A. et al. Tobacco mosaic virus infection results in an increase in recombination frequency and resistance to viral, bacterial, and fungal pathogens in the progeny of infected tobacco plants. In: *Plant Physiology*, 2010, vol. 153, p. 1859–1870. https://doi.org/10.1104/pp.110.157263
29. Kissoudis C., Wiel C., Visser R. et al. Enhancing crop resilience to combined abiotic and biotic stress through the dissection of physiological and molecular crosstalk. In: *Front. Plant Science*. 2014, vol. 5.
30. Liu J., Bennett J. Reversible and irreversible drought-induced changes in the anther proteome of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes IR64 and Moroberekan. In: *Mol. Plant*. 2011, vol. 4, p. 59–69.
31. Lyakh V., Soroka A. Microgametophytic selection as a way to improve drought tolerance in cultivated plants. 2022. DOI: 10.5772/intechopen.102735.
32. Maisonneuve B. et al. Action des basses temperatures nocturnes sur une collection varietale de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Etude de la production de fruits et de lavaleur fecontante du pollen. In: *Agronomic*. 1982, vol. 2(5), p. 443-451.
33. Elrone A., Sherald J., Forseth I. Effects of water stress on symptomatology and growth of Parthenocissus quinquefolia infected by *Xylella fastidiosa*. In: *Plant Disease*. 2001, vol. 85(11), p. 1160–1164.
34. Mohapatra U., Singh A., Ravikumar R. Effect of gamete selection in improving of heat tolerance as demonstrated by shift in allele frequency in maize (*Zea mays* L.). In: *Euphytica* 216, 2020.

35. Mouline K., Véry A., Gaymard F. et al. Pollen tube development and competitive ability are impaired by disruption of a Shaker K(+) channel in Arabidopsis. In: *Genes Dev*. 2002 , vol. 16(3), p. 339-345.
36. Mulcahy D. The rise of the angiosperms: a genecological factor. Science, 1979, 206, p. 20–23.
37. Mulcahy D. Gametophytic gene expression. In: genetic approach to plant biochemistry. plant gene research (Basic Knowledge and Application). Vienna: Springer, 1986, p. 247-258.
38. Oshunsanya S., Nwosu N., Li Y. Abiotic stress in agricultural crops under climatic conditions in *Sustainable agriculture, forest and environmental management.* Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2019. 71-100. Doi: https://doi.org/10.1007/978-981-13-6830-1_3.
39. Ottaviano E., Mulcahy D. Genetics of angiosperm pollen. In: *Advances in Genetics*.1989, vol. 26, p. 1-64.
40. Prasch C., Sonnewald U. Simultaneous application of heat, drought and virus to Arabidopsis plants reveals significant shifts in signaling networks. In: *Plant Physiology*. 2013, vol.162, p. 1849–1866.
41. Ramegowda V., Senthil-Kumar M., Ishiga Y. et al. Drought stress acclimation imparts tolerance to Sclerotinia sclerotiorum and *Pseudomonas syringae* in *Nicotiana benthamiana.* In: *International Journal of Molecular Sciences.* 2013, vol.14 (5), p. 497–513.
42. Patil B., Ravikumar R. et al. Effect of pollen selection for moisture stress tolerance on progeny performance in *Sorghum.*In: *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 2006, vol. 4, p. 201–204.
43. Paupière M., Haperen P., Rieu I. et al. Screening for pollen tolerance to high temperatures in tomato. In: *Euphytica*. 2017, vol. 213, p. 130. Doi: https://doi.org/10.1007/s10681-017-1927-z.
44. Pérez V., Herrero M., Hormaza J. Pollen performance in mango (*Mangifera indica* L., *Anacardiaceae*): Andromonoecy and effect of temperature. In: *Scientia Horticulturae*. 2019, vol. 253, p. 439–446. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.04.070.
45. Petrzik J., Spak J., Nebesarova J., Franova J. The effect of virus infection on morphology and protein components of pollen grains. In: *Biol Plant*, 1996, vol. 38, p. 445.
46. Pacini E., Dolferus R. Pollen developmental arrest: maintaining pollen fertility in a world with a changing climate. In: *Front Plant Sci*. 2019, vol. 10, p. 679. doi: 10.3389/fpls.2019.00679.
47. Pacini E., Dolferus R. The trials and tribulations of the plant male gametophyte, in understanding reproductive stage stress tolerance, abiotic and biotic stress in plants. In: *Recent Advances and Future Perspectives.* 2016, p. 703–754.
48. Pandey P., Ramegowda V., Senthil-Kumar M. Shared and unique responses of plants to multiple individual stress and stress combinations: physiological and molecular mechanism. In: *Frontiers in Plant Sciense*. 2015, vol. 6, p. 723.
49. Ravikumar R., Chaitra G. et al. Gametophytic selection for wilt resistance and its impact on the segregation of wilt resistance alleles in *Cicer arietinum* L. In: *Euphytica*. 2013, vol. 189, p. 173–181.
50. Razaq K., Rauf S., Shahzad M. et al. Genetic analysis of pollen viability an indicator of heat stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.). In: *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*. 2017, vol. 1(1), p. 40-50. DOI:10.29329/ ijiaar.2017.100.5.
51. Razzaq M., Rauf M. Khurshid S. et al. Pollen viability an index of abiotic stresses tolerance and methods for the improved pollen viability. In: *Pakistan Journal of Agricultural Research*. 2019, vol. 32 (4), p. 609-624.

52. Ro S., Chea L., Ngoun S. et al. Response of tomato genotypes under different high temperatures in field and greenhouse conditions. In: *Plants*. 2021, vol. 10(3)., p. 449. https://doi.org/10.3390/plants10030449.
53. Sato S. et al. Moderate increase of mean daily temperature adversely affects fruit set of *L.esculentum* by disrupting specific physiological processes in male reproductive development. In: *Annals of Botany*, 2006, vol.97, p. 731-738. Doi: 10.1093/aob/mcl037.
54. Sato S., Peet M., Thomas J. Physiological factors limit fruit set of tomato (*Lycopersicon esculentum Mill*.) under chronic, mild heat stress. In: *Plant Cell Environ*. 2000, vol. 23, p. 719–726.
55. Showemimo F., Olarewaju J., Buah J. et al. Genetic estimates of water stress in tomato (*Lycopersicum esculentum*). In: *Internation. Journal of Plant Breeding and Genetics*. 2007, vol. 1, p.18-23.
56. Singh A., Ravikumar R., Antre S. et al. Consequence of cyclic pollen selection for heat tolerance on the performance of different generations in maize (*Zea mays* L.). In: *J Genet*. 2022, vol. 101, p. 33.
57. Wahid A., Geleani S., Ashraf M. et al. Heat tolerance in plants: anoverview. In: *Env. Exp.Bot*. 2007, vol. 61, p. 199-223. Doi:101016/j.envexpbot.2007.05.011.
58. Wang Z., Yang C., Chen H. et al. Multi-gene co-expression can improve compehensiv resistance to multiple abiotic stresses in *Brassica napus* L. In: *Plant Sci*. 2018, vol. 274, p. 410-419.
59. Wen, J., Jiang, F., Weng, Y. et al. Identification of heat-tolerance QTLs and high-temperature stress-responsive genes through conventional QTL mapping, QTL-seq and RNA-seq in tomato. In: *BMC Plant Biol* , 2019, vol. 19, p. 398. https://doi.org/10.1186/ s12870-019-2008-3.
60. Xu J., Wolters-Ars M., Mariani C. et al. Heat stress affectsvegetative and reproductive performance and trait correlations in tomato (*Solanum lycopersicum*). In: *Eufitica*. 2017, vol. 213, p. 156.
61. Xu J., Driedekons N., Rutten M. et al. Mapping quantitative trait loci for heat tolerance of reproductive traits in tomato (*Solanum lycopersicum*). In: *Mol. Breed*. 2017, vol. 37, p. 58. Doi: 10.1007/s11032-017-0664-2.
62. Yu J., Jiang M., Guo C. Crop pollen development under drought: From the phenotype to the mechanism. In: *Int. J. Mol. Sci*. 2019. Vol. 20 (7). 1550.
63. Zandalinas S., Sengupta S., Felix B. et al. The impact of multifactorial stress combination on plant growth and survival. In: *New Phytologist*. 2021, vol. 230, p. 1034-1048. Doi: https://doi.org/10.1101/2020.11.23.394593.
64. Zhang H., Sonnevald U. Differences and commonalities of plant responsesto sigle and combined stresses. In: *The Plant Jurnal*. 2017, vol. 90, p. 839-855
65. Балашова Н. Стратегия селекции растений на устойчивость к патогенам. В кн.: *Селекция растений: новые генетические подходы и решения*. 1991. 340 с.
66. Балашова Н. Дейсвие инфекционных фонов на репродуктивную систему и потомство зараженных растений (на примере культуры томатов). Балашова Н., Морозова И., Суружиу А. *Влияние фитопатогенов на репродуктивную систему растений-хозяев*. Кишинев, 1989. 16-27.
67. Беспалова Л., Агаев Р., Агаева Е. Морфологические особенности пыльцы у сортов пшеницы и тритикале селекции НЦЗ. In: *Научный журнал КубГАУ*. 2020, 3(157). https://doi.org/10.21515/1990-4665-157-024.
68. Брыль Е., Анохина В. Оценка образцов люпина желтого и узколистного по устойчивости к антракнозу. Сборник тезисов докладов Международной научной

конференции От классических методов генетики и селекции к ДНК-технологиям. 2007. Гомель.
69. Батыгина Т., Васильева В. Размножение растений. С.-Петербург. 2002. 229 с.
70. Ивакин А. Определение жаростойкости овощных культур по ростовой реакции проростков после прогревания. Физиология растений.1981, т. 28, с. 444-447.
71. Иванова С., Долгодворова Л., Кирцова М. и др. Цитогенетическая характеристика мей-мутантов томата. In: *Известия ТСХА*, 1996, вып. 3, с. 54−63.
72. Король В. Опыление и плодообразование у культуры томата в защищенном грунте. In: *Овощи России*. 2019, т. 4, с. 32-36. https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-4-32-36.
73. Котельникова И., Крылов А. Липиды при вирусном заражении растений. In: *Вестник ДВО*. 2001, т. 4, с. 38-55.
74. Круглова Н. Оценка качества пыльцевых зерен цветковых растений. In: *Бюллетень ГНБС*. 2020, т. 135, с. 50-56. https://doi.org/10.36305/0513-1634-2020-135-50-56.
75. Лях В., Сорока А. и др. Методы отбора ценных генотипов на уровне пыльцы. Методические рекомендации. Запорожье. 2000, 48 р.
76. Никонова В. Микрогаметофитный отбор на устойчивость к фузариозу у клещевины. Автореф. дис. к. с/х.н. Одесса, 2008, 25 р.
77. Поликсенова В. Индуцированная устойчивость растений к патогенам и абиотическим стрессовым факторам (на примере томата). Вестник БГУ. 2009, сер. 2, с. 148-159.
78. Посылаева О., Кириченко В. Изменчивость термоустойчивости семян сортов сои в условиях лесостепи Украины. In: *Достижения науки и техники АПК*. 2014, т. 3, с. 54-57.
79. Реунов А. Вирусный патогенез и защитные механизмы растений. Дальнаука. 1999, 174 с.
80. Салтанович Т., Анточ Л. Использование пыльцевого анализа для характеристики устойчивости сортов томата в условиях абиотических стрессов. В: *Вклад агрофизики в решение фундаментальных задач сельскохозяйственной науки*. Материалы конференции. 2020. Санкт-Петербург. с. 235-241.
81. Тараканов Г., Гуцалюк О., Король В. Пыльцевая продуктивность и особенности плодообразования томата в тепличной культуре. In: *Известия ТСХА*. 1988, т.3, с. 123-131.
82. Тоцкий И., Лях В. Гаметофитный отбор на жаростойкость у подсолнечника культурного. Вісник Донецького національного університету. Сер. А. In: *Природничі науки*. 2014, т. 2, с. 156-160.
83. Халилуев М., Шпаковский Г. Генно-инженерные стратегии повышения устойчивости томата к грибным и бактериальным патогенам. In: *Физиология растений*. 2013, т.60(6):, с. 721-732. https://doi.org/10.7868/S0015330313050084
84. Хохлова А. Особенности влияния абиотических и биотического факторов на репродуктивную систему растений томата *Lycopersicon esculentum* Mill. Автореферат дис.к.б.н. 2014. 26 р.
85. Цаценко Л., Синельникова А. Пыльцевой анализ в селекции растений. In: *Научный журнал КубГАУ*. 2012, т. 77(03), с. 88-98.
86. Чанг Н. Распространение и патогенез вирусных заболеваний томата в условиях Вьетнама и России. Москва, Автореф. диссертации на соискание уч.ст.к.биол.наук. 2013, 20 с.
87. Шевченко С., Кузьмина Т., Митрофанва И. Характеристика пыльцы пораженных вирусами и бессимптомных растений розы эфиромасличной. In: *Бюллетень ГНБС*. 2016, в. 121, с. 18-24.

DOI: https://doi.org/10.53040/9789975626057.04

4. EVALUAREA VARIABILITĂȚII ȘI HERITABILITĂȚII CARACTERELOR VALOROASE LA TOMATELE CU GENE MARCHER ALE CALITĂȚII FRUCTELOR (*u, j, β, r*)

MIHNEA Nadejda, LUPAȘCU Galina,
RUDACOVA Angela, CHERDIVARĂ Ala

Tomatele (*Solanum lycopersicum* L.) sunt unele din cele mai importante, consumate şi populare culturi legumicole, deosebit de profitabile pentru producători, motiv pentru care sunt cultivate pe scară largă în întreaga lume [26, 67, 74, 101]. Fructele de tomate sunt importante nu doar din punct de vedere economic, dar şi dietetic – ca produs alimentar valoros în alimentaţia umană, evidenţiindu-se nu doar prin proprietăţi gustative şi medicinale deosebite, dar şi utilizare diversă [37, 46, 74].

Tomatele reprezintă o parte esenţială a unei diete echilibrate, oferă o varietate largă de nutrienţi, fiind bogate în vitamine, carotenoizi şi compuşi fenolici [46, 53, 78, 91]. Calităţile gustative excelente ale fructelor, preţul relativ scăzut şi beneficiile incontestabile pentru sănătate le fac deosebit de solicitate în rândul populaţiei. S-a demonstrat că consumul de alimente bogate în carotenoizi reduce riscul mortalităţii şi îmbolnăvirii datorită proprietăţilor antioxidante [23, 34, 48], contribuind la reducerea riscului de boli cardiovasculare, întărirea sistemul imunitar şi ţesutului osos [24, 34].

La etapa actuală de dezvoltare a legumiculturii, o atenţie deosebită se acordă problemelor, rezolvarea cărora nu numai că ar putea garanta un salt calitativ în dezvoltarea branşei, dar şi asigura substanţial securitatea alimentară a ţării. Recolta şi calitatea fructelor de tomate se datorează nu doar optimizării condiţiilor de creştere a plantelor, dar şi utilizării soiurilor cu performanţă genetică înaltă – factor decisiv al progresului inovaţional în agricultură ce asigură obţinerea unor cantităţi înalte de producţie de calitate superioară, cu însuşiri organoleptice solicitate [17, 25, 54, 56, 82].

Soiurile şi hibrizii care se caracterizează printr-o stabilitate înalta a productivităţii în diferite condiţii ecologice au o mare importanţă pentru agricultură. Aşa dar, obţinerea recoltelor stabile la plantele legumicole, inclusiv şi la tomate, micşorarea pierderilor din cauza bolilor si factorilor nefavorabili de mediu poate fi realizată prin crearea soiurilor rezistente, cu stabilitate ecologică şi plasticitate înaltă [57].

Scopul prezentelor cercetări a constat în studiul manifestării caracterelor morfo-biologice, de creştere şi dezvoltare ale genotipurilor de tomate (*u, j , β, r*) la interacţiunea cu factori biotici şi abiotici nefavorabili; stabilirea particularităţilor de variabilitate şi

heritabilitate a acestora; identificarea genotipurilor de perspectivă cu înalți indici de productivitate și calitate a fructelor.

4.1. Evaluarea caracterelor de precocitate și productivitate la colecția de tomate purtătoare a genelor ce controlează calitatea tomatelor

La nivel mondial, roșiile reprezintă o parte importantă a unei diete diverse și echilibrate [98], oferind o diversitate înaltă de substanțe nutritive [37], fiind bogate în vitamine, carotenoizi și compuși fenolici [46, 53, 74]. Acești compuși bioactivi au o gamă largă de proprietăți fiziologice, inclusiv efecte antiinflamatorii, antialergice, antimicrobiene, vasodilatatoare, antitrombotice, cardioprotectoare și antioxidante [74]. De asemenea, roșiile proaspete și prelucrate sunt cele mai bogate surse de licopen – un antioxidant veritabil din dieta umană [68, 95] care protejează organismul uman de radicalii liberi, micșorează riscul apariției unor tipuri de cancer [33]. Carotenoizii și compușii polifenolici contribuie la valoarea nutrițională a roșiilor și le îmbunătățesc atributele funcționale și calitățile senzoriale, inclusiv gustul, aroma și textura [53, 74, 91]. Roșiile conțin, de asemenea, antioxidanți naturali, vitaminele C și E [3, 53], precum și cantități mari de metaboliți, cum ar fi zaharoza, hexozele, citratul și acidul ascorbic [46].

Roșiile coapte au o gamă largă de culori, cum ar fi roșu, oranj, roz, galben, maro, verde, violet, negru și chiar alb. Culoarea fructelor de roșii în timpul maturării este, totodată, asociată cu degradarea concomitentă a clorofilelor [21, 87].

Culoarea fructelor de tomate este o caracteristică importantă a calității acestora, devenind un obiect de studiu pentru mulți cercetători. Interesul științific pentru acest caracter a crescut, pe măsură ce beneficiile licopenului (principalul carotenoid din tomate) pentru sănătate care este și responsabil de culoarea fructelor roșii, au devenit tot mai evidente [22, 32, 42, 44, 86]. Sunt cunoscute mai multe gene majore cu contribuție semnificativă pentru conținutul ridicat de licopen din fructe (de exemplu, *hp*-1, *hp*-2, *dg* și *Ogc*) și alți carotenoizi, de exemplu *β* (*carotene*) care sunt identificate și cartografiate pe cei 12 cromozomi [86, 97].

Mutația recesivă a culorii galbene (*r*) din fructele de tomate inhibă sinteza carotenoizilor fructelor prin perturbarea activității fitoen sintazei, specifice fructelor (PSY1). Se știe că PSY1, cea mai importantă enzima reglatoare în biosinteza carotenoizilor, este puternic indusă de etilenă în timpul maturării, indicând un punct de control major pentru acumularea totală de carotenoizi din fructe [48].

Soiurile de tomate cu fructe galbene au fost documentate încă în secolul al XVI-lea, când tomatele au fost introduse în Europa [39]. Alela r2997, descrisă ca mutație „spontană” [20], este una dintre cele mai vechi alele cunoscute.

Culoarea florilor şi a fructelor plantelor rezultă în principal din acumularea de pigmenţi carotenoizi şi flavonoizi [45]. În afară de licopen, fructele de roşii conţin şi *β*-caroten, fitoenă, violaxantină şi luteină. Fructele pot fi de culoare oranj sau galben datorită mutaţiilor genelor [5]. Flavonoizii se acumulează în cuticulă şi sunt responsabili de culoarea galbenă a tomatelor [36], sunt antioxidanţi hidrofili, recunoscuţi drept componenţi cu acţiune benefică asupra sănătăţii [21, 30, 87, 89].

Printre multiplele mutaţii cunoscute care determină calitatea fructelor, o atenţie deosebită se acordă genelor care controlează coacerea uniformă a fructelor – *uniform ripening* (*u*) şi lipsa articulaţiei geniculate a pedicelului – *jointless* (*j*). Soiurile cu coacere uniformă sunt mai atractive pentru cultivatori, deoarece reduce semnificativ colectarea eşalonată a fructelor şi perioada de realizare. Caracterul *coacere uniformă* este determinat de gena *u* care controlează sinteza şi distribuţia clorofilei în fructele imature. Alela *u* la tomate se datorează unei mutaţii non-sens în factorul de transcripţie GLK2, larg utilizată pentru obţinerea soiurilor de tomate cu coacere uniformă a fructelor [73].

O mare importanţă pentru cultivarea tomatelor în condiţii mecanizate are prezenţa genei *jointless (j)*, a cărei influenţă determină desprinderea fructului de pedicel datorită lipsei articulaţiei geniculate [30]. Absenţa stratului de abscizie în peduncul are o importanţă deosebită în procesarea şi cultivarea tomatelor, atât manuale cât şi mecanizate. Separarea fructelor de peduncul în timpul recoltării nu necesită lucrări suplimentare la înlăturarea lor la fabricile de conserve [104]. Tulpinile florale care rămân ataşate fructelor recoltate în timpul culegerii deteriorează mecanic fructele în timpul transportului, scăzând calitatea fructelor la comercializarea în stare proaspătă şi calitatea pulpei la procesarea lor.

În scopul obţinerii unui material nou iniţial de ameliorare la tomate cu participarea căruia este posibilă crearea soiurilor cu potenţial înalt de productivitate, diferit grad de precocitate şi cu rezistenţă la factorii de temperatură stresantă în a. 2020, a fost fondată și evaluată după un șir de parametri morfo-biologici și productivitate în baza Descriptorului UPOV [90] o colecţie de tomate în număr de 32 genotipuri, dintre care 15 forme (Rufina, Cearovnita, Rosinca, Viching, Gold Nugget, Golden Jubilee, Formă locală (Timişoara), Luci, Alex, Indigo roz, Flacăra, Chihlimbar, Hurma, Breeding Line, Mia) dispun de gena *β* (*carotene*), *u* (*uniform ripening*) – 10 forme (Cearovnita, Dolgonosic, Formă locală (Timişoara), Formă locală (Moldova), Roma, Flacăra, Breeding Line, Malinovy Retro, Tornaso, Red Cerry), *j* (*jointless*) – 8 forme (Cearovnita, Rosinca, Oranjevîe sosulki, Formă locală (Moldova), Luci, Alex, L 10B, Mia), *r* (*yellow flesh*) – 8 forme (Dolgonosic, Buian jioltai, Oranjevîe sosulki, Formă locală (Moldova), L 10B, Vrojainii, De-barao jioltâi, Anna Gherman). Se cere de menţionat că 5 din formele purtătoare a genei *β* deţin şi a gena *u* (Чаровница, Formă locală (Timişoara),

Luci, Flacăra, Breeding Line), iar 4 (Cearovnita, Rosinca, Alex, Mia) – a genei *j*. Doar un singur soi (Cearovnita) deține 3 gene ale calității – *β*, *u* și *j*.

În rezultatul evaluării mostrelor de tomate în baza precocității s-a constatat o variabilitate destul de înaltă a perioadei de vegetație și perioadelor interfazice care depind atât de genotip cât și condițiile climatice (Figura 4.1). Variabilitatea perioadei interfazice apariția plantulelor în masă - începutul înfloririi s-a încadrat în limitele 63-78 zile, ceea ce denotă că condițiile climatice au influențat semnificativ prima perioada interfazică. Acest fapt se datorează temperaturilor scăzute și nopților reci în primăvara anului 2020 ceea ce a condus la o înflorire mai târzie la unele forme: soiurile Golden Jubilee, Formă locală (Timișoara), Chihlimbar, Mia, Indigo roz, De-barao jioltâi. Pentru a doua perioadă interfazică caracterul dat s-a încadrat în limitele 36-64 zile. O perioadă mai scurtă s-a atestat la genotipurile Dolgonisic, Mia, Gold Nugget, Luci. Formele testate au manifestat, de asemenea, o variabilitate destul de înaltă a precocității.

Mostrele au prezentat 4 grupe de precocitate: precoce – 106 - 110 zile (4, 7, 14, 15, 18), mediu precoce – 111-115 zile (1, 3, 5, 10, 11, 12, 13, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 32); tardive – 116-120 zile (19, 25, 31), foarte tardive >120 zile (2, 6, 8, 9, 17, 30).

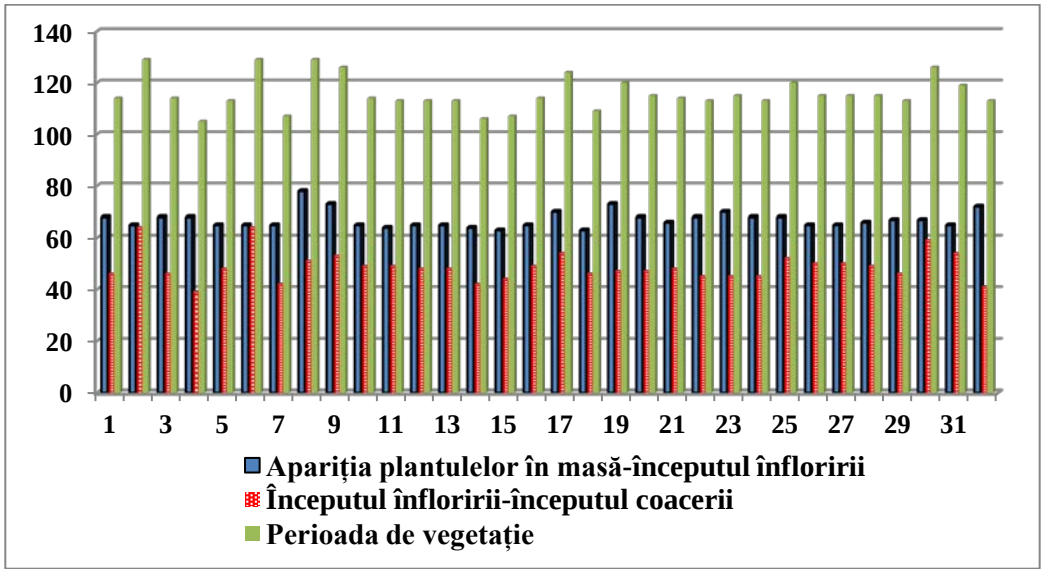


Figura 4.1. Variabilitatea perioadelor interfazice la tomate

Pe orizontală: 1 – Rufina, 2 – Cearovnia, 3 – Rosinca, 4 – Dolgonosic, 5 – Viking, 6 – Buian jioltâi, 7 – Gold Nugget, 8 – Golden Jubilee, 9 – Formă locală (Timișoara), 10 – MilOrang, 11 – Oranjevîe sosuliki, 12 – Formă locală (R. Moldova), 13 – Roma, 14 – Luci, 15 – Alex, 16 – Formă locală (Moldova), 17 – Flacăra, 18 – Chihlimbar, 19 – L 10B (Buzău), 20 – Vrojainii, 21 – Lampa Aladina, 22 – De-barao jioltâi, 23 – Anna Gherman, 24 – Hurma, 25 – Breeding Line, 26 – Malinovy Retro, 27 – San Marzano, 28 – Noire de Crimee, 29 – Tornaso, 30 – Red Cerry, 31 – Mia, 32 – Charlie.

Ca rezultat al testărilor, au fost identificate unele surse de precocitate care se deosebesc semnificativ sub aspect morfologic (Tabelul 4.1).

La lotul luat în studiu, evaluarea formelor în baza caracterului fructului a demonstrat o variabilitate destul de înaltă a acestora (Tabelul 4.2): media coeficientului de variație pentru caracterul masa fructului fiind de 31,9%, iar grosimea pericarpului – 21,2%. Datele au demonstrat un diapazon larg al variabilităţii caracterelor lungimii și lățimii fructului, grosimii mezocarpului și numărului de loje, media V (%) constituind 13,2%; 14,8%; 18,0 și 19,2%, respectiv, ceea ce demonstrează o variabilitate medie a caracterelor analizate la lotul cercetat.

Tabelul 4.1. Caracteristica morfologică a surselor de precocitate

Nr.	Caracteristică, tip morfologic	Dolgonosic	Gold Nugget	Luci	Alex	Flacăra
1	Tipul de creştere	Determinat	Determinat	Determinat	Determinat	Determinat
2	Poziţia frunzei (la treimea medie a plantei)	Semierectă	Orizontală	Semierectă	Orizontală	Orizontală
3	Suprafaţa segmentelor din mijlocul frunzei	Mare	Mică	Mică	Mică	Medie
4	Intensitatea culorii verzi	Întunecată	Întunecată	Medie	Medie	Medie
5	Caracterul suprafeţei frunzei	Slab gofrată	Slab gofrată	Mediu gofrată	Slab gofrată	Mediu gofrată
6	Tipul inflorescenţei	Impară	Impară	Impară	Impară	Impară
7	Tipul peduncului floral	Cu articulație	Cu articulație	Fără articulație	Fără articulație	Cu articulație
8	Prezența petei verzi la baza fructului	Absentă	Prezentă	Prezentă	Prezentă	Absentă
9	Mărimea petei verzi	-	Mare	Medie	Medie	-
10	Intensitatea culorii petei verzi la baza fructului	-	Întunecată	Întunecată	Întunecată	-
11	Intensitatea culorii verzi până la maturitate	Deschisă	Medie	Medie	Medie	Deschisă
12	Forma fructului în secțiune longitudinală	Obovată	Circulară	Cilindrică	Cilindrică	Circulară
13	Forma vârfului fructului	Ascuțită	Plată	Ascuțită	De la plată la ascuțit	Plată
14	Numărul de loje seminale	2-3	2-3	2-4	2-4	2-3
15	Culoarea la maturitate	Galbenă	Oranj	Oranj	Oranj	Oranj

Tabelul 4.2. Variabilitatea fenotipică a unor caractere ale fructului la genotipuri de tomate din colecție

Nr.	Masa fructului, g		Lungimea fructului, mm		Lățimea fructului, mm		Grosimea pericarpului, mm		Grosimea mezocarpului, mm		Numărul de loje	
	$x \pm m_x$	V,%	$x \pm m_x$	V,%	$x \pm m_x$	V,%	$x \pm m_x$	V,%	$x \pm m_x$	V,%	$x \pm m_x$	V,%
1	65,2±3.37	23,2	43,8±0,95	9,8	50,8±1,28	11,3	6,6±0,31	21,2	36,4±1,20	14,8	3,9±0,22	25,6
2	54,6±3,28	26,9	48,3±2,95	27,3	45,3±1,47	14,6	5,0±0,15	12,8	30,0±1,30	19,4	2,9±0,13	20,7
3	36,0±2,29	28,3	35,2±0,86	10,9	39,2±0,86	8,5	3,6±0,20	25,0	26,4±0,65	11,1	3,1±0,15	22,6
4	57,4±2,23	17,4	53,2±1,00	8,5	44,8±0,51	5,1	5,6±0,21	16,8	29,7±1,34	20,2	2,5±0,11	20,4
5	87,4±8,0	39,9	41,8±0,88	9,1	60,3±2,29	16,6	3,5±0,19	24,0	46,1±1,85	17,6	6,6±0,21	13,6
6	46,2±6,23	48,7	54,1±3,37	22,4	34,5±3,02	31,6	3,7±0,36	35,4	23,5±1,19	11,5	4,8±0,23	17,3
7	14,4±0,94	29,2	29,1±0,62	9,6	27,8±0,64	10,4	3,2±0,15	21,9	15,2±0,77	22,7	2,2±0,09	18,7
8	56,3±10,39	52,2	37,8±0,94	7,1	48,4±4,43	26,0	3,9±0,30	21,3	35,5±2,74	22,0	5,3±0,25	13,2
9	146,5±7,18	17,7	50,3±2,87	20,6	63,5±3,93	22,4	6,4±0,30	16,1	49,5±3,10	22,7	5,5±0,40	27,3
10	58,7±3,71	28,2	42,9±1,14	11,9	49,0±1,75	16,0	4,7±0,15	15,0	35,1±0,71	9,11	3,6±0,11	13,9
11	51,5±4,87	42,3	74,3±2,56	15,4	36,5±1,61	19,8	6,0±0,31	23,3	24,5±1,06	18,8	2,0±0,00	0,00
12	26,4±2,00	34,1	34,3±0,84	11,1	36,5±0,96	11,8	6,1±0,42	31,1	22,1±0,86	17,6	2,5±0,11	20,4
13	40,9±2,20	24,0	42,9±0,83	8,6	39,3±1,73	19,8	6,9±0,30	18,9	22,4±1,01	20,1	2,4±0,11	20,9
14	40,4±1,81	22,3	66,7±1,36	9,1	33,6±0,61	8,1	5,4±0,21	17,4	19,4±0,70	16,3	3,0±0,09	13,3
15	48,2±2,05	19,1	49,5±0,97	8,7	42,9±0,91	9,6	3,8±0,19	21,9	24,1±1,92	35,7	2,9±0,14	22,1
16	9,9±3,52	35,4	33,0±1,32	17,9	21,0±0,61	13,0	3,6±0,15	19,4	10,0±0,42	19,0	2,1±0,07	14,3
17	33,7±2,28	30,3	39,3±0,93	10,7	38,1±0,90	10,5	4,7±0,19	19,1	23,2±0,92	17,8	2,7±0,11	18,5
18	55,1±4,52	29,6	49,8±3,20	23,1	51,6±3,23	22,7	5,2±0,34	23,6	41,3±2,32	20,3	4,4±0,18	15,9
19	52,8±4,60	39,0	42,5±1,46	15,4	44,1±1,57	15,9	5,4±0,28	22,8	28,7±1,27	19,9	3,2±0,18	25,3
20	41,2±2,33	25,2	37,4±0,67	8,0	41,5±1,16	12,5	5,8±0,14	10,9	29,5±1,01	15,3	2,7±0,12	21,4
21	54,5±12,55	46,1	37,0±0,67	25,4	45,5±4,41	19,4	3,3±0,25	15,1	37,0±4,02	21,7	5,7±0,47	22,9
22	33,0±1,88	25,2	38,6±0,85	9,8	37,2±0,77	9,2	5,0±0,13	12,0	24,3±0,89	16,5	2,4±0,13	25,0
23	34,3±2,64	34,4	35,8±0,73	9,2	39,6±1,15	13,0	4,2±0,23	26,2	26,0±1,03	15,4	2,6±0,14	23,1
24	58,1±6,84	52,5	45,4±2,03	4,6	49,0±1,88	17,1	3,9±0,20	23,3	48,3±1,75	15,8	6,6±0,41	18,2
25	38,9±3,42	39,3	52,3±1,65	14,1	35,8±1,18	14,8	7,2±0,44	27,8	21,8±0,82	16,5	2,3±0,11	21,7
26	48,5±6,24	25,8	44,5±2,96	13,3	43,0±2,27	10,6	3,8±0,36	25,4	23,4±1,10	11,5	2,5±0,25	20,1
27	35,7±2,36	29,5	34,5±0,84	11,0	41,3±1,09	11,9	3,9±0,24	28,2	26,6±0,97	16,3	2,3±0,11	21,7
28	63,1±5,98	42,4	45,0±1,53	15,2	49,9±1,78	15,9	4,7±0,21	19,6	39,7±1,45	13,6	4,0±0,14	15,0
29	27,0±2,69	31,5	39,4±1,49	12,0	33,1±1,43	13,7	4,5±0,45	31,8	22,4±1,94	25,9	2,1±0,10	14,8
30	61,4±5,76	37,6	71,7±2,82	15,8	40,5±1,31	13,1	4,8±0,21	17,3	29,7±1,25	16,5	3,5±0,26	29,4
31	35,9±1,17	14,8	56,1±1,87	15,0	33,5±0,55	7,5	5,7±0,24	19,3	19,7±0,69	15,8	2,4±0,11	20,8
32	63,2±7,66	27,1	63,2±3,07	10,9	53,0±4,66	19,6	7,2±0,49	15,3	34,2±2,87	18,8	5,4±0,40	16,7
	Medie	**31,9±1,8**		**13,2 ±1,0**		**14,8 ±1,0**		**21,2±1,0**		**18,0 ± 0,9**		**19,2 ± 1,0**

Prin construirea dendogramelor de repartiție a formelor, ca indici de clasificare servind masa fructului, lungimea și lățimea fructului, grosimea pericarpului, grosimea mezocarpului, numărul de loje seminale s-a constatat separarea genotipurilor în 3 branșe bine distincte. Cea mai înaltă similitudine a fost înregistrate pentru formele 3, 23, 27, 17 și 22 (Figura 4.2).

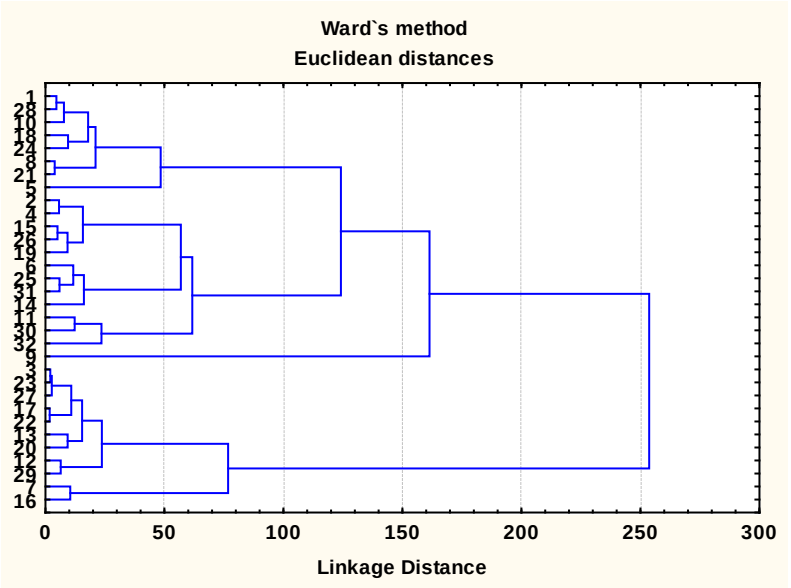


Figura 4.2. Analiza clusteriană a soirilor de tomate în baza unor caractere ale fructului.

Pe verticală: 1 – Rufina, 2 – Cearovnița, 3 – Rosinca, 4 – Dolgonosic, 5 – Viking, 6 – Buian jioltâi, 7 – Gold Nugget, 8 – Golden Jubilee, 9 – Formă locală (Timișoara), 10 – MilOrang, 11 – Oranjevîe sosuliki, 12 – Formă locală 1 (R. Moldova), 13 – Roma, 14 – Luci, 15 – Alex, 16 – Formă locală 2 (R. Moldova), 17 – Flacăra, 18 – Chihlimbar, 19 – L 10B (Buzău), 20 – Vrojainii, 21 – Lampa Aladina, 22 – De-barao jioltâi, 23 – Anna Gherman, 24 – Hurma, 25 – Breeding Line, 26 – Malinovy Retro, 27 – San Marzano, 28 – Noire de Crimee, 29 – Tornaso, 30 – Red Cerry, 31 – Mia, 32 – Charlie.

Analiza clusteriană centroidă (metoda *k*-mediilor) [81] a demonstrat că varianța interclusteriană a fost mult mai ridicată decât cea intraclusteriană pentru caracterele masa fructului, înălțimea și diametrul fructurui, grosimea mezocarpului (Tabelul 4.3), ceea ce denotă capacitatea lor înaltă de diferențiere a genotipurilor. Pentru caracterele grosimea pericarpului și numărul de loje, varianța interclusteriană a fost mai joasă decât cea intraclusteriană, deosebirile între genotipuri pe baza acestor caractere fiind deci nesemnificative.

Tabelul 4.3. Analiza varianței inter- şi intraclusteriene a caracterelor fructului

Caracter	Varianță interclusteriană	df	Varianță intraclusteriană	df	F	p
Masa fructului	15031,95	3	2439,124	28	57,520	0,000000
Înălțimea fructului	2329,76	3	1532,805	28	14,186	0,000008
Diametrul fructului	1673,05	3	732,944	28	21,305	0,000000
Grosimea pericarpului	4,55	3	38,453	28	1,104	0,364162
Grosimea mezocarpului	1868,87	3	801,994	28	21,749	0,000000
Numărul de loje	30,35	3	27,715	28	10,219	0,000103

Prin clasificarea genotipurilor în baza celor 6 caractere, s-a constatat că grupurile de genotipuri, separate în 4 clustere, s-au deosebit după nivelul și variabilitatea caracterelor cercetate (Tabelul 4.4). Astfel, clusterul 1 au întrunit 12 genotipuri – Rufina, Cearovnița, Dolgonosic, Viking, Gold Nugget, Golden Jubilee, MilOrang, Chihlimbar, L 10B (Buzău), – Lampa Aladina, Hurma, Noire de Crimee, Charlie; în clusterul 2 s-au separat genotipurile cu cele mai înalte valori: Formă locală (Timişoara); în clusterul 3 – genotipuri cu cele mai mici valori: Rosinca, Gold Nugget, Formă locală 1 (R. Moldova), Roma, Formă locală 2 (R. Moldova), Flacăra, Vrojainai, De-barao jioltâi, Anna Gherman, San Marzano, Tornaso; în clusterul 4 – genotipuri cu valori medii: Buian jioltâi, Oranjevîe sosuliki, Luci, Alex, Breeding Line, Malinovy Retro, Red Cerry, Mia.

Tabelul 4.4. Analiza descriptivă a clusterelor

Cluster	Caracter	x	Genotip
1	Masa fructului	60,53333	1 – Rufina, 2 – Cearovnița, 4 – Dolgonosic, 5 – Viking, 8 – Golden Jubilee, 10 – MilOrang, 18 – Chihlimbar, 19 – L 10B (Buzău), 21 – Lampa Aladina, 24 – Hurma, 28 – Noire de Crimee, 32 – Charlie.
	Înălţimea fructului	45,89167	
	Diametrul fructului	49,30833	
	Grosimea pericarpului	4,91667	
	Grosimea mezocarpului	36,83333	
	Numărul de loje	4,50833	

2	Masa fructului	146,5000	9 – Formă locală (Timișoara),
	Înălțimea fructului	50,3000	
	Diametrul fructului	63,5000	
	Grosimea pericarpului	6,8000	
	Grosimea mezocarpului	49,5000	
	Numărul de loje	5,5000	
3	Masa fructului	30,22727	3 – Rosinca, 7 – Gold Nugget, 12 – Formă locală 1 (R. Moldova), 13 – Roma, 16 – Formă locală 2 (R. Moldova), 17 – Flacăra, 20 – Vrojainii, 22 – De-barao jioltâi, 23 – Anna Gherman, 27 – San Marzano, 29 – Tornaso.
	Înălțimea fructului	36,31818	
	Diametrul fructului	35,88182	
	Grosimea pericarpului	4,68182	
	Grosimea mezocarpului	22,55455	
	Numărul de loje	2,46364	
4	Masa fructului	46,37500	6 – Buian jioltâi, 11 – Oranjevîe sosulki, 14 – Luci, 15 – Alex, 25 – Breeding Line, 26 – Malinovy Retro, 30 – Red Cerry, 31 – Mia.
	Înălțimea fructului	58,65000	
	Diametrul fructului	37,53750	
	Grosimea pericarpului	5,15000	
	Grosimea mezocarpului	23,35000	
	Numărul de loje	2,95000	

Evaluarea numărului de fructe per plantă, masei fructului și productivității per plantă la lotul luat în studiu, a scos în evidență o variabilitate destul de înaltă (Figura 4.3). Numărul de fructe per plantă a variat în limitele 8-24 fructe. Un număr mai mare de 20 fructe s-a înregistrat la soiurile Dolgonosic, Roma, Formă locală, Flacăra (Figura 4.3 A).

Masa fructului a variat de la 6,9 g (Formă locală 1, R. Moldova) până la 60,5 (Lampa Aladina) (Figura 4.3 B), iar productivitatea per plantă – 0,186 …0,91 kg. După cum se vede din Fig. 3 C, productivitatea la formele luate în studiu a fost destul de joasă ceea ce ne dovedește că condițiile pedoclimatice ale acestui an au fost destul de severe pentru cultivarea tomatelor și realizarea potențialului de productivitate în lipsa sistemului de irigare.

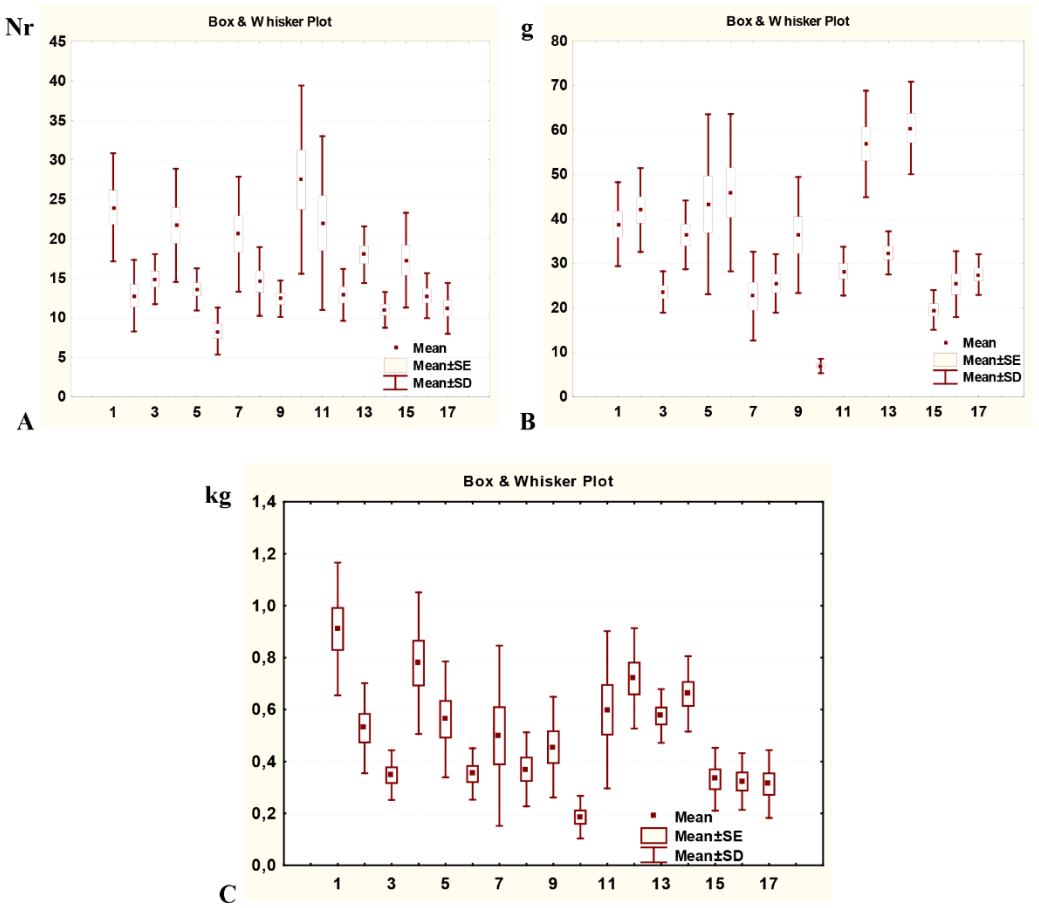


Figura 4.3. Variabilitatea caracterelor de productivitate la tomate: A – numărul de fructe pe plantă, B – masa fructului, C – productivitatea per plantă.

Pe orizontală: 1 – Rufina, 2 – Cearovnița, 3 – Rosinca, 4 – Dolgonosic, 5 – Viking, 6 – MilOrang, 7 – Roma, 8 – Luci, 9 – Alex, 10 – Formă locală 1 (R. Moldova), 11 – Flacăra, 12 – L 10B (Buzău), 13 – Vrojainii, 14 – Lampa Aladina, 15 – De-barao jioltai, 16 – Anna Gherman, 17 – Mia.

4.2. Gradul de dominare a precocității și productivității la tomate

În baza cercetărilor multianuale, Dascalov [109, 110] a constatat că perioada de vegetaţie scurtă, rata florilor, ovarelor căzute şi coacerea timpurie a unui număr mare de fructe se manifestă conform tipului dominant sau supradominant. S-a constatat că precocitatea poate fi amplificată prin încrucişarea soirilor cu perioade interfazice diferite – scurte de la apariţia plantulelor în masă până la înflorire la un părinte şi de la înflorire până la coacere la alt părinte [111].

Unul din indicii genetici de bază care demonstrează tipul de moştenire în generaţia F_1 este gradul de dominaţie (h_p). În cercetare au fost incluse 9 combinaţii hibride şi formele parentale, evaluate în baza precocităţii, productivităţii şi caracterelor fructului [90].

Gradul de dominaţie (h_p) a fost calculat în baza formulei [105]:

$$h_p = F_1 - 0{,}5\,(P_1+P_2)/\ H_p - 0{,}5\,(P_1+P_2), \qquad (4.1)$$

în care F_1 – valoarea medie a caracterului la generaţia F_1;

P_1, P_2 – valorile medii ale caracterului la formele parentale;

H_p – valoarea medie a caracterului evaluat la cea mai bună formă parentală.

Analizele clusteriene au fost efectuate prin construirea dendrogramei de distribuţie în baza algoritmului aglomerativ-iteraţional (metoda Ward) şi a metodei centroide (*k*-medii) [81]. În cadrul metodei *k-mediilor* au fost programate 3-4 clustere după posibilele valori ale caracterelor: mici, medii şi înalte.

Observaţiile fenologice efectuate pe parcursul perioadei de vegetaţie au demonstrat diferenţe mari între fazele de dezvoltare în dependenţă de soi, combinaţii hibride şi condiţii climatice (Tabelul 4.5).

Tabelul 4.5. Variabilitatea fenotipică a perioadelor interfazice la tomatele

Nr.	Varianta	Perioadă interfazică, zile		Perioadă de vegetaţie, zile
		Apariţia plantulelor în masă - începutul înfloririi	Începutul înfloririi - începutul coacerii	
1	Mary Gratefully	60	53	113
2	Pontina	65	57	122
3	F_1 Mary Gratefully x Pontina	65	52	117
4	Prestij	64	52	116
5	F_1 Prestij x Pontina	66	51	117
6	F_1 Pontina x Prestij	64	54	118
7	Roma	65	57	122
8	F_1 Prestij x Roma	65	45	110
9	F_1 Formă locală Timişoara x Mary Gratefully	68	51	119
10	Formă locală (Timişoara)	74	53	127
11	Florina	74	54	128

12	F_1 Mary Gratefully x Florina	72	53	125
13	F_1 Deșteptarea x Florina	72	50	122
14	Deșteptarea	70	52	120
15	F_1 Deșteptarea x Pontina	65	58	123
16	F_1 Roma x Deșteptarea	62	53	115

Datele prezentate demonstrează o variabilitate semnificativă a perioadei interfazice *apariţia plantulelor în masă - începutul înfloririi* (Tabelul 4.5). O înflorire mai târzie s-a observat la soiurile Formă locală Timișoara, Florina (74 zile) şi Deșteptarea (70 zile), iar mai timpurie – la Mary Gratefully (60 zile). Astfel, acest caracter în anul de studiu a variat de la 60 la 74 zile. Analiza datelor variabilității fenotipice a perioadei interfazice *înflorire - începutul coacerii*, a demonstrat deosebiri neesenţiale la soiurile studiate care s-au încadrat în limitele 50-57 zile, cu excepția combinației hibride F_1 Prestij x Roma, la care perioada respectivă a fost de 45 zile. O perioadă mai mare s-a înregistrat la soiul Pontina, Roma (57 zile) și combinația hibridă F_1 Deșteptarea x Pontina care pot fi cu succes utilizate în ameliorare la crearea soiurilor tardive.

Pentru obținerea hibrizilor F_1, s-au efectuat încrucișări între formele parentale cu diferit grad de precocitate.

Cercetarea gradului de dominaţie a precocității la tomate, la formele evaluate în anul 2020 a demonstrat că conform nivelului (mare/mic) și orientării (+/-) parametrul a fost diferit și a depins de combinație. În majoritatea cazurilor, la hibrizii F_1 s-a manifestat dominanţa intermediară sau supradominanţa negativă a caracterului. La combinaţiile studiate, h_p a variat de la supradominanţă negativă până la supradominanţă pozitivă. Din 9 combinații studiate, dominare incompletă/completă/supradominare negativă la hibrizii F_1 pentru prima perioadă interfazică s-a constatat în 3 cazuri, pentru a 2-a perioadă – în 7 și pentru întreaga perioadă de vegetație – în 7 cazuri (Tabelul 4.6).

Pentru crearea genotipurilor timpurii prezintă interes combinaţiile hibride, care au manifestat supradominare negativă, adică perioadă de vegetaţie mai scurtă. Din această categorie de hibrizi fac parte 2 combinaţii – Prestij x Roma, Roma x Deșteptarea.

Datele obținute relevă că crearea soiurilor timpurii de tomate se poate realiza și accelera prin identificarea combinațiilor hibride F_1 care manifestă dominanță/ supradominanță negativă a perioadelor interfazice *apariția plantulelor – începutul înfloririi, înflorire – începutul coacerîi.* Astfel de combinații s-au dovedit a fi Pontina x Prestij și Roma x Deșteptarea.

Tabelul 4.6. Gradul de dominație a perioadei de vegetație și perioadelor interfazice la combinațiile hibride F_1 de tomate (a. 2020)

Combinație hibridă	Apariția plantulelor în masă-începutul înfloririi, zile			h_p	Înflorire-începutul coacerii, zile			h_p	Perioada de vegetație, zile			h_p
	P_1	P_2	F_1		P_1	P_2	F_1		P_1	P_2	F_1	
Mary Gratefully x Pontina	60	65	65	+1,0	53	57	52	-1,5	113	122	117	-0,1
Prestij x Pontina	64	65	66	+3,0	52	57	51	-1,4	116	122	117	-0,7
Pontina x Prestij	65	64	66	-1,0	57	52	51	-0,2	122	116	117	-0,3
Prestij x Roma	64	65	65	+1,0	52	57	45	-0,5	116	122	110	-3,0
Formă locală Timișoara x Mary Gratefully	74	60	68	+0,1	53	53	51	0,0	127	113	119	-0,14
Mary Gratefully x Florina	60	74	72	+0,7	53	54	53	-1,0	113	128	125	+0,6
Deșteptarea x Florina	70	74	72	0,0	52	54	50	-3,0	120	128	122	-0,5
Deșteptarea x Pontina	70	65	65	-1,0	52	57	58	+1,4	120	122	123	+2,0
Roma x Deșteptarea	65	70	62	-2,2	57	52	53	-0,2	122	120	115	-6,0

Notă: -0,0<hp <-1 – supradominație negativă; -1<hp<-0,5 – dominație negativă; -0,5<hp<+0,5 – dominație intermediară; +0,5<hp<+1 – dominație pozitivă; +1<hp< +00 – supradominație pozitivă [105].

Evaluarea genotipurilor în baza caracterului fructului a pus în evidență o variabilitate destul de înaltă (Tabelul 4.7). La lotul luat în studiu, cel mai înalt coeficient de variație s-a înregistrat pentru caracterul masa fructului, media fiind de 35,2%. Datele au demonstrat un diapazon larg al variabilității caracterelor *lungimea* și *lățimea fructului*, *grosimea mezocarpului* și *pericarpului*, *numărul de loje*, media parametrilor constituind 11,4; 13,6%; 14,4; 17,0 și 18,9%, respectiv, ceea ce demonstrează o variabilitate medie a genotipurilor din lotul cercetat, conform caracterelor menționate.

Tabelul 4.7. Variabilitatea fenotipică a unor caractere ale fructului la formele de tomate din câmpul de hibrizi

Nr.	Masa fructului, g		Lungimea fructului, mm		Lățimea fructului, mm	
	$x \pm m_x$	V,%	$x \pm m_x$	V,%	$x \pm m_x$	V,%
1	62,4±8,2	59,0	42,8±1,44	15,2	46,9±1,94	18,6
2	105,6±5,6	19,8	52,3±0,89	6,4	60,0±1,82	11,4
3	43,5±2,5	11,4	39,3±1,03	5,3	41,8±0,63	3,1
4	66,7±7,0	36,4	45,6±1,66	12,7	47,4±2,20	16,0
5	80,8±9,5	35,2	50,3±1,97	11,7	51,2±2,53	14,8
6	44,6±4,3	35,0	40,8±1,20	10,6	42,6±1,71	14,6
7	28,0±2,9	33,7	37,8±1,07	11,7	36,3±1,34	15,3
8	35,7±3,0	11,2	38,2±1,18	11,6	38,9±1,30	12,6
9	99,7±8,9	32,6	52,3±1,34	11,3	54,8±1,56	12,4
10	118,6±15,5	57,0	49,2±2,13	18,3	60,3±2,41	17,4
11	124,7±10,9	39,2	52,0±1,08	9,3	64,1±1,52	10,6
12	106,1±6,6	27,9	50,9±0,86	7,7	56,0±1,52	12,1
13	102,6±10,0	43,4	50,2±1,39	12,4	56,2±1,82	14,5
14	84,6±10,0	47,3	45,4±1,42	12,6	53,8±2,11	15,8
15	85,3±8,7	43,2	51,8±1,70	13,9	53,8±1,96	15,5
16	42,5±2,3	31,5	42,7±1,07	11,2	40,2±1,09	12,2
Medie		***35,2±3,4***		***11,4+0,8***		***13,6+0,9***

continuare

Nr.	Grosimea pericarpului, mm		Grosimea mezocarpului, mm		Numărul de loje	
	$x \pm m_x$	V,%	$x \pm m_x$	V,%	$x \pm m_x$	V,%
1	5,0±0,22	20,0	38,4±1,29	15,1	3,2±0,17	25,0
2	5,9±0,35	16,9	39,3±1,56	11,2	4,1±0,30	20,1
3	4,5±0,29	13,3	34,0±1,35	7,9	3,3±0,25	15,2
4	4,2±0,17	12,8	40,8±1,80	15,2	4,2±0,27	22,5
5	5,2±0,15	8,4	44,3±2,45	16,6	3,4±0,18	15,4
6	4,5±0,14	10,9	36,1±1,64	16,4	2,6±0,14	19,5
7	4,5±0,15	13,7	30,2±1,20	16,6	2,8±0,14	20,3
8	5,0±0,20	16,0	34,1±0,91	10,3	2,8±0,11	15,4
9	4,8±0,20	12,4	45,3±1,52	14,6	4,0±0,15	16,8
10	5,3±0,29	24,5	54,6±1,83	14,7	5,2±0,20	16,3
11	7,3±0,36	22,1	45,8±1,71	16,7	4,4±0,22	22,5
12	5,7±0,28	22,8	42,0±1,30	13,8	4,3±0,14	15,1
13	5,5±0,22	18,2	43,3±1,13	11,6	4,4±0,18	18,6
14	5,1±0,14	11,8	44,6±1,65	14,8	3,8±0,19	20,5
15	5,4±0,31	24,6	43,8±1,84	17,8	3,8±0,20	20,9
16	5,1±0,26	23,5	27,3±1,04	17,2	2,7±0,11	18,5
Medie		***17,0+1,4***		***14,4+0,7***		***18,9+0,8***

Prin analiză clusteriană (*metoda Ward*), s-a constatat că între soiurile și combinațiile hibride create au existat diferențe de similitudini în ceea ce privește caracterele cercetate – masa fructului, lungimea fructului, înălțimea fructului, grosimea pericarpului, grosimea mezocarpului, numărul de loje (Figura 4.4).

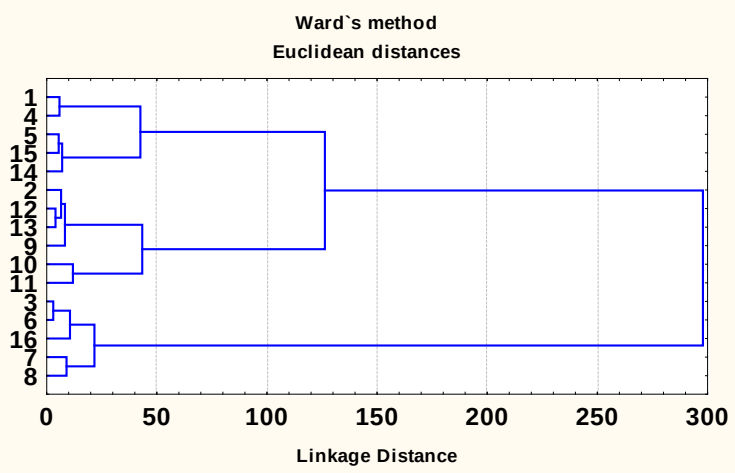


Figura 4.4. Dendrograma de repartiție a genitorilor, descendenților și F_1 de tomate în baza *caracterelor fructului.*

Pe verticală: 1 – Mary Gratefully, 2 – Pontina, 3 –F_1 Mary Gratefully x Pontina, 4 – Prestij, 5 – F_1 Prestij x Pontina, 6 – F_1 Pontina x Prestij, 7 – Roma, 8 – F_1 Prestij x Roma, 9 – F_1 Formă locală Timișoara x Mary Gratefully, 10 – Formă locală (Timișoara), 11 – Florina, 12 – F_1 Mary Gratefully x Florina, 13 – F_1 Deșteptarea x Florina, 14 – Deșteptarea, 15 – F_1 Deșteptarea x Pontina, 16 – F_1 Roma x Deșteptarea.

Au fost identificate clustere de genotipuri cu caractere similare ale fructului. Astfel, se observă că combinațiile hibride F_1 Prestij x Pontina, F_1 Deșteptarea x Pontina manifestă similitudine înaltă cu soiurile Mary Gratefully, Prestij, Deșteptarea, iar F_1 Mary Gratefully x Pontina, F_1 Pontina x Prestij, F_1 Prestij x Roma, F_1 Roma x Deșteptarea – cu soiul Roma.

Analiza clusteriană (metoda *k*-mediilor) a demonstrat că varianţa interclusteriană a fost mult mai înaltă decât cea intraclusteriană pentru *masa fructului*, *înălțimea fructului*, *diametrul fructului* și *grosimea mezocarpului*, ceea ce denotă că aceste caractere au manifestat o capacitate discriminantă înaltă la clasificarea genotipurilor în clustere. În cazul *grosimii pericarpului* și *numărului de loje,* varianţa interclusteriană a fost mai joasă decât cea intraclusteriană, aceasta fiind o dovadă că între genotipuri nu a existat o deosebire semnificativă pe baza acestor caractere (Tabelul 4.8).

Tabelul 4.8. Analiza varianței inter- şi intraclusteriene a caracterelor fructului

Caracter	Varianță interclusteriană	df	Varianță intraclusteriană	df	F	p
Masa fructului	13635,70	2	1134,839	13	78,101	0,000
Înălțimea fructului	358,82	2	80,275	13	29,055	0,000
Diametrul fructului	945,10	2	131,753	13	46,626	0,000
Grosimea pericarpului	2,19	2	6,144	13	2,312	0,138
Grosimea mezocarpului	473,76	2	216,195	13	14,244	0,001
Numărul de loje	6,64	2	1,800	13	23,969	0,000

Clasificarea formelor parentale și hibrizilor F_1 în trei clustere în baza caracterelor fructului a demonstrat că în calitate de membri ai *clusterului* 1 au fost: Mary Gratefully, Prestij, Deșteptarea, F_1 Prestij x Pontina, F_1 Deșteptarea x Pontina; *clusterului 2:* Pontina, Florina, Formă locală (Timișoara), F_1 Formă locală Timișoara x Mary Gratefully, F_1 Mary Gratefully x Florina, F_1 Deșteptarea x Florina; *clusterului* 3: Roma, F_1 Mary Gratefully x Pontina, F_1 Pontina x Prestij, F_1 Prestij x Roma, F_1 Roma x Deșteptarea. Genitorii și hibrizii din clusterele 1 și 2 au prezentat valori mai înalte, comparativ cu clusterul 3 (Tabelul 4.9).

Tabelul 4.9. Analiza descriptivă a clusterelor

Cluster	Caracter	x	Genotip
1	Masa fructului	76,0	1 – Mary Gratefully, 4 – Prestij, 5 – F_1 Prestij x Pontina, 14 – Deșteptarea, 15 – F_1 Deșteptarea x Pontina
	Înălțimea fructului	47,2	
	Diametrul fructului	50,6	
	Grosimea pericarpului	5,0	
	Grosimea mezocarpului	42,4	
	Numărul de loje	3,7	
2	Masa fructului	109,6	2 – Pontina, 9 – F_1 Formă locală Timișoara x Mary Gratefully, 10 – Formă locală (Timișoara), 11 – Florina, 12 – F_1 Mary Gratefully x Florina, 13 – F_1 Deșteptarea x Florina
	Înălțimea fructului	51,2	
	Diametrul fructului	58,6	
	Grosimea pericarpului	5,6	
	Grosimea mezocarpului	45,1	
	Numărul de loje	4,4	
3	Masa fructului	38,9	3 – F_1 Mary Gratefully x Pontina, 6 – F_1 Pontina x Prestij,
	Înălțimea fructului	39,8	

	Diametrul fructului	40,0	7 – Roma, 8 – F_1 Prestij x Roma, 16 – F_1 Roma x Deșteptarea
	Grosimea pericarpului	4,7	
	Grosimea mezocarpului	32,3	
	Numărul de loje	2,8	

Ca rezultat al evaluării productivității combinațiilor hibride și formelor parentale s-a constatat o variabilitate destul de înaltă, încadrată în limitele 21,4...32,4 t/ha la formele parentale și 29,1...40,9 t/ha la combinațiile hibride F_1 (Tabelul 4.10).

Tabelul 4.10. Manifestarea caracterelor de productivitate la formele parentale și combinațiile hibride F_1

Genitor, hibrid F_1	Recolta totală, t/ha	Recolta marfă, t/ha	Fructe marfă, %
Mary Gratefully	25,4	22,7	89,4
Pontina	28,9	26,0	90
F_1 Formă locală Timișoara x Mary Gratefully	29,8	26,9	90,3
Formă locală Timișoara	25,0	22,1	88,4
Florina	32,4	29,2	90,1
F_1 Mary Gratefully x Florina	35,8	33,2	92,7
F_1 Deșteptarea x Florina	40,9	37,0	90,5
Deșteptarea	28,8	26,6	92,4
F_1 Deșteptarea x Pontina	33,5	30,6	91,3
F_1 Roma x Deșteptarea	29,1	25,7	88,3
Roma	21,4	19,1	89,3

Cea mai înaltă productivitate s-a înregistrat la hibrizii F_1 Deșteptarea x Florina (40,9 t/ha), la genitorii Deșteptarea și Florina recolta generală fiind 28,8 și 32,4 t/ha, respectiv. O productivitate relativ înaltă în acest an extrem de nefavorabil au înregistrat combinațiile hibride F_1 Deșteptarea x Pontina (33,5 t/ha) și F_1 Mary Gratefully x Florina (33,2 t/ha). Cota fructelor marfă s-a dovedit a fi destul de înaltă şi a variat în limitele 88,3... 92,7%.

Cercetarea gradului de dominație a însușirilor biologice şi de productivitate la tomate, la formele evaluate în anul 2020 a demonstrat că conform nivelului (mare/mic) și orientării (+/-) parametrul a fost diferit și a depins de combinație și caracter. În 33 din 45 cazuri, la hibrizii F_1 s-a manifestat dominanţă intermediară, pozitivă sau supradominanţa pozitivă a caracterului (Tabelul 4.11).

Tabelul 4.11. Gradul de dominație a unor caractere ale fructului și productivității la tomate (a. 2020)

Caracter	Formă locală x Mary Gratefully	Mary Gratefully x Florina	Deșteptarea x Florina	Deșteptarea x Pontina	Roma x Deșteptarea
Recolta generală	+23,0	+2,0	+5,4	+92,0	-1,0
Recolta marfă	+6,7	+1,9	+7,0	+2,2	+0,8
Cota fructelor marfă	+2,8	+9,7	-0,7	+0,1	-1,6
Masa fructului	+0,3	+0,4	-0,1	-0,9	-0,5
Lungimea fructului	+2,0	+0,6	+0,5	+0,9	+0,3
Diametrul fructului	+0,2	+0,1	-0,5	-1,0	-0,6
Grosimea pericarpului	-4,0	-0,5	-0,6	-0,3	+1,0
Grosimea mezocarpului	-0,15	-0,02	-3,2	+0,8	-1,4
Numărul de loje seminale	-0,2	+0,8	+1,0	-2,0	-1,2

Notă: -0,0<hp <-1 – supradominație negativă; -1<hp<-0,5 – dominație negativă; -0,5<hp<+0,5 – dominație intermediară; +0,5<hp<+1 – dominație pozitivă; +1<hp< +00 – supradominație pozitivă [105].

S-a constatat că din 45 variante (5 hibrizi x 9 caractere), h_p a avut valori pozitive pentru 55,6% cazuri ceea ce relevă manifestarea părintelui cu valori înalte ale caracterului.

4.3. Variabilitatea și heritabilitatea rezistenței genotipurilor de tomate la patogenii fungici *Alternaria alternata* și *Fusarium* spp.

Printre factorii care afectează în mare măsură productivitatea şi calitatea fructelor la tomate pot fi menţionaţi *temperatura joasă*, în special, la etape timpurii ale ontogenezei [14, 28, 56, 58], *arșița* în timpul verii [11, 55, 79], maladiile fungice *fuzarioza radiculară* şi *alternarioza* [52, 59].

În condiţiile Republicii Moldova, în ultimul timp la tomate se atestă cu frecvență înaltă patogenii fungici *Fusarium* spp. care cauzează putrezirea rădăcinilor la diferite etape de dezvoltare, slăbirea şi ofilirea plantelor şi *Alternaria* spp. ce se manifestă prin pătarea brună a frunzelor, lăstarilor, fructelor şi putrefacția rădăcinii [49, 51, 60].

Tehnologiile performante, soiurile rezistente, tratamentele chimice sunt considerate ca factori de bază printre măsurile eficiente de management al bolilor la tomate. Durata de viaţă a soiurilor rezistente, recomandate de obicei pentru producere, adesea este limitată din cauza apariţiei noilor rase ale diferiţilor patogeni care depăşesc rezistenţa genelor soiurilor cultivate [4].

Soiurile şi hibrizii care se caracterizează printr-o stabilitate înalta a productivității în diferite condiţii ecologice au o mare importanţă pentru agricultură. Aşa dar, obţinerea recoltelor stabile la plantele legumicole, inclusiv la tomate, micşorarea pierderilor din cauza bolilor si factorilor nefavorabili de mediului poate fi realizată prin crearea soiurilor rezistente, cu stabilitate ecologică şi plasticitate înaltă [15, 59, 103].

Genofondul tomatelor de cultură al Institutului de Genetică, Fiziologie şi Protecție a Plantelor USM are în prezent peste 900 de mostre ce reprezintă mostre de origine locală, colectate de la cultivatorii amatori; soiuri din cadrul IGFPP implicate în selecția tomatelor; soiuri achiziționate din vânzări cu amănuntul, care au aparținut diferitelor companii de semințe din străinătate. În prezent, genofondul este completat cu mostre create în institut, obținute prin cooperare științifică și schimbul de material între instituțiile științifice și băncile de gene de peste hotare.

Evaluarea resurselor genetice vegetale se bazează pe diferențierea lor în funcție de cele mai importante caracteristici cu evidențierea formelor care au capacitate de transmitere ereditară, oferind astfel oportunități pentru utilizarea lor în ameliorare.

Scopul cercetării noastre a fost de a determina efectul patogenilor fungici *Alternaria alternata* şi *Fusarium* spp. asupra organelor de creștere și dezvoltare ale plantelor de tomate în ontogeneză timpurie, cât și particularitățile de variabilitate genetică, fenotipică și ereditate a caracterelor.

În calitate de material pentru cercetare au servit 6 soiuri şi 4 linii de tomate. Liniile și soiurile Kristina, Florina, Măriuca, Darsirius, sunt de origine românească de la Stațiunea de Cercetare-Dezvoltare pentru Legumicultură Buzău. Experienţele au fost efectuate în condiţii de laborator și de câmp, pe terenul experimental al Institutului de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor. Rezistența la atacul patogenilor s-a apreciat în condiţii de laborator.

Pentru testări au fost utilizate filtratele de cultură (FC) ale fungilor *Fusarium oxysporum, F. solani* şi *A. alternata* (izolate din plante bolnave de tomate), preparate prin inocularea miceliului în mediul lichid Czapek-Dox şi cultivarea, ulterioară, la temperatura 22-24ºC timp de 21 zile.

Seminţele de tomate au fost tratate cu FC ale fungilor timp de 18 ore. În calitate de martor au servit seminţele menţinute în apa distilată. Cultivarea plantulelor a avut loc în cutii Petri pe hârtie de filtru umectată cu apă distilată, la temperatura: 22-24ºC, timp de 6 zile. În calitate de indici-test ai reacţiei plantelor, au servit importante caractere de

creştere şi dezvoltare ale tomatelor la etapă timpurie a ontogenezei – germinaţie, lungimea radiculei şi lungimea tulpiniţei.

Pentru analiza variabilităţii genetice, heritabilităţii şi progresului genetic au fost aplicate formulele (3.1 – 3.6).

Soiurile şi liniile din colecţie care deţin un complex de caractere utile, au fost testate în condiţii de laborator în vederea stabilirii reacţiei la filtratele de cultură ale patogenilor *F. oxysporum, F. solani şi A. alternata* în baza germinaţiei seminţelor, lungimii radiculei embrionare şi a tulpiniţei. S-a constatat o reprimare puternică a germinaţiei seminţelor, creşterii şi dezvoltării radiculei embrionare, tulpiniţei. Este de menţionat că reacţia plantelor a depins de genotip, caracterul analizat şi specia de fung. După cum rezultă din datele prezentate, influenţa FC asupra germinaţiei seminţelor la genotipurile de tomate incluse în studiu a fost diferită (Figura 4.5).

De exemplu FC *F. oxysporum* a inhibat germinaţia seminţelor cu 1,6…30,3%, iar *F. solani* cu 5,8...46,4%. Sub influenţa FC *A. alternata* inhibarea a fost de 10,0…44,9%. Reprimare semnificativă s-a înregistrat la soiul Florina sub influenţa FC *F. oxysporum* (-30,3% faţă de martor) şi liniile L 66 (-19,4%), L 11 (-16,4%).

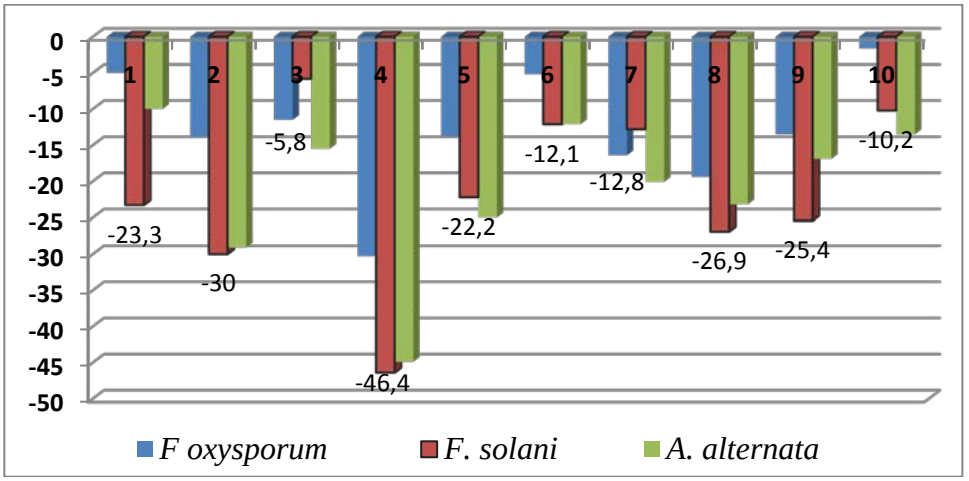


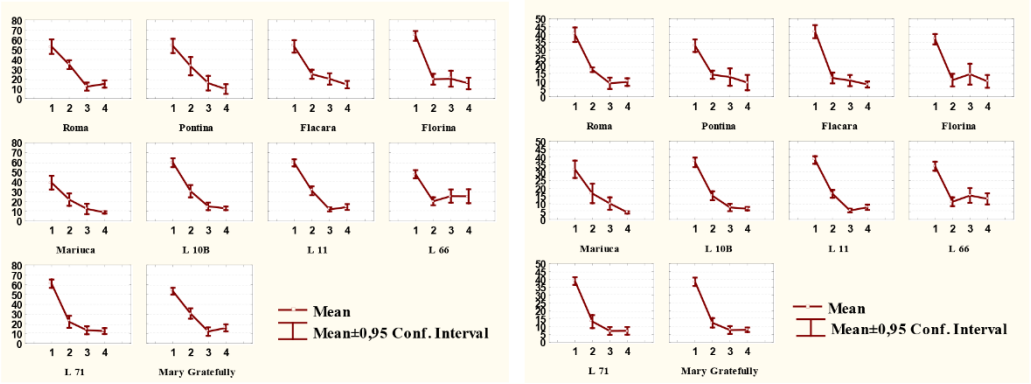
Figura 4.5. Influenţa filtratelor de cultură asupra germinaţiei seminţelor (%) liniilor de perspectivă şi soiurilor de tomate.

1 – Roma, 2 – Pontina, 3 – Flacăra, 4 – Florina, 5 – Măriuca, 6 – L 10 B, 7 – L 11, 8 – L 66, 9 – L 71, 10 – Mary Gratefully.

În varianta cu FC *F. solani* s-a remarcat inhibare puternică a caracterului la soiurile Florina, Pontina, Roma, L 66, L 71: -46,4, -30,0, -23,3, -26,9, -25,4%, şi inhibare nesemnificativă la soiurile Flacăra şi Mary Gratefully: -5,8 şi -10,2%, respectiv, faţă de martor. Sub influenţa FC *A. alternata* inhibare semnificativă s-a atestat la soiurile Florina

(-44,9%), Pontina (-29,1%), Măriuca (-25,0%) şi liniile L 66 (-23,2), L 11 (-20,1%). O inhibare mai joasă de 15% pentru toate FC utilizate s-a înregistrat la soiurile Flacăra, Mary Gratefully şi L 10B, ele prezentând astfel interes pentru programele de ameliorare ca posibile surse de rezistenţă la aceşti patogeni fungici.

S-a constatat că în cazul radicelei, genotipurile au manifestat sensibilitate destul de înaltă la FC (Figura 4.6). Astfel, filtratele de cultură sus-menţionate au inhibat creşterea radicelei în limitele -35,0….-82,0% faţă de martor. Genotipurile evaluate au fost cel mai puternic influenţate de *F. solani* şi *A. alternata,* valorile medii în raport cu martorul variind în limitele -46,9…-80,3% şi -47,1…-82,0%, respectiv. S-au atestat reprimări puternice la L 71, Florina, L 66, Flacăra în varianta cu FC *F. oxysporum.* În 8 cazuri din 30 s-a atestat o inhibare a creşterii radicelei embrionare în limitele -35,0…-47,9% comparativ cu seminţele netratate. Deci, nu au fost atestate genotipuri rezistente, dar totuşi, cea mai joasă sensibilitate la FC studiate s-a înregistrat la linia L 66.



A **B**

Figura 4.6. Influenţa filtratelor de culturi *F. oxysporum, F. solani, A. alternata* asupra creşterii radicelei (A) şi tulpiniţei (B) de tomate (mm)

Pe orizontală - variante: *1- martor, 2 – F. oxysporum, 3 – F. solani, 4 – A.alternata*

În cazul lungimii tulpiniţei, s-a identificat un diapazon mai larg al variabilităţii ca răspuns la FC ale ciupercilor. Inhibarea tulpiniţei în raport cu martorul a variat în limitele -48,3…-71,1% în cazul ciupercii *F. oxysporum,* -55,0… -84,7% – *F. solani,* -61,2… -85,7% – *A. alternata*. Ca şi în cazul radicelei, genotipurile au fost cel mai puternic influenţate de *F. solani şi A. alternata.* De exemplu, în varianta cu FC *F. solani* s-a remarcat inhibare mai înaltă de 60,0% la toate genotipurile, cu excepţia liniei L 66 la care creşterea tulpiniţei a fost inhibată cu 55,0%, deci destul de puternic şi în acest caz (Figura 4.6).

În baza analizei dendrogramelor de distribuţie (*Ward`s method*) a soiurilor şi liniilor de tomate s-au constatat similitudini şi diferenţe de repartiţii în ceea ce priveşte reacţia radicului embrionare, tulpiniţei şi germinației la metaboliţii fungici (Figura 4.7). Cea mai înaltă similitudine în cazul radicului embrionare s-a constatat pentru L 10 B și L 11, a tulpiniței – L 71 și Mary Gratefully, iar a germinației Pontina și L 66, Flacăra și L 11 care au format cele mai mici clustere. Celelate genotipuri s-au deosebit atăt de martor, cât și între ele.

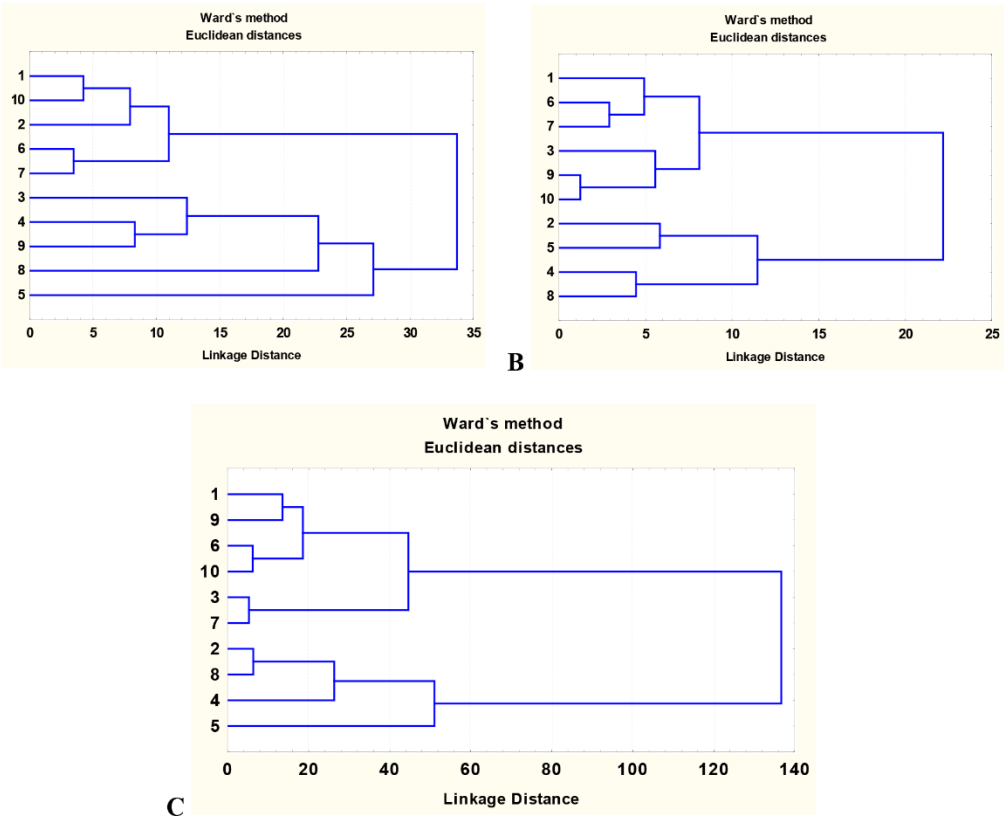


Figura 4.7. Dendograma de repartiţie a soiurilor și liniilor de tomate în baza reacţiei radicului embrionare (A), tulpiniţei (B) și germinației (C) la ciupercile *F. oxysporum, F. solani, A. alternata*

1 – Roma, 2 – Pontina, 3 – Flacăra, 4 – Florina, 5 – Măriuca, 6 – L 10 B, 7 – L 11, 8 – L 66, 9 – L 71, 10 – Mary Gratefully.

Analiza clusteriană (metoda *k*-mediilor) a demonstrat că pentru toate cele 3 caractere studiate, în varianta martor varianţa interclusteriană a fost mult mai înaltă decât ce intraclusteriană, ceea ce denotă că cele 10 genotipuri luate în studiu au manifestat deosebiri pronunţate (Tabelul 4.12).

Tabelul 4.12. Analiza varianței inter- şi intraclusteriene la interacţiunea genotipurilor de tomate cu unii patogeni fungici

Variantă	Varianță interclusteriană	df	Varianță intraclusteriană	df	F	p
Germinaţie						
Martor (H_2O)	1079,601	2	180,468	7	20,94	0,00
FC *F. oxysporum*	1555,205	2	435,800	7	12,49	0,01
FC *F. solani*	761,029	2	517,560	7	5,15	0,04
FC *A. alternata*	1575,296	2	381,188	7	14,46	0,00
Lungimea radiculei						
Martor (H_2O)	267,589	2	202,735	7	4,62	0,05
FC *F. oxysporum*	176,494	2	111,702	7	5,53	0,04
FC *F. solani*	160,621	2	31,820	7	17,67	0,00
FC *A. alternata*	85,309	2	96,880	7	3,08	0,11
Lungimea tulpiniţei						
Martor (H_2O)	68,203	2	20,398	7	11,70	0,01
FC *F. oxysporum*	21,757	2	28,088	7	2,71	0,13
FC *F. solani*	79,243	2	16,118	7	17,21	0,00
FC *A. alternata*	26,683	2	19,773	7	4,72	0,05

O mare importanţă pentru separarea reuşită în clustere are capacitatea de discriminare a caracterelor şi a factorilor luaţi în calitate de cazuri – germinaţia, lungimea radiculei, lungimea tulpiniţei. Putem observa că la modul general, varianţele interclusteriană şi intraclusteriană au fost mult mai ridicate pentru germinaţie, urmată de lungimea radiculei şi lungimea tulpiniţei.

În cazul germinaţiei, separarea genotipurilor în clustere a fost reuşită pentru toate cele 4 variante – martor, FC *F. oxysporum*, FC *F. solani* şi FC *A. alternata*. S-a observat că FC *A. alternata* a fost un factor cu putere slabă de diferenţiere a genotipurilor în baza lungimii radiculei, iar FC *F. oxysporum* – a lungimii tulpiniţei, ceea ce denotă că caracterele respective ale genotipurilor de tomate luate în studiu n-au interacţionat specific cu aceşti patogeni.

Prin clasificarea genotipurilor în baza celor 3 caractere, s-a constatat că în varianta martor clusterul 1 a fost format din 6 genotipuri – Roma, Florina, L 10B, L11, L71 şi Mary Gratefully, cu cele mai înalte valori ale caracterelor analizate: germinaţia – 96,38%; lungimea radiculei – 58,43 mm şi lungimea tulpiniţei – 38,1 mm. În varianta cu FC, 4 din genotipurile menţionate – Roma, L 10B, L71 şi Mary Gratefully au format clusterul 3, cu cele mai înalte valori ale germinaţiei – 85,59%, lungimea radiculei şi tulpiniţei fiind practic egale în cele 3 clustere, ceea ce denotă că germinaţia, comparativ cu alte 2 caractere, a fost un factor cu capacitate discriminantă mai înaltă (Tabelul 4.13).

Tabelul 4.13. Analiza descriptivă a clusterelor

Martor			
Cluster	**Caracter**	**x**	**Genotip**
1	Germinaţie, %	96,38	1 – Roma, 4 – Florina, 6 – L 10B, 7 – L 11, 9 – L 71, 10 – Mary Gratefully
	Lungimea radiculei, mm	58,43	
	Lungimea tulpiniţei, mm	38,1	
2	Germinaţie, %	60,0	5 – Măriuca
	Lungimea radiculei, mm	39,1	
	Lungimea tulpiniţei, mm	32,1	
3	Germinaţie, %	85,60	2 – Pontina, 3 – Flacăra, 8 – L 66
	Lungimea radiculei, mm	51,63	
	Lungimea tulpiniţei, mm	36,20	

Filtrate de culturi			
Cluster	**Caracter**	**x**	**Genotip**
1	Germinaţie, %	60,88	4 – Florina, 5 – Măriuca, 8 – L 66
	Lungimea radiculei, mm	18,80	
	Lungimea tulpiniţei, mm	11,86	
2	Germinaţie, %	76,64	2 – Pontina, 3 – Flacăra, 7 – L 11
	Lungimea radiculei, mm	19,42	
	Lungimea tulpiniţei, mm	10,74	
3	Germinaţie, %	85,59	1 – Roma, 6 – L 10B, 9 – L 71, 10 – Mary Gratefully
	Lungimea radiculei, mm	18,87	
	Lungimea tulpiniţei, mm	10,05	

Prelucrarea statistică a datelor experimentale prin analiză bifactorială a varianței a permis aprecierea gradului de influență a FC, genotipului, precum și interacțiunilor asupra variabilității caracterelor evaluate (Tabelul 4.14).

Tabelul 4.14. Analiza bifactorială a relaţiilor *genotip de tomate x patogen fungic*

Sursă de variaţie	**Grad de liber-tate**	**Lungimea radiculei,**		**Lungimea tulpiniţei**		**Germinaţia**	
		Suma medie a pătratelor	**Contri-buţia în sursa de variaţie, %**	**Suma medie a pătratelor**	**Contri-buţia în sursa de variaţie, %**	**Suma medie a pătratelor**	**Contri-buţia în sursa de variaţie, %**
Genotip	9	86,86	0,8	18,83	0,3	1524,5	46,1
Izolată	3	10366,06	97,9	5948,81	99,2	1608,2	48,6
Genotip x izolată	27	99,57	1,0	19,52	0,3	148,3	4,5
Efecte aleatorii	80	34,95	0,3	9,15	0,2	26,6	0,80

* - $p<0,05$.

S-a constatat că contribuția genotipului, fungului și interacțiunii *genotip x fung* a fost următoarea: pentru lungimea radiculei, – 0,8; 97,9; 1,0%; tulpiniță – 0,3; 99,2; 0,33%; germinație – 46,1; 48,60; 4,5%, respectiv. Astfel, factorul de fung este cel mai important pentru creșterea rădăcinii și tulpinii (97,9–99,2%). Este necesar de remarcat faptul că genotipul a jucat un rol destul de important pentru germinația semințelor, contribuția în sursa de variație fiind de 46,5%, ceea ce indică o plasticitate fenotipică relativ diferită a germinației semințelor de tomate la interacțiunea cu patogenii fungici.

Variațiile genotipice (σ^2_g) și fenotipice (σ^2_{ph}) au fost mult mai mari pentru germinație și lungimea radiculei decât pentru tulpiniță (Tabelul 4.15).

Tabelul 4.15. Variabilitatea genetică, fenotipică și heritabilitatea caracterelor de creștere ale plantulelor de tomate la interacțiunea cu patogenii *Fusarium* spp., *A.alternata*

Parametrul	Lungimea radiculei,	Lungimea tulpiniței	Germinația
σ^2_g	17,3	3,2	499,3
σ^2_{ph}	52,3	12,4	525,9
h^2	0,33	0,26	0,95
GCV, %	15,0	11,0	28,5
PCV, %	26,0	21,7	29,2
PCV – GCV, %	11,0	10,7	0,7
GA, %	43,3	42,0	35,9

Valorile coeficientului de heritabilitate în sens larg (h^2) indică o diferențiere semnificativă a capacității de moștenire a caracterelor aflate în studiu la interacțiunea cu patogenii menționați. Astfel, germinația deține cea mai înaltă capacitate de transmitere ereditară (0,95), după care urmează lungimea radiculei (0,33), apoi lungimea tulpiniței (0,26).

Menționăm că pentru germinația semințelor, coeficientul genotipic de variație a fost de 28,5%, ceea ce dovedește implicarea semnificativă a factorilor genetici în variabilitate, supoziție confirmată de diferența mică PCV-GCV (0,7%), care denotă influența slabă a filtratelor de culturi ale fungilor.

Progresul genetic (GA, %) înalt pentru organele de creștere studiate (35,9 ... 43,3%), în corelare cu h^2 de nivel mediu-înalt (0,26-0,95) al acestora oferă șanse de reușită pentru selectarea genotipurilor de tomate cu sensibilitate diminuată la patogenii *Fusarium* spp., *A.alternata* în termeni restrânși.

4.4. Influența interacțiunilor *tomate x temperatură* asupra variabilității și heritabilității organelor de creștere în ontogeneza timpurie

In Republica Moldova, schimbările climatice tot mai frecvente şi severe, în special seceta şi temperaturile înalte influențează în cel mai direct mod productivitatea și calitatea fructelor, iar stresul termic este un factor abiotic major care la nivel mondial limitează productivitatea culturilor, inclusiv a tomatelor, prezentând astfel o problemă importantă pentru securitatea alimentară [6, 8, 10, 11, 92]. Deși amploarea schimbărilor climatice nu poate fi prezisă cu exactitate, predicțiile specialiștilor în domeniu iau în calcul posibilele evenimente meteorologice extreme, riscurile și daunele asociate devenind tot mai semnificative [93].

Se preconizează că până la sfârșitul secolului '21 temperaturile globale vor crește în medie cu 1–3,7ºC față de nivelurile din anii 1986–2005 [38]. Provocările generate de schimbările climatice vor impune astfel implementarea unor strategii adecvate și rentabile de adaptare a soiurilor nou create în timp util la condițiile locale pentru o reducere eficientă a riscurilor [10, 29, 72].

Deși tomatele se cultivă în diferite zone ecologo-geografice, ele sunt deosebit de sensibile la temperaturi ridicate. Temperatura optimă pentru cultivarea tomatelor este de 25-30˚C ziua și 20ºC noaptea [16, 18, 76]. Creșterea cu câteva grade față de temperatura optimă poate afecta foarte mult organele de reproducere, în special viabilitatea polenului, dezvoltarea gameților și capacitatea de polenizare, ca consecință productivitatea micșorându-se considerabil [27, 70, 80].Temperaturile înalte pot provoca pierderi semnificative și deteriorări ale calității fructelor [27, 66, 71, 96].

Incorporarea rezistenței genetice în plantele de cultură este considerată cea mai eficientă și durabilă metodă de diminuare a efectelor condițiilor limitative. În scopul vizat, este necesară cunoașterea bazei genetice a reacției la factorii nefavorabili. Este de menționat că datorită naturii cantitative, rezistența depinde de un șir de factori, printre care putem menționa *genotipul, condițiile ambientale* și interacțiunile *genotip x mediu* [114].

Aprecierea mostrelor de tomate în baza rezistenței la temperaturi ridicate s-a efectuat conform capacității de creştere a radicului embrionare, tulpiniței și plantulei timp de 7 zile după menținerea acestora la temperaturi ridicate (40ºC și 42ºC) în decurs de 6 ore [56]. În calitate de martor au servit plantulele menținute constant la 24ºC.

Soiurile care au manifestat un complex de caractere valoroase din punct de vedere economic au fost testate la 3 nivele de temperatură: optimală – 25ºC și stresante: 40 și 42ºC. Testarea reacției tomatelor la temperatură înaltă s-a efectuat în condiții controlate. Semințele de tomate au fost plasate în cutii Petri între 2 foițe de hârtie de filtru umectate cu 6 ml de apă distilată. Pentru fiecare genitor/hibrid F_1 s-au utilizat 9 cutii a câte 30

semințe, dintre care 3 cutii au fost menținute constant timp de 7 zile la temperatura optimă de 25°C (martor). În cazul variantelor cu temperaturi stresante, cutiile Petri au fost menținute inițial timp de 3 zile la temperatură optimă, la ziua 4 zi au fost transferate în termostate cu temperaturile 40° și 42°C, câte 3 cutii în fiecare pentru 6 ore, după care au fost readuse în condiții de temperatură optimă până la ziua 7. Capacitatea de creștere a mostrelor la diferite temperaturi (25°, 40°, 42°C), a fost stabilită în baza lungimii radiculei embrionare, tulpiniței și plantulei integre [56].

S-a constatat că în condiții optime, *lungimea radiculei* a variat în limitele 21,4…47,8 mm, în timp ce la 40 ° C – 24,8 ... 51,3 mm (Figura 4.8 A). Gradul de inhibare a creșterii pentru formele studiate a variat în limitele -2,7 ... -51,0 (comparativ cu condițiile optime). S-a constatat o inhibiție puternică la soiurile Cearovnița (-34,8%), Flacăra (-35,1), Viking (-36,8%), Golden Jubilee (-51,0%). Sub influența temperaturii 42°C, s-a observat o inhibare semnificativă a creșterii radiculei la majoritatea soiurilor studiate: -6,5 ... -65,5%. Stimulare s-a atestat la soiul Mia – cu 11,0%. O inhibiție relativ joasă s-a constatat la soiul Vrojainii (-0,8%), Luci (-6,5%) și la Forma locală din Timișoara (-11,1%).

Lungimea tulpiniței in varianta martor a variat în limitele 15,5 ... 32,4 mm (Figura 4.8 B). Sub influența temperaturilor stresante, genotipurile au manifestat o reacție destul de diferențiată și variabilitate înaltă a caracterului: în 27 de cazuri s-a produs inhibiție (-9,7 ... -57,8%), și în 3 cazuri – stimularea creșterii tulpinii (+ 14,6, +41,9 și +2,7%). Comparativ cu temperatura optimă, nivelul de 40°C a inhibat semnificativ creșterea tulpiniței la 5 genotipuri, acest lucru fiind vizibil în special la soiurile Rufina, Cearovnita, Golden Jubilee, Flacăra – 39,3, 46,3, 51,4 și 46,6% mai jos de martor, respectiv. Cele mai rezistente au fost Forma locală din Timișoara și soiul Mia, la care lungimea tulpinței a fost mai mică în raport cu martorul cu 9,7 și 15,5%.

S-a constatat că temperatura de 42°C a inhibat creșterea tulpiniței la 12 genotipuri, care a variat în intervalul -1,2 ... -57,8%. S-a observat: i) inhibare semnificativă la soiurile Rufina (-57,8%), Cearovnita (-50,3%), Viking (-54,8%); ii) stimulare la soiul Dolgonosic (+ 14,6%), Forma locală din Timișoara (+41,6%), Mia (+2,7%); iii) inhibare nesemnificativă la soiurile MilOrang și Vrojainâi.

În ceea ce privește *lungimea plantulei*, micșorarea acesteia în raport cu martorul a variat între -5,3 ... -42,4% la temperatura 40°C și -5,3 ... -57,4% la 42°C. În același timp, temperatura de 40°C cel mai puternic a influențat genotipurile Viking (-42,1%), Golden Jubilee (-42,4), Luci (-36,6%). La temperatura 42°C, inhibarea a fost mai mare de 50,0% la soiurile Cearovnita, Viking, Flacăra (Figura 4.8 C).

În baza evaluării genotipurilor de tomate după trei parametri test, se poate concluziona că soiurile Mia, Breeding Line, Forma locală din Timișoara au manifestat rezistență complexă la stresul termic.

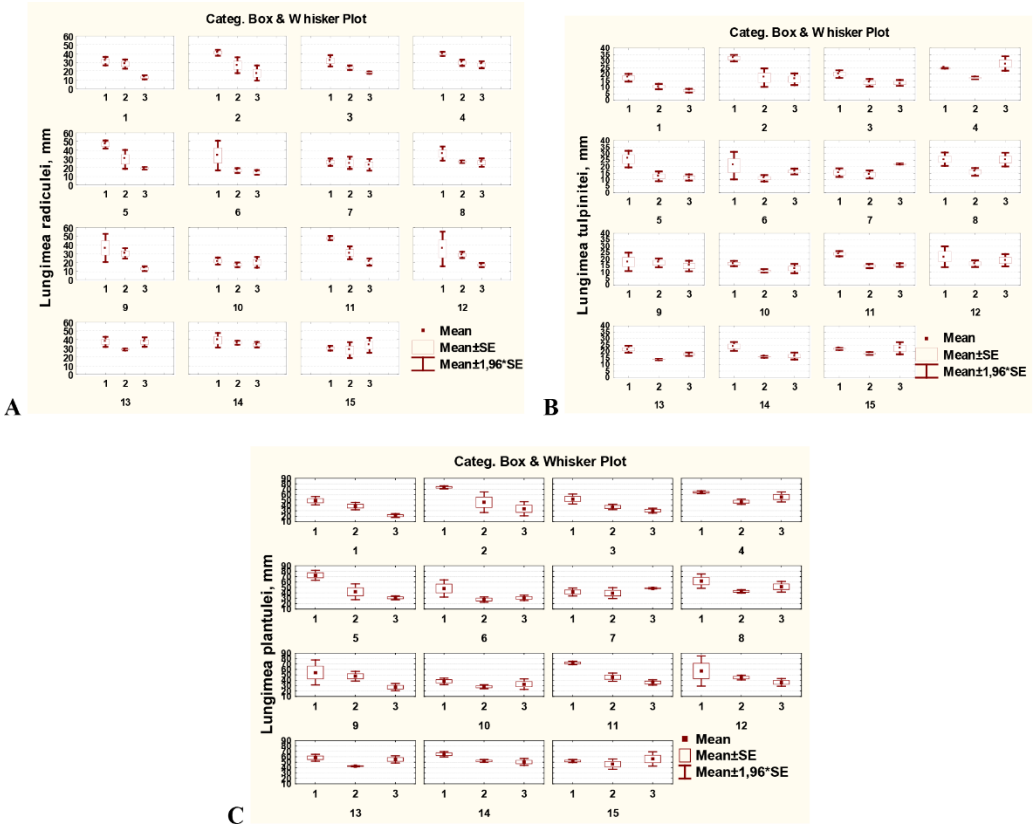


Figura 4.8. Influența temperaturii asupra lungimii radiculei (A), tulpiniței (B) și plantulei (C) de tomate.

Pe orizontală (rând de sus) - variante: 1 – Martor (25˚C), 2 – 40°C, 3 – 42˚C.
Pe orizontală (rând de jos) – genotipuri: 1 – Rufina, 2 – Cearovnita, 3 – Rosinca, 4 – Dolgonosic, 5 – Viking, 6 – Golden Jubilee, 7 – Formă locală (Timișoara), 8 – MilOranj, 9 – Oranjevâe sosuliki, 10 – Luci, 11 – Flacăra, 12 – Chihlimbar, 13 –Vrojainii, 14 – Breeding Line, 15 – Mia.

Analiza clusteriană (metoda *k*-mediilor) a demonstrat că pentru toate cele 3 caractere studiate, în variantele martor şi cu temperaturi stresante varianța interclusteriană a fost mult mai înaltă decât cea intraclusteriană, cu excepția interacțiunii *40˚C – lungimea tulpiniței și plantulei* (Tabelul 4.16), ceea ce denotă că acest nivel de temperatură are o capacitate de diferențiere destul de slabă în comparație cu temperatura de 42^0C. Cele mai înalte valori ale varianței interclusteriene s-au remarcat pentru toate caracterele evaluate la nivelul de temperatură 42^0C.

Prin clasificarea genotipurilor în baza celor 3 caractere, s-a constatat că în varianta martor *clusterul 1* a întrunit 6 genotipuri – 4, 8, 9, 12, 13, 14, cu valori medii ale caracterelor analizate: lungimea radiculei – 37,4 mm, lungimea tulpiniței – 22,7 mm şi lungimea plantulei

60,1 mm, respectiv; *clusterul 2* – 6 genotipuri: 1, 3, 6, 7, 10, 15, cu cele mai mici valori, iar *clusterul 3* – genotipurile 2, 5, 11 cu cele mai înalte valori (Tabelul 4.17).

Tabelul 4.16. Analiza varianței inter- şi intraclusteriene la interacţiunea genotipurilor de tomate cu temperatura

Variantă	Varianță interclusteriană	df	Varianță intracluste-riană	df	F	p
Lungimea radiculei						
Martor (25°C)	395,1840	2	293,4920	12	8,0789	0,00591
40°C	178,5160	2	174,5040	12	6,1380	0,01459
42°C	654,7080	2	197,1480	12	19,9250	0,00015
Lungimea tulpiniţei						
Martor (25°C)	126,1000	2	142,2960	12	5,3171	0,02221
40°C	37,3453	2	55,2880	12	4,0528	0,04520
42°C	305,2120	2	117,0080	12	15,6518	0,00045
Lungimea plantulei						
Martor (25°C)	1048,964	2	623,1133	12	10,1005	0,00268
40°C	206,054	2	450,5500	12	2,7440	0,10439
42°C	17469,981	2	190,7283	12	54,9572	0,00000

În varianta cu nivelul de temperatură 40ºC, genotipurile 2, 4, 9, 11, 12, 14, 15, iar în cazul temperaturii 42ºC, 5 din genotipurile menţionate – 4, 7, 8, 14, 15 au format clusterul 3, cu cele mai înalte valori ale lungimii radiculei, tulpiniţei și plantulei. Este de menționat că media lungimii tulpiniței a fost practic egală la genotipurile din clusterele 1 și 2, și ușor mai mare pentru cele din clusterul 3 în ambele variante (Tabelul 4.17), ceea ce denotă că lungimea radiculei și plantulei au fost factori cu capacitate discriminantă mai înaltă în comparație cu lungimea tulpiniței.

Tabelul 4.17. Analiza descriptivă a clusterelor

Cluster	Caracter	x, mm	Genotip
Martor			
1	Lungimea radiculei	37,38334	4 – Dolgonosic, 8 – MilOranj, 9 – Oranjevâe sosuliki, 12 – Chihlimbar, 13 –Vrojainii, 14 – Breeding Line
	Lungimea tulpiniței	22,65000	
	Lungimea plantulei	60,11666	
2	Lungimea radiculei	29,15000	1 – Rufina, 3 – Rosinca, 6 – Golden Jubilee, 7 – Formă locală (Timișoara), 10 – Luci, 15 – Mia
	Lungimea tulpiniței	18,71667	
	Lungimea plantulei	46,78333	

3	Lungimea radiculei	45,13334	2 – Cearovnita, 5 – Viking, 11 – Flacăra
	Lungimea tulpiniței	27,46667	
	Lungimea plantulei	72,63333	
Temperatura 40°C			
1	Lungimea radiculei	16,85	6 – Golden Jubilee, 10 – Luci.
	Lungimea tulpiniței	11,05	
	Lungimea plantulei	27,90	
2	Lungimea radiculei	27,05	1 – Rufina, 3 – Rosinca, 5 – Viking, 7 – Formă locală (Timișoara), 8 – MilOrang, 13 – Vrojainii.
	Lungimea tulpiniței	13,40	
	Lungimea plantulei	40,47	
3	Lungimea radiculei	30,06	2 – Cearovnița, 4 – Dolgonosic, 9 – Oranjevâe sosuliki, 11 – Flacăra, 12 – Chihlimbar, 14 – Breeding Line, 15 – Mia.
	Lungimea tulpiniței	16,79	
	Lungimea plantulei	47,09	
Temperatura 42°C			
1	Lungimea radiculei	18,14	2 – Cearovnita, 3 – Rosinca, 5 – Viking, 6 – Golden Jubilee, 10 – Luci, 11 – Flacăra, 12 – Chihlimbar, 13 – Vrojainii.
	Lungimea tulpiniței	14,94	
	Lungimea plantulei	32,91	
2	Lungimea radiculei	12,75	1 – Rufina, 9 – Oranjevâe sosuliki.
	Lungimea tulpiniței	11,00	
	Lungimea plantulei	24,25	
3	Lungimea radiculei	30,18	4 – Dolgonosic, 7 – Formă locală (Timișoara), 8 – MilOranj, 14 – Breeding Line, 15 – Mia.
	Lungimea tulpiniței	22,15	
	Lungimea plantulei	52,83	

Analiza factorială a varianței datelor experimentale a permis aprecierea variabilității şi gradului de influență a temperaturii, genotipului şi interacțiunii lor asupra variabilității caracterelor evaluate (Tabelul 4.18).

S-a constatat că contribuția genotipului, temperaturii și interacțiunii acestora în sursa de variabilitate pentru creșterea radiculei embrionare a tomatelor a constituit 8,8; 85,7; 4,0%, tulpiniței – 12,4; 81,3; 4,8%, plantulei – 10,2; 84,1; 4,2%, respectiv. Așa dar, pentru creșterea radiculei, tulpiniței și plantulei o influență majoră revine temperaturii (85,7; 81,3 și 84,1%).

Tabelul 4.18. Analiza bifactorială a relaţiilor *genotip de tomate x temperatură*

Sursă de variaţie	Grad de libertate	Suma medie a pătratelor	Contribuţia în sursa de variaţie, %
Lungimea radiculei			
Genotip	14	212,8*	8,8
Temperatură	2	2073,0*	85,7

Genotip x temperatură	28	96,2*	4,0
Efecte aleatorii	90	37,0	1,5
Lungimea tulpiniței			
Genotip	14	96,00*	12,4
Temperatură	2	628,6*	81,3
Genotip x temperatură	28	36,8*	4,8
Efecte aleatorii	90	11,5	1,5
Lungimea plantulei			
Genotip	14	501,6*	10,2
Temperatură	2	4120,6*	84,1
Genotip x temperatură	28	205,9*	4,2
Efecte aleatorii	90	71,9	1,5

* - $p \leq 0,05$.

Varianțele genotipică (σ^2_g) și fenotipică (σ^2_{ph}) au fost mult mai mari pentru lungimea plantulei decât pentru radiculă și tulpiniță (Tabelul 4.19). Coeficientul de heritabilitate înalt în sens larg (h^2 = 0,61-0,71) indică o bună moștenire a caracterelor studiate chiar și la interacțiunea cu temperaturi ridicate. Menționăm, că coeficientul de variație genotipic de asemenea a fost ridicat – 25,9-29,5% pentru caracterele studiate, ceea ce demonstrează determinismul genetic al variabilității acestora.

Tabelul 4.19. Variabilitatea genetică și ereditatea rezistenței tomatelor la stresul termic, la etape timpurii de dezvoltare a plantelor

Parametri	Lungimea radiculei	Lungimea tulpiniței	Lungimea plantulei
σ^2_g	58,6	27,2	143,2
σ^2_{ph}	95,6	39,7	215,1
h^2	0,61	0,71	0,67
GCV, %	27,0	29,5	25,9
PCV, %	34,5	30,3	31,7
GA	12,5	8,6	19,8
GA, %	44,0	47,9	42,7

Asocierea valorilor ridicate ale coeficientului de ereditate și progresului genetic pentru organele de creștere ale tomatelor în ontogeneză timpurie denotă importanța factorilor aditivi în formarea însușirii de rezistență la arșiță și perspectiva utilizării genotipurilor rezistente identificate ca posibili donatori de rezistență la temperaturi ridicate.

4.5. Rolul factorului parental în reacția hibrizilor F1 de tomate la temperaturi ridicate și joase pozitive

Temperaturi ridicate. Determinismul genetic complex al caracterelor cantitative, inclusiv al rezistenţei la arşiţă, pune în dificultate reuşita activităţii de ameliorare, al cărei scop este crearea unor genotipuri care să îmbine mai multe caractere valoroase.

Se cunoaşte că caracterele cantitative sunt mai uşor ameliorate în cazul heritabilităţii inalte a acestora, iar variabilitatea lor genetică este importantă pentru extinderea fondului genetic care eficientizează programele de ameliorare [55, 88] şi identificarea părinților cu potențial transgresiv înalt [55, 69]. Factorul matern este adesea implicat în fenomene epigenetice, asociate cu modificarea expresiei genelor [9, 77] care în mare măsură afectează fenotipul [12].

Forma maternă este un mediu fiziologic pentru dezvoltarea embrionului şi seminței și poate influența germinația, competitivitatea și/sau fertilitatea descendenţilor [43, 75, 99], calitatea şi mărimea semințelor, determinînd astfel potențialul de creștere și dezvoltare a plantelor descendente [84].

Scopul cercetărilor noastre a fost de a stabili efectul factorului parental asupra interacțiunilor *genotip de tomate x temperatură*, gradului de dominație și organizării clusteriene a genitorilor și hibrizilor F_1 în baza caracterelor de creștere și dezvoltare.

În calitate de material inițial pentru cercetările preconizate au fost utilizate 5 combinații hibride reciproce F_1: Dolgonosic x Mary Gratefully / Mary Gratefully x Dolgonosic, Flacăra x Urojainii / Urojainii x Flacăra, Flacăra x Deşteptarea / Deşteptarea x Flacăra, L 10B x Rufina / Rufina x L 10B, Rufina x Flacăra / Flacăra x Rufina și 7 forme parentale: Rufina, Dolgonosic, Flacăra, L 10B, Urojainii, Mary Gratefully, Deşteptarea.

Efectul reciprocității a fost calculat conform formulei:

$$r_e = (b - a) / (B - A), \qquad (4.2)$$

în care A şi B – valorile caracterului pentru formele parentale implicate în încrucişare; a – pentru hibridul ♂A x ♀B; b – pentru hibridul reciproc ♂B x ♀A.

Valoarea pozitivă r ($r > 0$) semnifică efectul paternal, iar negativă ($r < 0$) – maternal, valoarea absolută r ($|r|$) prezintă aprecierea relativă a acestor efecte în unități, egale diferențelor valorilor caracterului la formele parentale (B - A) [75].

Analiza clusteriană a gradului de similitudine/deosebire a genotipurilor de tomate în baza caracterelor de creștere și dezvoltare la diferite temperaturi s-a efectuat în baza algoritmului iterațional de construire a dendrogramelor și metodei centroide a *k*-mediilor – metode utilizate cu succes în cercetările de genetică și ameliorare [40, 50].

Analiza reacției unor soiuri-părinți și hibrizi reciproci F_1 ca răspuns la influența diferitelor nivele de temperatură asupra caracterelor de creștere a tomatelor în

ontogeneză timpurie, a demonstrat că reacția plantelor la cele 3 temperaturi (25˚ – optimală, 40° și 42$^{0˚}$ – stresante) a fost diferențiată – specifică genotipului, hibridului, orientării încrucișării, caracterului analizat: lungimea radiculei, tulpiniței și plantulei.

Lungimea radiculei. La formele parentale s-a constatat că în condiții optime caracterul a variat în limitele 24,2-49,2 mm, la 40°C – 12,4-36,9 mm, 42°C – 16,2-39,3 mm (Figura 4.9 A). Gradul de inhibare a creșterii formelor parentale sub influența temperaturii 40°C a constituit 14,1-56,4%, iar a temperaturii 42^{0}C – 22,8-61,4%, față de condițiile optime.

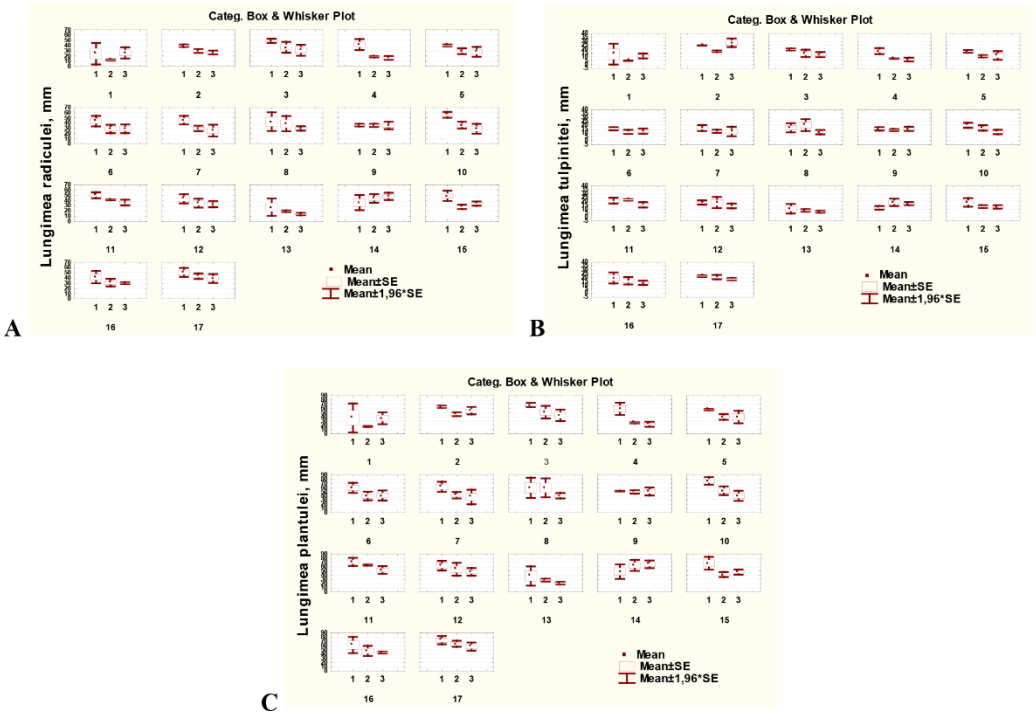


Figura 4.9. Influența temperaturii asupra lungimii radiculei (A), tulpiniței (B) și plantulei integre de tomate (C)

Pe orizontală (rând de sus) - *variante*: 1 – Martor (25˚C), 2 – 40°C, 3 – 42˚C.
Pe orizontală (rând de jos) – *genotipurile*: 1 – Rufina, 2 – Dolgonosic, 3 – Flacăra, 4 – L 10B, 5 –Vrojainii, 6 – F_1 Dolgonosic x Mary Gratefully, 7 – F_1 Mary Gratefully x Dolgonosic, 8 – F_1 Flacăra x Vrojainii, 9 – F_1 Vrojainii x Flacăra, 10 – F_1 Flacăra x Deșteptarea, 11 – F_1 Deșteptarea x Flacăra, 12 – F_1 L 10B x Rufina, 13 – F_1 Rufina x L 10B, 14 – F_1 Rufina x Flacăra, 15 – F_1 Flacăra x Rufina, 16 – Mary Gratefully, 17 – Deșteptarea.

S-a observat inhibare semnificativă a creșterii radiculei la genotipul L 10B (61,4%) și stimulare de 7 % la soiul Rufina. În cazul hibrizilor reciproci F_1, reacție puternic diferențiată s-a manifestat la Dolgonosic x Mary Gratefully: -49,0 ... +7,0% și

Flacăra x Vrojainii: -9,1 ... -30,8%, iar cele mai nesemnificative – la Vrojainii x Flacăra: -0,8...-1,1%.

Lungimea tulpiniței. În varianta martor caracterul a variat în limitele 13,5 ... 24,6 mm (Figura 4.10 B). Temperatura 40°C a provocat inhibarea cresterii care a constituit 18,4–62,2% din martor. S-au înregistrat reprimări semnificative la soiul Rufina (62,2%) și linia L 10B (55,2%). Gradul de inhibare la combinațiile hibride a variat în limite largi – 2,1 ... 26,5%. Lipsă de reacție a manifestat combinația F_1 L 10B x Rufina, iar stimulări semnificative – F_1 Flacăra x Vrojainii, F_1 Rufina x Flacăra.

Reacția tulpiniței de tomate la temperatura 42°C a fost diferită: lipsă de sensibilitate la combinația F_1Vrojainii x Flacăra și stimulare la soiul Dolgonosic, hibridul F_1 Rufina x Flacăra –14,6 și 47,0%, respectiv. Cea mai puternică influență a temperaturii asupra lungimii tulpiniței s-a atestat la L 10B, F_1 Flacăra x Deșteptarea: -62,6 și -43,5%, respectiv (Figura 4.9 B).

Lungimea plantulei. S-a observat că temperatura de 40°C a produs diminuarea caracterului la formele parentale cu 11,5...56,3%, iar la hibrizii reciproci cu 0,5...40,7% din martor. Diminuare pronunțată a lungimii plantulei s-a înregistrat la soiul Rufina, linia L 10B, hibrizii F_1 Flacăra x Deșteptarea, F_1 Rufina x Flacăra care a variat în limitele: 39,1... 56,3%. Mai puțin sensibile s-au manifestat Deșteptarea: -11,5%, F_1Vrojainii x Flacăra: -3,7%, F_1 Deșteptarea x Flacăra: -10,7%, în raport cu martorul (Figura 4.9 C).

S-a constatat că temperatura 42°C în majoritatea cazurilor a inhibat creșterea plantulei. De exemplu, la L 10B și F_1 Rufina x L 10B inhibarea a constituit 61,7 și 44,7% din martor. Doar la combinația F_1 Rufina x Flacăra s-a înregistrat stimulare care a constituit 36,4%.

Este de menționat că în unele cazuri, s-au înregistrat deosebiri semnificative ale indicilor analizați la hibrizii reciproci, atât în varianta martor, cât și în variantele cu temperaturi stresante. De exemplu, atât în cazul lungimii radicului, tulpiniței cât și a plantulei, în varianta martor, la hibrizii F_1 Rufina x Flacăra, F_1 Rufina x L 10B, lungimea radicului a fost cu 26,4 și 37,5%, lungimea tulpiniței – 37,8 și 43,5%, iar a plantulei – 29,4% și 39,2, respectiv, mai mică decât la analogii reciproci. Diferențe semnificative s-au atestat și în variantele cu temperaturi stresante. Astfel, în cazul temperaturilor 40°C și 42°C, deosebiri între analogii reciproci s-au constatat la combinațiile F_1 Flacăra x Rufina, F_1 Rufina x L 10B (Figura 4.9 A, B).

Diferențele manifestate la hibrizii reciproci F_1 demonstrează implicarea factorului parental în calitate de entitate a componenților de hibridare în formarea caracterelor de creștere sub influența diferitelor temperaturi.

Analiza clusteriană prin construirea dendrogramelor de distribuție a demonstrat că genotipurile de tomate s-au deosebit semnificativ în baza reacției radicului embrionare, tulpiniței și plantulei, atât în condiții optimale cât și stresante. Distanțele

euclidiene au scos în evidență formarea în cadrul setului de genotipuri evaluat a clusterelor distincte: 3 în condiții optimale (Figura 4.10 A) și 4 în condiții stresante (Figura 4.10 B, C).

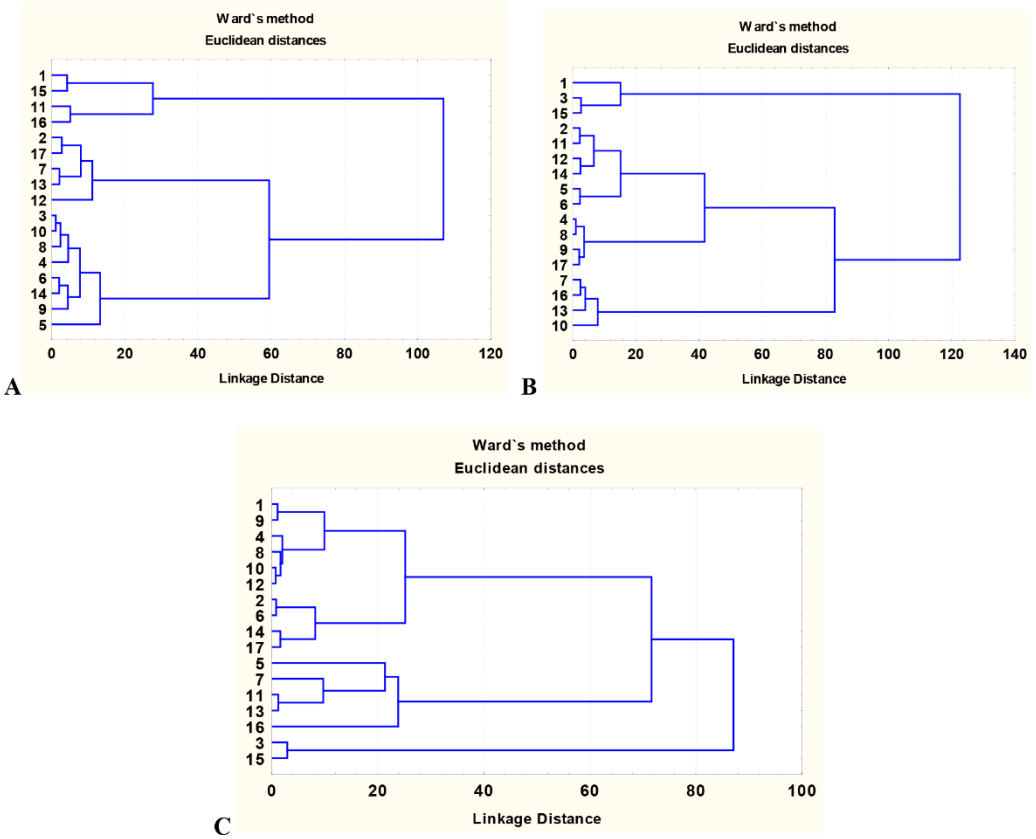


Figura 4.10. Dendrograma de repartiție a soiurilor și hibrizilor F_1 de tomate în baza caracterelor de creștere în condiții optimale A – 25^0C și de stres termic B – 40^0C, C – 42^0C.

1 – Rufina, 2 – Flacăra, 3 – L 10B, 4 – Vrojainii, 5 – Dolgonosic, 6 – Mary Gratefully, 7 – Deșteptarea, 8 – F_1 Dolgonosic x Mary Gratefully, 9 – F_1Mary Gratefully x Dolgonosic, 10 – F_1Flacăra x Vrojainii, 11– F_1Vrojainii x Flacăra, 12 – F_1 Flacăra x Deșteptarea, 13 – F_1 Deșteptarea x Flacăra, 14 – F_1 L 10B x Rufina, 15 – F_1 Rufina x L 10B, 16 – F_1 Rufina x Flacăra, 17 – F_1 Flacăra x Rufina.

Gradul de similitudine între genotipurile de tomate conform reacției organelor de creștere la diferite nivele de temperatură a fost diferit. De exemplu în condiții optimale, genotipurile 2, 3, 7, 10, 13, 17 au înregistrat cea mai înaltă similitudine, confirmată prin cea mai mică distanță euclidiană pentru toate caracterele evaluate. Deosebirile între

aceste genotipuri s-au accentuat în cazul temperaturilor stresante ceea ce a condus la localizarea lor în clustere diferite.

S-a constatat că varianța interclusteriană a fost mai înaltă decât cea intraclusterianță la toate cele 3 temperaturi, ceea ce denotă că genitorii și hibrizii F_1 de tomate s-au repartizat reușit în clustere în baza celor 3 caractere aflate în studiu. Prin raportul varianței interclusteriene la cea intraclusteriană s-a constatat: i) lungimea tulpiniței a manifestat o capacitate discriminatorie diminuată în comparație cu alte 2 caractere; ii) variabilitatea genotipurilor testate s-a micșorat la temperatura 42^0C, ceea ce ar putea fi explicat prin faptul că acest nivel termic se apropie de limitele posibilităților adaptive ale plantelor de tomate. Astfel, cea mai reușită diferențiere a soiurilor și hibrizilor F_1 s-a produs la temperatura de 40°C (Tabelul 4.20).

Tabelul 4.20. Analiza varianțelor inter- şi intraclusteriene la interacţiunea genotipurilor de tomate cu diferite nivele de temperatură

Caracter	Varianță inter-clusteriană (1)	df	Varianță intra-clusteriană (2)	Raport 1/2	df	F	p
25ºC							
Lungimea radiculei	894,788	2	171,4969	5,22	14	36,5226	0,0000
Lungimea tulpiniţei	122,963	2	84,587	1,45	14	10,1757	0,0019
Lungimea plantulei	1703,801	2	220,3010	7,73	14	54,1378	0,0000
40ºC							
Lungimea radiculei	1101,836	2	158,1685	6,97	14	48,7635	0,0000
Lungimea tulpiniţei	305,844	2	72,7750	4,20	14	29,4182	0,0000
Lungimea plantulei	2576,107	2	333,6302	7,72	14	54,0501	0,0000
42ºC							
Lungimea radiculei	705,529	2	309,4120	2,28	14	15,96158	0,0003
Lungimea tulpiniţei	256,028	2	122,7210	2,09	14	14,60385	0,0004
Lungimea plantulei	1764,502	2	256,9770	6,87	14	48,06466	0,0000

Prin clasificarea genotipurilor în baza celor 3 caractere, s-a constatat că în varianta martor clusterul 2 a întrunit 3 genotipuri – 1, 15, 16 cu cele mai mici valori ale caracterelor analizate, iar clusterul 3 – genotipurile cu cele mai înalte valori (Tabelul 4.21).

La temperatura 40ºC, 3 genotipuri – 7, 10, 13, 16, iar la 42^{0}C 5 genotipuri – 5, 7, 11, 13, 16 au format clusterul 3, cu cele mai înalte valori ale caracterelor evaluate. Din datele obținute putem concluziona că genotipurile 7, 13 și 16 manifestă rezistență a organelor de creștere la stresurile de temperatură menționate și prezintă interes în utilizarea lor ca surse de rezistență la temperaturi nefavorabile.

Tabelul 4.21. Analiza descriptivă a clusterelor

Cluster	Caracter	x	Genotip
Martor			
1	Lungimea radicului, mm	41,79	3 – L 10B, 4 – Urojainii, 5 – Dolgonosic, 6 – Mary Gratefully, 8 – F_1 Dolgonosic x Mary Gratefully, 9 – F_1 Mary Gratefully x Dolgonosic 10 – F_1 Flacăra x Urojainii, 11 – F_1 Urojainîi x Flacăra, 14 – F_1 L 10B x Rufina
	Lungimea tulpiniței, mm	17,92	
	Lungimea plantulei, mm	59,69	
2	Lungimea radicului, mm	29,30	1 – Rufina, 15 – F_1 Rufina x L 10B, 16 – F_1 Rufina x Flacăra
	Lungimea tulpiniței, mm	11,90	
	Lungimea plantulei, mm	41,20	
3	Lungimea radicului, mm	51,08	2 – Flacăra, 7 – Deșteptarea, 12 – F_1 Flacăra x Deșteptarea, 13 – F_1 Deșteptarea x Flacăra, 17 – F_1 Flacăra x Rufina
	Lungimea tulpiniței, mm	19,84	
	Lungimea plantulei, mm	71,34	
Temperatura 40ºC			
1	Lungimea radicului, mm	16,80	1 – Rufina, 3 – L 10B, 15 – F_1 Rufina x L 10B
	Lungimea tulpiniței, mm	7,10	
	Lungimea plantulei, mm	23,87	
2	Lungimea radicului, mm	32,03	2 – Flacăra, 4 – Urojainîi, 5 – Dolgonosic, 6 – Mary Gratefully, 8 – F_1 Dolgonosic x Mary Gratefully, 9 – F_1Mary Gratefully x Dolgonosic, 11 – F_1 Urojainîi x Flacăra, 12 – F_1 Flacăra x Deșteptarea, 14 – F_1 L 10B x Rufina, 17 – F_1 Flacăra x Rufina
	Lungimea tulpiniței, mm	14,45	
	Lungimea plantulei, mm	46,48	
3	Lungimea radicului, mm	42,13	7 – Deșteptarea, 10 – F_1Flacăra x Urojainîi, 13 – F_1 Deșteptarea x Flacăra, 16 – F_1 Rufina x Flacăra
	Lungimea tulpiniței, mm	20,45	
	Lungimea plantulei, mm	62,63	

Temperatura 42ºC			
1	Lungimea radiculei, mm	29,64	1 – Rufina, 2 – Flacără, 4 – Urojainîi, 6 – Mary Gratefully, 8 – F_1 Dolgonosic x Mary Gratefully, 9 – F_1 Mary Gratefully x Dolgonosic, 10 – F_1 Flacără x Urojainîi i, 12 – F_1 Flacără x Deșteptarea, 14 – F_1 L 10B x Rufina, 17 – F_1 Flacără x Rufina
	Lungimea tulpiniței, mm	12,29	
	Lungimea plantulei, mm	41,94	
2	Lungimea radiculei, mm	15.10	3 – L 10B, 15 – F_1 Rufina x L 10B
	Lungimea tulpiniței, mm	6.70	
	Lungimea plantulei, mm	21.85	
3	Lungimea radiculei, mm	37.22	5 – Dolgonosic,7 – Deșteptarea, 11 – F_1 Urojainîi x Flacăra, 13 – F_1 Deșteptarea x Flacăra, 16 – F_1 Rufina x Flacăra
	Lungimea tulpiniței, mm	18.96	
	Lungimea plantulei, mm	56.18	

Prelucrarea datelor experimentale prin analiză factorială a varianței a permis aprecierea variabilității și gradului de influență a temperaturii, genotipului și interacțiunii acestora în ponderea manifestării fenotipice a caracterelor de creștere și dezvoltare ale genotipurilor de tomate cercetate (Tabelul 4.22).

Analiza bifactorială a relațiilor *genotip de tomate x temperatură* a demonstrat că suma medie a pătratelor pentru cele 3 caractere analizate a fost cea mai înaltă în cazul *temperaturii* în calitate de sursă de variație: 2231,9 – radiculă, 448,3 – tulpiniță, 3823.9 – plantula integră, după care au urmat *genotipul* și interacțiunile *genotip x temperatură.*

Prin calculul ponderii procentuale în sursa de variație a caracterelor, s-a constatat că contribuția *genotipului, temperaturii* și interacțiunilor *genotip x temperatură* pentru lungimea radiculei a fost de 15,8; 79,0; 3,2%; tulpiniței – 32,8; 56,5; 7,3% și plantulei – 18,1; 75,9; 3,7%. Deci, variabilitatea lungimilor radiculei embrionare, tulpiniței și plantulei depinde cel mai mult de temperatură, deși nu este neglijabil rolul factorului genotipic care a constituit 15,8; 32,8; 18,1%, respectiv, caracterelor menționate. Astfel, lungimea tulpiniței a depins de genotip într-o măsură mai mare decât alte două caractere aflate în studiu. Lungimea plantulei integre a fost determinată în mare parte de lungimea radiculei, aceasta fiind confirmat de ponderea comparabilă (15,8, 18,1%) a genotipului în sursa de variație a acestor caractere. Din datele prezentate se observă că rolul interacțiunilor *genotip x temperatură* nu a fost relevant (3,2-7,3%) (Tabelul 4.22).

Tabelul 4.22. Analiza bifactorială a relaţiilor *genotip de tomate x temperatură*

Sursă de variaţie	Grad de libertate	Lungimea rădăcinei		Lungimea tulpiniței		Lungimea plantulei	
		Suma medie a pătratelor	Contribuţia în sursa de variaţie, %	Suma medie a pătratelor	Contribuţia în sursa de variaţie, %	Suma medie a pătratelor	Contribuţia în sursa de variaţie, %
Genotip	16	448,3*	15,8	125,7*	32,8	913,3	18,1
Temperatură	2	2231,9*	79,0	216,8*	56,5	3823,9	75,9
Genotip x temperatură	32	89,7*	3,2	27,9*	7,3	186,1	3,7
Efecte aleatorii	102	56,8	2,0	13,0	3,4	117,1	2,3

*- $p<0,05$.

Cercetarea rolului factorului parental asupra creșterii radicelei, tulpiniței și plantulei de tomate în condiții optime (25ºC), a demonstrat că în toate variantele, cu excepția combinației Dolgonosic x Mary Gratefully / Mary Gratefully x Dolgonosic pentru lungimea tulpiniței și lungimea plantulei, Flacăra x Deșteptarea/Deșteptarea x Flacăra – lungimea radicelei și a plantulei, s-a manifestat influența mai puternică a formei paterne. De menționat că comparativ cu varianta martor, rolul factorul matern a fost mai pronunțat la 42ºC, efectul reciprocității înregistrând valori de -1,97...-4,92 pentru lungimea radicelei; -1,6... -3,64 – lungimea tulpiniței; -1,87...-2,65 – lungimea plantulei (Tabelul 4.23).

Tabelul 4.23. Efectul parental asupra organelor de creștere la tomate în condiții optime și de stres

Hibrid F_1	Lungimea radicelei			Lungimea tulpiniței			Lungimea plantulei		
	25ºC	40ºC	42ºC	25ºC	40ºC	42ºC	25ºC	40ºC	42ºC
Dolgonosic x Mary Gratefully	+0.82	+0.56	-3.01	-0.18	-0.67	+0.02	-0.89	+1.8	+0.32
Flacăra x Urojainâi	+0.77	+0.42	-4.92	+0.54	+1.73	-3.64	+0.7	+0.86	-2.43
Flacăra x Deșteptarea	-3.4	+0.81	+0.87	+0.36	+0.89	+0.81	-1.12	+0.84	+0.85
L 10B x Rufina	+0.92	+2.61	-1.97	+2.08	+3.70	-1.61	+1.12	+3.01	-1.87
Rufina x Flacăra	+0.52	-0.67	-2.74	+1.18	-0.57	-2.33	+1.47	-0.64	-2.65

Datele obținute denotă necesitatea luării în considerare a orientării încrucișărilor componenților de hibridare la tomate în scopul valorificării cât mai reușite a potențialului biologic al genitorilor la crearea formelor rezistente.

Factorul parental a influențat și gradul de dominanță (h_p) a caracterelor de creștere (Tabelul 4.24). De exemplu, în varianta martor h_p pentru *lungimea radiculei* a variat în limitele -1,9...+7,25, iar în variantele cu temperaturile 40°, 42°C – în limitele -2,1...+6,79 și -1,67...+7,84 – deci, între supradominarea părintelui cu cele mai înalte valori de creștere a radiculei – până la supradominarea părintelui cu cele mai mici valori, ceea ce denotă existența interacțiunilor specifice ale alelelor celor două genomuri, funcție de caracter, combinație și nivelul de temperatură.

Tabelul 4.24. Influența factorului parental asupra gradului de dominație a indicilor de creștere și dezvoltare la tomate la diferite temperaturi

Hibrid F_1	Lungimea radiculei			Lungimea tulpiniței			Lungimea plantulei		
	25°C	40°C	42°C	25°C	40°C	42°C	25°C	40°C	42°C
Dolgonosic x Mary Gratefully	+2,63	-2,1	+0,22	-2,64	-8,67	-1,15	+0,20	-23,7	-1,48
Mary Gratefully x Dolgonosic	+4,27	-1,0	-1,67	-2,28	-7,3	-1,19	+0,59	-17,7	-2,11
Flacăra x Vrojainii	-0,40	+1,55	+0,07	-1,3	+4,17	-2,17	+0,15	+2,41	-0,57
Vrojainii x Flacăra	-1,90	+0,79	+4,0	-2,4	+0,61	+5,17	-0,61	+0,68	+2,86
Flacăra x Deșteptarea	+7,25	-1,26	-1,49	-0,67	-0,32	-1,59	-6,14	-0,9	-1,53
Deșteptarea x Flacăra	+0,13	+0,35	+0,24	+0,08	+1,45	+0,04	+0,19	+0,86	+0,16
L 10B x Rufina	+1,19	+6,79	+2,49	+1,63	+9,0	+2,39	+1,25	+7,60	+2,48
Rufina x L 10B	-0,65	+1,48	-1,43	-2,63	+7,0	-0,8	-1,01	+1,5	-1,28
Rufina x Flacăra	-0,03	+1,61	+7,84	-1,6	+1,91	+5,78	-0,34	+1,69	+6,52
Flacăra x Rufina	+1,0	+0,27	+2,24	+0,67	+0,85	+1,11	+0,95	+0,41	+1,82

În varianta martor, gradul de dominare a caracterului *lungimea tulpiniței* a variat în limite largi – de la supradominanță pozitivă (+1,63) până la supradominanță negativă (-2,64). În variantele cu temperaturi stresante a crescut rata combinațiilor cu

supradominanță pozitivă. Astfel, dacă în condiții optimale supradominanța pozitivă s-a înregistrat la o combinație – L 10B x Rufina (+1,63), la temperatura de 40ºC s-a manifestat la 5 hibrizi (+1,45 ... +9,0), iar la temperatura de 42ºC – la 4 hibrizi (+1,11 ... +5,78). Ceea ce ține de *lungimea plantulei* în varianta martor, gradul de dominanță a variat în limitele: -6,14...+1,25, iar în varianta cu temperaturi stresante: -23,7...+7,60 și -1,53... +6.52, respectiv, temperaturilor 40ºC și 42ºC (Tabelul 4.24).

Este de menționat că la hibrizii reciproci s-au constatat deosebiri ale gradului de dominanță în ceea ce privește nivelul de manifestare, cât și orientarea dominanței care depinde în mare măsură de orientarea încrucișării, organul testat și nivelul de temperatură. În varianta cu temperaturi stresante, în majoritatea cazurilor deosebirile între hibrizii reciproci au fost mai puternice decât în condiții optimale.

De exemplu din 5 perechi de hibrizi reciproci, doar la combinațiile Dolgonosic x Mary Gratefully / Mary Gratefully x Dolgonosic deosebirile pentru lungimea tulpiniței au fost nesemnificative atât în condiții optimale cât și stresante, la ceilalți hibrizi reciproci F_1, valorile, dar uneori și orientarea h_p au fost diferite, ceea ce demonstrează încă odată influența factorului parental asupra fenotipului radicului, tulpinițe și plantulei de tomate.

Temperaturi joase pozitive. Plantele de tomate sunt afectate puternic de temperaturile joase, cuprinse între 0 și 15 grade la toate etapele de creștere [28, 65, 102]. Severitatea efectelor stresului de frig se manifestă prin diminuarea ritmului de crestere [19, 47], capacității de germinare [33], duratei de înflorire [1, 83] a numărului de flori [19, 83] și de fructe per plantă [83], intensității fotosintezei [83, 94]. Temperatură scăzută afectează și calitatea fructelor diminuând conținutul de vitamina C și a licopenului în fructe [100].

În condiții de laborator s-a efectuat testarea reacției soiurilor-părinți și hibrizilor reciproci F_1 la temperaturi joase pozitive. În acest scop, semințele de forme parentale și hibrizi F_1 au fost plasate în cutii Petri între 2 foițe de hârtie de filtru umectate cu 6 ml de apă distilată. Pentru fiecare genitor/hibrid F_1 s-au utilizat câte 6 cutii a câte 30 semințe, dintre care 3 cutii au fost menținute constant timp de 7 zile la temperatura optimă de 25°C (martor). În cazul variantelor cu temperatură joasă, cutiile Petri au fost menținute timp de 21 zile la temperatură + 10°C. Aprecierea mostrelor de tomate în baza rezistenței la temperaturi joase pozitive s-a efectuat conform germinației semințelor și capacității de creștere a radicului embrionare, tulpinițe și plantulei integre [56].

Testarea reacției plantelor de tomate la temperatura de 10^0C a demonstrat că sub acțiunea temperaturii stresante, la toate genotipurile luate în studiu s-a produs inhibarea creșterii radicului embrionare, tulpinițe și plantulei, pe când germinația a fost mai puțin afectată. Reacția plantelor a depins de genotip, caracterul analizat și temperatură.

În ceea ce privește creșterea radicului, s-a constatat că genotipurile au manifestat o sensibilitate destul de mare la stresul de temperatură (Figura 4.11 A).

În condiții optime, lungimea radiculei la formele parentale a variat în limitele 24,3-50,9 mm, iar în cazul temperaturii de 10°C – 4,2-11,3 mm. S-a constatat că sub influența temperaturi de 10°C gradul de inhibare a creșterii radiculei embrionare a variat în intervalul 77,0-86,2%. Gradul de inhibare la combinațiile hibride reciproce a variat în intervalul 73,6-91,7% (Tabelul 4.12 B). Reacție diferențiată puternică s-a manifestat la toate combinațiile reciproce cu excepția combinației Flacăra x Vrojainii (-81,1; -83,5%).

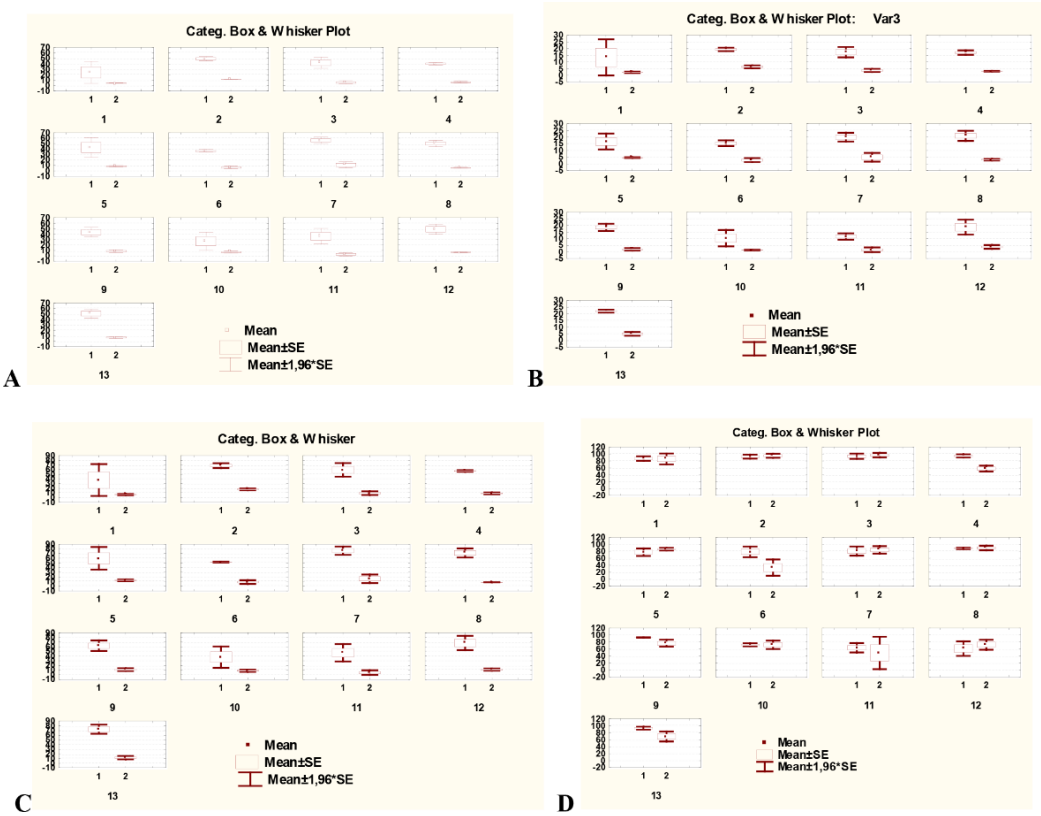


Figura 4.11. Influența temperaturii asupra lungimii radiculei (A), tulpiniței (B), plantulei (C) și germinației (D) la tomate.

Pe orizontală – rândul de sus: 1 – Martor (25°C), 2 – 10°C.
Pe orizontală – rândul de jos: 1 – Rufina, 2 – Flacăra, 3 – L 10B, 4 –Vrojainii, 5 – F_1 Flacăra x Vrojainii, 6 – F_1Vrojainii x Flacăra, 7 –F_1 Flacăra x Deșteptarea, 8 – F_1 Deșteptarea x Flacăra, 9 – F_1 L 10B x Rufina, 10 – F_1 Rufina x L 10B, 11–F_1 Rufina x Flacăra, 12 –F_1 Flacăra x Rufina, 13 – Deșteptarea.

Lungimea tulpiniței la formele parentale în varianta martor a variat în intervalul 13,5-22,0 mm (Figura 4.11 B), în timp ce la 10°C – 2,4 - 6,4 mm. Sub influența

temperaturii de 10°C inhibarea a fost semnificativă: 67,2–85,2%. Gradul de inhibare la combinațiile hibride reciproce a variat în intervalul 72,5–88,7%. Reacție diferențiată puternică s-a manifestat la combinațiile reciproce Flacăra x Vrojainii: -72,5; -81,8%, Flacăra x Deșteptarea: -75,5; -85,2%, iar cele mai nesemnificative – la L 10B x Rufina și Rufina x Flacăra (Figura 4.11 B).

Testarea reacției plantulelor de tomate (Figura 4.11 C) la temperatura 10°C a demonstrat o reacție semnificativă atât la formele parentale cât și la hibrizii reciproci. De exemplu lungimea plantulei la formele parentale în condiții optimale a variat în limitele 37,8...72,9 mm, pe când în condiții stresante – 6,5...17,8 mm. Diferențe semnificative s-au atestat și în cazul hibrizilor reciproci. De exemplu la hibrizii F_1 Rufina x L 10 B, F_1 Rufina x Flacăra lungimea plantulei în condiții optimale a fost cu 39,2 și 30,9% mai mică decât la omologii reciproci. În cazul temperaturii 10°C diferențe semnificative s-au atestat la combinațiile Vrojainîi x Flacăra, Rufina x L 10B, Rufina x Flacăra în comparație cu analogii reciproci. Deosebirile semnalate la hibrizii F_1 demonstrează implicarea factorului matern în formarea caracterelor de creștere, atât în condiții optimale cât și în reacția la temperatura stresantă de 10°C.

Analiza germinării semințelor (Fiura 4.11 D) a arătat că genotipurile de tomate au manifestat o reacție diferențiată atât în condiții optimale cât și stresante. S-a constatat că în varianta martor germinația la cele 5 forme parentale aflate în studiu a variat în limitele 86,6...94,4%, iar la temperatura de 10°C – 57,6...96,7%. La forme parentale Vrojainîi și Deșteptarea germinația în varianta cu temperatura de 10°C a fost de 61,2 și 73,8% față de martor, iar – Rufina, Facăra, L 10B practic n-au reacționat – 98,8...103,5%. În cazul hibrizilor reciproci F_1, reacție diferențiată puternică s-a manifestat la Flacăra x Urojainîi: +11,4; -58,7% și Rufina x Flacăra : -24,3; + 18,2% față de martor, iar cele mai nesemnificative – la Flacăra x Deșteptarea.

Dendogramele de repartiție au demonstrat că genotipurile de tomate aflate în studiu s-au deosebit semnificativ în baza reacției radicului embrionare, tulpinței, plantulei și germinației atât în condiții optimale cât și la temperatură stresantă (+10°C). Distribuirea în baza distanțelor euclidiene a pus în evidență formarea clusterelor la diferite nivele de agregare, ceea ce relevă diferențierea lor pronunțată (Figura 4.12).

Clasificarea genotipurilor în clustere în baza caracterelor evaluate a demonstrat că cea mai înaltă capacitate de diferențiere s-a înregistrat pentru germinația semințelor, apoi pentru lungimea plantulei și lungimea radiculei, iar cea mai slabă – pentru lungimea tulpinței în ambele variante (Tabelul 4.25). Variabilitatea genotipurilor testate s-a diminuat semnificativ la temperatura 10°C, cu excepția germinației semințelor, ceea ce ar putea fi explicat prin faptul că acest nivel termic se apropie de limitele posibilităților adaptive pentru caracterele de creștere în ontogeneză timpurie.

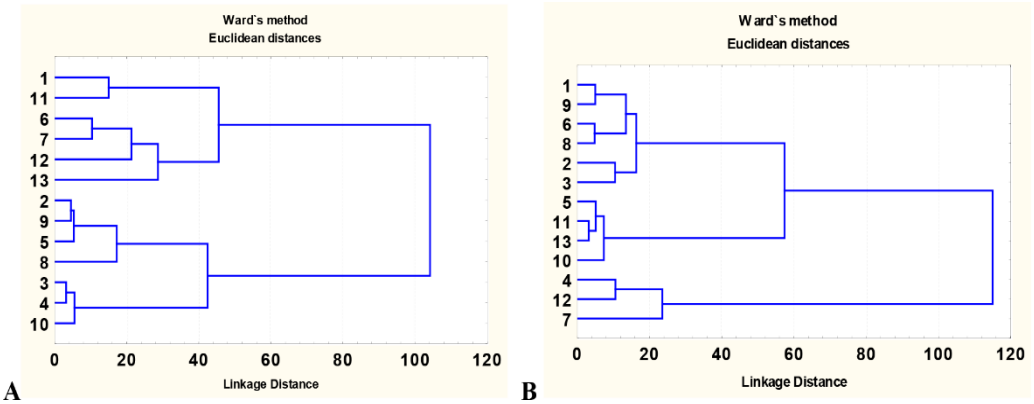


Fig. 4.12. Dendrograma de repartiție a soiurilor și hibrizilor F_1 de tomate în baza caracterelor de creștere în condiții optimale (A, 25^{0}C) și de temperatură joasă (B, 10^{0}C).

1 – Rufina, 2 – Flacăra, 3 – L 10B, 4 – Vrojainii, 5 – Deșteptarea 6 – F_1 Flacăra x Vrojainii, 7 –F_1 Vrojainii x Flacăra, 8 – F_1 Flacăra x Deșteptarea, 9 – F_1 Deșteptarea x Flacăra, 10 – F_1 L 10B x Rufina, 11 – F_1 Rufina x L 10B, 12 – F_1 Rufina x Flacăra, 13 – F_1 Flacăra x Rufina.

Tabelul 4.25. Analiza varianței inter- şi intraclusteriene la interacţiunea genotipurilor de tomate cu diferite temperaturi

Variantă	Varianță interclusteriană	df	Varianță intraclusteriană	df	F	p
25°C						
Lungimea radicului	977,886	4	66,7167	8	29,3146	0,00008
Lungimea tulpiniței	123,737	4	22,8400	8	10,8351	0,0026
Lungimea plantulei	1790,206	4	120,8343	8	29,6308	0,0001
Germinație	1259,082	4	341,2208	8	7,3799	0,0086
10°C						
Lungimea radicului	53,498	4	14,3617	8	7,4502	0,0083
Lungimea tulpiniței	13,468	4	11,0417	8	2,4394	0,1317
Lungimea plantulei	116,986	4	32,9433	8	7,1023	0,0096
Germinație	3985,866	4	188,6266	8	42,2620	0,0000

Prin clasificarea genotipurilor în baza caracterelor evaluate, s-a constatat că în *varianta martor clusterul 3* a întrunit 2 genotipuri – Rufina, F_1 Rufina x L 10B, cu cele mai mici valori ale caracterelor de creștere, dar cu germinație de 79,4%, iar *clusterul 4* – genotipurile cu cele mai mari valori ale organelor de creștere și cu germinație de 88,9% (Tabelul 4.26). Prezintă interes și genotipurile din *clusterele 1* și *5*, chiar dacă germinația a înregistrat 73,4 și 61,1%, respectiv, lungimea caracterelor de creștere este destul de bună, iar suplimentarea normei de însămânțare în caz de necesitate ar putea duce la o apariție uniformă a plantulelor.

Tabelul 4.26. Analiza descriptivă a clusterelor

Cluster	Caracter	*Martor*		*t = 10°C*	
		x	Genotip	x	Genotip
1	Lungimea radiculei, mm	38,50	F_1 Flacăra x Vrojainâi , F_1 Vrojainâi x Flacăra, F_1 Rufina x Flacăra	4,55	Vrojainâi, F_1 Rufina x Flacăra,
	Lungimea tulpiniței, mm	14,60		2,45	
	Lungimea plantulei, mm	52,80		7,00	
	Germinația, %	73,43		53,30	
2	Lungimea radiculei, mm	41,93	L 10B, Vrojainâi, F_1 L 10B x Rufina	7,55	Deșteptarea, F_1 L 10B x Rufina, F_1 Rufina x L 10B, F_1 Flacăra x Rufina
	Lungimea tulpiniței, mm	17,70		3,15	
	Lungimea plantulei, mm	59,63		10,75	
	Germinația, %	93,67		72,50	
3	Lungimea radiculei, mm	25,80	Rufina, F_1 Rufina x L 10B	10,10	Flacăra, F_1 Flacăra x Vrojainâi, F_1 Flacăra x Deșteptarea,
	Lungimea tulpiniței, mm	12,00		5,30	
	Lungimea plantulei, mm	37,80		15,43	
	Germinația, %	79,40		88,50	
4	Lungimea radiculei, mm	51,55	Flacăra, Deșteptarea, F_1 Flacăra x Deșteptarea, F_1 Deșteptarea x Flacăra	5,13	Rufina, L 10B, F_1 Deșteptarea x Flacăra
	Lungimea tulpiniței, mm	20,60		3,07	
	Lungimea plantulei, mm	72,18		8,17	
	Germinația, %	88,88		90,77	

5	Lungimea radicului, mm	49,20	F_1 Flacăra x Rufina	6,00	F_1 Vrojainâi x Flacăra,
	Lungimea tulpiniței, mm	18,80		2,80	
	Lungimea plantulei, mm	68,00		8,80	
	Germinația, %	61,10		33,40	

În varianta cu *regimul de temperatură 10°C,* 2 genotipuri – Vrojainâi, F_1 Rufina x Flacăra, au format *clusterul 1,* cu cele mai mici valori ale caracterelor evaluate, iar genotipurile din *clusterul 3* (Flacăra, F_1Flacăra x Vrojainâi, F_1 Flacăra x Deșteptarea) au manifestat cele mai mari valori ale organelor de creștere. Genotipurile din *clusterul 2,* de asemenea, prezintă interes chiar dacă germinația este mai joasă decât a genotipurilor din *clusterul 4*, deoarece valorile caracterelor de creștere sunt mult mai mari și șansa de a obține o apariție mai uniformă a plantulelor în condițiile temperaturilor joase a solului este cu mult mai mare. Din datele obținute putem concluziona că genotipurile Flacăra, F_1 Flacăra x Vrojainâi, F_1 Flacăra x Deșteptarea manifestă rezistență complexă la stresul de temperatura 10°C si prezintă interes în utilizarea lor ca surse de rezistență la temperaturi joase pozitive (Tabelul 4.26).

Prelucrarea statistică a datelor experimentale prin analiza factorială a varianței a permis aprecierea variabilității și gradului de influență a temperaturii, genotipului și interacțiunii lor asupra variabilității caracterelor evaluate (Tabelul 4.27). S-a constatat că cea mai mare contribuție în sursa de variație a lungimii radicului embrionare, tulpiniței și plantului a avut-o temperatura, aportul acesteia constituind 98,6; 98,5 și 98,7%, respectiv. Este de menționat că *genotipul* și interacțiunile *genotip x temperatură* au jucat un rol important în varianța caracterului germinația semințelor – 32,5% și 16,1%, respectiv.

Prin calculul efectelor reciprocității pentru caracterele de creștere și dezvoltare la hibrizii F_1 de tomate, s-a constatat că în majoritatea cazurilor în ambele variante 25^0C și 10^0C, o importanță decisivă a avut factorul patern (+). Factorul matern a influențat semnificativ în combinația reciprocă Flacăra x Deșteptarea/ Deșteptarea x Flacăra – varianta martor pentru lungimea radicului și plantului și in varianta cu temperatura 10^oC pentru germinația semințelor, în combinația Flacăra x Vrojainâi / Vrojainâi x Flacăra în ambele variante pentru germinația semințelor, iar în combinațiile Rufina x Flacăra/ Flacăra x Rufina în varianta martor numai pentru germinația semințelor (Tabelul 4.28).

Factorul parental a influențat și gradul de dominanță (h_p) a caracterelor de creștere (Tabelul 4.29). De exemplu, în varianta martor h_p pentru *lungimea radicului* a variat în limitele -1,90...+7,25, iar în variantele cu temperatura 10^0C – în limitele -1,81...+4,75 – adică între supradominarea părintelui cu cele mai înalte valori de creștere a radicului – până la supradominarea părintelui cu cele mai mici valori.

Tabelul 4.27. Analiza bifactorială a relațiilor *genotip de tomate x temperatură*

Sursă de variație	Grad de libertate	Lungimea radiculei		Lungimea tulpiniței		Lungimea plantulei		Germinația	
		Suma medie a pătratelor	Contribuția în sursa de variație, %	Suma medie a pătratelor	Contri-buția în sursa de variație, %	Suma medie a pătratelor	Contri-buția în sursa de variație, %	Suma medie a pătratelor	Contri-buția în sursa de variație, %
Genotip	12	178,3*	0,8	31,8*	0,9	349,4*	0,7	967,5*	32,5
Temperatură	1	24122,6*	98,6	3602,6*	98,5	46233,3*	98,7	1373,4*	46,1
Genotip x temperatură	12	100,8	0,4	10,9	0,3	166,3	0,4	478,3*	16,1
Efecte aleatorii	52	53,4	0,2	11,2	0,3	109,5	0,2	159,1	5,3

*- $p<0,05$.

Tabelul 4.28. Influența factorului parental asupra gradului de dominație; efectul reciprocității pentru caracterele de creștere și dezvoltare la tomate în condiții optime

Nr.	Combinație F_1	Lungimea radiculei		Lungimea tulpiniței		Lungimea plantulei		Germinația semințelor	
		h_p	r_e	h_p	r_e	h_p	r_e	h_p	r_e
1	Flacăra x Vrojainâi,	-0,6	+0,76	-1,3	+0,54	-0,60	+0,70	-14,09	-0,50
2	Vrojainâi, x Flacăra	-1,90		-2,4		-2,11		-13,09	
3	Flacăra x Deșteptarea	+7,25	-3,4	-0,67	+0,36	+2,43	-1,12	-23,4	+7,09
4	Deșteptarea x Flacăra	+0,13		+0,08		+0,19		-7,8	
5	L 10B x Rufiana	+1,19	+0,92	+1,63	+2,08	+1,25	+1,12	+1,00	+3,06
6	Rufina x L 10B	-0,65		-2,63		-0,94		-5,39	
7	Rufina x Flacăra	-0,03	+0,52	-1,6	+1,18	-0,34	+0,65	-9,21	-0,45
8	Flacăra x Rufina	+1,00		+0,67		+0,95		-9,93	

În varianta martor, gradul de dominare a caracterului *lungimea tulpiniței* a variat în limite largi – de la supradominanță pozitivă (+1,63) până la supradominanță negativă (-2,63). În varianta cu temperatura 10°C nu s-au înregistrat valori pozitive ale gradului de dominare nici la o combinație hibridă.

Tabelul 4.29. Influența factorului parental asupra gradului de dominație; efectul reciprocității pentru caracterele de creștere și dezvoltare la tomate la temperatura 10^0C

Nr.	Combinație F_1	Lungimea radiculei		Lungimea tulpiniței		Lungimea plantulei		Germinația semințelor	
		h_p	r_e	h_p	r_e	h_p	r_e	h_p	r_e
1	Flacăra x Vrojainâi	-0,2	+0,40	-0,09	+0,54	-0,19	+0,45	+0,58	-1,45
2	Vrojainâi, x Flacăra	-1,04		-0,88		-1,09		-2,33	
3	Flacăra x Deșteptarea	+0,81	+1,31	-1,14	+1,29	+0,31	+1,28	-0,82	-2,22
4	Deșteptarea x Flacăra	-1,81		-3,71		-2,24		+0,2	
5	L 10B x Rufina	+4,75	+1,0	-1,67	+0,38	+1,93	+0,68	-2,60	+0,41
6	Rufina x L 10B	+2,75		-2,23		+0,55		-3,45	
7	Rufina x Flacăra	-0,15	+0,58	-1,3	+0,53	-1,30	+2,30	-9,36	+2,66
8	Flacăra x Rufina	-0,18		-0,25		-0,19		-4,05	

Ceea ce ține de *lungimea plantulei*, în varianta martor gradul de dominanță a variat în limitele: -2,11...+ 2,43 (Tabelul 4.28), iar în varianta cu temperaturi stresante: -2,24...+1,93 (Tabelul 4.29). Valori pozitive ale gradului de dominanță pentru germinația semințelor în varianta martor a fost înregistrat la o singură combinație L 10B x Rufina (+1,00), iar în varianta cu temperatura de 10°C la două combinații – Flacăra x Vrojainâi și Deșteptarea x Flacăra +0,58 și +0,20 respectiv. La majoritatea combinațiilor a fost înregistrată supradominanță negativă a germinației semințelor, iar supradominanță pozitivă nu a fost depistată nici la o combinație (Tabelul 4.29). Rezultatele obținute denotă existența interacțiunile specifice ale alelelor celor două genomuri, funcție de caracter, combinație și nivelul de temperatură.

4.6. Valorificarea surselor genetice la crearea noilor genotipuri de tomate cu diferit grad de precocitate, potențial de productivitate și calitate a fructelor

Eficienţa generală a ameliorării tomatelor, planificarea strategiilor de selecţie şi realizarea acestora depinde, în primul rând, de alegerea sau utilizarea corectă a materialului iniţial cu valoare biologică înaltă [56, 61, 63, 85, 112], determinarea variaţiei genetice şi selectarea din populaţiile segregate sau naturale a formelor ce prezintă interes, cu conservarea ulterioară şi dirijată a surselor genetice valoroase [17, 31, 35, 57].

Recolte mari şi stabile ale culturilor agricole pot fi obţinute doar având soiuri cu potenţial mare de productivitate şi rezistenţă înaltă la factorii nefavorabili ai mediului extern. De aceea, crearea soiurilor şi hibrizilor noi, mai productivi, rezistenţi la boli şi dăunători cu plasticitate ecologică largă prezintă o direcţie prioritară în selecţia culturilor agricole din multe ţări ale lumii [57, 116].

Totodată crearea soiurilor şi hibrizilor noi, capabili să asigure recolte înalte în condiţii de temperaturi joase pozitive (2-3^{0}C) şi iluminare insuficientă este o componentă indispensabilă în rezolvarea unei probleme globale – crearea tehnologiilor ecologic sigure și rentabile din punct de vedere energetic. De aceea în prezent, la crearea formelor noi de tomate amelioratorii i-au în considerare o gamă largă de caractere, şi în primul rând – productivitatea, calitatea fructelor, rezistenţa la factorii extremali ai mediului şi la cele mai răspândite boli [62, 64, 104, 113].

Calitatea înaltă a fructelor de tomate este una dintre obiectivele de bază ale ameliorării acestei culturi, fiind considerată la fel de importantă ca şi ameliorarea caracterelor de producţie şi a altor însuşiri de soi. În acest context, având in vedere utilizarea largă a produselor de tomate, intensificarea cercetărilor pentru acest obiectiv pe plan naţional se justifică din plin [58, 62, 63]. Pentru industria de conserve sunt solicitate soiuri cu conţinut ridicat de substanţă uscată, zahăr, vitamine, pigmenţi şi alte însuşiri, ceea ce adesea nu se constată la unele soiuri omologate [13]. Calitatea fructelor cuprinde două aspecte principale: biochimic şi morfologic. Din punct de vedere biochimic, fructele trebuie să fie bogate în vitamine, la tomate rata cea mai înaltă fiind prezentată de vitamina C [108]. Vitaminele, conţinutul de substanţe uscate, aciditatea, raportul zahăr/aciditate determină gustul şi aroma fructelor. Aspectele morfologice, în calitate de factori ai calităţii sunt: forma, culoarea şi mărimea fructelor. Solicitarea anumitor forme şi culori depinde de preferinţele consumatorilor, iar mărimea fructului – determinată în special de destinaţia finală: fructele mari sunt preferate pentru consumul în stare proaspătă, prepararea pastei și sucului, iar cele mici – de sfera de deservire alimentară și conservarea fructelor în condiţii casnice.

Pentru fructele proaspete de tomate gustul, aspectul, culoarea sunt decisive, în timp ce consistenta, zahărul, aciditatea, substanța uscată sunt importante pentru industria de procesare a tomatelor [41].

Sortimentul de tomate existent în ţara noastră s-a îmbunătăţit în ultimii ani prin introducerea unor soiuri şi hibrizi creaţi în R. Moldova sau în străinătate.

Având în vedere marea diversitate tehnologică a industriei de procesare a tomatelor, eşalonarea termenului de coacere pe o perioadă cât mai îndelungată, îmbunătăţirea continuă a calităţii, sporirea rezistenţei la factorii stresogeni, lărgirea sortimentului actual cu noi soiuri şi hibrizi constituie o necesitate pentru țările cultivatoare de tomate.

În acest scop, în perioada anilor 2020-2023 la Institutul de Genetică, Fiziologie şi Protecție a Plantelor USM s-au efectuat lucrări de ameliorare în scopul creării noilor hibrizi, linii şi soiuri de tomate, destinate diferitelor cerințe în ceea ce privește precocitatea, productivitatea şi calitatea.

Descrierea morfobiologică s-a efectuat în baza Descriptorului UPOV [90].

Parametrii biochimici ai fructelor au fost analizaţi în condiţii de laborator. Substanța uscată s-a determinat prin uscare [115], conținutul de zăharuri – prin metoda antronului [117], vitamina C în fructe şi aciditatea – conform standardelor în vigoare [106, 107].

Variabilitatea caracterelor de productivitate şi precocitate la tomate. Pentru determinarea rolului *genotipului, condiţiilor climatice ale anului* şi *interacţiunii genotip x an*, în formarea productivității generale şi a cotei fructelor marfa, s-a aplicat analiza factorială (Tabelul 4.30).

Tabelul 4.30. Analiza factorială a sursei de variaţie a productivităţii la cultivarea tomatelor prin răsad

Sursă de variaţie	Grad de libertate	Suma pătratelor efectelor	Ponderea în sursa de variaţie, %
Productivitatea generală			
Genotip de tomate	7	160,3	2,7
An	2	5609,5	95,3
Interacţiune *genotip x an*	14	98,6	1,8
Efecte aleatorii	48	13,3	0,2
Cota fructelor marfă			
Genotip de tomate	7	20,0	17,6
An	2	78,4	69,1
Interacţiune *genotip x an*	14	7,7	6,9
Efecte aleatorii	48	7,3	6,4

*- $p \leq 0,05$.

Datele au demonstrat că în cazul tomatelor cultivate prin răsad, condițiile de an au avut o pondere mai înaltă decât genotipul – 95,3 și 69,1%, respectiv, pentru productivitatea generală și cota fructelor marfă. Rolul genotipului a fost mai important pentru cota fructelor marfă (17,6%) decât în cazul productivității generale (2,7%). Ponderea sumară a genotipului (17,6%) și interacțiunii acestuia cu condițiile de mediu (6,9%) relevă rolul destul de înalt (24,5%) al acestora la obținerea producției de calitate.

Rolul genotipului este demonstrat și prin reacția diferențiată a soiurilor la condițiile de an, funcție de caracter. De exemplu, în cazul productivității generale, în anul 2020 care a fost extrem de nefavorabil pentru creșterea și dezvoltarea plantelor, recolta totală a constituit 25,12...39,0 t/ha. Cea mai înaltă productivitate au înregistrat soiul Dargen (38,3 t/ha) și linia L 305 (39,0 t/ha). Este de menționat că în anii 2021-2022, soiul Dorința și liniile L 304 și L 307 au înregistrat cei mai stabili indici (59,2-58,0; 56,0-58,0; 54,6-55,0 t/ha) (Figura 4.13 A). Cota fructelor marfă a fost destul de înaltă și s-a încadrat în limitele (88,7-98,0%), atât la soiurile cât și la liniile testate (Figura 4.13 B).

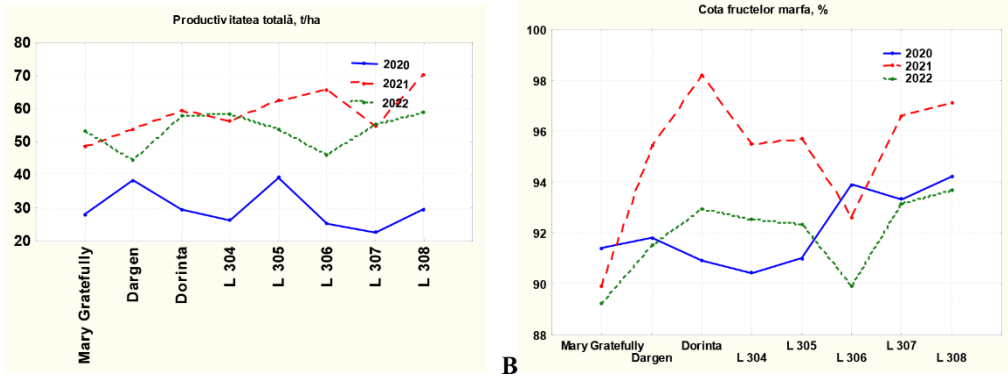


Figura 4.13. Influența condițiilor de an asupra productivității generale (A) și cotei fructelor marfă (B) la soiurile create de tomate cultivate prin răsad.

S-a constatat o reacție diferențiată a soiurilor și în cazul masei fructului (Tabelul 4.31). De exemplu, soiul Dargen și linia 305, au prezentat cei mai stabili indici – 20,2-32,2 și 39,1-47,1 g respectiv, iar liniile 306 și 307 – cei mai variabili: 40,0-81,8 și 73,5-112,4 g.

Temperaturile înalte și lipsa de umiditate din 2020, 2022 au dus la micșorarea masei fructelor la unele linii mai mult de 30%. Condițiile de an au influențat semnificativ și perioada de vegetație. Perioada de vegetație la unele linii în 2022 s-a micșorat practic cu două-trei săptămâni (Dorința, L 304, L 305). Coeficientul de variație a caracterului menționat a fost de 1,6-12,5%, ceea ce denotă variabilitate mică-medie a caracterului.

Tabelul 4.31. Variabilitatea masei fructului și a perioadei de vegetație la tomate

Linie / Soi	Masa fructului, g			Medie	V,%	Perioada de vegetație, zile			Medie	V,%
	2020	2021	2022			2020	2021	2022		
L 304	26,8	29,6	27,4	27,9	5,4	116	105	95	105,3	10,0
L 305	47,1	42,3	39,1	42,8	9,3	115	105	97	105,7	8,5
L 306	40,6	81,8	73,1	65,2	33,3	108	108	105	107,0	1,6
L 307	73,5	112,4	95,8	93,9	20,8	114	114	104	110,7	5,2
L 308	118,3	116,8	98,0	111,0	10,2	127	119	108	118,0	8,1
Dargen	23,4	32,2	20,2	25,3	24,5	121	103	95	106,3	12,5
Dorința	28,5	50,2	42,6	40,4	27,2	106	113	105	108,0	4,1
Mary Gratefully, standard	66,8	78,0	55,9	66,9	16,6	118	102	98	106,0	10,0

Variabilitatea caracterelor biochimice la tomate. Un indicator important al calității fructelor este compoziția lor biochimică. Liniile și soiurile studiate au demonstrat o valoare și calitate înaltă a fructelor, în special în ceea ce privește conținutul de substanță uscată și raportul zahăr/aciditate. În cazul sortimentului luat în studiu, conținutul de substanță uscată se încadrează în intervalul valoric de 6,6-9,3%, conținutul maxim fiind înregistrat la soiul Dargen, urmat de linia L 305. De remarcat că la toate liniile conținutul de substanță uscată a depășit martorul, cu excepția liniei L 309, al cărui indicator era la nivelul martorului (Tabelul 4.32).

Tabelul 4.32. Variabilitatea caracterelor biochimice la tomate (anul 2022)

Nr.	Linie, soi	Conținut						Suma pig-menților	Raport zăhar/ aciditate
		Substanță uscată, %	Zăharuri, %	Aciditate,	Vitamina C, mg%	*β*-caroten, mg/100 g	Licopen, mg/100 g		
1	L 304	7,8	4,9	0,67	27,1	1,79	1,38	3,17	7,31
2	L 305	8,2	5,6	0,72	31,1	1,55	1,50	3,05	7,78
3	L 306	7,6	5,6	0,63	25,9	1,30	0,99	2,29	8,89
4	L 307	6,9	6,6	0,48	21,9	1,01	1,03	2,04	11,67
5	L 308	7,5	6,0	0,49	25,4	1,48	1,77	3,25	12,24
6	L 309	6,6	4,9	0,54	27,4	3,08	0,45	3,53	9,07
7	Dargen	9,3	5,8	0,68	32,9	1,95	1,83	3,78	8,53
8	Dorința	7,4	4,9	0,67	20,1	1,40	1,57	2,97	7,31
9	Mary Gratefully, standard	6,7	6,0	0,57	25,8	1,38	1,22	2,6	10,52

Conform criteriilor stabilite, calitatea înaltă a fructelor este asigurată atunci când coeficientul zahăr/aciditate depășește 6,0, iar conținutul de zahăr din fructe este peste

3,0%. Cel mai ridicat conținut de zaharuri a fost înregistrat la soiul Dargen (5,8), L 308 (6,0), L 307. Din punct de vedere al echilibrului zăharuri-aciditate pot fi evidențiate L 306, L 307, la care conţinutul acestora este mai ridicat. Analizele privind conţinutul de vitamina C de asemenea arată valori mai înalte la soiul Dargen și L 305.

Analiza rezultatelor obținute demonstrează că soiurile și liniile evaluate se deosebesc esențial și în baza conținutului de licopen și caroten. Licopenul a variat în limitele 0,45-1,89 mg/100 g masă umedă, în dependență de genotip și culoarea acestora. Este necesar de menționat, că cel mai înalt conținut de licopen a fost înregistrat la formele de culoare roșie. Dintre liniile cu cantitate sporită de licopen pot fi menționate: soiurile Dargen, Dorința și liniile L 305, L 308 care au înregistrat 1,83; 1,57; 1,50; 1,77 mg/100 g masă umedă, respectiv (Tabelul 4.32).

Datele obținute denotă că soiurile și liniile evaluate au înregistrat o variabilitate înaltă în ceea ce privește conținutul de *β*-caroten care variază în limitele 1,01-3,08 mg/100 g masă umedă, un nivel maxim fiind constatat la linia L 309.

Rezultatele obținute cu privire la suma pigmenților evaluați indică diferențe semnificative între genotipurile studiate. S-a constatat că suma conținutului de licopen și *β*-caroten a constituit 0,71…5,02 mg/100 g masă umedă. Analiza rezultatelor a pus în evidență soiul Dargen și liniile L 304, L 308, L 309 care au înregistrat un nivel de pigmenți de 3,17...3,78 mg/100 g masă umedă.

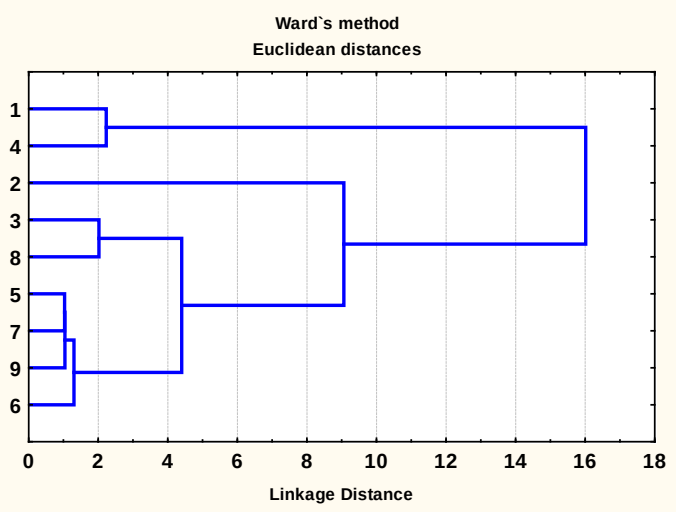


Figura 4.14. Dendrograma de repartiție a liniilor de tomate în baza caracterelor biochimice.

1 – Dargen, 2 – Dorința, 3 – L 304, 4 – L 305, 5 – L 306, 6 – L 307, 7 –L 308, 8 – L 309, 9 – Mary Gratefully (standard).

În scopul elucidării gradului de similitudine a soiurilor și liniilor nou create, în baza complexului de caractere biochimice ale fructului indicate în Tabelul 4.32, s-a procedat la analiza clusterianã. Datele obținute denotă că liniile noi create de tomate se deosebesc semnificativ în baza însușirilor analizate, formând 3 clustere distincte ceea ce denotă asemănarea sau deosebirea între genotipuri. Cea mai mare asemănare a fost înregistrată între genotipurile 5, 7, 9, 6 (Figura 4.14).

Luând ca bază mediile caracterelor evaluate, a fost identificat clusterul 1 cu cele mai înalte valori (substanță uscată – 8,8%, zăharuri – 5,7%, aciditate – 0,70, vitamina C – 32,0 mg%, *β*-caroten – 1,75 mg/100 g, licopen – 1,66 mg/100 g). Soiul Dargen și L 305, demonstrează calitatea biochimică înaltă a fructelor, ele prezintă interes ca material inițial în crearea soiurilor noi cu proprietăți gustative înalte. De asemenea, proprietăți gustative înalte au și genotipurile din clusterul 2 (Tabelul 4.33).

Tabelul 4.33. Analiza descriptivă a clusterelor

Cluster	Caracter	x	Genotip
1	Substanță uscată, %	8,80	Dargen, L 305
	Zăharuri, %	5,70	
	Aciditate	0,70	
	Vitamina C, mg%	32,0	
	β-caroten, mg/100 g	1,75	
	Licopen, mg/100 g	1,67	
2	Substanță uscată	7,30	L 304, L 306, L 307, L 308, L 309, Mary Gratefully (standard)
	Zăharuri	5,20	
	Aciditate	0,60	
	Vitamina C	25,8	
	β-caroten, mg/100 g	1,67	
	Licopen, mg/100 g	1,14	
3	Substanță uscată	7,4	Dorința
	Zăharuri	4,9	
	Aciditate	0,67	
	Vitamina C	20,1	
	β-caroten, mg/100 g	1,40	
	Licopen, mg/100 g	1,57	

Concluzii

- Soiurile de colecție de tomate se deosebesc în baza caracterelor morfo-biologice, precocității, caracterelor fructului, productivității. Au fost identificate 15 forme purtătoare ale genei *β* (*carotene*), 10– *u* (*uniform ripening*), 8– *j* (*jointless*), 8– *r* (*yellow flesh*).
- Crearea soiurilor timpurii de tomate se poate realiza și accelera prin identificarea combinațiilor hibride F_1 care manifestă dominanță/supradominanță negativă (h_p) a perioadelor interfazice *apariția plantulelor – începutul înfloririi* și *înflorire-începutul coaceriî*. Astfel de combinații s-au dovedit a fi Pontina x Prestij și Roma x Deșteptarea.
- Evaluarea însușirilor biologice şi de productivitate la combinațiile F_1 de tomate a demonstrat că h_p cu valori pozitive s-a înregistrat în 55,6% cazuri, ceea ce relevă manifestarea părintelui cu valori înalte ale caracterelor.
- S-a constatat că reacția plantelor de tomate (germinație, creșterea radicului și tulpiniței) la filtratele de culturi *F. oxysporum, F. solani* şi *A. alternata* în condiții controlate a fost diferită și a depins de organul de creștere a genotipului, și specia fungului. Prin analiză bifactorială a variației s-a constatat că pentru germinarea semințelor, factorul genotipic a avut cea mai mare importanță în reacția la FC *F. oxysporum* și *A. alternata*, iar pentru creșterea radicului embrionare și a tulpiniței în ambele variante o influență majoră revine speciei fungului.
- S-a constatat că reacția plantelor de tomate (germinația, creșterea rădăcinii, tulpinii și plantulei) la temperaturi stresante (arșiță, frig) a fost diferită și depinde de organul de creștere, genotip și nivelul de temperatură. Conform rezistenței, apreciată în baza lungimei radicului, tulpiniței și plantulei, au fost selectate soiurile Mary Gratefully, Luci, Chihlimbar, forma locală din Timișoara, combinația hibridă F_2 formă locală Timișoara x Mary Gratefully (rezistență sporită) și soiul Florina, combinațiile hibride F_2 Deșteptarea x Florina, F_2 Deșteptarea x Pontina (rezistente) care prezintă interes pentru programele de ameliorare a tomatelor în crearea formelor cu rezistență sporită la arșiță.
- Soiul Mary Gratefully și liniile L 305, L 306, L 307, L 309 au manifestat o sensibilitate redusă la acțiunea temperaturilor scăzute și, prin urmare, sunt de interes practic în activitatea de ameliorare ca posibile surse genetice de rezistență.
- În rezultatul analizei bifactoriale, s-a constatat că contribuția temperaturii înalte și joase în variabilitatea organelor de creștere a tomatelor (radiculă, tulpiniță, plantulă) este cu mult mai mare decât contribuția genotipului, iar pentru germinația semințelor ca răspuns la stresul temperaturilor joase contribuția genotipului și interacțiunii *genotip x temperatură* sunt decisive.

- Valorile ridicate ale coeficientului de heritabilitate și progresului genetic pentru organele de creștere ale tomatelor în ontogeneză timpurie la interacțiunea cu diferite niveluri de temperatură (înalte și joase) indică faptul că reacția plantelor este controlată de gene aditive, ceea ce relevă perspectivele de creare a genotipurilor rezistente în termeni restrânși și de valorificare a acestora în calitate de donatori de rezistență la stresul termic.
- Manifestarea deosebirilor semnificative ale caracterelor de creștere și dezvoltare la majoritatea hibrizilor reciproci F_1 atât în varianta martor (25^0C), cât și în variantele cu temperaturi de stres (40^o, 42^o, 10^oC) demonstrează în majoritatea cazurilor implicarea factorului patern în reacția și formarea fenotipului acestora pe fondul diferitelor temperaturi. Datele denotă necesitatea luării în considerare a rezistenței formelor parentale la luarea deciziilor cu privire la orientarea încrucișărilor componenților de hibridare în scopul diminuării efectelor strsului de temperatură asupra organelor de creștere la tomate în ontogeneză timpurie.
- Conform gradului și orientării dominanței caracterelor de creștere, la hibrizii F_1 reciproci de tomate la diferite temperaturi, interacțiunea genelor materne și paterne este puternic influențată de factorul termic. S-a stabilit, că la combinaţiile F_1 L 10B x Rufina și F_1 Rufina x Flacăra caracterele evaluate au manifestat în condiții de temperaturi ridicate supradominanţă în raport cu cel mai bun genitor ceea ce denotă că în aceste condiții, entitatea parentală intensifică influența alelelor recesive asupra celor dominante, implicate în controlul caracterelor de creștere a plantelor de tomate. De asemenea s-a stabilit că valorile gradului de dominație în condițiile de temperatură joasă numai în 8 cazuri din 32 au fost pozitive, dintre care 3 – cu supradominanță pozitivă.
- În rezultatul analizei bifactoriale, s-a constatat că contribuția condițiilor de an a avut o pondere mai înaltă decât genotipul – 95,3 și 69,1%, respectiv, pentru productivitatea generală și cota fructelor marfă. Ponderea sumară a genotipului (17,6%) și interacțiunii acestuia cu condițiile de mediu (6,9%) relevă rolul destul de înalt (24,5%) al acestora la obținerea producției de calitate.
- Analiza biochimică a fructelor soiurilor și liniilor studiate demonstrează o valoare şi calitate înaltă a fructelor, în special în ceea ce privește conținutul de substanță uscată și raportul zahăr/aciditate, ele fiind favorabile pentru utilizare în stare proaspătă, procesată și oportune ca material inițial în ameliorarea calității fructelor de tomate.

Referințe bibliografice

1. Adams S., Cockshull K., Cave, C. Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. In: *Annals of Botany*, 2001, 88, p. 1-9.
2. Adeniji O.T. Genetic variation and heritability for foliage yield and yield component traits in edible *Amaranthus cruentus* [L.] genotypes. In: *Bangladesh J. Agril. Res.* 2018, 43(3), p. 513-524.
3. Agarwal S., Rao A. V. Tomato lycopene and its role in human health and chronic diseases. In: *CMAJ*, 2000, 163, p. 739–744.
4. Amini J., Sidovich D.F. The Effects of Fungicides on Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici Associated with Fusarium Wilt of Tomato. In: *J. of Plant Protect. Research*, 2010, 50 (2), p. 172-178.
5. Arts I.C.W., Hollman P.C.H. Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. In: *Am. J. Clin. Nutr*., 2005, 81, p. 317–325.
6. Asseng S., Foster I., Turner N.C. The impact of temperature variability on wheat yields. In: *Global Change Biology*, 2011, 17, p. 997–1012.
7. Balkan A. Genetic variability, heritability and genetic advance for yield and quality traits in M2-4 generations of bread wheat (Triticum aestivum L.) genotypes. In: Turkish J. of Field Crops, 2018, 23, p.173-179.
8. Battisti D.S., Naylor R.L. Historical warnings of future food insecurity with unprecedented seasonal heat. In: *Science*, 2009, 323, p. 403–406.
9. Bird A. Perceptions of epigenetics. In: *Nature*, 2007, 447, p. 396-398.
10. Bisbis M. B., Gruda N., Blanke M. Potential impacts of climate change on vegetable production and product quality. In: *Journal of cleaner production*, 2018, 170 (5), p. 1602-1620.
11. Bita C.E., Gerats T. Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops: In: *Front Plant Sci*., 2013, 4, p. 273-284.
12. Bossdorf O., Richards C. L., Pigliucci C. L. Epigenetics for ecologists. In: *Ecology Letters*, 2008, 11, p. 106-115.
13. Botnari V. Problemele actuale în ameliorarea şi organizarea producerii seminţelor de legume. În: *Buletinul AŞM. Ştiinţele vieţii*, 2015, 2(326), p. 70-75.
14. Bralewski T.W. et al. Indexes of tolerance of tomato seeds for germination at low temperatures. In: *Not. Bot. Hort. Agrobot*. Cluj, 2004, XXXII, p. 35-42.
15. Çalış O., Topkaya Ş. Genetic analysis of resistance to early blight disease in tomato. In: *Afr. J. of Biotechn*., 2011, vol. 10(79), p.18071-18077.
16. Camejo D., Morales A., DellAmico J., Torrecillas A., Alarcon J.J. High temperature effects on photosynthetic activity of two tomato cultivars with different heat susceptibility. In: *Journal of Plant Physiology*, 2005, 162 (3), p. 281-289.
17. Carli P. et al. Dissection of genetic and environmental factors involved in tomato organoleptic quality. In: *BMC Plant Biol*., 2011, 11, p. 58.
18. Carvalho R.F., Takaki, M., Azevedo, R.A. Plant pigments: the many faces of light perception. In: *Acta Physiologiae Plantarum*, 2011, 33 (2), p 241–248.
19. Chen H., Chen X., Chen D., Li J. et al. A comparison of the low temperature transcriptomes of two tomato genotypes that differ in freezing tolerance: *Solanum lycopersicum* and *Solanum habrochaites*. In: *BMC Plant Biol*. 2015, 15, p. 1–16.
20. Chetelat RT. Revised list of monogenic stocks. Rep Tomato Genet Coop., 2002, 52, p. 41–62.

21. Davies K.M. An introduction to plant pigments in biology and commerce. In: *Plant Pigments and Their Manipulation*, 2004.vol. 14, p. 1–22.
22. Di Mascio P, Kaiser S, Sies H. Lycopene as the most efficient biological carotenoid singlet oxygen quencher. In: *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 1989, 274(2), p. 532–538.
23. Diplock A.T., Charleux G. Crozier-Willi F.J, Kok C., Rice-Evans M. Roberfroid, W. Stahl, Vina-Ribes J., 1998. Functional food science and defence against reactive oxidative species. In: *Br. J. Nutr*., 1998, 80, 1, p.77-112
24. Eggersdorfer M., Wyss A. Carotenoids in human nutrition and health. In: *Arch. Biochem. Biophys*, 2018, 652, p. 18– 26.
25. Ercolano M.R. et al. Biochemical, sensorial and genomic profiling of Italian tomato traditional varieties. In: *Euphytica*, 2008, 164, p. 571-582.
26. Fernandes A. A., Martinez H. E. P., Fontes P. C. R. Produtividade, qualidade dos frutos e estado nutricional do tomateiro tipo longa vida conduzido com um cacho, em cultivo hidropônico, em função das fontes de nutrientes. In: *Horticultura Brasileira*, 2002, vol. 20, nr. 4, p. 564-570.
27. Firon N., Shaked R., Peet M.M. et al. Pollen grains of heat tolerant tomato cultivars retain higher carbohydrate concentration under heat stress conditions. In: *Scientia Horticultural*, 2006, 109 (3*)*, p. 212–217.
28. Foolad M., Lin G. Relationship between cold tolerance during seed germination and vegetative growth in tomato: germplasm evaluation. In: *J. Am. Soc. Hortic. Sci*. 2000, 125, p. 679–683.
29. Fraga H., Malheiro A.C., Moutinho-Pereira J., Santos J.A. An over view of climate change impacts on European viticulture. In: *Food and Energy Security*, 2012, 1(2), p. 94–110.
30. Frary A. et al. Development of a set of PCR-based anchor markers encompassing the tomato genome and evaluation of their usefulness for genetics and breeding experiments. In: *Theor. Appl. Genet*., 2005, 111, p. 291–312.
31. Gepts P. Plant genetic resources conservation and utilization: the accomplishments and future of a societal insurance policy. In: *Crop Sci*., 2006, 46, p. 2278-2292.
32. Gerster H. The potential role of lycopene for human health. In: *Journal of the American College of Nutrition*, 1997, 16(2), p. 109–126.
33. Giovannucci E. Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: review of the epidemiologic literature. In: *Journal of the National Cancer Institute*, 1999, 91(4), p. 317–331.
34. Giovannucci E., A. Ascherio E.B. Rimm M.J. Stampfer G.A. Willett W.C. Intake of carotenoids and retinol in relation to risk of prostate cancer. In: *J. Natl. Cancer. Inst*., 1995, 87, p.1767-1776
35. Goff S.A., Klee H.J. Plant volatile compounds: sensory cues for health and nutritional value? In: *Science*, 2006, 311 (5762), p. 815-819.
36. Hooper L., Cassidy A. A review of the health care potential of bioactive ompounds. In: *J. Sci. Food Agric*., 2006, 86, p. 1805-1813.
37. Ilahy R. et al. Fractionate analysis of the phytochemical composition and antioxidant activities in advanced breeding lines of high-lycopene tomatoes. In: *Food & Function*, 2016, 7(1), p. 574-583.
38. IPPC. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate. Change Core, Pachauri R.K., Meyer L.A., Eds., IPCC: Geneva, Switzerland, 2014.
39. Jenkins J.A. The origin of the cultivated tomato. In: *Econ Bot*., 1948, 2, p. 379–392.

40. Kanavi M. S. P., Prakash KolerSomu, G., Marappa N. Genetic Diversity Study through K-means Clustering in Germplasm Accessions of Green gram [*Vigna radiata* (L.)] Under Drought Condition. In: *International Journal of Bio-resource and Stress Management*, 2020, 11(2), p. 138-147.
41. Klee H.J., Tieman D.M. Genetic challenges of flavor improvement in tomato. In: *Trends Genet*., 2013, 29(4), p. 257-262.
42. Kohlmeier L., Kark J.D., Gomez-Gracia E., et al. Lycopene and myocardial infarction risk in the EURAMIC study. In: *American Journal of Epidemiology*, 1997, 146(8), p. 618–626.
43. Latzel V., Hajek T., Klimesov J., Gomez S. Nutrients and disturbance history in two Plantago species: maternal effects as a clue for observed dichotomy between resprouting and seeding strategies. In: *Oikos*, 2009, 118 (11), p. 1669-1678
44. Levy J. et al. Lycopene is a more potent inhibitor of human cancer cell proliferation than either α-carotene or β-carotene. In: *Nutrition and Cancer*, 1995, 24(3), p. 257–266.
45. Lewinsohn E. et al. Carotenoid degradation as a link between pigmentation and aroma in tomato and watermelon fruit. In: *Trends. Food Sci. Technol*, 2005, 16, p. 407–415.
46. Li Y., Wang H., Zhang Y., Martin C. Can the world's favorite fruit, tomato, provide an effective biosynthetic chassis for high-value metabolites? In: *Plant Cell Rep*., 2018b, 37, p. 1443–1450.
47. Liu H., Ouyang B., Zhang J. et al. Differential modulation of photosynthesis, signaling, and transcriptional regulation between tolerant and sensitive tomato genotypes under cold stress. In: *PLoS ONE*, 2012, 7, e50785.
48. Lois L., Rodriguez C., Gallego F. et al. Carotenoid biosinthesis during tomato fruit development: Regulatory role of 1-deoxy-D- xylulose 5-phosphate synthase. In: *Plant J*., 2000, 22, p. 503-513.
49. Lupascu G., Grigorcea S., Mihnea N., Gavzer S. Factorial analysis of the specificity fungus *Alternaria alternata* (Fr.) Keissler, isolated from tomatoes. In: *The Xth International Congress of Geneticists and Breeders.* Abstract book, 28 June – 1 July 2015, Chisinău, Republic of Moldova, Chişinău: ArtPoligraf, 2015, p. 109.
50. Lupaşcu G., Mogîlda A., Ganea A. Variability of *Sesamum indicum* L. germoplasm in the reaction to *Alternaria alternata* fungus. In: *Romanian Journal of Biology - Plant Biology*, 2019, 64 (1), p. 49-59.
51. Lupaşcu G., Rotaru L., Mihnea N., Gavzer S. Oportunităţi de *screening* al rezistenţei genotipurilor de tomate la fuzarioza radiculară. In: *Probleme actuale ale geneticii, fiziologiei şi ameliorării plantelor*. Chişinău, 2008, p.105-110.
52. Lupaşcu G., Rotaru L., Mihnea N. Cercetări cu privire la controlul genetic al rezistenţei tomatelor la *Fusarium oxysporum* var. *orthoceras.* In: *Studia Universitatis Moldaviane, Seria „Ştinţe reale şi ale naturii"*, 2009, 6(26), p.143-148.
53. Martí R., Roselló S., Cebolla-Cornejo J. Tomato as a source of carotenoids and polyphenols targeted to cancer prevention. In: *Cancers* (Basel), 2016, 8, E58. doi: 10.3390/cancers8060058.
54. Mihnea N., Botnari V., Lupaşcu G. Tomato Varieties with High Indices of Productivity and Resistance to Environmental Factors. In: *Ekin J. of Crop Breed. and Genet*., 2016, 2(1), p.15-22.
55. Mihnea N., Lupascu G., Vînatoru C., Cristea N. Studies on the morphobiological characteristics, productivity and resistance to high temperatures at tomatoes. Congresul ştiinţific Internaţional. Secţiunea Horticultura şi ingineria mediului. "Horticultura-ştiinţă, calitate, diversitate şi armonie", Iaşi, 17-18 octombrie 2019, p.47-54.

56. Mihnea N. Ameliorarea soiurilor de tomate pentru cultivare în câmp deschis în Republica Moldova. Chișinău: Tipografia Print – Caro, 2016, 196 p.
57. Mihnea N. Evaluation of parental forms and hybrid populations descending from tomatoes, following heat resistance and productivity. In: *Horticulture*. 2016, vol. LX, p.119-124.
58. Mihnea N., Grati M., Jacotă A., Grati V. Rezistenţa la frig – o direcţie prioritară de ameliorare a tomatelor în Republica Moldova. In: *Cercetări de genetică vegetală şi animală*, Vol. IX, Fundulea, 2006, p. 41-46.
59. Mihnea N., Lupașcu G, Gavzer S. Reacţia unor linii de perspectivă de tomate la fungii *Alternaria alternata* şi *Fusarium* spp. In: *Stiinta Agricola* [S.l.], 2018, n. 1, p. 50-54.
60. Mihnea N., Lupașcu G., Zamorzaeva I. The reaction of tomato genotypes to fungal pathogens under controlled conditions. In: *International Conference „Agriculture for Life, Life for Agriclture"*. Holticulture, 2017, Vol. ILXI, p. 277-285.
61. Mihnea N., Roșca C., Climauțan D. Reacția formelor parentale și hibrizilor F_2 de tomate la temperaturi stresante. În: *Stiinta Agricolă*, 2022, 1, p. 42-49. ISSN 2587-3202.
62. Mihnea N., Rudacova A., Cherdivara A., Braşoveanu D. Variabilitatea conținutului de licopen și β caroten în fructele de tomate. În: *Studia Universitatis Moldaviane, Seria „Științe reale și ale naturii"*, 2022, 6 (156), p. 93-97.
63. Mihnea N., Brinza L., Buceaceaia S., Zamorzaeva I. Variability of some biochemical characteristics in the perspective tomato varieties. In: *Oltenia Journal for Studies in Natural Sciences*, 2017, 33(2), p. 35-38.
64. Mihnea N., Lupașcu G. Heritability of the tomato genotypes resistance to the high temperatures of air. In: *International Conference „Agriculture for Life, Life for Agriclture"*. Holticulture București Vol. LXII, 2018, p. 339-343.
65. Miura K., Shiba H., Ohta M., et al. SlICE1 encoding a MYC-type transcription factor controls cold tolerance in tomato, *Solanum lycopersicum*. In: *Plant Biotechnol*. 2012, 29, p. 253–260.
66. Nahar K., Ullah S.M. Effect of water stress on moisture content distribution in soil and morphological characters of two tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivars. In: *J. Sci. Res*., 2011, 3(3), p. 677–682.
67. Nasir M. U. et al. Tomato processing, lycopene and health benefits: a review. In: *Science Letters*, 2015, 3(1), p. 1-5.
68. Nguyen M L, Schwartz S J. Lycopene: chemical chemical and biological properties. In: *Food Technology*, 1999, 53(2), p. 38–45.
69. Pato T.S.K., Ravisankar C. Genetic variability and multivariate analysis in okra [*Abelmoschus esculentus* (L) Moensh]. In: *Tropical Agricultural Research*, 2004, 16, p. 99-113.
70. Peet M.M., Willits D.H., Gardner R. Response of ovule development and post-pollen production processes in male-sterile tomatoes to chronic, sub-acute high temperature stress. In: *Journal of Experimental Botany*, 1997, 48 (1), p. 101–111.
71. Pervez M. A., Ayub C.M., Khan H.A. et al. Effect of drought stress on growth, yield and seed quality of tomato (Lycopers ic on esculentum L.). In: *Pakistan J. Agri. Sci*., 2009. 46(3), p.174–178.
72. Porter J.R., Xie L., Challinor A.J., et al. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdon, New York, 2014, p. 485–533.
73. Powell A.L.T. et al. Uniform ripening encodes a Golden 2-like transcription factor regulating tomato fruit chloroplast development. In: *Science*, 2012, 336, p. 1711–1715.

74. Raiola A., Rigano M. M., Calafiore R., Frusciante L., Barone A. Enhancing the health-promoting effects of tomato fruit for biofortified food. In: *Mediators Inflamm*. 2014. 10.1155/2014/139873.
75. Reinhold K. Maternal effects and the evolution of behavioural and morphological characters: a literature review indicates importance of extended maternal care). In: *Journal of Heredity*, 2002, 93 (6), p. 400-405.
76. Ribeiro R.V., Santos M.G., Machado E.C., Oliveira R.F. Photochemical heat-shock response in common bean leaves as affected by previous water deficit. In: *Russian Journal of Plant Physiology*, 2008, 55(3), p. 350–358.
77. Richards E. J. Inherited epigenetic variation revisiting soft inheritance. In: *Nature Reviews Genetics*, 2006, 7 (5), p. 395-401.
78. Rodriguez-Concepcion M., Avalos J., Bonet M.L. et al. A global perspective on carotenoids: metabolism, biotechnology, and benefits for nutrition and health. In: *Prog. Lipid Res*., 2018, 70, p. 62– 93.
79. Sato S. et al. Moderate increase of mean daily temperature adversely affects fruit set of *Lycopersicon esculentum* by disrupting specific physiological processes in male reproductive development. In: *Annals of Botany*, 2006, 97, p. 731-738.
80. Sato S., Peet M.M., Thomas J.F. Physiological factors limit fruit set of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under chronic, mild heat stress. In: *Plant Cell Environment*, 2000, 23 (7), p.719–726.
81. Savary S. et al. Use of categorical information and correspondence analysis in plant disease epidemiology. In: *Adv. in Bot. Research*, 2010, 54, p. 190-198.
82. Seymour G.B. et al. Genetic identification and genomic organization of factors affecting fruit texture. In: *J. Exp. Bot*., 53, 2002, p. 2065-2071.
83. Sherzod R., Yang E.Y., Cho M.C. et al. Traits affecting low temperature tolerance in tomato and its application to breeding program. In: *Plant Breed. Biotechnol*. 2019, 7, p. 350–359.
84. Sills G. R., Nienhuis J. Maternal phenotypic effects due to soil nutrient levels and sink removal in Arabidopsis thaliana (*Brassicaceae*). In: *American Journal of Botany*, 1995, 82 (4), p. 491-495.
85. Siminel V. Ameliorarea genetică a plantelor de câmp. Chișinău: Tipografia centrală, 1998, 594 p.
86. Stevens M.A., Rick C.M. Genetic and breeding. In: The tomato crop: a scientific basis for improvement. J.G. Atherton and J. Rudich (eds.), Chapman and Hall, London, 1986, p. 35-109.
87. TanakaY., Sasaki N., Ohmiya A. Biosynthesis of plant pigments: Anthocyanins, betalains and carotenoids. In: *Plant J*. 2008, 54, p. 733–749.
88. Taneva K., Bozhanova V., Petrova I. Variability, heritability and genetic advance of some grain quality traits and grain yield in durum wheat genotypes. In: *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 2019, 25(2), p. 288–295.
89. Tapas A.R., Sakarkar D.M., Kakde R.B. Flavonoids as nutraceuticals: A review. Trop. In: *J. Pharm. Res*., 2008, 7, p. 1089–1099.
90. Test Guidelines for Tomato - UPOV (International union for the protection of new varieties of plants), Jeneva, 2011, 69 p.
91. Tohge T., Fernie A. R. Metabolomics-inspired insight into developmental, environmental and genetic aspects of tomato fruit chemical composition and quality. In: *Plant Cell Physiol*., 2015, 56, p. 1681–1696.

92. Tripathi A., Tripathi D.K., Chauhan D. et al. Paradigms of climate change impacts on some major food sources of the world: A review on current knowledge and future prospects. In: *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2016, 216, p. 356–373.
93. Van Leeuwen C., Darriet Ph. The impact of climate change on viticulture and wine quality. In: *Journal of Wine Economics*, 2016, 11 (1), p. 150–167.
94. Venema J.H., Posthumus F., De Vries M., Van Hasselt P.R. Differential response of domestic and wild *Lycopersicon* species to chilling under low light: Growth, carbohydrate content, photosynthesis and the xanthophyll cycle. In: *J. Physiol. Plant.* 1999, 105, p. 81–88.
95. Viuda-Martos M., Sanchez-Zapata E., Sayas-Barberá E. et al. Tomato and tomato byproducts. Human health benefits of lycopene and its application to meat products: a review. Crit. Rev. In: *Food Sci. Nutr*., 2014, 54, p.1032–1049.
96. Wahid A. et al. Heat tolerance in plants: an overview. In: *Env. Exp. Bot*., 2007, 61, p. 199-223.
97. Wann E.V, Jourdain E.L. Effects of mutant genotypes *hp o* and *dg o* on tomato fruit quality. In: *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1985, 110(2), p. 212–215.
98. Willcox J.K, Catignani G.L, Lazarus S. Tomatoes and cardiovascular health. Critical Reviews. In: *Food Science and Nutrition*, 2003, 43(1), p. 1–18.
99. Wolf J. B. Gene interactions from maternal effects. In: *Evolution*, 2000, 54(6), p.1882–1898.
100. Xiaoa F., Yang Z., Zhua L. Low temperature and weak light affect greenhouse tomato growth and fruit quality. In: *J. Plant Sci*. 2018, 6, p. 16–24.
101. Xu X., Li J., Wang X., Wang S., Meng S., Zhu Y. et al. Tomato consumption and prostate cancer risk: a systematic review and meta-analysis. In: *Sci. Rep*. 2016. 6. Article ID 37091.
102. Yu C., Wang H. S., Yang S. et al. Overexpression of endoplasmic reticulum omega-3 fatty acid desaturase gene improves chilling tolerance in tomato. In: *Plant Physiol. Biochem*. 2009, 47, p. 1102–1112.
103. Zhang L.P. et al. (Mapping QTLs conferring early blight (*Alternaria solani*) resistance in a *Lycopersicon esculentum* x *L. hirsutum* cross by selective genotyping. In: *Mol. Breed*., 2003, 12, p. 3-19.
104. Авдеев А.Ю. Селекция и испытание сортов томатов для индивидуальных и коллективных хозяйств Нижнего Поволжья. Автореф. канд. с.-х наук, Астрахань, 2006, 23 с.
105. Брюбейкер Дж. Сельскохозяйственная генетика. М.: Сельхозгиз, 1966, 223 с.
106. ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. Технические условия. М., 2003.
107. ГОСТ 25555.0-82. Продукты переработки фруктов и овощей. Метод определения общей кислотности. М., 2010.
108. Грати М.И. Использование межвидовой гибридизации в селекции томатов на качество плодов. В: *Овочівництво і Баштанництво Міжвідотчий тематичний науковий збірник*, Харків, 2007, N 53, с. 198-208.
109. Даскалов Х. Доклад на заседании Общ. ЕУКАРПИЯ, 1971 (citat după: Науменко Т.С. Генетический анализ эффекта гетерозиса по некоторым количественным признакам у гибридов F_1 томата. Автореф. канд. с.-х. наук. М., 2000, 24 с.
110. Даскалов Х., Михов А., Минков И. Гетерозис и его использование в овощеводстве. Москва: Колос, 1987, 64 с.
111. Мамедов М.И., Пивоваров В.Ф., Пышная О.Н. Селекция томата, перца и баклажана на адаптивность. Москва: АО Моспромстройматериалы, 2002, 441 с.

112. Михня Н.И. и др. Оценка продуктивности и качества нового исходного материала томата. В: *Новые и нетрад. растения и перспи. их использ.*: VII межд. симп., Том 1, М., 2007, с. 304-307.
113. Михня Н., Климэуцан Д.П., Рошка К.В. Вариабельность и наследуемость устойчивости перспективных линий томата к низким температурам. В: *Znanstvena misel journal*, 2021, Slovenia, Ljubljana. 2021, N.55, Vol.1, с.10-15.
114. Михня Н., Лупашку Г., Кристя Н., Кошалык К. Вариабельность и наследуемость устойчивости перспективных линий томата к высоким температурам. В: *Журнал Овощи России*, nr. 6, 2020, с.47-50.
115. Мурашев С. В. Ишевский А. Л., Уварова Н. А. Определение содержания воды и сухих веществ в пищевых продуктах: метод. Указания, СПб., 2007, 24 с.
116. Пивоваров В.Ф. Перспективы развития приоритетных направлений в селекции и семеноводстве овощных культур в новых экономических условиях. В: *Приоритетные направления в селекции и семеноводстве сельскохозяйственных растений в XX1 веке*. Межд. научно-практ. конф. М.: ВНИИССОК, 2003, с. 65-81.
117. Практикум по биохимии. Под ред. С. Е. Северина и Г. А. Соловьевой, 2-е изд. М.: изд. МГУ, 1989, 509 с.

Obiecte de proprietate intelectuală elaborate în baza proiectului la subiecte incluse în monografie

Brevete de invenție

1. LUPAȘCU, G., MACAEV, F., GAVZER, S., CRISTEA, N., LUPAȘCU, L., STÂNGACI, E., ZVEAGHINȚEVA, M., POGREBNOI, S. Procedeu de tratare a boabelor de grâu comun de toamnă. MD 1591 Z - Nr. cererii: s 2021 0031; data depozit. 2021.04.20; data acordării 2022.01.31 (BOPI, 2022, nr 1, p. 53) // BOPI, 2022, nr 8, p. 78.
2. LUPAȘCU, G., MACAEV, F., GAVZER, S., CRISTEA, N., LUPAȘCU, L., STÂNGACI, E., ZVEAGHINȚEVA, M., POGREBNOI, S. Procedeu de tratare a boabelor de grâu comun de toamnă. MD 1603 Z - Nr. cererii: s 2021 0032; data depozit. 2021.04.20; data acordării 2022.03.31 (BOPI, 2022, nr 3, p. 54) // BOPI, 2022, nr 10, p. 63.
3. LUPAȘCU, G., MACAEV, F., GAVZER, S., CRISTEA, N., LUPAȘCU, L., STÂNGACI, E., POGREBNOI, V., POGREBNOI, S. Procedeu de tratare a boabelor de grâu comun de toamnă. MD 1604 Z - Nr. cererii: s 2021 0033; data depozit. 2021.04.20; data acordării 2022.03.31 (BOPI, 2022, nr 3, p. 54-55) // BOPI, 2022, nr 10, p. 63.
4. TURCULEȚ, N,, GHENDOV-MOȘANU, A., STURZA, R., VEVERIȚĂ, E., BUIUCLI, P., LUPAȘCU, G., ROTARI, S., GORE, A., LEATAMBORG, S. Procedeu de fabricare a pâinii din făină de triticale. MD 1512 Z - Nr. cererii: s 2020 0073; data depozit. 2020.07.17; data acordării 2021.04.30 (BOPI, 2021, nr 4, p. 40) // BOPI, 2021, nr 11, p. 89.
5. MACAEV, F., STÂNGACI, E., POGREBNOI, V., POGREBNOI, S., LUPAȘCU, L., LUPASCU, G., GAVZER, S. Aplicare a (Z)-1-(2,4-diclorofenil)-5-metil-2-(1*H*-1,2,4-triazol-1-il)hex-1-en-3-onei în calitate de compus activ contra fungilor *Alternaria alternata* şi *Fusarium aquaeductuum.* MD 4823 C1 - Nr. cererii: a 2020 0074; data depozit. 2020.10.15; data acordării 2022.09.30 (BOPI, 2022, nr 9, p. 48-49) // BOPI, 2023, nr 4, p.71.
6. MACAEV, F., STÂNGACI, E., ZVEAGHINȚEVA, M., POGREBNOI, S., LUPAȘCU, L., LUPASCU, G., GAVZER, S. Aplicare a (Z)-4,4-dimetil-1-(2,4-diclorfenil)-2-(1 *H* -1,2,4-triazol-1-il) pent-1-en-3-onei în calitate de remediu fungicid contra *Alternaria alternata* şi *Fusarium aquaeductuum.* MD 1636 Z - Nr. cererii: s 2022 0025; data depozit. 2020.10.15; data acordării 2022.08.31 (BOPI, 2022, nr 8, p.65-66) // BOPI, 2023, nr 3, p.64.

Brevete pentru soi de plantă

1. ROTARI, S., VEVERITĂ, E., LUPAȘCU, G., GORE, A., COINAC, I. Grâu durum. (*Triticum durum* Desf.) soiul SOFIDURUM. MD 409 - Nr. cererii: v 2018 0024; data depozit 2018.09.21; data acordării 2023.04.30 (BOPI, 2023, nr 4, p. 78).
2. VEVERIȚĂ, E., LEATAMBORG, S., LUPAȘCU, G., GORE, A. Triticale (*Triticosecale* Witt.) soiul COSTEL. MD 413 - Nr. cererii: v 2018 0025; data depozit 2018.09.21; data acordării 2023.04.30 (BOPI, 2023, nr 4, p. 78).
3. LUPAȘCU, G., GAVZER S., VEVERIȚĂ, E., LEATAMBORG, S., GORE, A. Grâu *(Triticum aestivum* L.*),* soiul Moldova 66. MD 326 - Nr. cererii: v 2017 0016; data depozit 2017.09.07; data acordării 2019.12.31 (BOPI, 2019, nr 12, p. 78) // BOPI, 2020, nr 4, p. 66.

4. ROTARI, S., VEVERIȚĂ, E., LUPAȘCU, G., GORE, A., LEATAMBORG, S., COINAC, I. Grâu durum *(Triticum durum* Desf.*)*, soiul Auriu 2. MD 327 - Nr. cererii: v 2017 0017; data depozit 2017.09.07; data acordării 2019.12.31 (BOPI, 2019, nr 12, p. 78) // BOPI, 2020, nr 4, p. 66.
5. GORE, A, ROTARI, S., LEATAMBORG, S., LUPAȘCU, G., JELEV, N. Grâu (*Triticum aestivum* L.) soiul Moldova 614 - Nr. cererii: v 2019 0011; data depozit 2019.08.29; data acordării 2023.04.30 (BOPI, 2023, nr 4, p. 78).

Cerere de brevet de invenție

1. MACAEV, F., LUPAȘCU, G., STÂNGACI, E., POGREBNOI, S., SUCMAN, N., LUPAȘCU, L., GAVZER, S, CRISTEA, N. Bromură de 1-((2-(2,4-dichlorophenyl)-4-propyl-1,3-dioxolan-2-yl)methyl)-4-(4-methyl-2-oxopentyl)-1*H*-1,2,4-triazol-4-ium și utilizarea ei în calitate de remediu activ contra fungilor *Fusarium avenaceum* și *F. oxysporum.* - Nr. cererii: a 2022 0047; data depozit 2022.10.26.
2. MACAEV, F., LUPAȘCU, G., STÂNGACI, E., POGREBNOI, S., SUCMAN, N., LUPAȘCU, L., GAVZER, S., CRISTEA, N. Clorură de 4-(2-(2,4-diclorfenil)-2-oxoetil)-1-((2-(2,4-diclorfenil)-4-propil-1,3-dioxolan-2-il)metil)-1*H*-1,2,4-triazol-4-iu și utilizarea ei în calitate de remediu activ contra fungilor *Fusarium avenaceum* și *Fusarium oxysporum.* - Nr. cererii: a 2022 0053; data depozit 2022.12.02.
3. MACAEV, F., LUPAȘCU, G., STÂNGACI, E., POGREBNOI, S., SUCMAN, N., LUPAȘCU, L., GAVZER, S., CRISTEA, N. Bromură de 4-(2-(2,4-diclorfenil)-2-oxoetil)-1-((2-(2,4-diclorfenil)-4-propil-1,3-dioxolan-2-il)metil)-1*H*-1,2,4-triazol-4-iu cu proprietăți antifungice contra *Fusarium avenaceum* și *Fusarium oxysporum.* - Nr. cererii: a 2023 0012; data depozit 2023.05.19.

Cereri de brevet pentru soi de plantă

1. MIHNEA, N., LUPAȘCU, G., CLIMĂUȚAN, D., ROȘCA, C., CRISTEA, N. Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) soiul Dorința. - Nr. cererii: v 2022 0003, data depozit: 2022.03.04; data publicării 2022.05.31 // BOPI, 2022, nr.5, p.80.
2. MIHNEA, N., LUPAȘCU, G., CLIMĂUȚAN, D., ROȘCA, C., CRISTEA, N. Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) soiul Dargen. - Nr. cererii: v 2022 0004, data depozit: 2022.03.04; data publicării 2022.05.31 // BOPI, 2022, nr.8, p.260.
3. BUIUCLI, P., VEVERIȚĂ, E., JACOTĂ, A., ROTARI, S., GORE, A., LUPAȘCU, G., LEATAMBORG, S., CHIRTOACĂ, I. Triticale *(Triticosecale* Witt.*)*, soiul Ingen 33. - Nr. cererii: v 2020 0022, data depozit 2020.09.11; data publicării 2020.12.31 // BOPI, 2020, nr.12, p.79.
4. GORE, A., ROTARI, S., LEATAMBORG, S., LUPAȘCU, G., JELEV, N., PLATOVSCHII, N., ZDIORUC, N. Grâu comun (*Triticum aestivum* L.) soiul Bijuteria Zâmbrenilor. Nr. cererii: v 2022 0019, data depozit 2022.11.04; data publicării 2023.03.31 (BOPI, 2023, nr 3, p. 69).

Diplome, medalii obținute la saloanele de inventică și inovații

1. LUPAȘCU G., GAVZER S., VEVERIȚĂ E., LEATAMBORG S., GORE A. Common winter wheat (*Triticum aestivum* Desm.), Moldova 66 cultivar. EUROINVENT, European Exhibition of Creativity and Innovation, Iaşi, 23 may 2020. **Diplomă și Medalie de aur**.
2. ROTARI S., VEVERITSA E., LUPASCU G., GORE A., LYATAMBORG S., COINAC I. A new variety Auriu 2 of winter durum wheat. EUROINVENT, European Exhibition of Creativity and Innovation, Iaşi, 23 may 2020. **Diplomă și Medalie de argint**.
3. LUPAȘCU G., GAVZER S., VEVERIȚĂ E., LEATAMBORG S., GORE A. Common winter wheat (*Triticum aestivum* Desm.), Moldova 66 cultivar. INVENTICA 2020, Iasi, 29-31 July 2020. **Diploma și Medalia Inventica 2020.**
4. ROTARI S., VEVERITSA E., LUPASCU G., GORE A., LYATAMBORG S., COINAC I. A new variety Auriu 2 of winter durum wheat. INVENTICA 2020, Iasi, 29-31 July 2020. **Diploma și Medalia Inventica 2020.**
5. MIHNEA N., GRATI M., JACOTĂ A., GRATI V. New tomato cultivare Milenium. INVENTICA 2020, Iasi, 29-31 July 2020. **Diploma și Medalia Inventica 2020**.
6. LUPAȘCU G., GAVZER S., VEVERIȚĂ E., LEATAMBORG S., GORE A. Common winter wheat (*Triticum aestivum* Desm.), Moldova 66 cultivar. Salonul Internațional de Invenții Inovații "Traian Vuia", Timișoara, 15 octombrie 2020. **Diplomă și Medalie de aur.**
7. ROTARI S., VEVERITSA E., LUPASCU G., GORE A., LYATAMBORG S., COINAC I. A new variety Auriu 2 of winter durum wheat. Salonul Internațional de Invenții Inovații "Traian Vuia", Timișoara, 15 octombrie 2020. **Diplomă și Medalie de aur**.
8. MIHNEA N., GRATI M., JACOTĂ A., GRATI V. New tomato cultivare Milenium. Salonul Internațional de Invenții Inovații "Traian Vuia", Timișoara, 15 octombrie 2020. **Diplomă și Medalie de bronz**.
9. ANDRONIC L. „Bazele citogenetice ale variabilității genetice la plantele de cultură în condiții de patogeneză virală” (monografie). Salonul de carte tehnico-științifică, artistică și literară “EUROINVENT”, Ediția 13, Iaşi, România, 10-20 mai 2021. **Diplomă și Medalie de Aur**.
10. LUPAȘCU G. „Putregaiul de rădăcină la grâul comun de toamnă” (monografie). Salonul de carte tehnico-științifică, artistică și literară “EUROINVENT”, Ediția 13, Iaşi, România, 10-20 mai 2021. **Diplomă și Medalie de Aur**.
11. MIHNEA N., LUPAȘCU G., BOTNARI V. „New tomato cultivare Cerasus”. EUROINVENT, Expoziția Europeană de Creativitate și Inovație, Ediția 13, Iaşi, România, 22 mai 2021. **Diplomă și Medalie de Aur.**
12. ROTARI S., VEVERIȚĂ E., LUPAȘCU G., GORE A., LEATAMBORG S., COINAC I. „Sofidurum a new variety of winter durum wheat (*Triticum durum* Desf.)”. EUROINVENT, Expoziția Europeană de Creativitate și Inovație, Ediția 13, Iaşi, România, 22 mai 2021. **Diplomă și Medalie de Aur**.

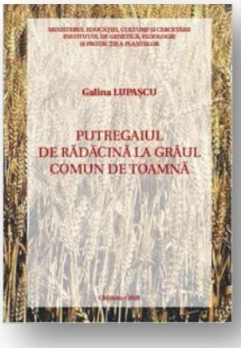
13. VEVERIȚĂ E., LEATAMBORG S., LUPAȘCU G., GORE A., ROTARI S. „A new variety of winter triticale (*Triticosecale* Witt.) – Costel". EUROINVENT, Expoziția Europeană de Creativitate și Inovație, Ediția 13, Iași, România, 22 mai 2021. **Diplomă și Medalie de Argint**.
14. ROTARI S., VEVERIȚĂ E., LUPAȘCU G., GORE A., LEATAMBORG S., COINAC I. „Sofidurum a new variety of winter durum wheat (*Triticum durum* Desf.)". INVENTICA 2021 Expoția Internațională de Inventică, Ediția 25, Iași, România, 23-25 iunie 2021. **Diplomă și Medalie de Bronz**.
15. VEVERIȚĂ E., LEATAMBORG S., LUPAȘCU G., GORE A., ROTARI S. „A new variety of winter triticale (*Triticosecale witt.*) – Costel". INVENTICA 2021 Expoția Internațională de Inventică, Ediția 25, Iași, România, 23-25 iunie 2021. **Diplomă și Medalie de Bronz**.
16. MIHNEA N., GRATI M., LUPAȘCU G., BOTNARI V., GRIGORCEA S. „New tomato cultivare Deșteptarea" INVENTICA 2021 Expoția Internațională de Inventică, Ediția 25, Iași, România, 23-25 iunie 2021. **Diplomă și Medalie de Bronz**.
17. LUPAȘCU G., GAVZER S., SAȘCO E., VEVERIȚĂ E., LEATAMBORG S., GORE A., ROTARI S. „Soi de grâu comun de toamnă (*Triticum aestivum* Desf.) Moldova 16". PRO INVENT 2021 Salonul Internațional al Cercetării Științifice, Inovării și Inventicii, Ediția 19, Cluj-Napoca, România, 20-22 octombrie 2021. **Diplomă și Medalie de aur**.
18. MIHNEA N., BOTNARI V., LUPAȘCU G., SALTANOVICI T., MIHNEA M. „Soi nou de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) Exclusiv". PRO INVENT 2021 Salonul Internațional al Cercetării Științifice, Inovării și Inventicii, Ediția 19, Cluj-Napoca, România, 20-22 octombrie 2021. **Diplomă și Medalie de bronz.**
19. ROTARI S., VEVERIȚĂ E., LUPAȘCU G., GORE A., LEATAMBORG S., COINAC I. Soi de plantă „Sofidurum o nouă varietate de grâu durum de toamnă (*Triticum durum* Desf.)". PRO INVENT 2021 Salonul Internațional al Cercetării Științifice, Inovării și Inventicii, Ediția 19, Cluj-Napoca, România, 20-22 octombrie 2021. **Diplomă și Medalie de aur**.
20. VEVERIȚĂ E., LEATAMBORG S., LUPAȘCU G., GORE A., ROTARI S. „Soi nou de triticale de toamnă (*Triticosecale witt.*) – Costel". PRO INVENT 2021 Salonul Internațional al Cercetării Științifice, Inovării și Inventicii, Ediția 19, Cluj-Napoca, România, 20-22 octombrie 2021. **Diplomă și Medalie de aur.**
21. GORE, A., ROTARI, S., LEATAMBORG, S., LUPAȘCU, G., JELEV, N. Moldova 614 – soi nou de grâu comun de toamnă (*Triticum aestivum* L.). Salonul internațional de invenții și inovații „Traian Vuia" Timișoara, ediția a VIII-a, Timișoara, România, 08-10 octombrie 2022. **Diplomă și Medalie de argint.**
22. GORE, A., ROTARY, S., LYATAMBORG, S., LUPASCU, G., JELEV, N. Moldova 614 a new variety of winter common wheat (*Triticum aestivum* Desm.). EUROINVENT 2022 European Exhibition of Creativity and Innovation, 14th Edition, Iasi, Romania, 26-28 may 2022. **Diplomă și Medalie de argint.**
23. LUPAȘCU, G., LEATAMBORG, S., ROTARI, S., GORE, A. Ingen 54 - soi nou de triticale de toamnă (*Triticosecale* witt.). Salonul internațional de invenții și inovații „Traian Vuia"

Timișoara, ediția a VIII-a, Timișoara, România, 08-10 octombrie 2022. **Diplomă și Medalie de aur**.

24. LUPAȘCU, G., MACAEV, F., GAVZER, S, CRISTEA, N., LUPAȘCU, L., STÂNGACI, E., ZVEAGHINȚEVA, M., POGREBNOI, S. Procedeu de tratare a boabelor de grâu comun de toamnă. Salonul internațional de invenții și inovații ,,Traian Vuia" Timișoara, ediția a VIII-a, Timișoara, România, 08-10 octombrie 2022. **Diplomă și Medalie de aur**.
25. LUPASCU, G., MACAEV, F., GAVZER, S., CRISTEA, N., LUPASCU, L., STANGACI, E., ZVEAGHINTEVA, M., POGREBNOI, S. Process for treating common winter wheat grains. Patent 1591 *MD*. EUROINVENT 2022 European Exhibition of Creativity and Innovation, 14th Edition, Iasi, Romania, 26-28 may 2022. **Diplomă și Medalie de aur**.
26. LUPASCU, G., MACAEV, F., GAVZER, S., CRISTEA, N., LUPASCU, L., STANGACI, E., ZVEAGHINTEVA, M., POGREBNOI, S. Process for treating common winter wheat grains. Patent 1603 MD. EUROINVENT 2022 European Exhibition of Creativity and Innovation, 14th Edition, Iasi, Romania, 26-28 may 2022. **Diploma de Excelență**.
27. LUPAȘCU, G., MACAEV, F., GAVZER, S., CRISTEA, N., LUPAȘCU, L., STÂNGACI E., POGREBNOI V., POGREBNOI S. Process for treating common winter wheat grains. Patent 1604 MD. EUROINVENT 2022 European Exhibition of Creativity and Innovation, 14th Edition, Iasi, Romania, 26-28 may 2022. **Diplomă și Medalie de aur**.
28. LUPASCU, G., MACAEV, F., GAVZER, S., CRISTEA, N., LUPASCU, L., STANGACI, E., ZVEAGHINTEVA, M., POGREBNOI, S. Process for treating common winter wheat grains. Patent 1591 MD. INVENTICA 2022 International Exhibition of Inventions, 26th Edition, Iasi, Romania, 22-24 June 2022. **Diplomă și Medalie de aur**.
29. LUPASCU, G., MACAEV, F., GAVZER, S., CRISTEA, N., LUPASCU, L., STANGACI, E., ZVEAGHINTEVA, M., POGREBNOI, S. Process for treating common winter wheat grains. Patent 1603 MD. INVENTICA 2022 International Exhibition of Inventions, 26th Edition, Iasi, Romania, 22-24 June 2022. **Diplomă și Medalie de aur**.
30. LUPASCU, G., ROTARI, S., GORE, A., LEATAMBORG, S., GAVZER, S. Soiuri noi de culturi cerealiere păioase de toamnă (ciclu de invenții). Expoziția Internațională de Inovație și Transfer Tehnologic Excellent IDEA -2022, ediția 1-a., Chișinău, 21-23 septembrie. **Diplomă și Medalie de bronz.**
31. MIHNEA, N., LUPAȘCU, G., BOTNARI, V. Soi nou de tomate Deșteptarea. Salonul internațional de invenții și inovații ,,Traian Vuia" Timișoara, ediția a VIII-a, Timișoara, România, 08-10 octombrie 2022. **Diplomă și Medalie de aur**.
32. MIHNEA, N., LUPAȘCU, G., BOTNARI, V. New tomato cultivar Cerasus. New tomato cultivar Cerasus. INVENTICA 2022 International Exhibition of Inventions, 26th Edition, Iasi, Romania, 22-24 June 2022. **Diploma Asociației Justin Capră**.
33. ROTARI, S., LUPAȘCU, G., GORE, A., LEATAMBORG, S. Soi nou de grâu durum de toamnă (*Triticum durum* Desf.) – Sofidurum. Salonul internațional de invenții și inovații ,,Traian Vuia" Timișoara, ediția a VIII-a, Timișoara, România, 08-10 octombrie 2022. **Diplomă și Medalie de argint.**

34. BUIUCLI P., VEVERIȚĂ E., JACOTĂ A., LEATAMBORG S., ROTARI S., GORE A., LUPAȘCU G., CHIRTOACĂ I. Variety of winter durum wheat (*Triticum durum* Desf.,) – Hordeiforme 335. In: EUROINVENT 2023 European Exhibition of Creativity and Innovation, 15th Edition, Iasi, Romania, 11-13 may 2023. **Diplomă și Medalie de aur**.
35. BUIUCLI P., VEVERIȚĂ E., JACOTĂ A., ROTARI S., GORE A. Variety of winter triticale (*Triticosecale* Witt.) – Ingen 33. In: EUROINVENT 2023 European Exhibition of Creativity and Innovation, 15th Edition, Iasi, Romania, 11-13 may 2023. **Diplomă și Medalie de argint**.
36. MACAEV F., STÂNGACI E., ZVEAGHINȚEVA M., POGREBNOI S., LUPAȘCU L., LUPAȘCU G., GAVZER S. Use of (Z)-4,4-dimetil-1-(2,4-dichlorfenil)-2-(1*H*-1,2,4-triazol-1-il)pent-1-en-3-one as a fungicidal remedy against *Alternaria alternata* and *Fusarium aquaeductuum.* In: EUROINVENT 2023 European Exhibition of Creativity and Innovation, 15th Edition, Iasi, Romania, 11-13 may 2023. **Diplomă și Medalie de aur**.
37. MIHNEA, N., LUPAȘCU, G., BOTNARI, V., GRIGORCEA, S. New tomato cultivar - Cerasus. In: International Exhibition of Inventions, Innovations "TRAIAN VUIA", IX Edition, Timisoara, Romania, June 15-17, 2023**. Diplomă și Medalie de aur**.
38. MACAEV, F., STÂNGACI, E., POGREBNOI, V., POGREBNOI, S., LUPAȘCU, L., LUPAȘCU, G., GAVZER, S. Use of (Z)-1-(2,4-diclorophenyl)-5-methyl-2-(1*H*-1,2,4-triazol-1-yl)hex-1-en-3-one as an active ingredient against *Alternaria alternata* and *Fusarium aquaeductuum* fungi. In: International Exhibition of Inventions, Innovations "TRAIAN VUIA", IX Edition, Timisoara, Romania, June 15-17, 2023. **Diplomă și Medalie de aur**.















Tomate, s. Dorința



Tomate, s. Dargen







ABORDĂRI BIOTEHNOLOGICE ŞI GENETICE DE EVALUARE ŞI VALORIFICARE A GENOFONDURILOR DE CULTURI CEREALIERE ŞI TOMATE

Redactare: *Larisa Andronic*
Machetare computerizată: *Tatiana Capliuc*

Bun de tipar *15.11.2023.* Formatul *70×100 1/12*
Coli de tipar *19.* Coli editoriale *11,8.*
Comanda *128/23.* Tirajul *35 ex.*

Centrul Editorial-Poligrafic al USM
str. Al.Mateevici, 60, Chişinău, MD-2009
e-mail: cep1usm@mail.ru; usmcep@mail.ru