EFECTELE TEMPERATURII RIDICATE LA DIFERITE ETAPE ONTOGENETICE ASUPRA UNOR INDICI FENOTIPICI LA PLANTELE DE TOMATE

THE EFFECTS OF HIGH TEMPERATURE AT DIFFERENT ONTOGENETIC STAGES ON SOME PHENOTYPIC INDICES IN TOMATO PLANTS

CZU: 575.16:635.64:632.111 **https://doi.org/10.59295/spd2024n.17**

Liliana MĂRÎI,
ORCID: 0000-0003-3702-3583
e-mail: liliana.marii@sti.usm.md
Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor,
Universitatea de Stat din Moldova
Larisa ANDRONIC,
ORCID: 0000-0002-2761-9917
e-mail: larisa.andronic@sti.usm.md
Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor,
Universitatea de Stat din Moldova
Marionela SAHANOVSCHIH,
ORCID: 0009-0007-1317-7701
e-mail: marionela.sahanovschih@sti.usm.md
Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor,
Universitatea de Stat din Moldova
Angela IONAȘCU-URECHII,
ORCID: 0009-0002-4376-7466
e-mail: angela.ionascu@sti.usm.md
Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor,
Universitatea de Stat din Moldova

Summary. *The study aims to investigate the tomato plants response to heat stress applied at the germination and seedling stages, evaluating certain phenotypic parameters in order to highlight possible particularities associated with adaptability to unfavorable environmental conditions. The research included three tomato genotypes with determined stress reactions that were designed into four variants: optimal-optimal, optimal-stress, stress-optimal, and stress-stress. The application of high temperatures at the germination stage significantly affects the subsequent development of tomato plants, resulting in a decrease in the average values of morphological traits compared to optimal conditions variants. The effects of heat stress vary depending on the genotype and the analyzed trait, with certain variants exhibiting specific vulnerabilities. Variance analysis shows that the temperature conditions and the stress application scheme significantly contribute to the variability of morphological traits, with stress at the*

germination stage having a dominant impact on architectural traits of plants, while genotype becomes the major influencing factor at the seedling stage. The results emphasize the importance of plant adaptability to thermal stress at different developmental stages.

Keywords: *phenotypic character, germs, plant, thermal stress, tomato.*
Cuvinte-cheie: *caracter fenotipic, germene, plantă, stres termic, tomate.*

INTRODUCERE

Abaterile bruște cu amplitudine mare ale factorilor mediului de viață ce duc la perturbarea homeostaziei organismului sunt calificate ca stare de stres [1]. Pe de altă parte, aclimatizarea este procesul prin care un organism se aclimatizează treptat la schimbările mediului său, permițându-i să-și mențină performanța în diverse condiții de mediu [2]. Toleranța la căldură la tomate este o trăsătură cantitativă [3]. Mai multe studii au vizat evaluarea toleranței la temperaturi ridicate la tomate folosind diferiți parametri. Indicele fenotipic este un instrument de diagnostic direct care poate reflecta gradul de deteriorare la stres [4]. Prin urmare, indicele daunelor termice este preferat și cel mai de încredere indicator pentru evaluarea deteriorării termice a răsadurilor de tomate în condiții de stres hipertermic [5]. Indicii fiziologici și biochimici [6, 7] sunt, de asemenea, instrumente de evaluare fiabile, mai ales că aceste modificări răspund mai rapid decât restructurările morfologice la stresul indus de temperaturi ridicate. Multe trăsături fiziologice și biochimice sunt asociate cu toleranța plantelor de tomate la factori abiotici. De asemenea, există caracteristici corelate cu toleranța la stres și indici indirecți ai acesteia [8].

În contextul acestor considerente ne-am propus ca scop evaluarea particularităților răspunsului plantelor de tomate în cazul aplicării stresului unic sau repetat la 2 etape diferite de dezvoltare a plantei - germene și plantulă.

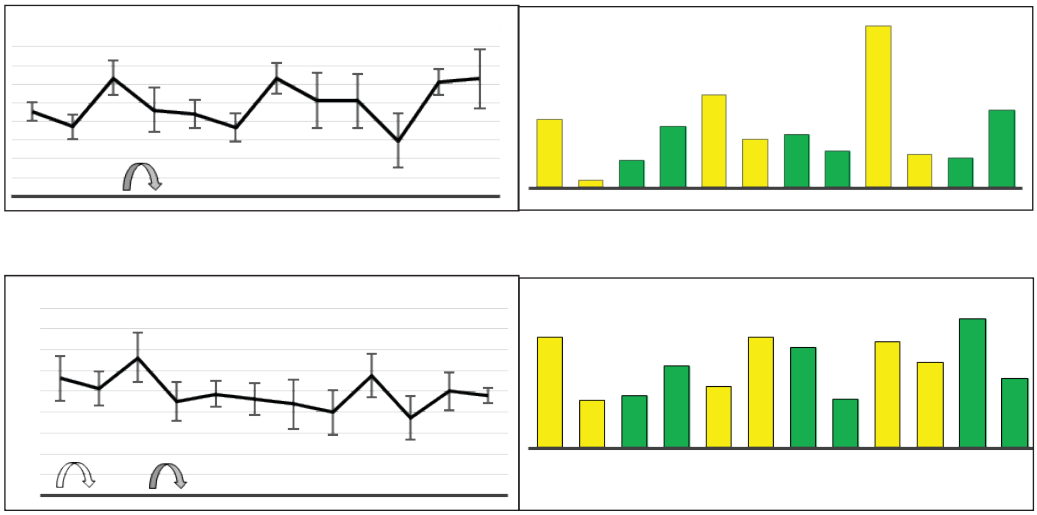
MATERIALE ȘI METODE

În studiu au fost incluse 3 genotipuri de tomate: *Solanum pimpinellifolium*, Mary Gratefully, și soiul Rufina - genotip marcat după genele de rezistență la virusul mozaicului tutunului Tm-1/Tm-2^2. Experiențele au fost realizate în condiții de laborator. Stresul termic a fost modelat în camera climaterică Sanio MLR-351H cu regim controlat de lumină, umiditate și temperatură. Evaluările morfologice au fost efectuate în dinamică, până la stres și post-stres. Pentru fiecare genotip aparte au fost modelate 4 variante: CC - plante menținute în *condiții optime* de temperatură zi/noapte (26/21 ^{0}C) și regim hidric optim; TC - plante menținute în *condiții optime*, dar obținute din germeni (etapa 07-09 scara BBCH) expuși la șoc termic de scurtă durată (42^{0}C, 6 ore); CT - plante (etapa 13-14 scara BBCH) expuse *temperaturilor înalte* 42/25^{0}C zi/noapte timp de 7 zile (umiditatea cca 65-70 %), obținute din germeni menținuți în condiții optime; TT - plante expuse *temperaturilor înalte* timp de 7 zile, obținute din germeni supuși șocului termic de scurtă durată (42^{0}C, 6 ore). Conform schemei expuse rezultă următoarele variante: optim-optim, optim-stres; stres-optim; stres-stres. Pentru fie-

care variantă au fost evaluate câte 15 plante. În acest studiu sunt prezentate evaluările efectuate pentru 3 caractere arhitecturale: înălțimea plantei, lungimea frunzei la același nod pentru fiecare variantă și numărul de frunze pe axul principal. Datele au fost prelucrate statistic și prezentate grafic cu ajutorul aplicațiilor Excel și STATGRAPHICS Plus 5.0.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Aplicarea stresului termic la etapa 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 numărul de frunze per axul plantei, a fost semnificativă doar pentru variantele expuse stresului dublu – la stadiile de germen și plantulă (TT) - comparativ cu cele expuse la stres la etapa de plantulă (CT), micșorarea valorilor constituind 27 și 32%, respectiv (Figura 1 A și 1 C). În același timp, variantele soiului Mary Gratefully au prezentat valori semnificativ mai mici pentru înălțimea plantei și numărul de frunze per axul plantei, 72 și 35%, respectiv, doar între variantele expuse stresului la etapa de germine (CC-TC) (Figura 1 A, C, E). Lungimea frunzei s-a dovedit a fi influențată de stresul hipertermic în 4 din 6 variante analizate, diminuarea constituind între 22-43% față de martor (CC sau CT) (Figura 1 E). Rezultate similare au fost atestate și în altă lucrare în care semințele au fost obiectul expunerii la șocul termic [9] 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 stres hipertermic de scurtă durată ar avea efecte inhibitoare asupra plantelor, de rând cu aplicarea stresului de lungă durată [10].



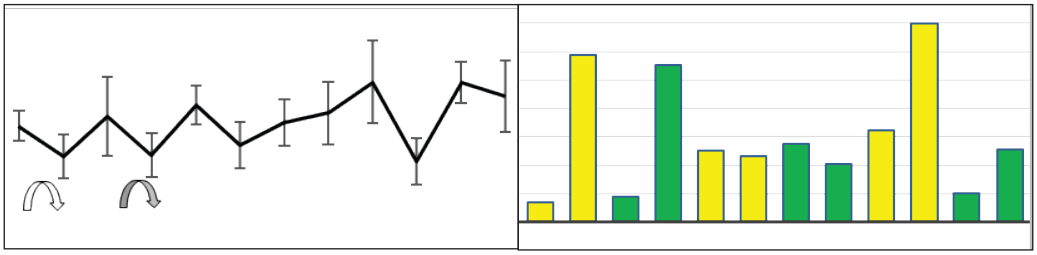


Figura 1. Valorile medii ale caracterelor plantelor de tomate ($X \pm S_x$, A, C, E) în variantele cu expunere la stresul hipertermic și creșterea valorilor medii între 2 evaluări, % (B, D, F).
Notă: Valorile în % din figurile A, C, E reprezintă diminuarea raportat la variantele CC sau CT (martor relativ). CC - germeni și plante în condiții optime ; TC - germeni expuși la stresul termic, plante în condiții optime; CT - germeni în condiții optime, plante expuse la stresul termic; TT -germeni și plante expuși la stresul termic. Abrevieri: SP - *S. pimpinellifolium*, RUF - Rufina, MG - Mary Gratefully.
*, ** diferențe semnificative pentru $P \leq 0,5$ și 0,01, respectiv, pentru variantele CC-TC și CT-TT.

Valoarea indicelui de creștere al plantelor (până la inițierea stresului și 14 zile după, inclusiv 7 zile de reabilitare post-stres) a fost redusă considerabil în variantele expuse stresului la etapa 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 (Figura 1 B). În cazul plantelor expuse stresului doar la etapa de plantă (CT), comparativ cu cele tratate repetat (TT), s-a observat o scădere de 1,4 ori la Rufina și o creștere de 2,2 ori la *S. pimpinellifolium* și de 2,6 ori la Mary Gratefully. Un răspuns diferențiat la stres în dependență de caracterul evaluat a fost atestat și de alți cercetători [11].

Unele manifestări specifice s-au atestat pentru lungimea frunzei, unde, la două dintre cele trei genotipuri (*S. pimpinellifolium* și Mary Gratefully), în variantele tratate la etapa de germene (TC) comparativ cu condițiile optime (CC), creșterea a fost mult mai mare (de 8,2 și 5,6 ori), similar cu tendința variantelor tratate repetat (TT) la etapa de plantă față de cele expuse la stres o singură dată (CT) (de 6,2 și 2,5 ori, respectiv) (Figura 1 F).

Apreciind indicii statistici, diferențele între valorile medii ale caracterlor analizate pentru pantele din diferite variante, se explică prin modificarea spectrelor de distribuție a valorilor, precum și prin incidența diferită a anumitor valori. Astfel, constatăm că pentru toate genotipurile analizate, în cazul variantelor plantelor provenite din germenii expuși stresului hipertermic (TC) (Figura 2 A) atât minimele, cât și maximile au fost deplasate spre valori mai mici comparativ cu plantele descendente de la germeni menținuți în condiții optime (CC) (Figura 2 A), cel mai mare decalaj fiind atestat pentru genotipul Mary Gratefully.

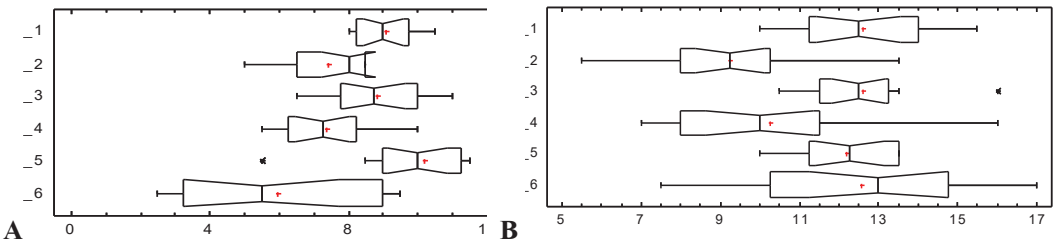


Figura 2. Distribuția valorilor caracterului înălțimea plantei ca rezultat al expunerii la stres hipertermic (cm): A. variante martor (CC – Nr. 1, 3, 5) și tratate la etapa de germene (TC – Nr. 2, 4, 6); B. variante tratate doar la etapa de plantă (CT - Nr 1, 3, 5) și tratate repetat –etapa de germene și plantă (TT – Nr. 2, 4, 6); 1, 2 - *S. pimpinellifolium*, 3, 4 - Rufina și 5, 6 - Mary Gratefully**.**

Un tablou diferit putem urmări pentru variantele expuse stresului hipertermic la etapa de plantă (CT, TT), în cazul în care una din variante a fost expusă anterior aceluiași stres la etapa de germene (Figura 2 B), doar că în acest caz decalajul mai mare între distribuția valorilor se atestă pentru genotipurile *S. pimpinellifolium* și Rufina. Acestea rezultate vin în concordanță cu tentințele obținute pentru valorile medii ale caracterelor.

Specificitatea răspunsului la stres, prin prisma a mai multor factori luați în calcul, dictează utilizarea analizei dispersionale a variabilității. Analiza variației denotă că răspunsul plantelor studiate este în dependență de schema de aplicare a stresului, caracterul analizat, dar și de genotip. Astfel, cea mai mare contribuție în variabilitatea caracterelor morfologice revine pe seama regimului de temperatură, în cazul aplicării stresului unic la etapa de germene față de control (CC-TC), în același timp un tablou mult mai specific se atestă pentru caracterele analizate la aplicarea stresului la etapa de plantulă – unic sau repetat (CT-TT) (Figura 3). Pentru acestea din urmă variante genotipul determină cea mai mare variabilitate pentru lungimea frunzei și numărul de frunze per ax, dar nu și pentru înălțimea plantei. Practic toți factorii studiați și interacțiunea lor influențează statistic semnificativ variația manifestării caracterelor analizate, ceea ce denotă natura complexă a răspunsului înregistrat de noi.

Contribuția genotipului în variația caracterelor a constituit 5, 28 și 20% pentru *înălțimea plantei, numărul de frunze per ax* și *lungimea frunzei*, iar a regimului de aplicare a stresului de 12 și 13 %, respectiv, în cazul în care stresul se aplică la etapa de plantă diferențiat - stres unic sau repetat ontogenetic (CT-TT). Conform schemei metodologice similare aplicate, genotipului îi revine 0, 5 și 7 % din variația caracterelor plantelor în cazul aplicării temperaturii ridicate doar la etapa de germene (CC-TC), iar stresul contribuie cu 28, 46 și 18%.

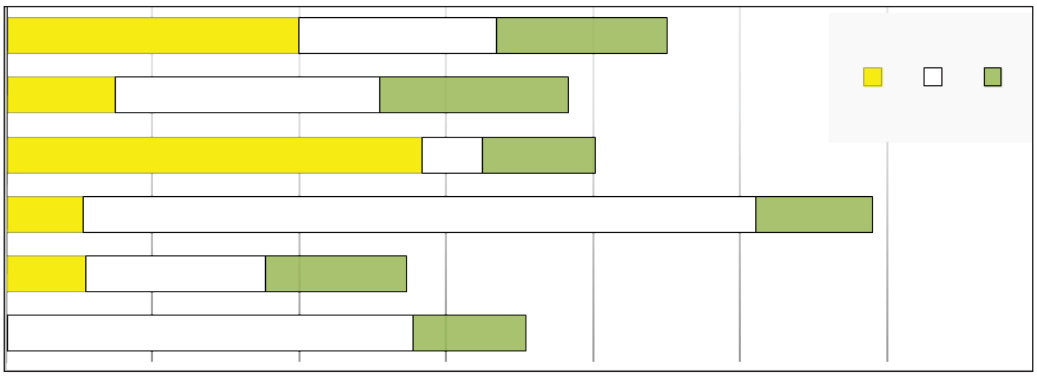


Figura 3. Aportul factorilor în variabilitatea caracterelor cantitative la tomate în cazul aplicării a 2 regimuri de temperatură la 2 etape ontogenetice, CC-TC și CT-TT (în baza analizei bifactoriale, ANOVA), %.
*, **, *** semnificativ pentru P ≤ 0,5, 0,01 și 0,001.

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. Efectele stresului termic variază în funcție de genotip și caracterul analizat, anumite variante prezentând vulnerabilități specifice. O partajare a efectului deprimant al stresului termic sau hidric în funcție de condiții specifice este descrisă pentru tomate și de alți cercetători [7].

CONCLUZII

Specificitatea acțiunii stresului termic, în funcție de schema de aplicare - unică sau repetată, la etapa de germene sau plantulă, a fost relevantă pentru manifestarea indicilor arhitecturali ai plantelor de tomate. Variantele plantelor de la germeni expuși stresului hipertermic au avut, de regulă, indici mai mici ca cele provenite din germeni netratați, iar cele expuse acțiunii repetate (germine-plantă) cu temperaturi ridicate prezintă valori mai mici ale caracterelor decât cele tratate o singură dată. Analiza variației demonstrează că regimul de temperatură și schema de aplicare a stresului contribuie semnificativ la variabilitatea caracterelor morfologice, stresul la etapa de germene având un impact dominant asupra caracterelor arhitecturale, în timp ce genotipul devine factorul major de influență la etapa de plantulă**.**

REFERINȚE

1. KOOLHAAS, J.M, et al. Stress revisted: a critical evaluation of the stress concept. În: *Neurosci Biobehav Rev*. 2021, 35, p. 1291-1301. doi: 10.1016/j.neubiorev.2011.02.003.

2. ZHOU, R., et al. Combined high light and heat stress induced complex response in tomato with better leaf cooling after heat priming. În: *Plant Physiology and Biochemistry*. 2020, 151, p. 1–9. doi:10.1016/j.plaphy.2020.03.011
3. WEN J., et al. Identification of heat-tolerance QTLs and high-temperature stress-responsive genes through conventional QTL mapping, QTLseq and RNA-seq in tomato. În: *BMC Plant Biol*. 2019; 19, p. 398. doi: 10.1186/s12870-019-2008-3
4. TUBEROSA, R. Phenotyping for drought tolerance of crops in the genomics era. În: *Front Physiol*. 2012, 19; 3, p. 347. doi: 10.3389/fphys.2012.00347. PMID: 23049510; PMCID: PMC3446691. doi:10.3389/fphys.2012.00347
5. BHATTARAI, S., et al. Exploring Morpho-Physiological Variation for Heat Stress Tolerance in Tomato. În: *Plants.* 2021, 10, p. 347. doi:10.3390/plants10020347
6. SIDDIQUI M.H., et al. Nitric oxide and calcium induced physio-biochemical changes in tomato (Solanum lycopersicum L.) plant under high-temperature stress. În: *Fresen Environ Bull*. 2017, 26, p. 1663–1672.
7. ZHOU R., 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, 203(1), p. 68-80. doi:10.1111/jac.12166
8. LEE, K., et al. Comprehensive understanding of selecting traits for heat tolerance during vegetative and reproductive growth stages in tomato. În: *Agronomy*. 2022, 12, p. 834. doi:10.3390/agronomy12040834
9. 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. 43, p. 126.
10. 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.
11. ZHOU, R., et al. Drought stress had a predominant effect over heat stress on three tomato cultivars subjected to combined stress. În: *BMC Plant Biology*. 2017, 17, p. 1– 13. https://doi.org/10.1186/s12870-017-0974-x

NOTĂ. Cercetările au fost realizate în cadrul Subprogramului 011101 „*Abordări genetice și biotehnologice ale managementului agroecosistemelor în condiții a schimbărilor climatice”*, finanțat de Ministerul Educației și Cercetării, R. Moldova.