CZU: 632.111.8:635.64 **https://doi.org/10.59295/sum1(171)2023_03**

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАРАТУРЫ НА ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПРИЗНАКОВ МУЖСКОГО ГАМЕТОФИТА ПОТОМСТВ ВИРУСИНФИЦИРОВАННЫХ ГЕНОТИПОВ ТОМАТА

Татьяна САЛТАНОВИЧ, Лариса АНДРОНИК, Людмила АНТОЧ, Ана БУЛДУМАК

Институт генетики, физиологии и защиты растений,
Молдавский государственный университет

A fost studiată acțiunea factorului termic asupra funcționalității gametofitului masculin la descendenții de tomate infectați cu virusul mozaicului tutunului (VMT) și virusul aspermiei tomatelor (VAT). S-a stabilit, că influența temperaturii înalte asupra gametofitului masculin la descendenții VMT/VAT provoacă modificarea caracterelor funcționale ale gametofitului masculin. Efectul produs este controlat în mare măsură de temperatura 78,1…81,5% (pentru viabilitatea polenului), iar variația dimensiunilor tuburilor polinice este determinată de temperatura și interacțiunea factorilor (75,6%). Analiza individuală a structurilor spectrelor de variație a indicilor gametofitului masculin pentru fiecare genotip a scos în evidență diferențe semnificative în sensibilitatea acestora la acțiunea factorilor ce cauzează variabilitatea, fapt ce a permis gruparea genotpurilor după reacția la stres, cât și prognoza răspunsului la etapa de sporofit. În baza datelor obținute au fost evidențiate genotipuri cu nivel de termorezistență înaltă pentru includerea ulterioară a acestora în procesul ameliorativ.

C***uvinte-cheie***: tomate, virus, stres termic, polen, tuburi polinice, viabilitatea polenului, variabilitate, rezistență.

THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON VARIABILITY OF MALE GAMETOPHYT TRAITS IN THE PROGENY OF VIRUS-INFECTED TOMATO GENOTYPES

The action of the thermal factor on the functionality of the male gametophyte in tomato progeny infected with tobacco mosaic virus (TMV) and tomato aspermia virus (TAV) was studied. It was established that the influence of high temperature on the male gametophyte in TMV/TAV offspring causes the modification of the functional characters of the male gametophyte. The effect produced is largely controlled by temperature 78.1...81.5% (for pollen viability), and the variation of pollen tubes sizes is determined by temperature and the interaction of factors (75.6%). The individual analysis of the structures of the variation spectra of the male gametophyte index for each genotype revealed significant differences in their sensitivity to the action of the factor that cause variability, a fact that allowed to the clustered of genotypes according to their reaction to stress, as well as the prediction of the sporophyte response to the stress. Based on the obtained data, genotypes with a high level of heat resistance were highlighted for their subsequent inclusion in the improvement process.

Keywords: tomato, virus, heat stress, pollen, pollen tubes, pollen viability, variability, resistance.

Введение

Экстремальное влияние факторов окружающей среды, в частности температурного, солевого и водного стрессов, создает серьезные проблемы для практического управления реакциями сельскохозяйственных культур и приводит к существенному снижению урожайности и качества продукции. В неблагоприятных климатических условиях реакция растений в значительной степени зависима от уровня их устойчивости, а генотипы генетически не способные реагировать на широкий спектр климатических изменений, не могут противостоять влиянию абиотических стрессов. Известно, что действие высоких температур существенно лимитирует рост и развитие большинства культур на различных этапах онтогенеза, в том числе igrown in Kansas. репродуктивных, оказывая прямое влияние на формирование и функционирование генеративных органов [1, 2, 3]. В условиях высокотемпературного стресса отмечается задержка цветения, нарушения в развитии мужских и женских половых клеток, ухудшение качества мужского гаметофита, а также уменьшение завязываемости и осемененности плодов [5, 6]. *П*остоянное, или даже непродолжительное, воздействие высоких

температур у томата приводит к уменьшению количества пыльцевых зерен и снижению их активности, что выражается в ингибировании прорастания пыльцы и роста пыльцевых трубок. Одной из возможных причин таких изменений может быть нарушение накопления крахмала в развивающихся пыльниках, что в результате уменьшает количество растворимых сахаров в зрелых пыльцевых зернах и снижает их жизнеспособность. В тоже время авторы отмечают, что генотипы томата с повышенным содержанием сахарозы в зрелых пыльцевых зернах более теплоустойчивы [7, 8]. Кроме того, показано, что действие высокой температуры в ряде случаев изменяет концентрацию некоторых фитогормонов (ауксинов и абсцизовой кислоты), а также ускоряет образование и реакции активных форм кислорода, что также нарушает жизнеспособность мужского гаметофита [9, 10]. **Даже н**епродолжительное действие высокой температуры на репродуктивные стадии развития влечет за собой возникновение изменений в положении рыльца и столбика, уменьшение пыльцеобразующей способности, а также нарушает процессы оплодотворения и эмбриогенеза [11].

Считают, что жизнеспособность пыльцы является одним из наиболее важных признаков, обеспечивающих успешное оплодотворение и качество завязавшихся семян. Ряд авторов [12] отмечают тесную зависимость значений этого признака от температуры и влажности, что позволяет использовать результаты оценки жизнеспособности пыльцы в качестве инструмента для скрининга перспективных генотипов. В условиях высокой температуры между культурными и дикими формами томата установлены различия по проценту прорастания пыльцы и пыльцеобразующей способности. В тоже время авторы не обнаружили достоверных корреляций между этими признаками, однако сочетание большого количества пыльцевых зерен и высокий процент их прорастания в условиях высокой температуры может значительно улучшить репродуктивную способность генотипов [12]. Существует и иное мнение, согласно которому, количество пыльцевых зерен не всегда может быть использовано как селекционный признак, так как в ряде случаев растения могут формировать большое количество пыльцы, но качество ее будет недостаточно высоким [12-14]. Вследствие этого рекомендуют оценивать термоустойчивость генотипов на основе анализа жизнеспособности пыльцы в условиях высокой температуры, так как многие исследователи подтвердили тесную связь этого признака с завязываемостью плодов [13, 15]. В настоящее время экспериментально подтверждена возможность проведения успешной селекции по вариабельности жизнеспособности пыльцы в условиях высокой температуры, что свидетельствует об эффективности использования значений этого признака как показателя термоустойчивости [16]. На основе результатов полученных опытным путем на ряде культур исследователи сообщают о неравноценности пыльцевых зерен по термоустойчивости и возможности идентификации и отбора устойчивых генотипов по признакам пыльцы на основе высокого процента общности генетических систем гаметофита и спорофита [16, 17].

Следует отметить, что температура является одним из важнейших факторов, определяющих характер взаимодействия растений с патогенами [18]. Существует мнение, что как непродолжительные, так и длительные периоды жаркой погоды могут вызывать значительные изменения во взаимодействии между вирусами и растениями-хозяевами. Высокие температуры окружающей среды могут изменять характер взаимодействия между вирусами и инфицированными хозяевами, что оказывает влияние на рост растений и их продуктивность [19]. Результаты наших исследований показали, что совместное влияние повышенной температуры и вирусных фитопатогенов приводит к возникновению дифференцированных реакций мужского гаметофита, которые в большей степени детерминированы действием температуры в случае изменчивости жизнеспособности пыльцы и вирусных патогенов - для вариабельности длины трубок [22]. Однако, информация о влиянии инфицирования растений на изменчивость мужского гаметофита в последующих поколениях ограничена. В этой связи исследования по изучению влияния температурного фактора на изменчивость потомства вирусинфицированных растений на разных стадиях онтогенеза приобретают особую актуальность. Цель проведенных исследований состояла в изучении влияния повышенной температуры на изменчивость функциональных признаков мужского гаметофита потомства вирусинфицированных генотипов томата.

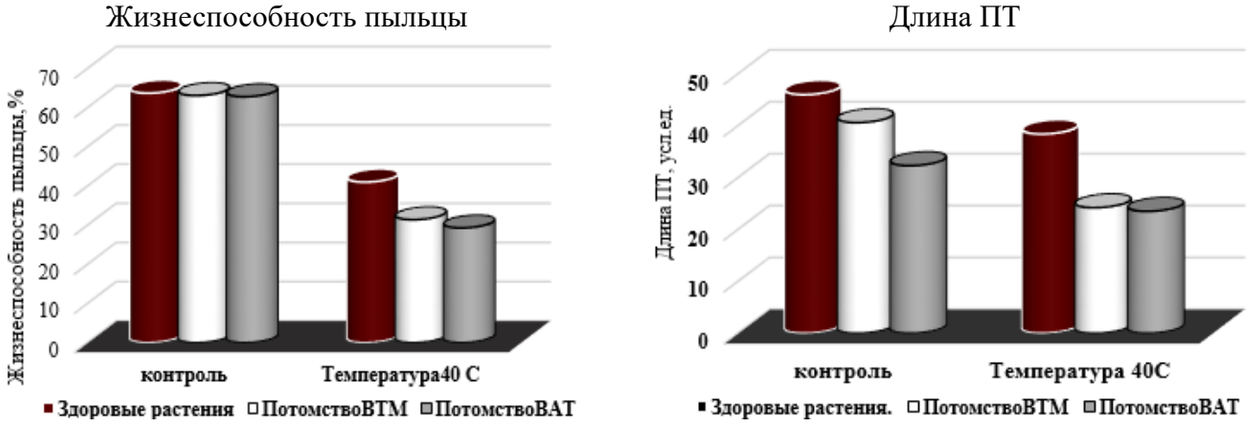
Материал и методы

Эксперименты проводили с потомствами вирусинфицированных ВТМ/ВАТ генотипами томата (вирус табачной мозаики – ВМТ, вирус аспермии томатов – ВАТ). В исследования были включены следующие сорта: Венец, Мари Гратефулли, Руфина, Томиш, Флакэра, Михаела, а также дикие виды Solanum chilense и S. pimpinellifolium. Растения выращивали в теплице рендомизированно по общепринятой для томатов методике до стадии цветения. Для оценки качества пыльцы со здоровых растений (контроль) и потомств вирусоинфицированных растений (опыт) собирали цветки, отделяли и подсушивали пыльники, выделяли пыльцу. С целью определения ее термоустойчивости проводили в течение 3-х часов прогревание части пыльцевых в термостате при температуре 40°С (опыт), в контроле пыльца также находилась в термостате при оптимальном температурном режиме 27°С. По истечении указанного срока проводили посев контрольного и опытного вариантов пыльцы на искусственную питательную среду, содержащую 15%-ный водный раствор сахарозы и борную кислоту - 0,006%. Культивирование пыльцевых зерен осуществляли в термостате при температурном режиме 27°С в течение 3-х часов. В процессе анализа препаратов под микроскопом в контрольном и опытных вариантах изучали не менее 500 пыльцевых зерен, оценивали их жизнеспособность (ЖП) и длину пыльцевых трубок (ПТ). Для определения термоустойчивости мужского гаметофита вычисляли соотношение полученных показателей в контрольном и опытных вариантах и выражали в процентах. Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием программ Statgraphics Plus v.5.0.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований установлено, что при оптимальной температуре как у здоровых, так и у потомств инфицированных растений, уровень жизнеспособности пыльцы был приблизительно равным и составлял 62,8…63,7%. Действие температуры оказывало существенное влияние на изменение этого признака, снижая его значения в среднем в 1,6 раза у здоровых растений и в 2,0…2,1 раза у потомств ВМТ/ВАТ. При сравнении размеров пыльцевых трубок выявлено, что у здоровых растений при оптимальной температуре формировались довольно длинные пыльцевые трубки, размер которых в среднем составлял 46,0 усл.ед., тогда как у потомств инфицированных растений в этих условиях образовывались более короткие ПТ - 32,3…40,6 усл.ед.

Рис. 1. Влияние температуры (40°С) на признаки мужского гаметофита томата.



Культивирование пыльцы при высокой температуре (40°С) приводило к уменьшению размеров пыльцевых трубок потомств ВМТ/ВАТ в 1.4…1.7 раза по сравнению с контролем, тогда как у контрольных растений при оптимальной и стрессовой температурах размеры пыльцевых трубок статистически не различались (рис. 1).

В результате проведенных исследований установлено, что среди изученных потомств ВМТ наиболее сильно реагировали на термообработку сорта **Флакэра**, Венец и Руфина, у которых жизнеспособность пыльцы была ниже значений контроля в 1,9…2,7 раза. В то же время у диких видов и сорта М. Гратефулли значения этого признака были наиболее стабильными. В составе потомств ВАТ

наиболее сильная реакция отмечена у сортов Флакэра, Венец и дикого вода *S. chilense,* что выражалось в уменьшении жизнеспособности пыльцы в 1,9…2,2 раза. В то же время стабильность значений анализируемых показателей зарегистрирована у сортов (ВАТ) Томиш, М.Гратефулли, что, вероятно, связано с более высокой термоустойчивостью их пыльцевых зерен. У большинства изученных потомств ВМТ/ВАТ в результате прогревания не выявлено значительных различий по длине пыльцевых трубок по сравнению с контролем, за исключением сортов Флакэра,Томиш (ВМТ), у которых формировались более короткие трубки, что, вероятно, происходит в результате уменьшения темпов их роста.

Таким обрзом, прогревание пыльцевых зерен потомств вирусинфицированных генотипов томата приводит к дифференцированному изменению изученных функциональных признаков мужского гаметофита, что, вероятно, свидетельствует об их неравноценности по термоустойчивости.

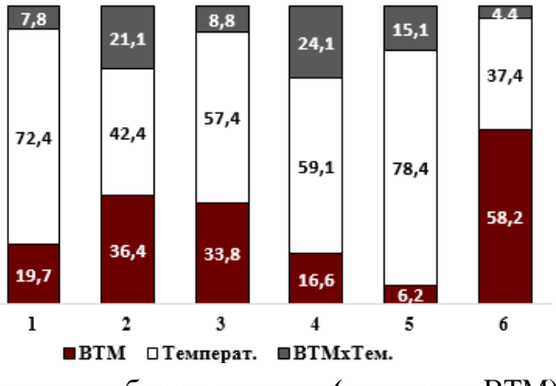
Таблица. Основные источники изменчивости признаков мужского гаметофита томата потомств ВМТ/ВАТ.

Источники изменчивости	Жизнеспособность пыльцы			Длина пыльцевых трубок		
	Степени свободы	Сумма квадратов эффектов	Доля влияния факторов, %	Степени свободы	Сумма квадратов эффектов	Доля влияния факторов, %
Потомства ВТМ						
Генотип	7	1226,9*	5,6	7	1323,2*	17,9
ВТМ	1	631,9*	2,9	1	473,9*	6,4
Температура	1	17748*	81,5	1	3056,7*	41,3
Взаимодействие факторов	22	2169*	9,92	22	2543,1*	34,3
Остаточная изменчивость	64	2,92*	1,3	64	2,93	0,04
Потомства ВАТ						
Генотип	7	1893,7*	7,9	7	1495,4*	19,7
ВАТ	1	945,6*	3,95	1	2799,4*	36,8
Температура	1	18931*	78,1	1	1646,7*	21,7
Взаимодействие факторов	22	2172*	9,1	22	1653,9*	21,8
Остаточная изменчивость	64	2,96*	1,05	64	2,72	0,04
* - $p<0,05$						

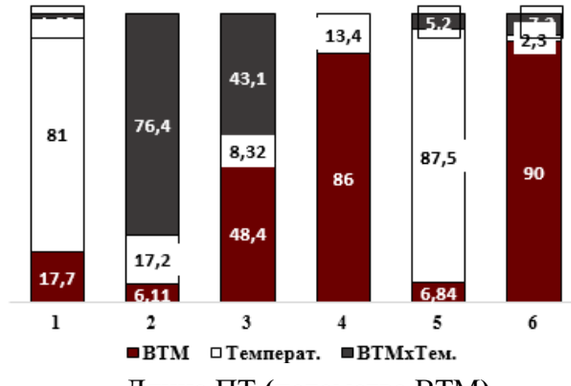
Для выявления факторов, детерминирующих изменчивость функциональных признаков пыльцы проведена обработка полученных результатов методом трехфакторного дисперсионного анализа (табл.). Установлена достоверность влияния генотипа, температуры, вирусов, а также их взаимодействий в вариабельности признаков мужского гаметофита. При этом вклад температуры в общей структуре изменчивости жизнеспособности пыльцы был решающим и составлял 78,1…81,5%, тогда как сила действия остальных факторов, в том числе и генотипа, была значительно более слабой. Анализ вариабельности размеров пыльцевых трубок потомств ВМТ выявил, что изменение их длины на 75,6% определяется температурой и взаимодействием факторов. У потомств ВАТ в изменчивости этого признака сила действия генотипа, температуры и взаимодействия факторов были примерно равными - 19,7…21,8%, тогда как влияние вируса было более сильным - 36,8% (табл.). Таким образом, температура является главным фактором, детерминирующим изменчивость жизнеспособности пыльцы изученных потомств, тогда как вариабельность длины пыльцевых трубок в зависимости от типа вируса в большей степени определяется действием температуры или ВАТ.

Полученные результаты предсталяют обобщенную информацию об источниках изменчивости признаков мужского гаметофита для всех изученных генотипов. Однако, каждый из проанализированных образцов проявляет специфическую реакцию на стресс, информация о которой наиболее интересна и важна для селекционеров. В этой связи нами выявлены источники изменчивости признаков мужского гаметофита индивидуально для каждого образца, и на этой основе охарактеризована чувствительноть генотипа к температуре, при этом, чем выше вклад фактора в структуру изменчивости признака, тем более чувствителен генотип к его действию и наоборот, при меньшей силе действия фактора устойчивость выше. Анализ компонентов спектров изменчивости показал, что температурный фактор вносит решающий вклад в вариабельность жизнеспособности пыльцы большинства потомств ВАТ (Венец, Руфина, Михаела, *S.chilense*. *S.pimpinellifolium),* а также некоторых потомств ВМТ (Венец, Руфина, *S. chilense*. *S.pimpinellifolium),* при этом сила действия фактора варьировала в пределах 52,2…97,2%. Среди изученных генотипов следует выделить сорта М.Гратефулли и Михаела (ВМТ), у которых вклад температуры в изменение жизнеспособности пыльцы составлял 37,4…42,4%, что может свидетельствовать о слабой реакции их пыльцевых зерен на прогревание и относительной стабильности значений признака в этих условиях. Следует отметить, что вариабельность размеров пыльцевых трубок была менее зависимыма от температуры. У 2-х сортов Руфина и Михаела ВМТ/ВАТ варьирование длины ПТ главным образом определялось действием вирусов, у сорта М.Гратефулли основная часть изменчивости этого признака была детерминирована взаимодействием факторов, тогда как у остальных генотипов роль температуры являлась приоритетной. Таким образом, проведенные исследования позволили установить различия и в структуре спектров изменчивости анализируемых признаков и на этой основе охарактеризовать чувствительность каждого генотипа к действию факторов (Рис. 2).

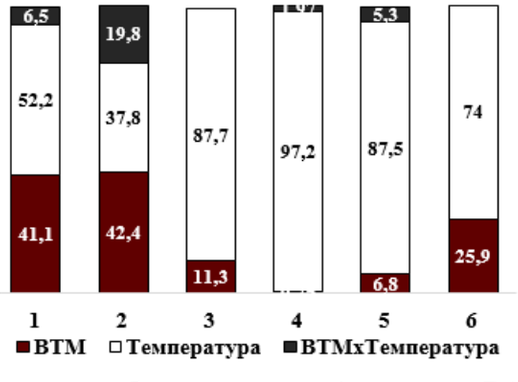
Рис. 2. Структура изменчивости признаков мужского гаметофита потомств вирусинфицированных сортов томата в результате прогревания пыльцы (**1** – Veneț; **2** – M. Gratefully; **3** – Rufina; **4** – *S.chilenze*; **5** –*S. pimpinilifollium*; **6** – Mihaela).



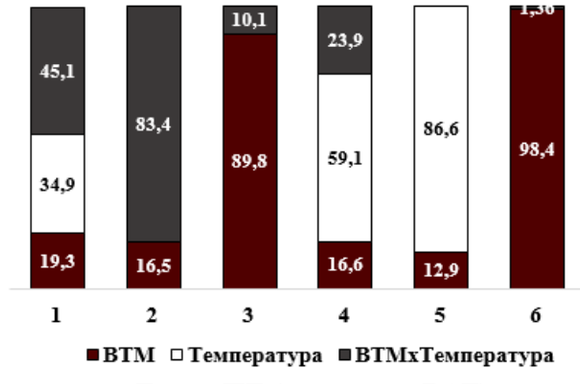
Жизнеспособность пыльцы (потомства ВТМ)



Длина ПТ (потомства ВТМ)



Жизнеспособность пыльцы (потомства ВАТ)

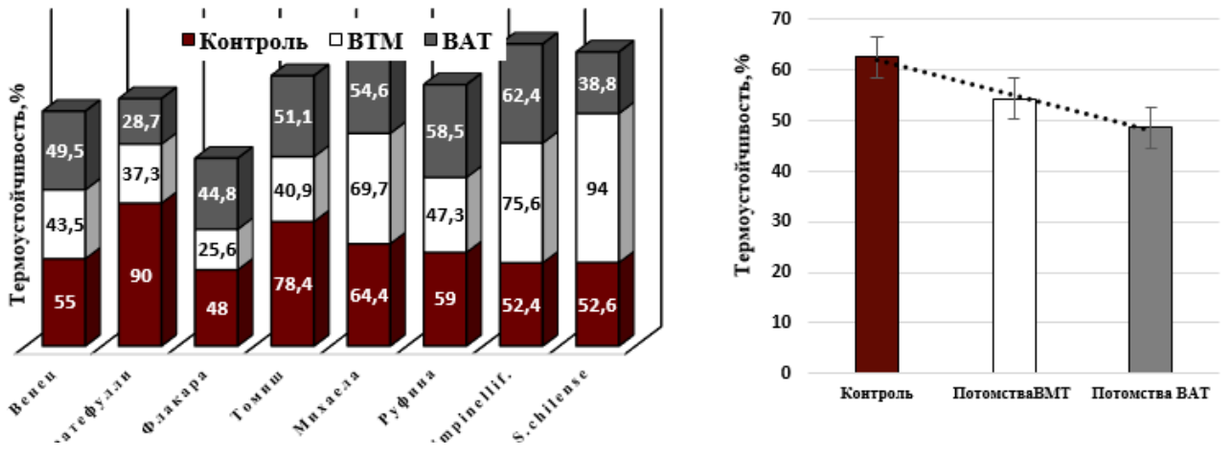


Длина ПТ (потомства ВАТ)

Учитывая то, что около 60% структурных генов, экспрессируемых в пыльце, также активны в спорофите [19, 20], полученные результаты по термочувствительности мужского гаметофита могут быть экстраполированы и на реакцию генотипов на стадии спорофита, а также рекомендовать соответствующие факторы для характеристики реакций генотипов в стрессовых условиях.

Результаты оценки термоустойчивости мужского гаметофита здоровых и потомств вирусоинфицированных растений показали, что в среднем наиболее высокий уровень значений этого признака отмечен у контрольных растений - 62,5±2,24 %, тогда как у потомств ВМТ/ВАТ уровень термоустойчивости был ниже на 8,3 и 13,9 % соответственно (рис.3 А, Б). Следует отметить, что между контрольными и опытными вариантами также были установлены различия и по устойчивости пыльцевых трубок, при этом у потомств ВМТ/ВАТ, как и в случае жизнеспособности пыльцы, наблюдали уменьшение значений признака по сравнению с контролем на 32,9 и 28,4 % соответственно, что, вероятно, может определяться снижением темпов роста ПТ этих генотипов после прогревания пыльцевых зерен.

Рис. 3. Термоустойчивость пыльцы генотипов томата.

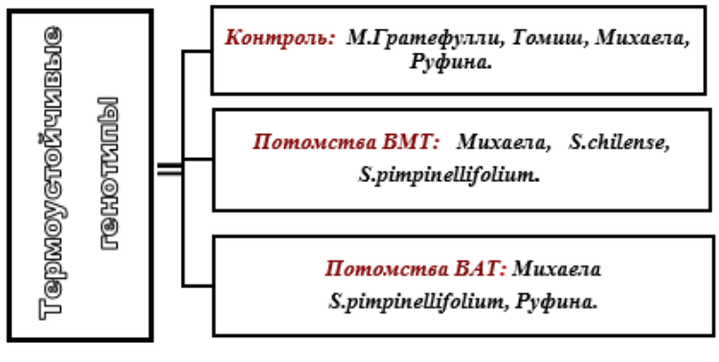


А Б

В результате проведенной оценки в составе контрольных, а также потомств вирусоинфицировнных растений были выделены генотипы, обладающие наиболее высоким уровнем термоустойчивости мужского гаметофита (рис. 4). Обобщая полученные данные, следет выделить сорта Михаела, Руфина, а также дикий вид *S. pimpinellifolium*, у которых уровень термоустойчивости пыльцы был высоким как в составе контрольных популяций, так и у потомств ВТМ/ВАТ.

Таким образом, как показали полученные результаты, устойчивые и неустойчивые к стрессу пыльцевые зерна изученных генотипов различаются амплитудой вызванных стрессом отклонений, при этом устойчивые генотипы по отношению к контролю характеризуются меньшим диапозоном изменчивости анализируемых признаков. Следует отметить, что на стадии спорофта у многих культур также выявлены аналогичные изменения [23].

Рис. 4. Генотипы томата с высоким уровнем термоустойчивости мужского гаметофита.



Таким образом, уровень термоустойчивости мужского гаметофита контрольных популяций был выше по сравнению с вирусинфицированными потомствами, что, вероятно, связано с более высокой чувствительностью этих генотипов.

Выводы

- Действие повышенной температуры на мужской гаметофит у потомств BTM/BAT вызывает специфические изменения функциональных признаков, которые в большей степени контролируются температурой - 78,1…81,5% (для жизнеспособности пыльцы), тогда как варьирование размеров ПТ на 75,6% детерминировано температурой и взаимодействием факторов.
- Анализ структуры спектров вариабельности признаков мужского гаметофита индивиуально для каждого генотипа выявил наличие существенных различий по их чувствительности к действию факторов, вызывающих изменчивость, что в итоге позволяет охарактеризовать реакцию на стресс, провести на группировку генотипов и использовать полученные данные для прогноза реакций спорофита.
- У потомств BTM/BAT средний уровень термоустойчивости пыльцы и пыльцевых трубок был ниже показателей контроля на 8,3…13,9% и 32,9…28,4% соответственно.
- Мужской гаметофит здоровых растений и вирусинфицированных потомств сортов Михаела, Руфина и S. pimpinellifolium сочетал высокий уровень термоустойчивости пыльцы и пыльцевых трубок, что предполагает перспективу их использования в дальнейших исследованиях.

Библиография:

1. KELLY, E Z., MERAL T., JEFFREY F. H. Temperature stress and plant sexual reproduction: uncovering the weakest links. In: *Journal of Experimental Botany,* 2010, Vol. 61, Issue 7, p. 1959–1968. ISSN 00220957
2. KAKANI, V., REDDY, K., KOTI, S. et al. Differences in *in vitro* pollen germination and pollen tube growth of cotton cultivars in response to high temperature. In: *Annals of Botany*, 2005, vol. 96 p. 59-67. ISSN 0305-7364.
3. SALEM, M., KAKANI, V., KOTI, S., REDDY, K. Pollen-based screening of soybean genotypes for high temperatures. In: *Crop Science*, 2007, vol. 47 p. 219-231. ISSN 1435-0653.
4. BOTS, M., MARIANI, C. Pollen viability in the field. In*: Universitet Nijmegen*, 2005, p. 2–52.
5. PRESSMAN, E., PEET, M., PHARR, M. The effect of heat stress on tomato pollen characteristics is associated with changes in carbohydrate concentration in the developing. In: *Ann bot.* 2002, 90(5): p.631–636. DOI: 10.1093/aob/mcf240.
6. FIRON, N., NEPI, M., PACINI, E. Water status and associated processes mark critical stages in pollen development and functioning. In: *Annals of botany,* 2012, vol. 109, 7, p. 1204-1214. DOI:10.1093/aob/mcs070. ISNN 0305-7364.
7. SITA, K., SEHGAL, A., JITENDRA K.J. et al. Identification of High-Temperature Tolerant Lentil *(Lens culinaris Medik.)* Genotypes through Leaf and Pollen Traits Front. In: *Plant Sci*., 2017. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls. 2017.00744.
8. THUY, T., LEE, C.-K., JEONG, J. et al. Impact of heat stress on pollen fertility rate at the Flowering stage in korean rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. In: *Korean jornal of crop science*, 65(1) p.22-29 . https://doi.org/10.7740/KJCS. 2020.65.1.022. ISNN 0252-9777.
9. ZINN, K. E., TUNC-OZDEMIR, M., HARPER, J. F. Temperature stress and plant sexual reproduction: Uncovering the weakest links. In: *Journal of Experimental Botany, 61*, 2010, p.b1959–1968. ISSN 0022-0957.
10. PAUPIÈRE, M., HAPEREN, P., RIEU, I. *et al.* Screening for pollen tolerance to high temperatures in tomato. In: *Euphytica* 213, 130 (2017). DOI: https://doi.org/10.1007/s10681-017-1927- z. ISSN 1573-5060.
11. 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, 23, p. 719–726*. ISSN 1365-3040.
12. YAN, C., DING, Y., WANG, Q. et al. The impact of relative humidity, genotypes and fertilizer application rates on panicle, leaf temperature, fertility and seed setting of rice*. In: J. Agric. Sci. 2010, 148,* p. 329–339. ISSN 0021-8596.
13. XU, J., WOLTERS-ART, M., MARIANI, C. et al. Heat stress affects vegetative and reproductive performance and trait correlations in tomato (Solanum lycopersicum). In*: Euphytica 2017, 213, 1–12.* 1573-5060.

14. AYENAN, M., DANQUAH, A., HANSON, P. et al. Accelerating Breeding for Heat Tolerance in Tomato (*S.lycopersicum* L.). In: *Agronomy*. 2019, *9*, p. 720. ISSN 2073-4395. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy9110720.
15. SINGH, A., RAVIKUMAR, RL, ANTRE SH, 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, 101:33. PMID: 35975817.
16. LI, J., LIN, X., CHEN, A., et al. (2013). Global priority conservation areas in the face of 21st century climate change. In: *PLoS ONE* 8:e54839. DOI: 10.1371/journal.pone.0054839.
17. AMARI, K., HUANG, C., HEINLEIN, M. Potential impact of global warming on virus propagation in infected plants and agricultural productivity. In: *Front. Plant Sci. 2021, 12, 649768*. DOI: 10.3389/fpls.2021.649768
18. MULCAHY, D. Gametophytic gene expression. In: Blonstein AD, King PJ, editors. A Genetic Approach to Plant Biochemistry. In: *Plant Gene Research (Basic Knowledge and Application)*. Vienna: Springer; 1986. pp. 247-258. ISBN 978-3-7091-7463-0.
19. OTTAVIANO, E., MULCAHY, D. Genetics of angiosperm pollen. In: *Advances in Genetics. 1989;26, p.1-64.*
20. ГОНЧАРЕНКО, А. Сравнительная оценка адаптивного потенциала сортов зерновых культур и задачи селекции селекция растений: прошлое, настоящее и будущее. Сб. материалов конф., посв. 140-летию НИУ «БелГУ». 2016, p. 41-451.
21. ГОНЧАРОВА, Э. Изучение устойчивости и адаптации культурных растений к абиотическим стрессам на базе мировой коллекции генетических ресурсов. Санкт-Петербург, 2011, 336 с. ISBN 978-5-905064-10-4.
22. САЛТАНОВИЧ Т. И., АНДРОНИК Л. И., АНТОЧ Л. П., ДОНЧИЛЭ А. Н. Морфофункциональные признаки мужского гаметофита томата в условиях вирусного патогенеза. Овощи России N2, 2021, 16-21. DOI: https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-2-16-21. ISSN 2072-9146 (Print) ISSN 2618-7132.

Информация об авторах:
***Татьяна САЛТАНОВИЧ*,** доктор биологических наук, конференциар, ведущий научный сотрудник, Институт генетики, физиологии и защиты растений, Государственный Университет Молдовы.
E-mail*:* tatiana.saltanovici@igfpp.md
Tel. 069478325
ORCID: 0000-0002-1122-7433

***Лариса АНДРОНИК*,** доктор хабилитат биологических наук, конференциар, директор Института, Институт генетики, физиологии и защиты растений, Государственный Университет Молдовы.
E-mail: larisa.andronic@igfpp.md
ORCID: 0000-0002-2761-9917

***Людмила АНТОЧ*,** научный сотрудник
Институт генетики, физиологии и защиты растений, Государственный Университет Молдовы.
E-mail*:*ludmila.antoci@igfpp.md

***АНА БУЛДУМАК*,** младший научный сотрудник
Институт генетики, физиологии и защиты растений, Государственный Университет Молдовы.
E-mail: ana.doncila@igfpp.md
ORCID: 0000-0002-9674-0403

Исследования проведены в рамках проекта Государственной Программы 20.80009.7007.04, финансируемой Национальным Агентством по Исследованиям и Развитию.

Представлено 23.03.2023