

REACTIVITATEA MICROGAMETOFITULUI DE TOMATE LA ACȚIUNEA STIMULATORILOR DE CREȘTERE ÎN CONDIȚII DE PATOGENEZĂ VIRALĂ

CZU: 635.64:632.38:575.16

DOI: <https://doi.org/10.52673/18570461.25.3-78.03>Doctor în științe biologice, conferențiar cercetător **Tatiana SALTANOVICI**E-mail: tatiana.saltanovici@sti.usm.mdORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1122-7433>Doctor habilitat în științe biologice, conferențiar cercetător **Larisa ANDRONIC**E-mail: larisa.andronic@sti.usm.mdORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2761-9917>Cercetător științific **Ludmila ANTOCI**E-mail: ludmila.antoci@sti.usm.mdORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4855-6544>Doctor în științe chimice **Natalia MAȘCENCO**E-mail: natalia.mascenco@sti.usm.mdORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1869-4357>

Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor al USM

THE REACTIVITY OF THE TOMATO MICROGAMETOPHYTE TO THE ACTION OF GROWTH STIMULATORS UNDER VIRAL PATHOGENESIS CONDITIONS

Summary. The paper presents the results of research on the assessment of tomato microgametophyte reactivity to the action of growth stimulators under viral pathogenesis caused by Tobacco Mosaic Virus (TMV) or Tomato Aspermy Virus (TAV). At the haploid level, the action of glycosides was specific and contributed to the appearance of stimulating, inhibiting, or neutral reactions. By summarizing the positive effects of glycosides on tomato crops with different phytosanitary statuses, the dose with the maximum effect on microgamete viability stimulation was identified. The variation in pollen indices among the analyzed genotypes was determined by the decisive action of the glycoside. In infected plants, compared to healthy genotypes, the influence of glycosides on pollen viability was reduced; however, in TMV/TAV-infected genotypes, the contribution of genotype to the variation of this trait exceeded the values of the control. The considerable contribution of the genotype to the observed variability allows for the identification of promising genotypes based on this index. Additionally, the action of glycosides contributed to an increase in the thermoresistance level of microgametes, a phenomenon that may be explained by the enhanced activity of pollen grains with initially reduced viability.

Keywords: tomato, pollen grain, temperature stress, viruses, source of variation, growth stimulator, glycoside.

Rezumat. În această lucrare sunt prezentate rezultatele cercetărilor privind reactivitatea microgametofitului de tomate la acțiunea stimulatorilor de creștere, pe fundal de patogeneză virală provocată de virusul mozaicului tutunului (VMT) și virusul aspermiei tomatelor (VAT). Acțiunea glicozidelor s-a manifestat specific la nivel haploid, contribuind la apariția unor efecte de stimulare, inhibare sau reacții neutre. Prin totalizarea efectelor pozitive ale aplicării glicozidului la cultura de tomate cu statut fitosanitar diferit, a fost determinată doza cu efect maxim de stimulare a viabilității microgameților. Variația indicelui polenic la genotipurile analizate a fost influențată de acțiunea decisivă a glicozidului. La plantele infectate, comparativ cu genotipurile sănătoase, efectul glicozidului asupra viabilității polenului a avut o pondere redusă, totodată, la genotipurile infectate cu VMT/VAT, ponderea genotipului în variația acestui caracter a depășit valorile martorului. Contribuția semnificativă a genotipului în variabilitatea observată permite identificarea unor genotipuri promițătoare pe baza acestui indice. De asemenea, acțiunea glicozidului a favorizat creșterea nivelului de termorezistență a microgameților, fapt ce poate fi explicat prin sporirea activității grăuncioarelor de polen cu viabilitatea redusă.

Cuvinte-cheie: tomate, polen, stres de temperatură, virusuri, sursă de variație, stimulator de creștere, glicozid.

INTRODUCERE

Se cunoaște că, în condiții climatice nefavorabile, reacția plantelor depinde în mare măsură de nivelul lor de rezistență. Astfel, genotipurile genetic sensibile la o gamă largă de factori de mediu sunt mai vulnerabile la stresuri biotice [1; 2]. Acțiunea stresurilor limitează semnificativ realizarea potențialului productiv al genotipurilor din cauza rezistenței insuficiente a plantelor, manifestată prin modificarea proceselor moleculare, biochimice și fiziologice, care influențează variabilitatea caracterelor morfobiologice, inclusiv activitatea gametofitului mascul [3-9]. În acest context, identificarea genotipurilor tolerante la factori limitativi prezintă un interes deosebit pentru utilizarea acestora în programe ameliorative. Conform datelor publicate de A. Alqudah, N. Samarah, R. Mullen [10], atât gradul de deteriorare a plantelor în condiții nefavorabile, cât și capacitatea lor de recuperare depind de etapa la care genotipul a fost supus acțiunii stresului; totodată, se cunoaște că etapele reproductive sunt cele mai sensibile.

Studiile au demonstrat că utilizarea biostimulatorilor reprezintă o abordare promițătoare pentru diminuarea efectelor negative ale stresurilor [11]. Eficiența acestora este adesea specifică, întrucât efectul diferă în funcție de mecanismul de acțiune, faza ontogenetică, specia și soiul plantei. Majoritatea stimulatorilor contribuie la îmbunătățirea eficienței utilizării substanțelor nutritive, la creșterea rezistenței la stres și au un efect benefic asupra calității recoltei [12; 13]. În cazul mai multor culturi, la etapele de sporofit, a fost confirmată experimental acțiunea pozitivă a stimulatorilor de creștere asupra productivității plantelor [14; 15].

Este cunoscut faptul că influența factorilor de stres contribuie la eliminarea selectivă a gameților cu un nivel scăzut de viabilitate, ceea ce modifică și restrânge amplitudinea variabilității genetice. În acest context, cercetările privind extinderea spectrului variabilității accesibile prin reducerea eliminării genotipurilor la etapa de gametofit mascul sunt deosebit de relevante. Deoarece nu toate grăuncioarele de polen manifestă același nivel de rezistență la acțiunea solitară sau combinată a factorilor stresogeni, heterogenitatea acestora poate fi utilizată ca indicator al sensibilității plantelor [16]. Aplicarea stimulatorilor de creștere la această etapă poate fi una dintre posibilele abordări de diminuare a eliminării microgameților cu viabilitatea redusă.

La diverse specii de plante a fost demonstrată eficiența stimulatorilor de creștere asupra funcționalității gametofitului mascul, inclusiv asupra proceselor de germinare a polenului și de creștere a tuburilor polenice [17-19]. De exemplu, pulverizarea inflores-

cențelor diferitor soiuri de viță-de-vie cu reglatorii de creștere precum *symbionta* și *nicfan* a condus la sporirea viabilității polenului [20]. În experiențele cu migdalul, acțiunea auxinei și giberilinei asupra germinării și creșterii tuburilor polenice a avut un efect pozitiv de 23-86% [21]. La speciile *Clerodendrum colebrookianum* Walp. și *Clerodendrum infortunatum* L., s-a constatat, de asemenea, influența benefică a unui șir de stimulatori asupra calității microgameților *in vitro* [22]. S-a demonstrat că preparatele pe baza glicozidelor steroidice pot fi utilizate cu succes ca regulatori de creștere la diferite culturi [23]. Administrarea exogenă a metaboliților secundari de natură glicozidă a indus o gamă largă de efecte imunomodulatoare și fitohormonale [24; 25]. În majoritatea cazurilor, acești stimulatori au fost aplicați pentru tratarea semințelor, reducând impactul factorilor nefavorabili. Astfel, tratarea semințelor de tomate în soluție de glicozid, extras din planta *Melampyrum cristatum* L., contribuie la creșterea ratei de germinare a semințelor și a rezistenței plantelor la stresuri abiotice și biotice [26]. Eficiența utilizării acestor substanțe a fost confirmată și la cultura de ardei, la care s-a observat o sporire a potențialului de adaptare și reproducere al plantelor, concomitent cu creșterea rezistenței și productivității în condiții nefavorabile.

De menționat faptul că în majoritatea studiilor privind aplicarea stimulatorilor de creștere pentru îmbunătățirea viabilității gameților masculi au fost utilizate plante sănătoase, în timp ce plantele infectate cu virusuri au prezentat o capacitate funcțională redusă a grăuncioarelor de polen. Conform datelor O. Bladinscaia, I. Balașova, E. Kozari [27], stimulatorii de creștere pot acționa asupra tuturor componentelor patosistemului *plantă x patogen*, prin inducerea mecanismelor de sporire a rezistenței complexe a plantelor în condiții de stres abiotice și biotice (maladii fungice și virale). În acest context, scopul cercetărilor realizate a fost evaluarea reactivității microgametofitului de tomate la acțiunea stimulatorilor de creștere în condiții de patogeneză virală.

MATERIALE ȘI METODE

Pentru realizarea cercetărilor, în calitate de material experimental au fost utilizate soiurile de tomate Rufina, Elvira și specia spontană *Solanum pimpinellifolium*. Investigațiile au fost realizate în condiții de laborator și solariu. Plantele au fost cultivate randomizat în condiții de solariu, conform metodei standard. Inocularea mecanică a plantelor cu virusul mozaicului tutunului (VMT) sau cu virusul aspermiei tomatelor (VAT) s-a efectuat la stadiul de 4-5 frunze. În varian-

Tabelul 1

Schema experimentală conform tratamentului exogen al plantelor de tomate

Genotip	Varianta	Variante cu stimulator				
		Martor (H ₂ O)	Glicozid standard (0,01%)	Glicozid V		
Rufina	Martor	H ₂ O	Moldstim	1	2	3
	VMT					
	VAT					
Elvira	Martor	H ₂ O	Moldstim	1	2	3
	VMT					
	VAT					
<i>S. pimpinellifolium</i>	Martor	H ₂ O	Moldstim	1	2	3
	VMT					
	VAT					

tele experimentale, după inoculare cu virusuri, plantele au fost pulverizate de două ori cu stimulatori de creștere: Moldstim (în calitate de glicozid standard) și glicozidul V, în diferite concentrații.

Determinarea viabilității gametofitului mascul a fost efectuată prin cultivarea grăuncioarelor de polen pe un mediu nutritiv artificial, constituit din soluție apoasă de zaharoză – 15% și acid boric – 0,006%. Polenul a fost cultivat în termostat cu regim termic optim – 26 °C. Pe baza studiului microscopic, au fost evaluați următorii indici: viabilitatea polenului (VP), lungimea tuburilor polenice (TP) în unități convenționale (un. conv.) și raportul acestor indici față de varianta martor. Analizele statistice și prezentarea datelor experimentale au fost efectuate cu ajutorul programelor Statgraphics v.5.0 și Excel 2013. Pentru aprecierea ponderii genotipului, stimulatorilor de creștere, factorilor stresanți și interacțiunii acestora în cadrul sursei de variație a indicilor analizați, a fost aplicată analiza dispersională bi- și trifactorială a variantei (ANOVA).

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Se cunoaște că procesul de dezvoltare a grăuncioarelor de polen este destul de conservativ și programat, iar funcționalitatea acestora are o importanță decisivă

pentru desfășurarea reușită a fecundării și formării semințelor/fructelor [28; 29]. În urma cercetărilor realizate, a fost stabilit că tratarea plantelor prin pulverizare cu glicozide modifică activitatea gametofitului mascul, iar reactivitatea sa depinde de genotip, concentrația glicozidului și statutul fitosanitar al plantelor. Astfel, studiul microscopic efectuat a relevat că răspunsul grăuncioarelor de polen a fost diferențiat, cu efecte pozitive, negative și neutre înregistrate (Figura 1).

Cea mai frecventă și mai mare creștere a viabilității polenului (peste 38,0%) a fost observată la soiul Elvira, fapt constatat atât la plantele sănătoase, cât și la genotipurile infectate, unde majorarea acestui caracter a atins 10,0-15,0%. De menționat că o reactivitate mai puternică a microgameților poate fi cauzată de valoarea inițial diminuată a viabilității polenului, determinată de sensibilitatea ridicată a soiului. S-a constatat că, în unele cazuri, acțiunea substanțelor utilizate a avut un efect opus și a cauzat reducerea viabilității polenului cu 4,5-19,5% în raport cu varianta martor (Figura 2). Având în vedere faptul că succesul reproductiv al genotipurilor, în mare măsură, este asociat cu viabilitatea polenului, putem presupune că genotipurile cu un nivel ridicat al viabilității polenului vor prezenta un potențial de reproducere mai mare.

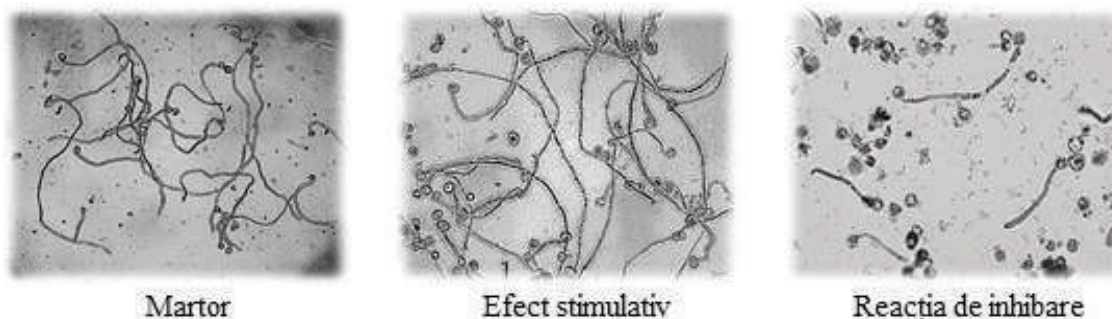


Figura 1. Reactivitatea microgameților la acțiunea glicozidelor.

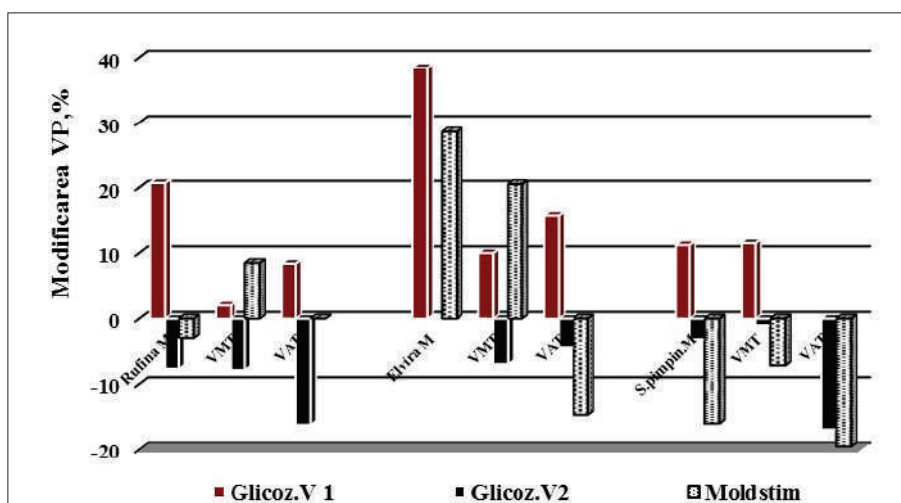


Figura 2. Efectul tratării plantelor de tomate prin pulverizare cu glicozide asupra viabilității polenului.

Se cunoaște că viteza de creștere a tuburilor polenice este un indicator important al funcționalității gametofitului mascul, deoarece este asociată cu durata procesului de fertilizare. Astfel, viteza de creștere a tuburilor polenice poate influența rezultatele autopolenizării, deoarece, în acest caz, comparativ cu polenizarea încrucișată, creșterea tuburilor este mai slabă. Studii recente efectuate de R. Aloni et al. [29], L. Kovaleva, E. Zakharova [30] au demonstrat că acțiunea unui stimulator de creștere, precum IAA, a avut un efect pozitiv asupra procesului de creștere a tuburilor polenice.

Rezultatele cercetărilor noastre au arătat că pulverizarea plantelor cu Moldstim sau Glicozid V a determinat modificări specifice în procesul de creștere a tuburilor polenice. Astfel, tratarea cu glicozide a cauzat o modificare diferențiată a dimensiunilor acestora: în unele variante, lungimea tuburilor s-a majorat în raport cu martorul cu 4,3-39,6 unități. Totodată, au fost înregistrate variante cu micșorarea valorilor acestui caracter sau variante în care nu au fost constatate diferențe față de martor, fiind observate reacții neutre și de inhibare. Conform datelor analizei microscopice, la genotipurile din varianta martor dimensiunile TP au variat între 20 și 55 de unități convenționale. Totodată, a fost stabilit că 43,5% dintre grăuncioarele de polen din această variantă au format tuburi lungi de 40 de unități convenționale.

Analiza acțiunii preparatului Moldstim asupra distribuției grăuncioarelor de polen în funcție de lungimea tuburilor polenice a demonstrat că valorile acestui caracter s-au modificat de la 20 până la 40 un. conv., frecvența de apariție a tuburilor cu dimensiunile respective fiind de 32,0-37,0%. La genotipurile tratate cu glicozidul V, în unele variante, a fost înregistrată o creștere a frecvenței de apariție a tuburilor polenice

cu dimensiuni mai mari în raport cu martorul, fapt ce poate fi explicat prin accelerarea vitezei de creștere a acestora (Figura 3). Astfel, în urma aplicării variantei 3 a glicozidului V, dimensiunile TP s-au modificat de la 10 până la 50 de unități; dintre toate tuburile analizate, 50% au fost scurte, având cca 20 de unități, și numai 6,5% dintre toate grăuncioarele analizate au format tuburi lungi de 50 de unități convenționale. În acest caz, acțiunea glicozidului a cauzat o diminuare semnificativă a vitezei de creștere, ca rezultat fiind înregistrată reducerea dimensiunilor TP. La variantele 1 și 2 ale genotipurilor tratate cu glicozid V a fost stabilită creșterea frecvenței de apariție a tuburilor cu dimensiuni mari în raport cu martorul. Astfel, ca urmare a pulverizării cu glicozid V2, peste 50% dintre tuburile polenice au avut lungimea de 50 un. conv., iar numai 10-12% dintre grăuncioarele de polen au format tuburi mai lungi de 60 un. conv. De menționat că viteza intensă de creștere și dimensiunile mari ale TP sporesc probabilitatea participării acestora la procesul de fecundare.

Generalizând datele obținute, putem menționa că reactivitatea celulară la nivel haploid, la genotipurile de tomate pulverizate cu glicozide, se manifestă prin efecte pozitive, negative și neutre asupra indicilor microgameților (Figura 4A). La plantele sănătoase, în 46,6% dintre cazuri, a fost observat cel mai pronunțat efect stimulator asupra viabilității polenului (12,8-39,2%); la genotipurile infectate cu VMT sau VAT, creșterea acestui indicator a fost mai mică și s-a manifestat în 33,3% dintre cazuri (Figura 4A). Totodată, la plantele infectate cu virusuri, în peste 50,0% dintre cazuri viabilitatea polenului s-a redus cu 7,7-22,5%, iar la genotipurile din varianta martor, în 20,0% dintre cazuri a fost stabilită inhibarea viabilității polenului. Au fost înregistrate modificări și la etapa de creștere

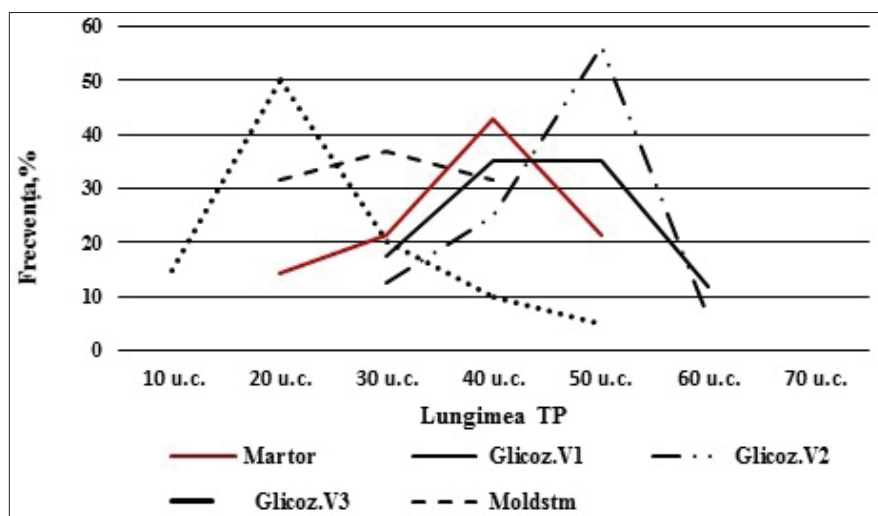


Figura 3. Influența glicozidelor asupra distribuției grăuncioarelor de polen în funcție de lungimea tuburilor polenice.

a tuburilor polenice. Astfel, genotipurile infectate cu virusuri (VMT sau VAT) în 50,0% dintre cazuri au prezentat o creștere a dimensiunilor acestui caracter, în timp ce la plantele sănătoase (martor) creșterea a fost observată în 40,0% dintre cazuri (Figura 4B). La majoritatea genotipurilor (46,6%) din varianta martor, s-a constatat reducerea lungimii tuburilor polenice, deși la genotipurile VMT/VAT frecvența de formare a tuburilor cu dimensiuni mici a fost mai scăzută și a constituit 29,9%. Reieșind din faptul că dimensiunile tuburilor polenice sunt asociate cu viteza lor de creștere, se poate afirma că grăuncioarele de polen care au format tuburi scurte au o probabilitate scăzută de participare în fecundație. Printre genotipurile investigate, cel mai pronunțat efect stimulator pentru acest indicator a fost constatat la soiul Elvira.

Rezultatele aplicării testului ANOVA pentru aprecierea surselor principale ale variabilității caracterelor gametofitului mascul la genotipurile incluse în studiu au demonstrat că acțiunea glicozidului a fost decisivă și semnificativă ($P < 0,01$) în variația viabilității polenului și a lungimii tuburilor polenice –

51,0 și 46,0%, respectiv; în același timp, contribuția genotipului a fost mai redusă de 1,8 ori și a determinat 29,0 și 26,0% din variația acestor caractere.

Deoarece calitatea microgameților este determinată în mare măsură și de contribuția infecțiilor virale, am aplicat analiza statistică a variabilității caracterelor studiate în funcție de starea fitosanitară a plantelor. Rezultatele obținute au oferit informații privind rolul factorilor asupra particularităților funcționalității microgametofitului în condiții de patogeneză virală. S-a constatat că genotipul, glicozidul V, virusurile VMT/VAT, dar și interacțiunea acestora au avut un aport semnificativ ($P < 0,01$) în modificarea indicilor polenului (Figura 5). Analizând contribuția genotipului în variația viabilității polenului, s-a constatat că la plantele VMT/VAT puterea de acțiune a acestuia a constituit 46,8-35,6% și a fost mai puternică în comparație cu martorul, de 2,1-1,6 ori (Figura 5A). Ponderea ridicată a genotipului în variabilitatea indicilor de funcționalitate a grăuncioarelor de polen oferă posibilitatea de evidențiere a genotipurilor cu potențial valoros după acest caracter.

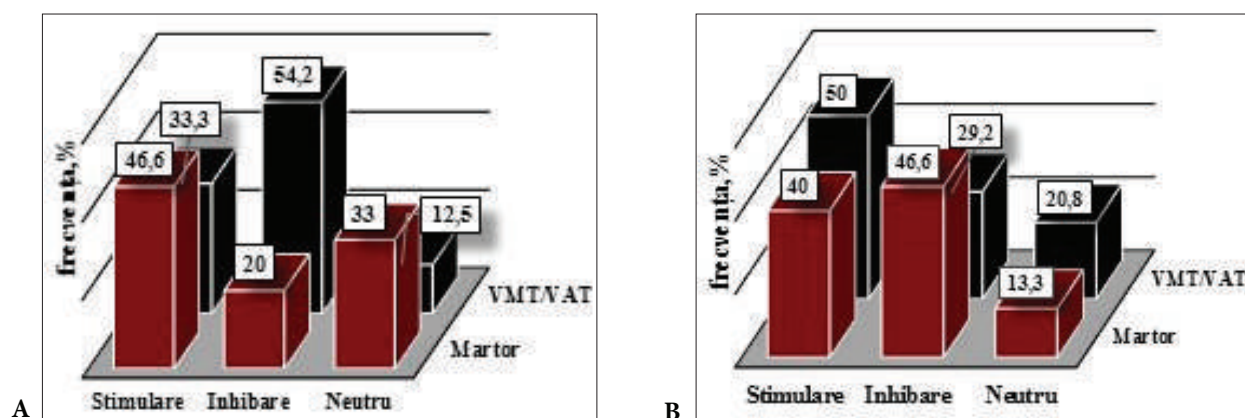


Figura 4. Reactivitatea microgameților la influența glicozidelor asupra viabilității polenului (A) și lungimii tuburilor polenice (B).

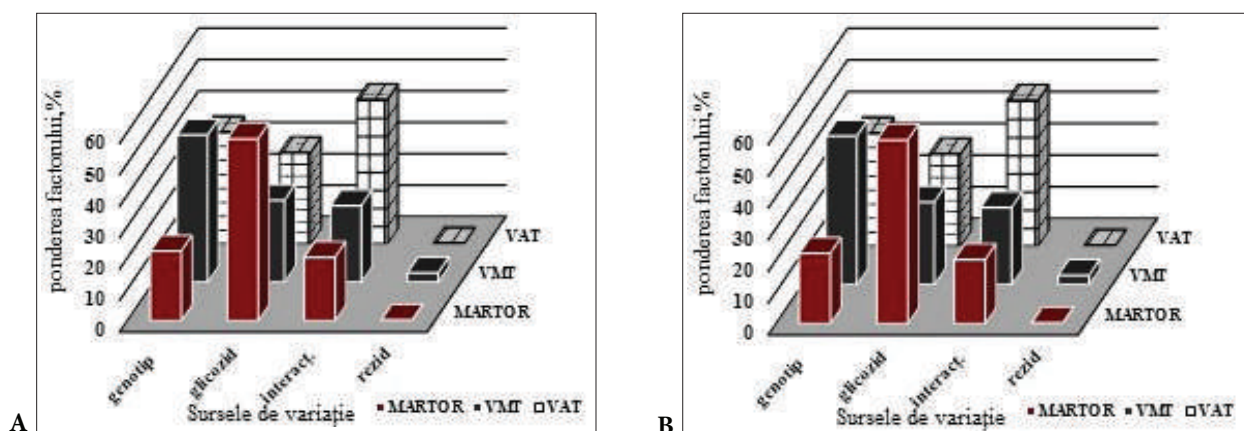


Figura 5. Sursile principale ale variabilității indicilor microgametofitului de tomate: viabilitatea polenului (A) și lungimea TP (B).

Prin cercetările efectuate, s-a stabilit că influența glicozidului asupra viabilității polenului la plantele infectate a fost mai redusă de 2,0-2,2 ori în raport cu martorul. O astfel de acțiune poate fi explicată prin faptul că starea de patogeneză virală modifică reactivitatea celulelor generative la acțiunea reglatorilor de creștere. În urma analizei nivelului de interacțiune al factorilor, s-a constatat că, la plantele VMT/VAT, puterea de interacțiune a depășit valorile martorului cu 4,3-25,8%. Prin cercetările efectuate s-a stabilit că lungimea tuburilor polenice este influențată semnificativ ($P < 0,01$) de toți factorii analizați, puterea maximă de influență fiind atestată la plantele VAT pentru genotip – 54,4%, ceea ce a depășit puterea de acțiune a acestui factor în varianta martor de 2,4 și 5,4 ori, respectiv, pentru variantele VMT (Figura 5B). Este cunoscut faptul că, cu cât ponderea unui factor ca sursă de variație este mai mare, cu atât acesta este mai variabil. În acest context, putem concluziona că variabilitatea lungimii tuburilor polenice la genotipurile VMT a fost cea mai dependentă de glicozid, ponderea acestuia fiind maximă și determinând 81,2% din variabilitate. Puterea de influență a glicozidului la genotipurile din variantele-martor și VAT a fost mult mai redusă.

Astfel, rezultatele cercetărilor efectuate arată că, la plantele sănătoase și la cele infectate cu virusuri (VMT/VAT), variabilitatea caracterelor microgameților este cauzată într-o mare măsură de genotip și de glicozidul V, a căror putere de acțiune poate fi dependentă de starea fitosanitară a plantelor.

După cum s-a menționat anterior, în literatura de specialitate există informații privind creșterea rezistenței plantelor la stresuri abiotice în urma aplicării stimulatorilor de creștere. Conform datelor M. Stokes, A. Geitmann [31], etapele de dezvoltare și funcționare a gametofitului mascul reprezintă faze critice ale ciclului reproductiv, cu o sensibilitate ridicată la temperaturi mari. Mai mulți cercetători au utilizat diverse

metode pentru a testa efectele stresului termic asupra performanței polenului sau pentru a determina gradul de susceptibilitate al unor specii de plante. Cercetările privind evaluarea activității gametofitului mascul la plantele sănătoase sau infectate cu virusuri, supuse temperaturilor supraoptimale și tratate cu glicozide, ne-au permis să apreciem nivelul de termorezistență a acestora. S-a constatat că genotipurile analizate au manifestat un nivel de termorezistență ridicat, care, la genotipurile VMT/VAT (netratate), a variat între 58,1-74,3%, iar acțiunea glicozidului a contribuit la creșterea valorilor acestui indicator cu 5,5-13,9%, fapt ce poate fi explicat prin efectul stimulator al glicozidului asupra activității grăuncioarelor de polen cu viabilitatea redusă.

Astfel, cercetările privind evaluarea reactivității microgametofitului de tomate la acțiunea stimulatorilor de creștere, în condiții de patogeneză virală, ne-au permis să realizăm atât diferențierea genotipurilor după reactivitate, determinarea surselor principale ale variabilității polenului la genotipuri sănătoase sau infectate cu virusuri și tratate cu stimulatori de creștere, cât și caracterizarea acestor genotipuri după nivelul de termorezistență.

CONCLUZII

La genotipurile de tomate tratate prin pulverizare cu glicozid s-a înregistrat o reactivitate celulară la nivel haploid, manifestată prin efecte de stimulare, inhibare sau reacții neutre; la plantele sănătoase, frecvența manifestării efectelor pozitive a fost mai mare cu 13,3% comparativ cu plantele infectate cu virusuri (VMT sau VAT).

Efectul pozitiv al glicozidului asupra funcționalității gametofitului mascul a fost dependent de concentrația biostimulatorului și de statutul fitosanitar al plantelor. În urma totalizării impactului, a fost selectată doza care a contribuit la sporirea viabilității microgameților cu 12,8-39,2%.

La toate genotipurile analizate, variația indicilor polenului a fost determinată de acțiunea decisivă a glicozidului – 46,0-51,0%; la plantele VMT/VAT, influența acestui factor asupra viabilității polenului a fost mai redusă de 2,0-2,2 ori față de martor; totodată, genotipul a cauzat modificări ale viabilității polenului de 35,6-46,8%. Ponderea ridicată a genotipului în variabilitatea indicilor de funcționalitate a gametofitului mascul oferă posibilitatea de evidențiere a genotipurilor cu potențial valoros după acest caracter.

Genotipurile VMT/VAT (netratate termic) au manifestat un nivel ridicat de termorezistență a microgametilor – 58,1-74,3%, acțiunea glicozidului contribuind la creșterea valorilor acestui indicator cu 5,5-13,9%, fapt ce poate fi explicat prin manifestarea efectului stimulator al glicozidului asupra activității grăuncioarelor de polen cu viabilitate redusă.

BIBLIOGRAFIE

- Rodríguez-Calzada, T.; Qian, M.; Strid, Å. et al. Effect of UV-B radiation on morphology, phenolic compound production, gene expression, and subsequent drought stress responses in chili pepper (*Capsicum annuum* L.). In: Plant Physiol. Biochem, 2019, 134: 94-102, DOI: 10.1016/j.plaphy.2018.06.025
- Zhang, Y.; Xu, J.; Li, R. et al. Plants' response to abiotic stress: mechanisms and strategies. In: Int J Mol Sci, 2023, 24(13): 10915, DOI: 10.3390/ijms241310915
- Maharshi, A.; Rashid, M.; Teli, B. et al. Salt stress alters pathogenic behaviour of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* and contributes to severity in chickpea wilt incidence. In: Physiol. Mol. Plant Pathol., 2021, 113: 101602, DOI: 10.1016/j.pmp. 2021.101602
- Carillo, P.; Colla, G.; Fusco, G. et al. Morphological and physiological responses induced by protein hydrolysate-based biostimulant and nitrogen rates in greenhouse spinach. In: Agronomy, 2019, 9: 450, DOI: 10.3390/agronomy9080450
- Rai, N.; Rai, S.P.; Sarma, B. Prospects for abiotic stress tolerance in crops utilizing phyto- and bio-stimulants. In: Front. Sustain. Food Syst., Sec. Crop Biology and Sustainability, 2021, 5, doi.org/10.3389/fsufs.2021.754853
- Percival, G.; Barrow, I.; Noviss, K. et al. The impact of horse chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella* Deschka and Dimic; HCLM) on vitality, growth and reproduction of *Aesculus hippocastanum* L. In: Urban For. Urban Green, 2011, 10: 11-17.
- de Storme, N.; Geelen, D. The impact of environmental stress on male reproductive development in plants: Biological processes and molecular mechanisms. In: Plant Cell Environ, 2013, 37: 1-18.
- Sæbø, A.; Borzan, Ž.; Ducatillion, C. et al. The selection of plant materials for street trees, park trees and urban woodland. In: Urban Forests and Trees; Springer: Cham, Switzerland, 2005: 257-280.
- Nephali, L.; Piater, L.; Dubery, I. et al. Biostimulants for plant growth and mitigation of abiotic stresses: A metabolomics perspective. In: Metabolites, 2020, 10(12): 505, DOI: 10.3390/metabo10120505
- Alqudah, A.; Samarah, N.; Mullen, R. Drought stress effect on crop pollination, seed set, yield and quality. In Alternative Farming Systems, Biotechnology, Drought Stress and Ecological Fertilisation, Sustainable Agriculture Reviews 6; Lichtfouse, E.
- Ed. Springer Science + Business Media B.V.: Dijon, France, 2011: 193-213.
- Yakhin, O.; Lubyantsev, A.; Yakhin, I. et al. Biostimulants in plant science: A global perspective. In: Front. Plant Sci. 2017;7: 1-32, DOI: 10.3389/fpls.2016.02049
- Rouphael, Y.; Spichal, L.; Panzarova, K. et al. High-throughput plant phenotyping for developing novel biostimulants: From lab to field or from field to lab? In: Front. Plant Sci. 2018, 9: 1-19.
- Drobek, M.; Frąc, M.; Cybulska, J. Plant biostimulants: Importance of the quality and yield of horticultural crops and the improvement of plant tolerance to abiotic stress. A Review. In: Agronomy, 2019, 9 (6): 335, DOI: org/10.3390/agronomy9060335
- Milić, B.; Tarlanović, J.; Keserović, Z. et al. Bioregulators can improve fruit size, yield and plant growth of northern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). In: Sci. Hortic., 2018, 235: 214-220.
- Morales-Payan, J. Influence of foliar sprays of an amino acid formulation on fruit yield of "Edward" mango. In: Acta Hort., 2015, 1075: 157-160.
- Gottardini, E.; Cristofolini, F.; Paoletti, E. et al. Pollen viability for air pollution bio-monitoring. In: J. Atmos. Chem. 2004, 49: 149-154.
- Chhun, T.; Aya, K.; Asano, K. et al. Gibberellin regulates pollen viability and pollen tube growth in rice. In: Plant Cell. 2007, 19(12): 3876-88, DOI: 10.1105/tpc.107.054759
- Akçal, A.; Gokbayrak, Z.; Engin, H. Determination of the effects of growth regulators on pollen viability and germination. In: Acta Horticulturae 1242: III International Symposium on Horticulture in Europe - SHE2016, DOI: 10.17660/ActaHortic.2019.1242.80
- Maita, S.; Sotomayor, C. The effect of three plant bioregulators on pollen germination, pollen tube growth and fruit set in almond (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb) cvs. Non Pareil and Carmel. In: Electronic Journal of Biotechnology, 2015, 18: 381-386, DOI: 10.1016/j.ejbt.2015.07.004
- Soboleva, Yu. Biologicheskie osobennosti pyl'tsy i sposoby povysheniya ee zhiznesposobnosti dlya uluchsheniya sortimenta vinograda. Avtoreferat dissertatsii k.b.n. Krasnodar. 2005. 28 s.
- Radović, A.; Nikolić, D.; Milatović, D. The effect of plant hormones on pollen germination and pollen tube growth of almond cultivars. In: Acta Hort., 2016, 1139: 375-380, Doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1139.65
- Singh, P.; Kumar, K. et al. Pollen storage, viability and effect of growth hormones on *in vitro* pollen germination in two medicinal plants (*Clerodendrum colebrookianum*

Walp. and *Clerodendrum infortunatum* L.) of the tropical moist forest of North-east India. In: Journal of Applied and Natural Science, 2022, 14(3): 999-1008, Doi.org/10.31018/jans.v14i3.3737

24. Botnari, V.; Borovschaia, A.; Vasilachi, I. Recomanări cu privire la aplicarea regulatorilor naturali de creștere la cultivarea legumelor. Chișinău, 2017. 23 p.

25. Volynets, A.; Sukhanov, V.; Polyanskaya S. Steroidnye glikozidy – novye fitoregulatory gormonal'nogo tipa. Minsk, 2003.136 s.

26. Gurev, Angela; Mashchenko, Natalia; Borovskaia, Alla; Shubina, Victoria. Biologically active substances from *Linaria genistifolia* (L.) mill and their potential usage in the ecological agriculture. In: Journal of Engineering Science, 2019, 26 (2): 109-116, DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3249211>

27. Vasilaki, Yu. Botnar', V.; Gumanyuk, A. Vliyanie glikozidov na polevyuyu vskhozhest' semyan tomatov. In: Tendințe contemporane ale dezvoltării științei: viziuni ale tinerilor cercetători, Ed.3, 10 martie 2014, Chișinău, Universitatea AȘM, 2014. 55-56.

28. Blandinskaya O.; Balashova I.; Kozar' E. i dr. Vliyanie vtorichnykh metabolitov rasteniy – steroidnykh gliko-

zidov – na adaptivnyy potentsial pertsa sladkogo v usloviyakh epifitotii VTM. In: Sbornik materialov. Kiev, 72 Secția I. 2010. 197 s.

29. Dan-Lu, Cui; Chun-Xia, Xu; Ping, Wang et al. Male gametogenesis in flowering plants. In: Front. Sustain. Food Syst., Sec. Crop Biology and Sustainability. 2023, 7, <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1333544>

30. Aloni, R.; Aloni, E.; Langhans, M. et al. Role of auxin in regulating Arabidopsis flower development. In: Planta, 2023, 223: 315-328.

31. Kovaleva, L.; Zakharova, E. Hormonal status of the pollen-pistil system at the progamic phase of fertilization after compatible and incompatible pollination in *Petunia* hybrid L. In: Sexual Plant Reproduction, 2003, 16: 191-196.

32. Stokes, M.; Geitmann, A. Screening methods for thermotolerance in pollen. In: Annals of Botany, 2025, 135 (1-2): 71-88, <https://doi.org/10.1093/aob/mcae067>

NOTĂ. Cercetările au fost realizate în cadrul subprogramului 011101 *Abordări genetice și biotehnologice de management al agroecosistemelor în condițiile schimbărilor climatice*, finanțat de Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova.



Aurel David. *Olga Sava din satul Bardar cu copiii*, 1977, ulei, pânză, 96 × 96 cm (colecția MNAM).