

ROLUL RELAȚIILOR GAZDĂ – PATOGEN ÎN DECLANȘAREA BOLILOR LA PLANTE ȘI IDENTIFICAREA GENOTIPURILOR REZISTENTE

10.5281/zenodo.3525081

Doctor habilitat în științe biologice, profesor cercetător **Galina LUPAȘCU**

e-mail: galinalupascu51@gmail.com

Doctor în științe biologice, conferențiar cercetător **Larisa ANDRONIC**

e-mail: andronic.larisa@yahoo.com

Doctor în științe biologice, conferențiar cercetător **Svetlana SMEREA**

e-mail: smerea_svetlana@yahoo.com

Doctor habilitat în științe biologice, conferențiar cercetător **Nadejda MIHNEA**

e-mail: mihneanadea@yahoo.com

Institutul de Genetică, Fiziologie și Protecție a Plantelor

ROLE OF THE INTERACTIONS HOST – PATHOGEN IN THE PLANT DISEASES AND IDENTIFYING OF THE RESISTANT PLANTS GENOTYPES

Summary: The reactions of triticale plants to *Fusarium* fungi, tomato plants to *Alternaria alternate* or to Tomato Aspermy Virus, Potato Virus X, barley to infection with Barley Stripe Mosaic Virus are described. Systems *plant x pathogen* (fungus, virus) are constituted by specific interactions, depending on the host plant and the pathogen genotypes. The involvement of polymorphic protein systems (peroxidases), soluble proteins, peroxidases, esterases, PR-5 synthesis level are provided as biochemical markers to biotic stress in identifying resistant genotypes.

Keywords: plant, fungus, virus, interaction, proteins, enzymes, quantitative characters.

Rezumat: Este descrisă reacția plantelor de triticale la fungii *Fusarium*, a plantelor de tomate la *Alternaria alternata*, virusurile aspermiei tomatelor, X al cartofului, a orzului la virusul mozaicului dungat al orzului. Fitopatosistemele *plantă x patogen* (fung, virus) se constituie prin interacțiuni specifice, în funcție de planta-gazdă și de genotipul patogenului. Este dovedită implicarea sistemelor proteice polimorfe (peroxidaze), a proteinelor solubile, peroxidazelor și esterazelor, nivelul de sinteză PR-5 al cărui poate servi în calitate de marker biochimic al stresului biotic la identificarea genotipurilor rezistente.

Cuvinte-cheie: plantă, fung, virus, interacțiune, proteine, fermenți, caractere cantitative.

Considerațiuni generale. În secolul al XX-lea s-au produs schimbări cardinale și rapide în tehnologiile agricole. Dezvoltarea agriculturii de tip extensiv, apoi intensiv, urmat de cel biologic a determinat producerea plantelor de cultură în condiții de fluctuații considerabile meteopedoclimatice, deosebit de dezechilibrate în ultimii ani în agrocenoze, înlocuirea genotipurilor cu noi relații de nutriție, fotosinteză și metabolism [1; 2]. Cerințele actuale înaintate față de căile de dezvoltare a economiei naționale a Republicii Moldova impun efectuarea unor schimbări esențiale în tehnologiile de ameliorare a plantelor, schimbări ce ar permite o sporire considerabilă a recoltelor în baza elaborării unor procedee și biotehnologii capabile să asigure crearea soiurilor și formelor de plante cu performanțe direcționate – productivitate și calitate sporită, rezistență la boli și toleranță la factorii climatici

nefavorabili. O problemă esențială constituie în continuare consecințele provocate de bolile fungice și virotice [3; 4; 5].

În condițiile fluctuațiilor climatice considerabile, tendințelor globale de creștere a numărului populației, se impune promovarea unui sistem durabil ce are drept obiectiv crearea genotipurilor rezistente la un complex de factori extremi.

Obiectivul principal al cercetărilor a fost fundamentarea bazelor genetico-ecologice ale interacțiunilor *plantă x patogen* în cadrul micozelor și virozelor plantelor de cultură, precum și valorificarea acestora la identificarea genotipurilor prețioase.

Impactul maladiilor micotice și virotice. Creșterea patogenității și răspândirea fungilor și virusurilor la plantele de cultură este cauzată, preponderent, de restrângerea pronunțată a diversității genetice

a soiurilor nou create. Pornind de la interese economice, adesea în programele de ameliorare a culturilor este inclus, în special, materialul inițial ce reprezintă genotipuri înalt productive, cu fructe/boabe de calitate înaltă, dar care adesea nu conțin gene ale rezistenței pentru cele mai severe maladii. De rând cu aceasta, genotipurile rezistente manifestă frecvent însușiri neatractive, indezirabile pentru producător și consumator – productivitate și calitate biochimică diminuată. Din acest considerent, sursele de rezistență adesea nu sunt implicate în hibridări, ca rezultat fiind create soiuri cu o perioadă de utilizare scurtă. Incluziunea în programele de ameliorare a unei germoplasme cu bază genetică extinsă, inclusiv a formelor sălbatice, și selectarea în populațiile segregante a formelor recombinante cu asocieri reușite ale caracterelor valoroase este una dintre strategiile moderne ale ameliorării menite să sporească adaptabilitatea plantelor de cultură la schimbările climatice și ale structurii populațiilor de patogeni. Îmbinarea rezistenței la factorii abiotici și biotici stresogeni ai mediului este o cale sigură de creare a soiurilor durabile [6; 7]. Obținerea de varietăți performante necesită crearea rapidă de noi forme cu combinații de gene valoroase pe căi bazate pe cunoașterea amplă a componenței speciilor de fungi/virusuri, interacțiunii gazdă-patogen în diferite condiții ambientale [8; 9; 10; 11].

Influența micozelor și a factorilor ambientali asupra cerealelor și leguminoaselor. În opinia noastră, în Republica Moldova, creșterea gradului de răspândire și intensitate a fuzariozelor în culturile agricole și, în special, în culturile cerealiere, este determinată de un șir de cauze: perturbările ecologice din ultimii ani care cauzează slăbirea plantelor și le predispune pentru un atac de ciuperci *Fusarium*; nerespectarea frecventă a asolamentului, fapt ce conduce la acumularea de patogeni în sol; lipsa unui monitoring al componenței speciilor *Fusarium*, precum și al potențialului patogenic al acestora cu privire la cele mai importante culturi agricole de pe întreg teritoriul republicii; neglijarea factorului de rezistență la fuzarioze a formelor nou create în cadrul programelor de ameliorare; cercetările biotehnologice restrânse cu privire la rezistența culturilor agricole la fuzarioze.

Putregaiul de rădăcină la grâul comun de toamnă (picioruș negru) are manifestări specifice fazelor ontogenetice: putrezirea seminței și gemulei, rădăcioarele primare și secundare, coleoptilul, nodul de înfrățire, baza tulpinii, ofilirea în faza de plantulă, obturarea vaselor conducătoare cu miceliu și pătulirea grânelor, depigmentarea tulpinii și spicului, spice goale cu palete aspre, semințe șiștăvite sau cu embrion negru la plantele mature. Boala reprezintă una dintre cele

mai devastatoare patologii ale culturilor cerealiere în secolul al XX-lea și este provocată de mai multe genuri de fungi ubicuitar răspândiți în sol. La cerealiere, putregaiul de rădăcină este produs de un ansamblu vast de fungi cu patogenitate facultativă sau obligatorie din mai multe genuri: *Fusarium*, *Helminthosporium* (*Drechslera/Bipolaris*), *Cochliobolus*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Alternaria*. Frecvent, asociația acestora, adică componența speciilor complexului fungic, este determinată de condițiile de mediu [7; 12].

La soia, în condițiile noastre, printre cele mai răspândite boli micotice pot fi menționate putregaiul de rădăcină (însoțit de obicei de putrezirea cotiledoanelor) și ofilirea fuzariană a plantei. Agenții cauzali ai maladiilor, cu frecvență înaltă, sunt: *F. oxysporum*, *F. gibbosum*, *F. solani*, *F. javanicum* [13].

Influența micozelor și factorilor ambientali limitativi asupra plantelor de tomate. Recolta și calitatea fructelor de tomate se datorează nu doar optimizării condițiilor de creștere a plantelor, dar și utilizării soiurilor cu performanță genetică înaltă, factor care prezintă o verigă decisivă a progresului inovațional în agricultură și asigură obținerea unor cantități înalte de producție de calitate superioară, cu însușiri organoleptice solicitate [6; 14].

Tomatele sunt susceptibile la circa 200 de boli fungice, bacteriene, virale, nematodice [15]. În condițiile Republicii Moldova, din maladiile severe fac parte putregaiul de rădăcină, viltul fuzarian, verticiloza, alternarioza, diverse bacterioze și viroze, pentru care sunt identificate unele surse de rezistență. Fuzarioza provoacă putrezirea rădăcinilor (din această cauză, plantele devin firave și susceptibile pentru alți patogeni) și a pețiolurilor. Alternarioza determină apariția petelor brune și necrozelor pe frunze, ceea ce diminuează semnificativ capacitatea fotosintetică a frunzelor și are un impact devastator asupra recoltei [16; 17]. Conform unor date, toxinele fungilor *Alternaria* spp. și *Fusarium* spp., implicate în patogenează, acumulându-se în fructele de tomate, în special la soiurile sensibile, sunt destul de toxice pentru om [18].

Pentru identificarea genotipurilor cu rezistență specifică sau complexă, o mare importanță are: stabilirea componenței speciilor de fungi – agenților cauzali ai maladiilor [7; 19]; particularitățile de manifestare a principalilor factori genetici implicați în controlul caracterelor de rezistență și productivitate – dominanța/recesivitatea, heritabilitatea, acțiunile și interacțiunile genice, corelațiile; factorul parental în calitate de component de hibridare; potențialul transgresiv al caracterelor în condiții optime și de stres hidric; rolul variabilității caracterului de interes biologic și economic în eficientizarea procesului de ameliorare [26].

Mecanisme de interacțiune gazdă x fung la diverse nivele de organizare a plantei. Efectul agenților cauzali ai putregaiului de rădăcină asupra plantelor de grâu este determinat de capacitatea de interacțiune a plantei-gazdă cu fungul, adică de capacitatea de a forma fitopatosisteme. S-a constatat că ponderea genotipică în aceste relații este înaltă, fapt ce oferă posibilități de creare a formelor rezistente pe cale genetică [19].

La triticales s-a constatat că reacția genotipurilor la fungii *Fusarium* spp. este nemijlocit legată de particularitățile de funcționare a sistemelor proteice polimorfe. În cadrul patogenezei, sinteza peroxidazelor se poate amplifica sau diminua, aceste fenomene fiind determinate în mare parte de factorul matern al plantei hibride. S-a demonstrat că proteinele solubile în apă cu $R_f = 0,19-0,53$, sinteza cărora se mărește ca răspuns la atacul patogenului, pot servi în calitate de markeri biochimici ai rezistenței triticalelor la maladie [20; 21]. Patogenii *Fusarium* spp. induc în plantele de triticales creșterea conținutului aminoacizilor liberi, diminuarea activității mitotice în celule, dimensiunilor anterelor și lodiculelor [21].

La nivelul embrionilor imaturi de triticales în cultura *in vitro*, s-a constatat că în încrucișările backcross cu ambii părinți s-au manifestat puternice acțiuni și interacțiuni genice implicate în formarea biomasei calusale pe mediu nutritiv suplimentat cu una dintre cele mai importante toxine ale fungilor *Fusarium* spp. – acidul fuzaric. La mărirea biomasei au contribuit acțiunile *aditive* și interacțiunile epistatice *dominant-dominante*, iar la micșorarea acesteia – acțiunile *dominante* și interacțiunile de tip *aditiv-aditiv* și *aditiv-dominant* [22; 23].

Forma maternă a hibridilor de grâu comun influențează interacțiunile alelice între genomurile parentale, ceea ce se reflectă asupra reacției genotipurilor heterozigote de generația F_1 , precum și a nivelului/varianței efectelor genice (acțiuni și epistazii) implicate în heritabilitatea reacției grâului la septorioză, iar la tomate părintele matern influențează nivelul de sinteză al peroxidazelor, esterazelor și interacțiunile genice din plantă în reacția la fungul *A. alternata*. Aceasta denotă că prin selectarea reușită a componentilor de hibridare pot fi modificate variabilitatea genetică și eficientizate programele de ameliorare, aducând procesul de creare a genotipurilor rezistente [24; 25; 26].

La genotipul sensibil de grâu, spre deosebire de cel rezistent, sub acțiunea filtratelor de cultură *Fusarium* și *Drechslera* au avut loc abateri semnificative de la distribuția normală a plantelor în baza caracterelor de creștere. Acest test statistic a servit drept metodă de identificare a genotipurilor de grâu, rezistente la agenții cauzali ai putregaiului de rădăcină [27]. Cu alte

cuvinte, sub presiunea factorului biotic are loc descompunerea populației inițiale de plante în subclase (subpopulații) cu însușiri biologice distincte, fenomen atestat și în cazul tomatelor și considerat ca mecanism de formare a noilor linii la nivel populațional.

S-a constatat că între frecvența calusurilor embriogene pe mediu MS suplimentat cu toxina fungică acidul fuzaric și gradul de atac al plantelor de triticales, grâu și seară în condiții de câmp, coeficienții de corelație sunt: -0,7; -0,94. Analiza dialelă a capacității de calusare la triticales după modelul Hayman (4 x 4) a pus în evidență faptul că pe mediu optim în populația cercetată efectele aditive și cele dominante au avut un rol important în formarea caracterului, iar pe mediul cu acid fuzaric a sporit rolul genelor recesive. Aceasta se explică prin influența toxinei asupra exprimării genelor dominante, fapt confirmat prin creșterea considerabilă a factorului paratipic pe mediul cu acid fuzaric (de la 6,0 la 38,7) [23].

Impactul maladiilor virale asupra plantelor de cultură. Fitovirusurile sunt dintre cei mai păgubitori și în același timp puțin studiați agenți patogeni din cauza complexității și specificității procesului patologic declanșat. În cazul infectării plantelor cu virusuri între genomurile acestora se stabilesc relații în funcție de tipul reacției gazdei față de patogenul respectiv.

Conform unor date mai recente, se cunosc peste 1 500 de virusuri capabili să infecteze plantele de cultură. Impactul economic negativ provocat de fitovirusuri variază între 10-80 %, iar uneori poate atinge și 100 %. Pentru unele culturi, pagubele sunt atât de considerabile, încât poate fi pusă în pericol însăși menținerea soiului, liniei sau chiar a speciei. Fitovirusurile sunt responsabile nu doar de pierderile cantitative, ci și de cele calitative. Infecțiile virale generează la plantele infectate un șir de simptome determinate de mai mulți factori, principalii dintre aceștia fiind relațiile stabilite între genotipul gazdei și virus, în asociere cu factorii de mediu.

Fiind paraziți obligatori, virusurile sunt în dependență totală – plastică și energetică – de celulele vii infectate. Pentru realizarea ciclului de viață, virusurile trebuie să depășească mecanismele de apărare ale plantelor, fără a distorsiona funcțiile vitale ale gazdei. Pentru aceasta, particulele virale interacționează și/sau interferează cu componentele celulare ale gazdei, ceea ce conduce la modificări în procesele fiziologice ale plantelor, rezultând cu dezvoltarea simptomelor. Date recente demonstrează că dezvoltarea plantelor afectate de virusuri este însoțită de o gamă largă de evenimente celulare, cum ar fi reglarea hormonală, controlul ciclului celular și transportul endogen al macromoleculilor. Infecțiile virale pot induce într-o

gazdă susceptibilă modificarea expresiei a peste 4 000 de gene. Totodată, diferite virusuri produc diferite răspunsuri într-o gazdă comună, dovedind complexitatea procesului [28]. Deși există dovezi experimentale privitor la contribuția diferitelor elemente în inducerea procesului patologic, lipsește un model concludent care ar explica dezvoltarea specifică a virozelor [29].

Este important de menționat că virozele reprezintă boli grave, întrucât afectează iremediabil plantele. În acest context sunt foarte importante cercetările ce vizează evaluarea diferitelor sisteme *virus-gazdă* în scopul evidențierii de surse tolerante sau cu rezistență la diferiți agenți virali.

Mecanisme de interacțiune gazdă x virus la diverse nivele de organizare a plantei. În cazul infectării plantelor cu virusuri, între genomurile acestora pe parcursul patogenezei se stabilesc interrelații în funcție de tipul reacției gazdei față de patogenul respectiv. În raport cu reacția gazdei față de infecția virală se disting plante: sensibile (susceptibile), tolerante, rezistente și imune. În plantele imune virusul se acumulează doar în celulele primar infectate, fără a se distribui prin organele plantei și fără a induce simptome exterioare [30]. În plantele cu diferit grad de rezistență, virusurile se acumulează în celulele primar infectate, cauzând formarea de necroze. Genotipurile tolerante creează condiții optime pentru reproducerea componentelor virali, asamblarea virusurilor și transportarea lor prin diferite organe, fără a induce careva modificări macrostructurale. Pentru inducerea unei infecții productive virusurile au nevoie nu doar să depășească barierele de apărare ale plantei, dar și să devanseze multe procese intracelulare care să le permită realizarea procesului de reproducere. Inițierea acestui ciclu depinde de natura materialului genetic al virusului. Cooperarea factorilor necesari pentru replicarea și distribuția virusurilor cu factorii gazdei determină caracterul infecției.

În plantele sensibile infecția productivă este suplinită de diverse micro- și macromodificări. Simptomele infecțiilor virale sunt foarte diverse – de la mozaicuri, marmorări, îngălbeniri ale frunzelor ce pot fi însoțite de malformații ale plantelor sau organelor (deformări, teratome), până la necroze care pot provoca moartea țesuturilor sau chiar a organismului integru. La nivel subcelular, fitovirusurile pot induce diverse modificări, cum ar fi: proliferarea membranelor, restructurări ale organelor (mitocondriilor, cloroplastelor, nucleului), acumularea incluziunilor specifice sau a agregatelor paracristaline ale particulelor virale [31]. Reorganizările structurale sunt complementate de multiple perturbări fiziologice ce cuprind metabolismul proteinelor și glucidelor. Conținutul zaharurilor

poate contribui la reglarea biosintezei hidraților de carbon. Concentrația sporită de zaharuri inhibă fotosinteza prin reprimarea expresiei genelor ce determină sinteza proteinelor, clorofilei a/b, subunităților Rubisco și plasticianinei, în urma căreia se dereglează procesul de fotofosforilare și, corespunzător, cel al fotosintezei [29].

Cercetările noastre au contribuit la obținerea unor date importante privitor la morfologia particulelor virale și reorganizările structurale provocate de infecțiile virale la diferite soiuri de tomate, orz de primăvară, incluziunile intracelulare specifice (structurile membranare, cristaloid), care servesc drept criterii sigure de diagnostic la nivel de gen; localizarea intracelulară a germenilor virali în funcție de etapele procesului de patogeneză [31]. S-a stabilit că plantele reacționează la infecțiile virale printr-un spectru vast de modificări fiziologice manifestate structural. Virozele cauzate de virusurile aspermiei tomatelor, X al cartofului, mozaicului tutunului la plantele de tomate, virusul mozaicului dungat al orzului la orz și virusul mozaicului conopidei la varză sunt complementate de modificări macro- și microstructurale, rezultate în urma interacțiunii dintre patogen și gazda susceptibilă și manifestate prin reacții specifice și nespecifice la nivelul diferitelor țesuturi, inclusiv ale sistemelor reproductive [31]. Modificările citopatice induse la nivel structural al organelor celulare poartă caracter stereotipic, manifestând eterogenitate în gradul de expresie în cadrul unei celule, precum și între celulele aceluiasi țesut.

În cercetările noastre, a fost demonstrată influența infecțiilor virale asupra inducerii de mutații meiotice, modificări ale fenomenelor de recombinare mitotică și meiotică.

Analiza citologică a procesului de microsporogeneză a evidențiat majorarea frecvenței aberațiilor meiotice la tomate în cazul infectării cu virusul aspermiei tomatelor (VAT), virusul X al cartofului (VXC), precum și la soiurile de orz infectate cu virusul mozaicului dungat al orzului (VMDO). La plantele infectate în procesul de meioză s-a constatat o creștere semnificativă a numărului de aberații de tipul eliminărilor de cromozomi, cromozomi retardatari, punți cu sau fără fragmente; distribuție neuniformă a materialului genetic între celulele mamă; sporirea frecvenței de sporade anormale [32]. Repercusiunile implicării agenților virali în procesul de meioză depind în cel mai direct mod de sistemul concret *virus-plantă*, fiind determinate de genotipul gazdei în proporție de cca 50 %. Conform datelor obținute, puterea de influență a infecției virale variază între 18-36 %, în funcție de agentul viral aflat în studiu. Sistemele gazdă-patogen reacționează specific în cazul fiecărui genotip analizat

în ceea ce privește amplitudinea aberațiilor în microsporogeneză, iar tipurile aberațiilor cromozomale constatate sunt similare celor produse de radiațiile gama, al căror mecanism de acțiune este bine cunoscut.

Urmare a infectării tomatelor cu VAT sau VXC crește numărul de chiasme interstițiale, complementate de sporirea sau micșorarea celor terminale, ceea ce se poate produce atât prin redistribuirea, cât și prin inducerea unor noi schimburi de segmente cromatidice [5]. Această redistribuire are o mare semnificație, deoarece se soldează cu sporirea recombinării genelor localizate în același grup de *linkage* și generarea de noi combinații alelice. Rezultate similare în derularea procesului de microsporogeneză au fost obținute la infectarea soiurilor de orz de primăvară cu VMDO.

Impactul infecției virale asupra recombinării meiotice (stabilit în baza evaluării frecvenței și spectrului *crossing-over*ului meiotic) și mitotice (estimat în urma analizei schimburilor între cromatidele surori) denotă însușirea genotoxică a VAT, VXC, VMDO, exprimată prin majorarea frecvenței de schimburi cromatidice în celulele proliferative ale plantelor gazdă (tomate, orz de primăvară). Infecția produsă de VMDO a cauzat inducerea de anomalii ce au la bază dereglări ale fusului de diviziune, așa cum ar fi C-mitozele, ceea ce exprimă caracterul aneugen al agentului patogen studiat [33]. Studiul citologic al dividerilor mitotice în rădăcioarele de orz în cazul infecției virale a demonstrat efectul mitodepresiv și genotoxicitatea infecției virale [34].

Infecția virală produsă de VMDO induce la soiurile susceptibile de orz o gamă largă de reacții de răspuns ce cuprind modificări structurale, fiziologice și genetice. Prin tehnică RT-PCR s-au stabilit abateri semnificative ale expresiei unor gene în frunzele plantulelor de orz infectate. La plantele virozate, activitatea genelor implicate în metabolismul antioxidant (APX și SOD) a fost în declin comparativ cu martorul. Totodată, concentrația transcripților genelor pentru *proteinele asociate patogenezei* (PR) a fost semnificativ modificată. S-a constatat stimularea sau represiunea genelor PR-3 și PR-10, în funcție de genotip, în timp ce pentru gena PR-5 a fost considerată sporirea activității în toate variantele experimentale, reacție dovedită a fi specifică procesului de patogeneză [35].

Studiile care au contribuit la evaluarea acestor procese demonstrează complexitatea patogenezei virale, diversitatea lor ca formă, dar și specificitatea fitopatosistemelor.

În același timp, la descendenții de tomate și orz obținuți de la plante virusate au fost descrise modificări în expresia caracterelor cantitative și calitative dependente de tipul răspunsului gazdei la patogen (rezistență, toleranță, susceptibilitate). Astfel, în

generațiile II și III derivate de la tomate infectate VMT sau VAT au fost atestate variații genetice și fenotipice cu o rată sporită a numărului de caractere cu diferențe semnificative la genotipurile purtătoare de gene de rezistență și toleranță, comparativ cu soiul sensibil.

Pornind de la efectele genetice provocate de infecțiile virale, au fost dezvoltate cercetările ce țin de utilizarea fitovirusurilor în calitate de inductori ai variabilității genetice la plantele de cultură. Această cale de creștere a frecvenței și spectrului de recombinanți merită o atenție deosebită, deoarece asigură antrenarea în procesul de ameliorare a unor noi surse de rezistență față de factori de mediu și contribuie la sporirea eficienței selecției genotipurilor valoroase după productivitate și calitate. Modificarea procesului de recombinare a fost înregistrată în cazul infectării tomatelor cu VAT, VXC sau a orzului de primăvară cu VMDO.

Ca rezultat al infectării tomatelor la etapa de microsporogeneză, s-a produs majorarea frecvenței și spectrului recombinărilor meiotice, modificarea coeficientului de variație a numărului de fructe *per* ciorchină de 2,7 ori, a masei unui fruct de 3,8 ori, a numărului de semințe *per* fruct de 4,9 ori, precum și diversificarea spectrului de forme noi ce îmbină caractere cantitative agronomice valoroase. Pe asemenea cale au fost obținute forme ale soiului Fachel cu masă mare a fructului, conținut sporit de substanțe uscate și număr redus de semințe [36].

În mod separat sau asociat cu razele gama, VMDO a influențat semnificativ valoarea indicilor morfologici ai descendenților de orz în generațiile provenite de la plantele virozate. Au fost atestate modificări semnificative ale coeficientului de variație a taliei plantei, lungimii spicului, numărului de spiculețe, numărului de frați, fiind evidențiate exemplare cu *devieri ale caracterelor cantitative de la tipul inițial*. Astfel, au fost remarcate exemplare cu talia de cca 40 cm, în timp ce la soiurile inițiale înălțimea minimă a plantelor a constituit nu mai puțin de 50-51 cm. Totodată, diminuarea taliei plantelor a fost asociată cu reducerea numărului de internoduri, ceea ce este un caracter deosebit de important pentru amelioratori. Realizarea evaluărilor individuale a permis de a selecta exemplare cu talie joasă și caractere ce determină productivitatea (lungimea spicului, numărul de spiculețe dezvoltate) mai înalte comparativ cu soiul inițial. *Diapazonul de variație a fiecărui caracter analizat s-a dovedit a fi specific genotipului soiului*. În baza acestor rezultate, a fost elaborat un procedeu ce are ca noutate utilizarea VMDO în scopul obținerii unui spectru diversificat de caractere cantitative [37].

Una dintre căile promițătoare de creare a materialului inițial valoros este asocierea culturilor *in vitro* cu

alți factori recombinogeni. Se știe că principalele cauze ale apariției variațiilor somaclonale sunt heterogenitatea genetică a celulelor somatice ale explantului inițial, variabilitatea genetică și epigenetică, precum și condițiile de cultivare. Obținerea somaclonelor de varză din țesut mezofilian, derivate de la plante infectate cu virusul mozaicului conopidei, s-a soldat cu sporirea diversității generate de culturile *in vitro*. După un șir de caractere morfologice: lățimea și lungimea frunzei, precum și coraportul acestor doi indici; numărul de frunzulițe; lungimea rădăcinii și tulpinii; conținutul de substanțe uscate, a fost stabilită variabilitatea morfologică a regeneranților, cu deosebiri care au suport statistic. Conform tabloului distribuirii substanțelor uscate în lotul regeneranților derivați de la plante virozate, s-a produs inducerea unor clase noi de plante cu conținut de substanțe uscate, deosebite de soiul inițial și, totodată, superioare regeneranților obținuți pe cale tradițională [38].

CONCLUZII

Rezistența plantelor de cultură la fitopatogenii fungici și virali este o premisă determinantă pentru existența soiurilor create și valorificarea economică a acestora.

Fitopatosistemul *plantă x patogen* se constituie prin interacțiuni specifice, în funcție de planta-gazdă și genotipul patogenului. S-a constatat că în reacția plantelor de triticale la fungii *Fusarium* sunt implicate sisteme proteice polimorfe (peroxidaze), proteine solubile, iar a plantelor de tomate la *Alternaria alternata* – peroxidazele și esterazele, al căror nivel de sinteză poate servi în calitate de marker biochimic al stresului biotic la identificarea genotipurilor rezistente. Gradul de patogenitate în sistemele orz de primăvară/virusul mozaicului dundat al orzului este asociat cu conținutul sporit al proteinei PR-5.

La nivelul embrionilor imaturi de triticale în cultura *in vitro* s-a constatat că toxina fungică acidul fuzaric a influențat expresia genelor dominante implicate în procesul de calusare, fapt confirmat de creșterea considerabilă a factorului paratipic, deci a nivelului de interacțiune *genotip x mediu*.

Sub influența stresului fungic (*Fusarium* spp., *Drechslera* spp.), populațiile de grâu comun de toamnă se descompun în subpopulații cu diferit grad de rezistență.

Plantele de tomate și orz infectate cu virusuri și descendenții obținuți din condiții patologice prezintă modificări în expresia unor caractere cantitative și calitative cu un grad de expresie specific fiecărei combinații gazdă-patogen.

Variațiile calitative constatate în spectrele electroforetice ale peroxidazelor și esterazelor confirmă ge-

nerarea unui polimorfism al izoenzimelor implicate în asigurarea adaptabilității genotipurilor, ceea ce indică posibilitatea obținerii de forme cu noi combinații de caractere.

BIBLIOGRAFIE

1. Singh G., Chaudhary H. Selection parameters and yield enhancement of wheat (*Triticum aestivum* L.) under different moisture stress condition. In: Asian J. Plant Sci., 2006, 5, p. 894-898.
2. Kocherina N., Dragavcev V. Vvedenie v teoriyu jekologo-geneticheskoy organizacii poligennyh priznakov rastenij i teorii selekcionnyh indeksov: Jekologo-geneticheskaja organizacija slozhnyh kolichestvennyh priznakov produktivnosti, ustojchivosti i kachestva produkci rastenij. [online] //http://www.agromage.com/stat_id.php (vizitat la 10.02.2019).
3. Lupashku G. A., Bujukli P. I. Jekologicheskie aspekty patogeneza fuzarioza tritikale v Moldavii. B: Mikologija i fitopatologija, 1997, t. 31, N 3, s. 74-78.
4. Lupașcu G., Sașco E., Gavzer S. ș. a. Determinismul genetic al reacției grâului comun de toamnă la boli fungice. În: Cercetări de Genetică Vegetală și Animală, Vol. IX, 2006, p. 87-94.
5. Andronic L. Evidence of meiotic recombination in virus infected tomato. În: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții, 2010, nr. 2(311), p. 8-16.
6. Mihnea N., Ganea A. Tomatele. Red. șt. V. Grati. Ch.: AȘM, 2012. 140 p.
7. Controlul genetic al caracterelor de rezistență și productivitate la grâul comun / Coordonator Galina Lupașcu. Chișinău: Tipografia AȘM, 2015. 174 p.
8. Lupașcu G. Contribuții la sporirea rezistenței unor culturi agricole la boli fungice în condițiile Republicii Moldova. În: Protecția plantelor de dăunători, boli și buruieni în Republica Moldova. Conferință științifico-practică. Chișinău, 1998, p. 57-58.
9. Lupașcu G., Sașco E., Kastner B. și alții. Reacția unor genotipuri de sfeclă de zahăr la patogenii care provoacă putregaiul de rădăcină. Cercetări de genetică vegetală și animală. 2006, Vol. IX, 79-86. (Fundulea, România).
10. Lupașcu G., Sașco E., Gavzer S. Cercetări cu privire la controlul genetic al rezistenței grâului la *Drechslera sorokiniana* (Sacc). Subram. În: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții, 2008, nr. 3 (306), p. 66-73.
11. Lupascu G., Sasco E., Gavzer S. The componence of the fungus species that provoke root rot and spike diseases at common winter wheat in the Republic of Moldova conditions. In: 5th Congress on Biotechnology "Meeting the Needs of a Changing World", June 25-27, 2014, Valencia, Spain, 2014, Nr. 1820.
12. Lupașcu G., Sașco E., Gavzer S. Componenta speciilor de fungi care produc boli la *Tr. aestivum* L. În: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții, 2008, nr. 2 (305), p. 67-74.
13. Lupashku G.A., Sashko E.F. Vzaimodejstvie rasteniepatogen v fitopatosisteme *Glycine soya-Fusarium spp.* B: Kul'turnye rastenija dlja ustojchivogo sel'skogo hozjajstva v XXI veke. Tom 2, Moskva: Tipogafija Rossel'hozakademii, 2005, c. 176-182.
14. Mihnea N. Ameliorarea soiurilor de tomate pentru cultivare în câmp deschis în Republica Moldova. Chișinău: Tipografia Print – Caro. 2016, 196 p.

15. Scott J. W., Gardner R. G. Breeding for Resistance to Fungal Pathogen. In: Genetic Improvement of Solanaceous Crops. Vol. 2. Tomato. Ed. Razdan M.K., Mattoo A.K., USA, Sci. Publishers, 2007, p. 421-456.

16. Lupashku G. A., Rotaru L. I. Vzaimosvyaz' ustoychivosti tomata k fuzariozным kornevym gnilyam i nizkim polozhitel'nyim temperaturam. V: Sovr. tendents. v sel. i semenov. ovoshch. kul'tur. Trad. i persp., II Mezhd. nauchno-praktich. konf. (2-4 avgusta 2010 goda). Mat. dokl., soobshcheniy, Tom II, M.: Izd-vo VNISSOK, 2010, s. 362-369.

17. Grigorcea S., Lupașcu G., Mihnea N. Reacția formelor parentale și hibridilor reciproci F_1 de tomate la *Alternaria* spp. În: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții, 2012, nr. 2 (317), p. 64-70.

18. Yamagishi D. et al. Pathological evaluation of host-specific AAL-toxins and fumonisin mycotoxins produced by *Alternaria* and *Fusarium* species. In: J. of General Plant Pathol., 2006, Vol. 72, Issue 5, p. 323-327.

19. Lupashku G. A., Sashko E. F., Gavzer S. I. Vzaimodeystviya rasteniy pshenitsy s vozbuditel'nyami kornevoy gnili. B: Kul'turnye rasteniya dlya ustoychivogo sel'skogo khozyayctva v XXI veke (immunitet, selektsiya, introduktsiya). Tom IV, Chast' I, Moskva: Tipogafiya Rosselkhozakademii, 2011, s. 101-105.

20. Lupașcu G., Barbacari N., Cemortan I., Ceban D. Metodă de apreciere a rezistenței genotipurilor de triticale la fuzarioză. Brevet de invenție MD 1261 G2 din 1999.07.31.

21. Lupashku G. A. Fuzarioz tritikale. Kishineu: Știința, 1999. 232 s.

22. Lupașcu G., Fandeev E. Stabilirea efectelor de acțiune și interacțiune genetică implicate în reacția genotipurilor de triticale la toxina de *Fusarium* sp. în cultura embrionilor imaturi. În: Cercetări de genetică vegetală și animală, 2000, Vol. VI, p. 105-109 (România).

23. Lupașcu G., Fandeev E. Genetica rezistenței culturii triticale la fuzarioză. Cercetări *in vitro*. Chișinău: Tipografia Acad. de Șt. a Rep. Moldova, 2004. 136 p.

24. Lupashku G., Grigorcha S., Mikhnya N. Vliyaniye materinskoy formy na vzaimodeystvie genov rasteniy tomata pri porazhenii al'ternariozom. V: Seleksiya i semenovodstvo ovoshchnykh kul'tur: Sb. nauchnykh trudov. Vyp. 45. Moskva, 2014, s. 362-370.

25. Lupașcu G., Gavzer S. Rolul factorului parental în reacția descendenților de grâu comun la septorioză. In: Simp. șt. intern. „Protecția Plantelor – realizări și perspective” Chișinău, 27-28 octombrie 2015. Chișinău: Prin-Caro, 2015, p. 139-142.

26. Lupașcu G. Rolul factorului parental și interacțiunilor genice la elaborarea tehnologiilor de creare a genotipurilor de plante cu însușiri valoroase. In: Intellectus, 2016, nr. 1, p. 89-93.

27. Lupașcu G., Sașco E., Gavzer S. Metodă de identificare a genotipurilor de grâu, rezistente la agenții patogeni ai putregaiului de rădăcină. Brevet de invenție MD 3421 G2 din 2007.11.30.

28. Culver J. N., Padmanabhan M. S. Virus-induced disease: altering host physiology one interaction at a time. Annu Rev Phytopathol. 2007, 45, p. 221-243.

29. Pallas V. and Garcia J. A. How do plant viruses induce disease? Interactions and interference with host components. Journal of General Virology, 2011, 92, 2691-2705.

30. Andronic L., Bujoreanu V., Artemi C. Reacții specifice citopatice induse de viroze la tomate. Materialele conferinței științifico-practice consacrate aniversării a 70-a a fondării ICCC Selecția „Rezultatele și perspectivele cercetărilor la cultura plantelor de câmp în Republica Moldova”, Bălți, 20 iunie, 2014, p. 68-72.

31. Andronic L., Bujoreanu V. Virusurile tomatelor – citopatologie și diagnostic. Agricultura Moldovei, nr. 1-2, 2015, p. 31-34.

32. Andronic L. Viruses as trigger of DNA damage in host plants. In: Canadian Journal of Plant Science, 2012, nr. 92(6), p. 1083-1091.

33. Andronic L., Jacotă A., Grigorov T., Bujoreanu V. Studiul dividerilor mitotice în meristemele radiculare la orz în diverse condiții de patogeneza virală. În: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei. Științele vieții, 2009, nr. 3(309), p. 74-81.

34. Andronic L., Jacotă A.G., Bujoreanu V.V. et al. Genotoxicity of barley stripe mosaic virus in infected host plants. In: Central European Journal of Biology, 2010, Vol. 5, nr. 5, p. 633-640.

35. Andronic L., Port A., Duca M. Expression of some genes in barley under viral infection. În: Buletinul Academiei de Științe a Moldovei Științele Vieții. 2015, 2 (326), p. 59-65.

36. Andronic L., Jacotă A., Bujoreanu V. Procedeu de obținere a recombinanților la tomate. Brevet de invenție nr. 200 din 21.10.2009, MD BOPI nr. 5, 2010.

37. Andronic L., Grigorov T., Bujoreanu V. Procedeu de obținere a recombinanților de orz de primăvară. Brevet de invenție MD 251 Z din 2010.08.31.

38. Andronic L. Procedeu de obținere a somaclonelor de varză. Brevet de invenție MD 461 Z din 2012.08.31.



Andrei Mudrea. *Penelurile de Aur*.
Omagiu lui Mihai Greco. 1976, t. m. c. 65 × 50 cm