

UDK:631.524; 633.11

NAČIN NASLEĐIVANJA I FENOTIPSKA VARIJABILNOST ZA DEBLJINU PERIKARPA KOD *nor* i *rim* GENOTIPOVA PARADAJZA

CVIKIĆ D., JASMINA ZDRAVKOVIĆ, ĐORĐEVIĆ R., ZDRAVKOVIĆ M., PAVLOVIĆ N.¹

IZVOD: Debljina perikarpa kao komponenta čvrstine ploda, predstavlja bitnu karakteristiku ploda paradajza, kako zbog skladištenja, tako i zbog transporta plodova do tržišta.

Metodom punog dialela (bez recipročnih ukrštanja) izvršena su ukrštanja dve linije paradajza sa normalnim periodom sazrevanja plodova i četiri mutantne linije, kod kojih je period sazrevanja odložen (*nor* i *rim*). Genetička analiza izvršena je na roditeljskim linijama i potomstvu F1 i F2 generacije. Ocena načina nasleđivanja za osobinu čvrstine ploda utvrđena je korišćenjem testa signifikasnosti srednjih vrednosti F1 i F2 generacije u odnosu na roditeljski prosek. Razlaganje genetičke varijanse izvršeno je metodom Mather-a i Jinks-a (1971), a analiza kombinacionih sposobnosti metodom Griffing-a (1956), metod 2, matematički model 1.

U obe generacije ispitivanja, kod nasleđivanja debljine perikarpa ploda paradajza, ispoljili su se sledeći načini nasleđivanja: intermedijarno, parcijalna dominacija, dominacija, kao i superdominacija boljeg i lošijeg roditelja. Dominantna varijansa je bila veća od aditivne. Najveći heterozis za osobinu debljine perikarpa ploda imao je hibrid NR-1 x NR-10 (14.28%). Roditelj NR-3 je imao signifikantnu vrednost za OKS u obe generacije ukrštanja, dok su signifikantne vrednosti za PKS utvrđene kod šest F1 hibrida.

Mutantni genotipovi paradajza imali su veću debljinu perikarpa ploda od genotipova normalnog sazrevanja ploda, te ih kao takve treba uključiti u selekzione programe, koji za cilj imaju, stvaranje komercijalnih F1 hibrida, debelog perikarpa i čvrstih plodova.

Ključne reči: paradajz, debljina perikarpa, čvrstina ploda, *nor* i *rim*, dialel, način nasleđivanja, hibrid

UVOD: Savremeni pravci selekcije paradajza kao imperativ zahtevaju veću debljinu perikarpa, koja uz čvrstinu pokožice i čvrstinu mesa omogućava duže skladištenje i čuvanje ubranih plodova. Mutantne linije paradajza *nor* (non-ripening) i *rim* (ripening inhibitor), pored odloženog sazrevanja plodova imaju i veću debljinu perikarpa, a samim tim i veću čvrstinu ploda (Tigchelaar et al. 1978). Sve to omogućava da se ubrani plodovi mutanata, kao i njihovih hibrida mogu duže čuvati u odnosu na genotipove normalnog perioda sazrevanja plodova (Agar 1994).

Ovim istraživanjima je utvrđena velika varijabilnost za debljinu perikarpa između ispitivanih mutantnih genotipova i genotipova normalnog perioda sazrevanja plodova, kao i njihovih potomstava F1 i F2 generacije. Utvrđivanjem načina nasleđivanja čvrstine ploda, kao i drugih kvantitativnih i kvalitativnih osobina pomenutih genotipova paradajza, pružice nam se mogućnost njihovog korišćenja za stvaranje komercijalnih F1 hibrida veće debljine perikarpa.

Materijal i metod rada

Metodom punog dialela (bez recipročnih ukrštanja) izvršena je genetička analiza šest roditeljskih linija (NR-1, NR-2, NR-3 (*nor*), NR-10 (*nor*), NR-11 (*rim-a*) i NR-12 (*rim-b*)).

Hibridizacijom roditeljskih linija dobijena je F1 generacija, a F2 generacija samooplodnjom F1 hibrida. Po slučajnom blok sistemu u tri ponavljanja sa po 10 biljaka po ponavljanju komparativno su ispitivani roditelji, F1 i F2 generacija. Debljina perikarpa je izražena u centimetrima (cm).

Ocena načina nasleđivanja debljine perikarpa izvršena je korišćenjem testa signifikasnosti srednjih vrednosti F1 hibrida i F2 generacije u odnosu na roditeljski prosek po Borojeviću (1992). Razlaganje genetičke varijanse izvršeno je metodom Hayman-a (1954) i Mather-a i Jinks-a (1971), a analiza kombinacionih sposobnosti rađena je metodom Griffing-a (1956), metod 2, matematički model 1.

¹ Originalni naučni rad

Mr DEJAN CVIKIĆ, istraživač saradnik, Dr JASMINA ZDRAVKOVIĆ, naučni saradnik, Dr RADIŠA ĐORĐEVIĆ, naučni saradnik, Dr MILAN ZDRAVKOVIĆ, naučni saradnik, Mr NENAD PAVLOVIĆ, istraživač saradnik, Centar za povrtarstvo PALANKA, Karadordeva 71, 11420 Smederevska Palanka

Rezultati rada

Prosečna debljina perikarpa kod ispitivanih roditelja se kretala od 0.38 cm kod linije NR-2, pa do 0.56 cm kod linije NR-10. U F₁ generaciji kod ukrštanja NR-1 x NR-2 utvrđena je najmanja prosečna vrednost debljine perikarpa (0.38 cm), a najveća u NR-3 x NR-10 (0.58 cm). U F₂ generaciji ove vrednosti kretale su se od 0.38 cm (NR-1 x NR-2), do 0.53 cm (NR-10 x NR-11), (Tabela 1).

Kod nasleđivanja debljine perikarpa paradajza ispoljili su se svi načini nasleđivanja. Intermedijarno nasleđivanje utvrđeno je kod 5 F₁ hibrida, parcijalna dominacija roditelja sa debljim perikarpom kod 4 F₁

debljim perikarpom kod 3 F₂ hibrida i sa tanjim perikarpom kod 2 F₂ hibrida, jedna dominacija roditelja sa debljim perikarpom i dve dominacije roditelja sa tanjim perikarpom, kao i jedna superdominacija sa debljim i dve superdominacije sa tanjim perikarpom roditelja (Tabela 1).

Signifikantne vrednosti heterozisa za čvrstinu ploda utvrđene su kod 6 F₁ hibrida, a najveći heterozis imao je hibrid NR-1 x NR-10 (14.28%).

U obe generacije ispitivanja vrednost dominantne komponente varijanse je bila veća od aditivne. Što ukazuje na to da veći deo genetičke varijabilnosti pripada dominantnom delovanju gena. Pozitivna

Tab. 1. Srednja vrednost, varijabilnost, način nasleđivanja i heterozis za debljinu perikarpa

Tab. 1. Mean values, variability, mode of inheritance and heterosis for the pericarp thickness

Genotipovi Genotype	F ₁			F ₂			Ha		Hr	
	±s	Cv (%)		±s	Cv (%)		F ₁	F ₂	F ₁	F ₂
NR-1	0.42	0.010	4.05	0.42	0.010	4.05				
NR-1 X NR-2	0.38	0.012	3.25	0.38	0.045	11.73				
NR-1 X NR-3	0.49 ^{pd+}	0.008	1.67	0.45 ^{pd-}	0.052	11.58	0.02*	-0.02	4.25	-4.25
NR-1 X NR-10	0.56 ^{da+}	0.012	2.24	0.50 ^d	0.073	14.54	0.07**	0.01	14.28	2.04
NR-1 X NR-11	0.47 ^{pd+}	0.019	3.98	0.43 ^{d-}	0.052	12.11	0.01	-0.02	3.30	-5.49
NR-1 X NR-12	0.44 ^{sd+}	0.008	1.86	0.44 ^{sd+}	0.043	9.82	0.01	0.02*	3.53	3.53
NR-2	0.38	0.014	3.71	0.38	0.014	3.71				
NR-2 X NR-3	0.50 ^{da+}	0.008	1.64	0.48 ^{pd+}	0.038	7.98	0.03**	-0.01	11.11	6.67
NR-2 X NR-10	0.53 ^{pd+}	0.009	1.77	0.42 ^{pd-}	0.056	13.13	-0.05	-0.19	12.77	-10.64
NR-2 X NR-11	0.43 ^d	0.005	1.09	0.45 ^d	0.050	11.00	-0.01	0.02*	-1.15	3.45
NR-2 X NR-12	0.40 ^d	0.016	4.07	0.43 ^{da+}	0.042	9.87	-0.01	0.03**	-1.23	6.17
NR-3	0.52	0.014	2.71	0.52	0.014	2.71				
NR-3 X NR-10	0.58 ^{sd+}	0.008	1.41	0.51 ^{sd-}	0.066	12.86	0.04**	-0.03	7.41	-5.55
NR-3 X NR-11	0.50 ^d	0.012	5.50	0.48 ^{sd-}	0.076	15.91	-0.01	-0.02	-0.99	-4.95
NR-3 X NR-12	0.46 ^d	0.005	1.02	0.50 ^{pd+}	0.050	9.93	-0.02	0.03**	-3.16	5.26
NR-10	0.56	0.005	0.85	0.56	0.050	0.85				
NR-10 X NR-11	0.47 ^{sd+}	0.009	2.00	0.53 ^d	0.067	12.61	-0.05	0.01	-10.48	0.95
NR-10 X NR-12	0.47 ^d	0.012	2.67	0.52 ^{pd+}	0.069	13.44	-0.02	0.03**	-5.05	5.05
NR-11	0.49	0.008	1.67	0.49	0.008	1.67				
NR-11 X NR-12	0.48 ^{pd+}	0.014	2.94	0.42 ^{d-}	0.062	14.97	0.02*	-0.04	4.35	-8.69
NR-12	0.43	0.009	2.20	0.43	0.009	2.20				

F₁LSD_{0.05}=0.12

F₁LSD_{0.01}=0.16

F₂LSD_{0.05}=0.37

F₂LSD_{0.01}=0.50

ⁱ intermedijarno nasleđivanje / intermediary inheritance

^{pd} parcijalna dominacija / partial dominance

^d dominacija / dominance

^{sd} superdominacija / superdominance

hibrida, 2 dominacije roditelja sa debljim perikarpom, jedna superdominacija sa tanjim i dve superdominacije sa debljim perikarpom roditelja. U F₂ generaciji intermedijarno nasleđivanje je utvrđeno kod 3 F₂ hibrida, parcijalna dominacija roditelja sa

vrednost interakcije aditivni x dominantni efekat gena u F₁ generaciji govori da je u nasleđivanju ove osobine veći uticaj dominantnih alela, a u F₂ generaciji na veći udeo recesivnih alela. Na njihov neravnomeran raspored u obe generacije ukrštanja

potvrđuju vrednosti koficijena $H_2/4H_1$ koje odstupaju od 0.25, kao i odnos ukupnog broja dominantnih i recesivnih alela kod svih roditelja (Kd/Kr) koji je u F_1 generaciji veći od jedan (1.39), a u F_2 generaciji manji od jedinice (0.58). Prosečna vrednost prosečnog stepena dominacije (2.78 za F_1 i 10.03 za F_2) ukazuje na superdominaciju kao način nasleđivanja za debljinu perikarpa ploda u F_1 i F_2 generaciji, kod svih kombinacija ukrštanja posmatranih zajedno (Tabela 2).

Tab. 2. Komponente genetičke varijanse za debljinu perikarpa ploda

Tab. 2. Components of genetic variance for the pericarp thickness

Komponente Components	Vrednosti F_1 Values F_1	Vrednosti F_2 Values F_2
D	0.0010	0.0001
H_1	0.0100	0.0064
H_2	0.0090	0.0058
F	0.0010	-0.0003
E	0.0001	0.0009
$H_2/4H_1$	0.2260	0.2270
$\sqrt{H_1} / D$	2.7800	10.0260
Kd/Kr	1.3950	0.5820
h_c^2	0.9760	0.6812

Vrednosti dobijene iz analize varijanse kombinacionih sposobnosti pokazuju signifikantne vrednosti za OKS i PKS u obe generacije ukrštanja, što ukazuje da na nasleđivanje debljine perikarpa signifikantno utiču i aditivni i dominantni geni (Tabela 3).

Najbolji opšti kombinator u F_1 generaciji bila je linija NR-3, a sledi je NR-11. Kod obe linije utvrđena je statistički signifikantna vrednost za OKS. U F_2 generaciji samo je linija NR-3 imala signifikantnu vrednost za OKS, (Tabela 4).

Tab. 3. Analiza varijanse kombinacionih sposobnosti za debljinu perikarpa ploda

Tab. 3. Variance analysis of the combining abilities for the pericarp thickness

Izvori variranja Source of variation	(df)	SS		MS		F (EXP)	
		F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2
OKS / GCA	5	0.010	0.010	0.002	0.002	28.286**	2.801*
PKS / SCA	15	0.036	0.031	0.002	0.002	35.858**	2.269*
Greška / Error	40	0.003	0.037	0.00007	0.001		

OKS $F_{0.05}=2.45$ $F_{0.01}=3.51$
PKS $F_{0.05}=2.00$ $F_{0.01}=2.66$

Zbog preovlađujućeg uticaja dominantne varijanse u nasleđivanju čvrstine ploda četiri hibrida su imala signifikantno visoke vrednosti za PKS. Najveću signifikantnu vrednost za PKS imao je hibrid NR-1 x NR-10, koji je nastao ukrštanjem jednog

roditelja sa dobrim OKS (NR-10) i drugog sa lošim (NR-1). U F_2 generaciji nije bilo signifikantnih vrednosti za PKS (Tabela 5).

Tab. 4. Vrednost OKS roditeljskih linija za debljinu perikarpa ploda

Tab. 4. GCA values of parental lines for the pericarp thickness

Roditelji Parents	Vrednost OKS F_1 Value of GCA F_1	Rang Rank	Vrednost OKS F_2 Value of GCA F_2	Rang Rank
NR-1	-0.015	5	-0.022	5
NR-2	-0.006	6	-0.007	6
NR-3	0.075	1	0.073	1
NR-10	0.002	3	0.007	2
NR-11	0.009	2	0.002	4
NR-12	-0.015	4	-0.004	3

LSD_{0.05}=0.008

LSD_{0.05}=0.030

LSD_{0.01}=0.011

LSD_{0.01}=0.041

Diskusija

Debljina perikarpa ploda kao komponenta čvrstine ploda je veoma važna osobina paradajza, koja utiče na mogućnost dužeg čuvanja plodova, a samim tim i na transport plodova na veće udaljenosti.

Dobijene vrednosti za debljinu perikarpa ploda u F_1 i F_2 generaciji bile su uslovljene superdominacijom roditelja, što se u potpunosti slaže sa većim udelom dominantne komponente genetičke varijanse u ukupnoj genotipskoj varijabilnosti. Veći udeo dominantne komponente genetičke varijanse u ukupnoj genotipskoj varijabilnosti u nasleđivanju debljine perikarpa ploda, utvrdili su Dixit et al. (1980) i Sušić (1997), a suprotnog mišljenja su Hassan et al. (1995), koji su utvrdili da u nasleđivanju ove osobine preovlađujući uticaj ima aditivno delovanje gena. Dobijene signifikantne vrednosti za OKS i PKS u našim istraživanjima ukazuju da u nasleđivanju

debljine perikarpa utiču i aditivni i dominantni geni, te da su citirani autori, kao i njihovi rezultati u potpunosti mogu prihvatiti iako su protivrečni, jer se radi o osobini koja je poligenog karaktera.

Tab. 5. Vrednost PKS F_1 i F_2 hibrida za debljinu perikarpa ploda

Tab. 5. SCA values of F_1 and F_2 hybrids for the pericarp thickness

Genotip Genotype	PKS F_1 SCA F_1	Se	PKS F_2 SCA F_2	Se
NR-1 X NR-1	-0.069	0.010	-0.048	0.037
NR-1 X NR-3	0.006		-0.016	
NR-1 X NR-10	0.097**		0.052	
NR-1 X NR-11	0.008		-0.008	
NR-1 X NR-12	-0.003		0.005	
NR-2 X NR-3	0.040**		-0.060	
NR-2 X NR-10	-0.042		-0.010	
NR-2 X NR-11	-0.074		-0.022	
NR-2 X NR-12	0.068**		0.071	
NR-3 X NR-10	-0.044		0.012	
NR-3 X NR-11	0.050**		0.069	
NR-3 X NR-12	-0.011		0.052	
NR-10 X NR-11	-0.002		-0.050	
NR-10 X NR-12	-0.034		-0.036	
NR-11 X NR-12	0.014		-0.039	

LSD_{0.05}=0.020

LSD_{0.05}=0.074

Znatno veću debljinu perikarpa plodova kod mutančnih genotipova i njihovih hibrida koju smo dobili u našim istraživanjima, utvrdili su Tigchelaar (1978), McGlasson (1983), Luk.yanenko (1990) i Agar (1994).

Zaključak

Prosečna vrednost za čvrstinu ploda kod ispitivanih roditelja se kretala od 0.38 cm do 0.56 cm, kod F_1 generacije od 0.38 cm do 0.58 cm, a u F_2 generaciji od 0.38 cm do 0.53 cm.

Ispoljili su se svi načini nasleđivanja. U obe generacije ukrštanja vrednost dominantne varijanse je bila veća od aditivne. Statistički opravdane vrednosti OKS za debljinu perikarpa ploda imale su dve linije paradajza, a PKS četiri F_1 hibrida.

Mutančne linije paradajza treba uključiti u selekzione programe, kako bi se stvorili komercijalni F_1 hibridi debelog perikarpa i čvrstih plodova.

LITERATURA

- AGAR I.T.; ABAK K. and YARSY G. (1994): Effect of diferent maturity stages on the keeping quality of nor (non-ripening), rin (ripening-inhibitor) and normal type tomatoes. Acta Horticulturae 368, 742-753.
- BOROJEVIĆ S. (1992): Principi i metode oplemenjivanja bilja. Naučna knjiga. Beograd.
- DIXIT, J.; KALOO; BHUTANI, R. D.; SIDHU, A. S. (1980): Line x tester analysis for the study of heterosis and combining ability in tomato. Harayana Journal of Horticultural Sciences. 9, 56-61.
- GRIFFING B. (1956): Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. Aust.J.Biol.Sci. 9, 463-493.
- HASSAN, H. M.; HEGAZI, H. H.; MOUSSA, A. G.; WAHB - ALLAH, M. A. E. (1995): General and specific combining abilities of some tomato cultivars and their hybrid combinations. Alexandria Journal of Agricultural Research. 40, 2. 277-290.
- HAYMAN B.J. (1954): The theory and analysis crosses. Genetics 39, 787-809.
- LUK'YANENKO O.A. (1990): Effect of genes for delayed fruit ripening on physical and mechanical characteristics and storage quality. Nauchno-Tekhnicheskii Byulleten' Vsesoyuznogo Ordena Lenina i Ordena Druzhby Narodov Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Rastenievodstva Imeni N.I. Vavilova No. 197, 28-29.
- MATHER, K. and JINKS, J. L. (1971): Biometrical Genetics. Sec. Ed., Chapman and Hall, London
- MCGLASSON, W.B.; SUMEGHY, J.B.; MORRIS, L.L.; MCBRIDE, R.L.; BEST, D.J.; TIGCHELAAR E.C.; (1983): Yield and evaluation of tomato hybrids incorporating the non-ripening *nor* gene. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry 23, (120) 106-112.
- TIGCHELAAR E.C.; MCGLASSON W.B. and BUECHER R.W. (1978): Genetic regulation of tomato fruit ripening. Hort Science 13.5. 508-513.

INHERITANCE MODE AND PHENOTYPIC VARIABILITY FOR PERICARP THICKNESS IN *nor* AND *rin* TOMATO GENOTYPES

by

CVIKIĆ D., JASMINA ZDRAVKOVIĆ, ĐORĐEVIĆ R., ZDRAVKOVIĆ M., PAVLOVIĆ N.

SUMMARY

Pericarp thickness as a component of fruit firmness represents an important feature of tomato fruit not only because of storing but also because of transporting fruit to the market.

By using the method of full diallel (without reciprocal crosses), we carried out the crossing of two tomato lines with normal ripening and four mutant lines characterised by postponed shelf life (*nor* and *rin*). The genetic analysis was made on both parental lines and the progeny of F_1 and F_2 generations. The mode of inheritance for fruit firmness was estimated by using the significance test of mean values of F_1 and F_2 generations as compared to the mean values of their parents. The segregation of the genetic variance was performed by applying the Mather and Jinks method (1971), whereas the combining abilities were analysed by the Griffing method (1956), method 2, mathematical model I.

As for the inheritance mode of pericarp thickness of tomato fruit, both investigated generations showed the following modes of inheritance: intermediary inheritance mode, partial dominance, dominance, as well as superdominance of a better and a worse parent. The dominance variance prevailed over the additive one. The highest heterosis for the feature pericarp thickness was recorded in the hybrid NR-1 x NR-10 (14.28%). The parent NR-3 was characterised by significant GCA values in both crossing generations, whereas the significant SCA values were recorded in six F_1 hybrids. Mutant tomato genotypes had the larger pericarp thickness of the fruit than the genotypes with normal fruit ripening. Being characterised by these features, they should be included in the selection programmes that are aimed at creating commercial F_1 hybrids with thick pericarp and firm fruit.

Key words: tomato, pericarp thickness, fruit firmness, *nor* and *rin*, diallel, inheritance mode, hybrid