

INKORPORACIJA GENA ČVRSTINE PLODA PARADAJZA (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

ZDRAVKOVIC JASMINA, MARKOVIC Ž.,
MIJATOVIC MIRJANA, ZDRAVKOVIĆ M.¹

IZVOD: Selekcija paradajza u pravcu povećanja čvrstine mora da uključi selekciju na debljinu perikarpa, čvrstinu pokožice ploda (kutikularnog sloja ploda) i čvrstinu mesa. Čvrstina ploda predstavlja poligeno svojstvo i zavisi od komponenata čvrstine koje pojedinačno uslovljavaju ovo svojstvo. U ovom delu radu ispitivani su aspekti povećanja čvrstine ploda na bazi povećanja čvrstine pokožice i debljine parikarpa. Korišćenjem genotipova koji imaju rin (ripening inhibitor) gen, može se ostvariti velika čvrstina plodova i to sa aspekta čvrstine mesa. Na osnovu dialela šest roditeljskih linija (D-150, S-49, S-35, H-52, Kg-z i SP-109) i prosečnih vrednosti čvrstine generacija potomstva (P₁, P₂, F₁, F₂, BC₁ i BC₂), primenom aditivno dominantnog modela sa tri i šest parametara (Mather i Jinks, 1982) procenjeni su genetički efekti.

Na nasleđivanje čvrstine ploda utiču prvenstveno aditivni geni jer su utvrđeni u svim ispitivanim kombinacijama. Dominantni genski efekti javljaju se u određenom broju ukrštanja, što ukazuje na njihov značajan uticaj. U nasleđivanju veliku ulogu igraju epistatični genski efekti sva tri tipa dvogenskih interakcija i utvrđena je pojava duplikatnog tipa epistaze u stabilnom obliku.

Ključne reči: paradajz, čvrstina, epistatički genski efekti, inhibitori sazrevanja.

UVOD: Selekcija paradajza u pravcu povećanja čvrstine uključuje selekciju povećanja debljine perikarpa, čvrstinu kutikularnog sloja i čvrstine mesa. Našim istraživanjem obuhvaćeno je ispitivanje akumulacije osobina povećanja čvrstine pokožice i debljine perikarpa s jedne strane. S druge strane, upotrebljena je čista linija paradajza nosioc (donor) *rin* gena, koja odlaže sazrevanje plodova

i produžavaju period opstanka plodova, prolongira omekšavanje i propadanje plodova (Gavrish and Korol 1988, Tigchelaar and Silvas Rios 1988).

Poznavanje nosioca genskih efekata akumulacije svakog pojedinačnog svojstva ukupne čvrstine ploda može da doprinese u programima oplemenjivanja paradajza, kako linijske selekcije, tako i u selekciji

Originalni naučni rad (Original scientific paper)

¹ JASMINA ZDRAVKOVIC, ŽIVOSLAV MARKOVIC, MIRJANA MIJATOVIC, MIAN ZDRAVKOVIC, Institut za povrtarstvo, Karađorđeva 71, 11420 Smederevska Palanka, Email jzdravkovic@institut-palanka.co.rs

komercijalnih F1 hibrida. Cilj ispitivanja je bio da se utvrdi jedan od sigurnih selekcionih puteva za dobijanje komercijalnih hibrida sa povećanom čvrstinom ploda.

Materijal i metod rada

Šest roditeljskih genotipova paradajza različitih za čvrstinu ploda dialelno je ukršteno. Četiri genotipa su čiste linije (D-150, S-49, S-35 i H-52), jedna je sorta industrijskog paradajza (SP-109) i jedna je linija iz populacije paradajza (Kg-ž). Upotrebljena je linija hom-4 donor rin (ripening inhibitor) i ukrštena sa linijom S-49. Sve su poreklom iz kolekcije genotipova Instituta za povrtarstvo iz Smederevske Palanke, Srbija. Ogled je postavljen po slučajnom blok sistemu u tri ponavljanja na oglednom polju Instituta. Ispitivanja su sprovedena na 10 biljaka po ponavljanju, 30 plodova za roditeljske linije F₁ BC₁ BC₂. Za F₂ generaciju ispitivanje se izvodilo na 50 plodova po ponavljanju.

Nasleđivanje čvrstine ploda determinisano je na bazi analize proseka generacija ukrštanja dva roditelja (P₁, P₂, F₁, F₂, BC₁, i BC₂), koristeći aditivno dominantni model (Mather and Jinks, 1982). Genski efekti su označeni sledećim simbolima: prosečna vrednost (m); aditivni genski efekti (d); dominantni genski efekti (h); aditivni x aditivni (i); aditivni x dominantni (j); dominantni x dominantni (l) geni. Adekvatnost aditivno – dominantnog modela testirana je opštim χ^2 -testom. Za određivanje epistatičkih genskih efekata korišćen je šest parametar model (Mather and Jinks, 1982).

Rezultati ispitivanja prikazani su trendom sazrevanja, odnosno propadanja plodova u "shelf life".

Za potrebe ispitivanja povećanja čvrstine mesa ploda paradajza praćen je proces usporenog sazrevanja kod selekcionih materijala linije S-49 (uniformnog sazrevanja), linije hom 4 (homozigot za *ripening inhibitor*) i hibridna kombinacija 449 F₁, (heterozigot za *ripening inhibitor*). Rezultati ispitivanja prikazani su trendom sazrevanja odnosno omekšavanja plodova u "shelf life" u 13 termina posmatranja. Posmatranje je bilo na svaka 3 dana.

Rezultati i diskusija

Čvrstina pokožice (kutikule ploda)

Nasleđivanje čvrstine ploda determinisano je delovanjem aditivnih gena koje je utvrđeno kod većine ispitivanih ukrštanja. Prema rezultatima procenjenih vrednosti genetičkih parametara na osnovu modela sa tri parametra, kod četiri ukrštanja (S-49 x S-35, S-35 x Kg-ž, H-52 x KG-ž i H-52 x SP-109) utvrđeno je signifikantno delovanje aditivnih gena. Kod ukrštanja S-49 x S-35 utvrđeni su značajni efekti dominantnih gena sa negativnom procenjenom vrednošću, dok su vrednosti dominantnih gena kod ukrštanja H-52 x Kg-ž signifikantne i pozitivne. Procenjene vrednosti aditivnih gena su veće od vrednosti dominantnih gena, pa se može zaključiti da u nasleđivanju čvrstine ploda preovlađujuću ulogu imaju aditivni geni sa značajnim uticajem dominantnih gena u pojedinim ukrštanjima (Tab. 2).

Tab. 1. Divergencija i varijabilnost čvrstine ploda i debljine perikarpa roditeljske populacije

Tab. 1. Divergence and variability of fruit firmness and pericarp thickness of parental population

Čvrstina pokožice ploda				Debljina perikarpa				
Genotipovi	x	±S _x	V	x	±sx		V	
D-150	0.848	0.023	0.052	6.13	3.89	0.12	0.22	5.68
S-49	1.080	0.044	0.099	9.17	4.65	0.17	0.29	6.20
S-35	1.890	0.054	0.122	6.45	4.87	0.05	0.09	1.85
H-52	1.674	0.072	0.161	9.62	5.10	0.14	0.24	4.71
KG-z	1.256	0.050	0.112	8.91	4.87	0.33	0.57	11.70
SP-109	1.966	0.061	0.137	6.97	6.20	0.25	0.43	6.94
LSD (0.05)	0.198			0.79				
(0.01)	0.282			1.13				

Tab. 2. Genetička analiza efekata gena čvrstine ploda primenom modela sa tri parametra i vrednosti ²-testa

Tab. 2. Genetics analysis of gene effects for fruit firmness using model with three parameters and ²-test

Genotipovi	(m)	t _(m)	(d)	t _(d)	(h)	t _(h)	H%	h ²	²
D-150 x S-49	0.975	42.04	0.095	4.24	0.647	12.61	39.00	79.67	28.79**
D-150 x S-35	1.217	46.78	0.375	14.38	0.483	16.76	28.86	92.14	147.87**
D-150 x H-52	1.217	33.92	0.367	10.19	0.550	12.72	34.02	90.63	25.97**
D-150 x Kg-z	0.915	41.08	0.076	3.61	0.431	11.78	42.58	91.84	82.24**
D-150 x SP-109	1.390	45.61	0.583	19.29	0.478	9.48	53.52	82.96	39.59**
S-49 x S-35	1.471**	47.63	0.396**	1.82	-0.192**	4.48	-9.76	68.10	7.13
S-49 x H-52	1.374	36.65	0.267	7.10	-0.191	3.72	-7.04	70.15	18.67**
S-49 x SP-109	1.558	45.39	0.449	13.25	0.199	0.32	10.31	82.25	15.86**
S-35 x H-52	1.676	41.63	0.252	6.21	0.067	1.08	-1.23	60.82	55.71**
S-35 x Kg-z	1.554**	44.28	0.295**	8.48	-0.102	1.37	-1.46	51.10	7.201
H-52 x Kg-z	1.500**	43.26	0.234**	6.82	0.146*	2.36	19.48	85.34	3.850
H-52 x SP-109	1.815**	41.58	0.183	4.26	0.078	1.09	3.96	89.32	4.160
Kg-z x SP-109	1.542	42.14	0.380	10.30	0.196	4.23	4.90	80.29	27.36**
t _{0,05}	2,228		2,776		2,179				
0,01	3,169		4,604		3,055				

Ovi rezultati su u saglasnosti sa rezultatima većeg broja istraživača koji su različitim metodama došli do istih zaključaka (Al-Falluji i Lamberth 1882, Al-Falluji 1984, Marković et al.1993, Marković et al. 1994). Da i

dominantni geni mogu da determinišu čvrstinu ploda utvrdili su Dixit et al. (1980), Patil i Bojappa (1986), Patil i Patil (1988).

U našim eksperimentima utvrđeni su efekti epistatičnog delovanja gena

kod 9 ukrštanja. Kod 5 ukrštanja efekat delovanja gena je bio aditivni x aditivni, dok je kod drugih 5 ukrštanja ustanovljen efekat aditivni x dominantni i na kraju bilo je i 5 ukrštanja sa efektom dominantni x dominantni. Na osnovu ovih rezultata zaključuje se da nasleđivanje čvrstine poednako determiniši svi tipovi dvogenske epistaze. Procenjene vrednosti ovih genskih efekata su pozitivne i nešto nižih vrednosti od dominantnih gena, koje su sve negativne. Kod svih ukrštanja, u kojima je utvrđen signifikantan uticaj epistatičnih genskih efekata dominantni x dominantni

geni, imamo pojavu duplikatnog tipa epistaze (iz razmatranja se isključuje ukrštanje D-150 x SP-109 jer kod njega nisu utvrđene signifikantne procenjene vrednosti dominantnih gena), koja je u elekciji na povećanje čvrstine ploda nepovoljna pojava (Mather i Jinks 1982), jer utiče na smanjenje ekspresije ove osobine. Pojava duplikatnog tipa epistaza stabilan je genski efekat koji se javlja u većem broju hibridnih kombinacija tako da se u selekciji paradajza na čvrstinu mora imati u vidu (Tab 2).

Debljina perikarpa

Tab. 3. Genetička analiza debljine perikarpa primenom modela sa 6 parametra u ukrštanjima u kojima je utvrđeno prisustvo epistaza

Tab. 3. Genetics analysis of pericarp thickness using model with 6 parameters in the crosses in which epistases existed

Genotipovi	(m)	t	(d)	t	(h)	t	(i)	t	(j)	t	(l)	t
D-150 x S-49	1.424**	3.56	0.116**	4.67	0.117	0.14	-0.46	1.15	-0.0364*	1.04	-0.092	0.20
D-150 x S-35	3.835**	7.38	0.521**	7.75	-6.196**	5.61	-2.466**	4.75	-0.982*	5.61	4.076**	6.84
D-150 x H-52	3.306**	5.07	0.413**	10.92	-4.664**	3.26	-2.046*	3.14	-1.178**	4.35	3.131**	3.93
D-150 x Kg-z	2.620**	5.23	0.204**	7.41	-3.644**	3.56	-1.568*	3.13	-0.448**	4.35	2.456**	4.65
D-150 x SP-109	2.131**	4.51	0.559**	7.14	-1.485	1.45	-0.724	1.53	0.366	2.04	1.366*	2.42
S-49 x H-52	3.001**	7.16	0.297**	7.03	-3.683**	3.97	-1.624**	3.89	-0.394	2.06	1.858**	3.56
S-49 x SP-109	3.023**	5.78	0.443**	11.77	-2.609	2.31	-1.500*	2.86	-0.106	0.54	1.101	1.77
S-35 x H-52	2.042**	4.58	0.108	2.40	-0.958	0.91	-0.260	0.58	1.540**	5.87	0.724	1.15
Kg-z x SP-109	1.199*	2.48	0.354**	9.00	0.134	0.12	0.411	0.85	0.302	1.32	0.438	0.71
t _{0,05}	2.228		2.776		2.179		2.447		2.306		2.179	
t _{0,01}	3.168		4.604		3.055		3.707		3.350		3.055	

Nasleđivanje debljine perikarpa ispitano je kod 9 ukrštanja. U pet ukrštanja za koji je aditivno dominantan model adekvatan, utvrđena je signifikantna vrednost aditivnih gena. Naši rezultati su u saglasnosti sa rezultatima Patil i Patil (1988) koji su utvrdili preovlađivanje aditivnih nad dominantnim efektima gena. Signifikanost

dominantnih gena utvrđena je kod ukrštanja D-150 x Kg-Ž i viša je od vrednosti aditivnih gena. Slične rezultate u svojim istraživanjima utvrdili su Patil i Bojapa (1986), Dixit i Kalloo (1980). U našim istraživanjima još kod dva ukrštanja potvrđeno je da dominantni geni provlađuju nad aditivnim genima (Tab 3).

Tab. 4: Genetička analiza efekata gena debljine perikarpa primenom modela sa tri parametra i vrednosti χ^2 -testa

Tab. 4. Genetics analysis of gene effects for pericarp thickness using model with three parameters and χ^2 -test

Genotipovi	(m)	t(m)	(d)	t(d)	(h)	t(h)	H%	h ²	2
D-150 x S-35	4.408	69.36	0.454**	7.16	1.773**	10.05	39.95	92.55	7.762
D-150 x H-52	4.510	49.81	0.496**	5.54	0.764*	2.94	10.12	91.32	25.97**
D-150 x Kg-z	4.539	29.59	0.606*	3.95	1.650**	8.14	40.63	85.40	7.518
D-150 x SP-109	5.083	5.098	1.183	11.91	1.061	4.66	18.93	80.89	1.724
S-49 x SP-109	5.265	44.21	0.579**	4.92	-0.349	1.95	4.52	66.29	5.936
S-35 x SP-109	5.363	44.49	0.484**	4.43	-0.455*	2.65	-10.21	69.32	5.571
H-52 x SP-109	6.279	72.60	1.005	11.78	-0.214	1.93	6.19	66.47	34.08**
Kg-z x SP-109	4.944	29.53	1.461	9.53	1.345	4.83	-12	75.37	42.77**
t _{0,05}	2.228		2.776		2.179				
t _{0,01}	3.169		4.604		3.055				

Epistatični genski efekti utvrđeni su kod 3 ukrštanja, s tim što kod ukrštanja H-52 x SP-109 nije utvrđena nijedna signifikantna epistaza, iako su scaling i χ^2 testovi upućivali na postojanje ovih efekata. (tab 4.).

Epistaza aditivni x dominantni geni utvrđena je kod dva ukrštanja i

dominantni x dominantni geni kod Kg-z x SP-109. Kod ovog ukrštanja utvrđen je komplementarni tip epistaze koja je od značaja (Mather i Jinks 1982) jer utiče na povećanje prosečne vrednosti debljine perikarpa, a samim tim i povećanje čvrstine ploda (Tab. 5).

Tab. 5: Genetička analiza debljine perikarpa primenom modela sa 6 parametra u ukrštanjima u kojima je utvrđeno prisustvo epistaza

Tab. 5. Genetics analysis of pericarp thickness using model with 6 parameters in the crosses in which epistases existed

Genotipovi	(m)	t	(d)	t	(h)	t	(i)	t	(j)	t	(l)	t
D-150 x SP-109	7.454	2.60	0.604**	6.56	5.470	0.91	-2.959	1.03	-3.769**	4.78	2.969	0.92
H-52 x SP-109	6.430**	5.29	0.549**	3.83	1.188	0.46	-0.781	0.04	0.360	0.80	-1.619	1.98
Kg-z x SP-109	9.615**	4.40	0.665	0.20	9.997*	2.21	-4.081	1.87	3.272**	5.24	7.011**	2.94
t _{0,05}	2.228		2.776		2.179		2.447		2.306		2.179	
t _{0,01}	3.169		4.604		3.055		3.707		3.350		3.055	

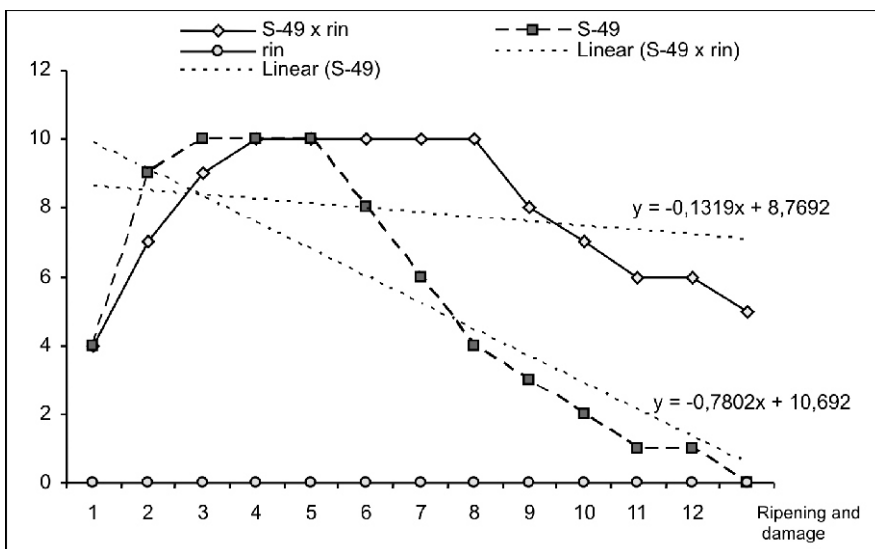
Sumirano, na nasleđivanje čvrstine ploda utiču prvenstveno aditivni geni jer su utvrđeni u svim ispitivanim kombinacijama. Dominantni genski efekti javljaju se u određenom broju ukrštanja, što ukazuje na njihov značajan uticaj. U

nasleđivanju veliku ulogu igraju epistatični genski efekti sva tri tipa dvogenskih interakcija i utvrđena je pojava duplikatnog tipa epistaze u stabilnom obliku, koja u ovom sličaju ublažava nepovoljne efekte dominantnih gena.

Uticaj rin gena na čvrstinu mesa ploda

Povećanje čvrstine mesa ploda zasniava se na prolongaciji sazrevanja plodova, odnosno produženju perioda sazrevanja i propadanja plodova. Ukrštanjem linije S-49 sa linijom rin dobijen je "shelf life" u potomstvu. Rekombinacijom gena produžen je period opstanka plodova posle ubira-

nja u kome plodovi brzo omekšavaju i propadaju. Na ovu pojavu ukazuju i linije trenda sazrevanja i propadanja (Graf. 1). Linije grafikona pokazuju brzinu sazrevanja i propadanja, uporedo linije S-49, hibrida S-49 x rin, i linije donora rin gena, koji nije menjao boju (zelenu) i crvenu fazu sazrevanja.



Graf. 1: Vreme sazrevanja od prve promene boje do potpunog propadanja plodova posle branja

Fig.. 1. Time of mature from the first colore change to full ruin of fruit

Danas postoji čitav niz komercijalnih hibrida paradajza koji kao nosioci rin gena odlažu sazrevanje plodova. U praktičnom smislu, u agroklimatskim uslovima Srbije ovi

hibridi spadaju u grupu srednje kasnih hibrida sa izrazitom čvrstinom plodovima (Gavrish and Korol 1988, Tigchelaar and Silvas Rios 1988, Zdravković i sar. 2000).

LITERATURA

AL-FALLUJIR. A. (1984): Inheritance of pericarp firmness in tomato. Dissertacion Abstracts Internacional (Sciences and Engineering), 44, 12, I, 3645B-3646B.
AL-FALLUJI R.A. and LAMBERT V.N. (1982): Inheritance of pericarp

firmness in tomato by generation mean analysis. Hort.Sci., 17, 5, 763-764.
DIXIT I.; KALLO O.; BHUTANI R.D.; SIDHU A.S. (1980): Line x testers analysis for the study of heterosis and combining ability in to-

- mato. Haryana Journal of Horticultural Sciences, 9, 1/2, 56-61.
- GAVRISH S.F., KOROL V.G. (1988): Economic and biological features of F1 tomato hybrids with delayed fruit ripening. Selekcija , semenovodstvo i sortovaya tehnologiya proizvodstva ovosey Moskow , USSR, 158-171.
- MARKOVIĆ Ž.; ZDRAVKOVIĆ JASMINA; DAMJANOVIĆ M. (1994): Procena kombinacionih sposobnosti i nasleđivanja čvrstine ploda paradajza metodom parcijalnog dialela. VI simp. sa međun. učešćem “Povrće i krompir”; Savremena poljoprivreda , van. broj: 73-78.
- MARKOVIĆ Ž; STEVANOVIĆ D.; DAMJANOVIĆ M.; KANDIĆ BRANISLAVA, ĐORĐEVIĆ R. (1993): Estimation of inheritance and combining abilities of fruit firmness in tomatoes by partial diallel analysis. Proceedings of XIIth Eucarpia Meeting on tomato genetics and breeding, Plovdiv, Bulgaria, 41-45.
- MATHER K.; JINKS I.L.(1982): Biometrical Genetics. Third Edition. Chapman and Hall. London
- PATIL A.A.; BOJAPPA K.M. (1986): Combining ability for certain quality traits in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Progressive Horticulture, 18, 1-2, 73-76.
- PATIL A.A.; PATIL K.M. (1988): Studies on heterosis as influenced by genetic diversity and combining ability. Journal of Maharashtra Agricultural Universities, 13, 2, 150-151.
- TIGCHELAAR E.C., SILVAS RIOS J. (1988): Used of tomato fruit ripening mutants to enhance fruit storage life. Tomato and pepper production in the tropics. Proceedings of the international symposium on integrated management practices. Tainan, Taiwan 21-26 mart 1988
- ZDRAVKOVIĆ JASMINA, MARKOVIĆ Ž., MIRJANA MIJATOVIĆ, CVIKIĆ D. (2000): Prekid sazrevanja paradajza za očuvanje čvrstine ploda. Knjiga izvoda III JUSEM 27-31. maja, Zlatibor, p. 22.

THE INCORPORATION GENE OF TOMATO FRUIT FIRMNESS (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

ZDRAVKOVIĆ JASMINA, MARKOVIĆ, Ž.,
MIJATOVIĆ MIRJANA, ZDRAVKOVIĆ, M.

SUMMARY

Tomato fruit firmness is a polygenetic trait and depends on firmness components pericarp thickness, firmness of epidermis and firmness of flash. The accumulation of favourable traits ratio for each component (towards the increase of expression) the fruit firmness can be increased. This paper deals with aspects of increasing fruit firmness by increasing firmness of epidermis and thickness of pericarp. By using genotypes with rin (ripening inhibitor) gene, we were able to accomplish great firmness of fruits, especially firmness of flash. The expression of these traits cause the asynchronization of maturing process so the fruits do not over mature or soften.

Genetic effects have been evaluated by researching the average values of fruit firmness in six diallel parent lines (D-150, S-49, S-35, H-52, Kg-z and SP-109) and progeny (P₁, P₂, F₁, F₂, BC₁ and BC₂) by applying additive dominant model with three and six parameters (Mather and Jinks, 1982). Mean values of fruit firmness for parents and progeny were significantly different.

Firmness of fruits is a trait influenced first of all by additive gene since they were found in all researched combinations. Epistatic gene effect was important in inheriting process for all three two-gene interactions. The stable duplicate type of epistasis was found, which in this case reduces the unfavourable effects of dominant genes of parents with soft fruits.

Key words: tomato, firmness, epistatic gene effect, inhibitor ripening.