

## VARIJABILNOST AGRONOMSKI VAŽNIH OSOBINA INBRED LINIJA SUNCOKRETA

Nemanja Ćuk<sup>1</sup>, Sandra Cvejić<sup>1\*</sup>, Velimir Mladenov<sup>2</sup>, Milan Jocković<sup>1</sup>, Brankica Babec<sup>1</sup>, Vladimir Miklič<sup>1</sup>, Siniša Jocić<sup>1</sup>

### Izvod

Za stvaranje visoko-produktivnih hibrida suncokreta potrebno je ukrstiti inbred linije, roditeljske komponente hibrida, koje se razlikuju u većem broju osobina. Cilj ovog rada je bio da se ispita varijabilnost 110 inbred linija suncokreta iz kolekcije Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu za agronomski važne osobine i da se klasifikuju na osnovu sličnosti u pogledu ispitivanih osobina. Mereno je devet agronomski važnih osobina: visina stabla, prečnik glave, broj dana od nicanja do cvetanja, broj dana od nicanja do zrenja, prinos semena, procenat ulja, sadržaj oleinske kiseline, masa 1000 semena i procenat ljuske. Inbred linije su pokazale visoku varijabilnost za većinu ispitivanih osobina. Najveći koeficijent varijacije bio je kod prinosa semena (CV=42,51%), a najmanji kod perioda od nicanja do cvetanja (CV=8,86%) i zrenja (CV=8,27%). Analiza glavnih komponenata (PCA) izdvojila je inbred linije koji su se u većoj meri razlikovale od ostalih inbred linija prema sledećim osobinama: (I) inbred linije sa visokim prinosima semena i ulja, (II) inbred linije sa kratkim periodom od nicanja do cvetanja i (III) inbred linije sa visokim procentom ljuske, pogodne za specijalne namene. Prinos semena i procenat ulja kao najvažnije agronomske osobine su bile u pozitivnoj korelaciji, a i u pozitivnoj korelaciji sa najvećim brojem ispitivanih osobina. Podaci dobijeni u ovom radu biće korišćeni prilikom ukrštanja inbred linija u svrhu stvaranja hibrida suncokreta.

**Ključne reči:** *Helianthus annuus* L, klasifikacija, kolekcija linija, prinos semena, sadržaj ulja

### Uvod

Suncokret (*Helianthus annuus* L.) spada među četiri najvažnije uljane biljne vrste u svetu. Glavni proizvođači suncokreta su Ukrajina, Rusija, Evropska unija i Argentina koje zauzimaju 76% globalne proizvodnje suncokreta (Martinez-Force et al., 2015). U Srbiji je suncokret glavna uljana biljna vrsta, sa preko 80% ukupno proizvedene količine od svih ulja biljnog porekla. Zbog konstantne potražnje proizvođača za kvalitetnijim i rodnijim hibridima suncokreta neophodna je brza izmena sortimenta boljim, kvalitetnijim i stabilnijim hibridima kako bi bili konkurentniji na tržištu (Cvejić i sar., 2014). Odabirom inbred linija, kao roditeljskih komponenti hibrida,

koje se razlikuju u velikom broju osobina dobija se potomstvo koje je u nizu agronomskih osobina bolje od oba roditelja, odnosno kod kojeg dolazi do ispoljavanja hibridne snage ili heterozisa.

Produktivnost nekog hibrida se predstavlja preko genetskog potencijala rodnosti tj. ostvarenog prinosa semena kada se ispoštuju svi procesi proizvodnje, blagovremeno izvrše sve agrotehničke mere, a i posluže klimatski uslovi. Pored visine prinosa, novostvoreni hibridi treba da se odlikuju i nizom drugih, poželjnih svojstava. Stoga je neophodno pratiti najbitnije morfološke osobine kao što su: visina biljke, jačina stabla, prečnik glave, položaj glave, itd. kao i fenološke faze

Originalni naučni rad (Original scientific paper)

<sup>1</sup> Ćuk N, Cvejić S, Milan Jocković M, Babec B, Miklič V, Siniša Jocić S, Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad

<sup>2</sup> Mladenov V, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu, Trg Dositeja Obradivca 8; 21000 Novi Sad

\* e-mail: sandra.cvejic@ifvcns.ns.ac.rs

razvoja, tj. dužinu vegetacionog perioda. Vrlo značajna karakteristika je otpornost i tolerantnost na prouzročivače različitih bolesti, štetočine i insekte. Takođe, bitna osobina je i kvalitet semena, koji se kod suncokreta pre svega odnosi na sadržaj i kvalitet ulja u semenu. Svakako je među najznačajnijim karakteristikama stabilnost i adaptabilnost, odnosno sposobnost hibrida da se prilagodi nepovoljnim uslovima sredine i da kroz godine i lokalitete postiže visoke i stabilne prinose (Cvejić i sar., 2018). Dobro poznavanje performansi genetskog materijala koji se koristi za stvaranje hibrida suncokreta doprinosi da se odaberu i stvore genotipovi za određene rejone gajenja (Jocić et al., 2015). Stoga, oplemenjivanje suncokreta zahteva da se prilikom odabira inbred linija uzimaju u obzir njihove agronomske karakteristike, kako bi se odabrao materijal dobrih osobina *per se* i izvrši njihova odgovarajuća klasifikacija kako bi se dobile informacije o divergentnosti potencijalnih roditeljskih parova (Khazaii et al., 2016).

Oplemenjivanje suncokreta u Institutu za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu ima uspešnu pedesetogodišnju tradiciju i rezultat je genetski fond od preko 7000 inbred linija, koje se uglavnom koriste za proizvodnju hibrida (Jocić i sar., 2012). Cilj ovog rada je bio da se: i) utvrdi varijabilnost inbred linija suncokreta analizom agromorfoloških osobina; ii) primenom PCA analize procene međusobni odnosi ispitivanih linija i utvrdi mogućnost

njihovog grupisanja po morfološkoj sličnosti; iii) utvrdi međuzavisnost ispitivanih osobina analizom korelacija.

### Materijal i metode

U radu je ispitano 110 elitnih inbred linija suncokreta iz kolekcije koja se koristi u oplemenjivačkom programu Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad (Tabela 1). Na osnovu namene, inbred linije mogu biti različitog tipa: linolnog tipa, klasične uljane inbred linije (LIN); visoko oleinske inbred linije (OLE); inbred linije tolerantne na imidazolinone - Clearfield tehnologija (IMI); inbred linije tolerantne na imidazolinone - Clearfield plus tehnologija (CLP); inbred linije tolerantne na sulfonil-ureu (SU); dekorativne inbred linije (DEK) i inbred linije za ishranu ptica (PT). Inbred linije iz kolekcije se koriste za stvaranje različitih tipova hibrida: visoko-prinosni hibridi, hibridi tolerantni na herbicide, oleinski hibridi, hibridi za ishranu ptica i dekorativni genotipovi (Miklić i sar., 2019).

Ogled je postavljen po slučajnom blok sistemu u tri ponavljanja. Svaka inbred linija posejana je u 4 reda dužine 3m. Setva je izvršena na razmaku od 70 cm međuredno i 25 cm između biljaka. Tokom vegetacionog perioda primenjene su sve potrebne agrotehničke mere, kako bi se stvorili optimalni uslovi za razvoj biljaka, a predusev je bila pšenica.

Tabela 1. Spisak ispitivanih inbred linija  
Table 1. List of examined inbred lines

rb	Naziv inbred linije	Tip	rb	Naziv inbred linije	Tip
1	SC-MI 4	LIN	56	MA-SC 2	LIN
2	HA 267	LIN	57	ID-DI 111	LIN
3	OD - 26-PL	LIN	58	DEJ 10	LIN
4	HA 26 OR-AR	LIN	59	AZDO 2	LIN
5	HA 26 PR	LIN	60	DI 3	LIN
6	HA 26-IMI-PR	LIN, IMI	61	OD-DI 26	LIN
7	IMI-PR 9	LIN	62	DI 42	LIN
8	NIMI-B 26-PR	LIN, CLP	63	VL 3	LIN
9	NIMI-B 26-OR	LIN, CLP	64	OD-DI 83	LIN
10	NIMI-B 26-OL	OLE, CLP	65	OD-DI 47	LIN

## Nastavak Tabele 1.

## Extension Table 1.

11	NIMI-B 8-PR	LIN, CLP	66	OD-DI 58	LIN
12	HA 26-OR-ARG	LIN	67	H 1	DEK
13	HA 26-OL-SU	OLE, SU	68	AS 1-PR	OLE
14	HA 26-PR-SU	LIN, SU	69	AS 23	OLE
15	HA 26-OR-SU	LIN, SU	70	HA 26-OL-SOL	OLE
16	HA 98	LIN	71	OD-DI 115	LIN
17	HA 98-PR	LIN	72	KINA-B 12	LIN
18	NIMI 98-PR	LIN, CLP	73	OD-DI 7	LIN
19	VL-A 8 PR	LIN	74	OD-DI 24	LIN
20	VL-A 8 SU-PR	LIN, SU	75	OD-DI 57	LIN
21	NIMI 8 PR	LIN, CLP	76	OD-DI 119	LIN
22	PH-BC 1-74	LIN	77	KINA-B 8	LIN
23	NIMI 74-PR	LIN, CLP	78	KINA B 10	LIN
24	PH-BC 2-67	LIN	79	PL-DI 17	LIN
25	NIMI-B 67	LIN, CLP	80	DI 32	LIN
26	NS-KOD 4	LIN	81	PL-DI 10	LIN
27	NIMI-B 4	LIN, CLP	82	PL-DI 25	LIN
28	NIMI-KOD10 -PR	LIN, CLP	83	PB 6	LIN
29	IMI-AB 12-PR	LIN, IMI	84	PB 21	LIN
30	IMI-AB 14	LIN, IMI	85	PB 2648-2	LIN
31	IMI-AB 14-PR	LIN, IMI	86	PB 2648-4	LIN
32	IMI-AB 24-PR	LIN, IMI	87	PB 2648-7	LIN
33	NS-BW 3	PT	88	PB 2648-8	LIN
34	BR 3	LIN	89	PB 2648-9	LIN
35	SU-AB 4	LIN, SU	90	PB 2648-10	LIN
36	DOP 6-08	OLE	91	CMS 1-223	LIN
37	DOP 16-08	OLE	92	CMS 3-8	LIN
38	DOP 27-08	OLE	93	RUB 3	LIN
39	DOP 32-08	OLE	94	HA 74	LIN
40	BT-VL 17-SU	LIN	95	HA 22	LIN
41	NIMI-B-17	LIN, CLP	96	HA 44	LIN
42	BT-VL 17	LIN	97	PH-BC 1-53	LIN
43	AS 87	LIN	98	PH-BC 1-162	LIN
44	AS 95	LIN	99	PH-BC 2-92	LIN
45	AS 95-PR	LIN	100	SOL-SU 26	OLE, SU
46	DF-AB 1	LIN	101	FE 44	LIN
47	DF-AB 2	LIN	102	FE 54	LIN
48	OD-DI 32	LIN	103	LIP-P 41	LIN
49	OD-DI 49	LIN	104	LIP-P 48	LIN
50	OD-DI 80	LIN	105	SAN-PL 35	LIN
51	PB 7	LIN	106	FE 7	LIN
52	KIMI-B 4	LIN, IMI	107	FE 51	LIN
53	AR 7	LIN	108	LIP-P 16	LIN
54	SAM-INTER 3	LIN	109	LIP-P 67	LIN
55	SAM-INTER 5	LIN	110	DE-HO 13	DEK

Za analizu ispitivanih osobina korišćeno je 30 biljaka po ponavljanju. U radu je ispitivano devet agronomski važnih osobina: visina stabla (VS), prečnik glave (PG), broj dana od nicanja do cvetanja (N-C), broj dana od nicanja do zrenja (N-Z), prinos semena (PS), procenat ulja (PU), sadržaj oleinske kiseline (SO), masa 1000 semena (MS) i procenat ljuske (PLj). Visina stabla i prečnik glave su mereni u fazi fiziološke zrelosti, a mere su predstavljene u centimetrima (cm). Broj dana od nicanja do cvetanja određen je od dana kada je niklo 75% biljaka do punog cvetanja 75% biljaka, dok je broj dana od nicanja do zrenja podrazumevao broj dana od nicanja 75% biljaka do trenutka kada kod 75% biljaka počinje da žuti glava. Prinos semena je meren nakon žetve i preračunat na 11% vlage i izražen je u kg ha<sup>-1</sup>. Procenat ulja i sadržaj oleinske kiseline su određeni NMR (*Nuclear Magnetic Resonance*) aparaturom i predstavljeni su u procentima (%). Masa 1000 semena je određena tako što su zrna brojana nakon sušenja semena, a zatim je merena i izražena u gramima (g). Procenat ljuske predstavlja udeo ljuske u masi celog semena, a merenje je izvršeno nakon ljuštenja semena, a zatim predstavljeno u procentima (%). Analiza mase 1000 semena i procenta ljuske je određena na osnovu pregleda 500 semena za svaki genotip.

Rezultati merenja ispitivanih inbred linija prikazani su osnovnim statističkim parametrima: prosečna vrednost (Art), minimalna (min) i maksimalna (max) vrednost, standardna devijacija (St.dev) i koeficijent varijacije (CV), da bi se videla

njihova varijabilnost, odnosno koliko inbred linije unutar kolekcije variraju u pogledu određenih osobina. Međuzavisnost ispitivanih osobina inbred linija suncokreta određivana je prostim korelacijama. Analizom glavnih komponenata (PCA - *eng Principal Component analysis*) grafički su prikazana grupisanja sličnih inbred linija. Za obradu podataka korišćen je softver Statistica 12.

### Rezultati i diskusija

Varijabilnost 110 ispitanih inbred linija suncokreta utvrđena je za devet osobina (Tabela 2). Najveći koeficijent varijacije bio je kod prinosa semena (CV=42,51%). Najveću srednju vrednost za prinos semena imala je linija OD-DI-80 (2361,2 kg ha<sup>-1</sup>), najmanji prinos zabeležen je kod linije CMS3-8, svega 39,7 kg ha<sup>-1</sup>. Visok koeficijent varijacije ustanovljen je i kod sadržaja oleinske kiseline (CV=35,05%), s obzirom da je bilo uključeno devet visokooleinskih inbred linija (>80% oleinske kiseline), dok su ostale linije imale nizak sadržaj oleinske kiseline. Srednje vrednosti za visinu biljaka varirale su od 54,0 cm (PH-BC-1-53) do 179,4 cm (DF-AB-1). Najmanja srednja vrednosti za masu 1000 semena iznosila je 24,4 g (DEJ-10), a najveća 75,5 g (AS-95-PR). Visok koeficijent varijacije (CV=18,8%) bio je i za procenat ljuske i to od 16,6% (DF-AB-1) do 46,2% (DE-HO-13). Procenat ulja kretao se od 21,6% (DE-HO-13) do 52,9% (OD-DI-80). Osobine vezane za dužine vegetacionog perioda imale su koeficijent varijacije ispod 10%.

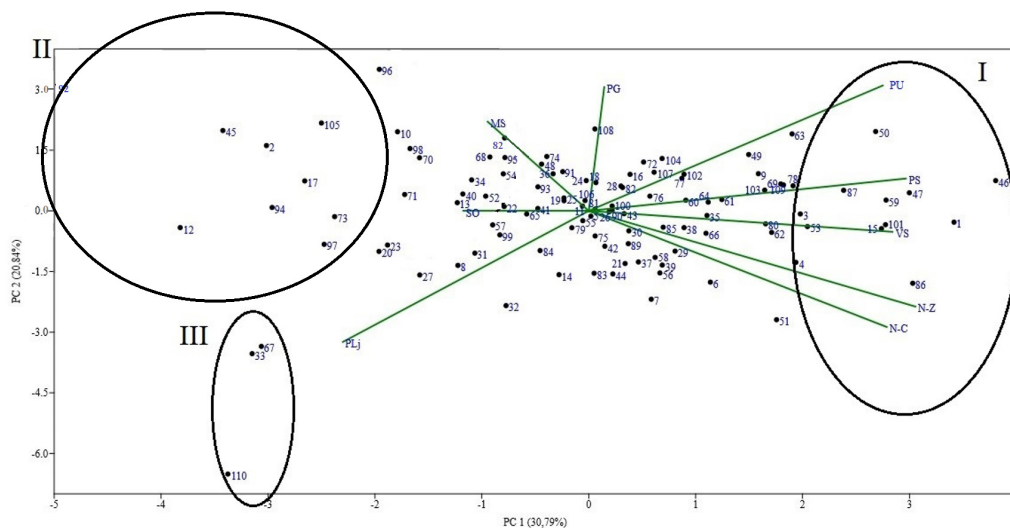
Tabela 2. Osnovni statistički parametri ispitivanih osobina  
Table 2. Statistic parameters of examined traits

	VS	PG	N-C	N-Z	PS	PU	SO	MS	PLJ
Art	127,4	17,5	62,0	80,0	1260,1	41,2	45,7	51,9	23,7
Min	54,0	10,4	45,0	56,0	39,7	21,8	21,6	24,4	16,6
Max	179,4	24,0	75,0	97,0	2361,2	52,9	90,3	75,5	46,2
St. dev	24,5	1,9	5,51	6,6	535,6	5,24	16,0	10,1	4,3
CV	19,3	10,7	8,86	8,3	42,5	12,73	35,0	19,4	18,1

VS- visina stabla (cm), PG – prečnik glave (cm), N-C- broj dana od nicanja do cvetanja, N-Z broj dana od nicanja do zrenja; PS- prinos semena (kg ha<sup>-1</sup>), PU- procenat ulja, SO-sadržaj oleinske kiseline (%); MS- masa 1000 semena (g); PLj- procenat ljuske; Artm- srednja vrednost, Min-minimalna vrednost, Max-maksimalna vrednost, St.dev.- standardna devijacija, CV-koeficijent varijacije.

PCA analizom je omogućena vizuelizacija razlika između inbred linija i klasifikacija u potencijalne grupe. Na osnovu PCA analize može se primetiti difuzan raspored tačaka inbred linija na grafiku, kao i različit odnos ispitivanih osobina (Slika 1). Prva osa, PC1,

obuhvata 30,79% varijabilnosti sadržane u originalnom setu podataka dok druga osa (PC2) obuhvata 20,84%. Dakle PC1-PC2 grafik objašnjava 51,63% varijabilnost originalnih podataka.



Grafikon 1. PCA grafik ispitivanih inbred linija i osobina  
Figure 1. PCA graph of inbred lines and examined traits

Inbred linije sa visokim prinosom semena i visokim procentom ulja imaju najveće vrednosti PC1 ose, u pravcu pružanja vektora osobina PU, PS, VS, NZ, NC i oivičene krugom I. U grupu I spadaju linije: DF-AB-1, DF-AB-2, OD-DI-80, SC-MI-4, HA-26-OR-SU, FE-44, PB2645-4 i PB2645-7. Zbog velikog broja ispitivanih osobina, iz označenog kruga su izdvojene inbred linije koje su imale visoke prinose semena i ulja. U označenom krugu se nalaze i druge linije koje nemaju jednako visoke prinose semena i ulja, ali su one upravo zbog sličnosti u pogledu drugih osobina, pozicionirane blizu odabranih inbred linija. Ove inbred linije se najčešće koriste u programima oplemenjivanja sa ciljem da se dobiju hibridi sa procentom ulja, preko 45% i prinosom preko 2 t ha<sup>-1</sup> (Radanović et al., 2018). Pored visokog prinosa semena i visokog sadržaja ulja ovo su linije duže vegetacije. Inbred linije koje se nalaze oivičene krugom II odlikuju se kratkim periodom od nicanja

do cvetanja. U ovu grupu spadaju inbred linije HA267, HA-26-OR-ARG, HA-98-PR, AS-95-PR, OD-DI-7, HA-74, PH-BC-1-53 i SAN-PL-35. Ove linije se odlikuju, kratkim periodom vegetacije od nicanja do cvetanja, odnosno do 60 dana. Izdvojene inbred linije se ne karakterišu visokim procentom ulja i kod svih je zabeležen procenat ulja manji od 45%. Stvaranje hibrida sa skraćenim periodom vegetacije odgovara klimatskim promenama koje donose toplija i sušnija leta (Debaeke et al., 2017). Hibridi kraće vegetacije prolaze brže kroz feno-faze, čime izbegavaju period suše, u momentima kada se nedostatak vode može najviše odraziti na prinos biljke suncokreta posebno u vremenu oko cvetanja i nalivanja zrna (Ahmed et al., 2015). Grupou III čine dekorativne linije i linija koja se koristi za ishranu ptica i karakteristične su po visokom procentu ljuške. Njih karakteriše nizak procenat ulja i biljke niže od 110 cm, s obzirom na to da se njihovo oplemenjivanje ne vrši u

ovom pravcu i ne koriste se za proizvodnju ulja (Cvejić i Jocić, 2010; Rauf, 2019). Inbred linije koje nisu uokvirene, ne izdvaju se na osnovu

pokazanih osobina i nemaju ekstremno visoke i niske vrednosti za osobine koje su ispitivane.

Tabela 3. Korelacije između ispitivanih osobina  
Table 3. Correlations between examined traits

	VS	PG	N-C	N-Z	PS	PU	SO	MS	PLJ
VS	1,000	-0,072	0,395**	0,403**	0,541**	0,266**	0,030	0,005	-0,181
PG		1,000	-0,071	-0,140	0,026	0,243*	0,023	0,228*	-0,246**
N-C			1,000	0,802**	0,293**	0,190*	-0,150	-0,246**	-0,115
N-Z				1,000	0,211*	0,059	-0,184	-0,235*	-0,058
PS					1,000	0,485**	-0,139	-0,095	-0,279**
PU						1,000	-0,138	-0,028	-0,742**
SO							1,000	0,049	0,156
MS								1,000	-0,430
PLj									1,000

\*\* značajnost na nivou 0,01, \* značajnost na nivou 0,05, VS- visina stabla (cm), PG – prečnik glave (cm), N-C- broj dana od nicanja do cvetanja, N-Z broj dana od nicanja do zrenja; PS- prinos semena (kg ha-1), PU- procenat ulja, SO-sadržaj oleinske kiseline (%); MS- masa 1000 semena (g); PLj- procenat ljuske;

U oplemenjivačkom radu, bitno je poznavati međuzavisnost između osobina, odnosno koje osobine su pozitivno, a koje negativno povezane i kojim intenzitetom. U radu su ispitane korelacije između devet osobina (Tabela 3). Najviše pozitivnih, statistički značajnih korelacija utvrđeno je za osobine prinos semena, procenat ulja i visina biljke. Prinos semena je u visoko-značajnoj korelaciji sa visinom biljke ( $r=0,541$ ), procentom ulja ( $r=0,485$ ) i periodom od nicanja do cvetanja ( $r=0,293$ ). Visoko značajnu pozitivnu korelaciju između prinosa semena i procenta ulja utvrdili su i drugi autori (Mijić et al., 2009; Radić et al., 2013), što je presudno za postizanje visokih prinosa ulja. Pozitivna korelacija prinosa semena sa visinom biljaka je u skladu sa rezultatima Jocković et al. (2012) u čijim istraživanjima je zabeležena visoko-značajna, pozitivna korelacija. U proizvodnji suncokreta, visoki hibridi nisu poželjni pošto su osetljivi na poleganje prilikom obilnih kiša i olujnih vetrova posebno za vreme i nakon nalivanja semena. Optimalna visina biljaka suncokreta u širokoj proizvodnji je između 160 i 180 cm, mada se u proizvodnji mogu koristiti niži (120-160 cm) i niski (100-120

cm) hibridi (Jan i Sailer, 2007). Uključivanjem patuljastih (*dwarf*) genotipova suncokreta u oplemenjivački program, moguće je stvoriti nove niske genotipove sa visokim prinosom semena (Vassilevska-Ivanova i Tcekova, 2005). Broj dana od nicanja do cvetanja je u pozitivnoj korelaciji sa prinosom semena ( $r=0,29$ ) i procentom ulja ( $r=0,19$ ), što je i slučaj kod drugih autora (Baloch et al., 2016; Lira et al., 2017). Broj dana vegetacionog perioda predstavlja jedan od ograničavajućih faktora za gajenje suncokreta u pojedinim oblastima te je vrlo važno odabrati genotip koji će imati dužinu vegetacije u skladu sa sredinom u kojoj se nalazi (Kaya, 2016). Jedan od najvećih izazova oplemenjivača suncokreta predstavlja uvođenje novih hibrida koji omogućavaju veći prinos semena i ulja u širokom arealu gajenja (Cvejić et al., 2019).

### Zaključak

Na osnovu rezultata ustanovljen je visok stepen varijabilnosti ispitivanih osobina inbred linija suncokreta iz gen fonda Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu. Različiti tipovi inbred linija takođe međusobno

pokazuju veliki stepen raznolikosti. Na osnovu dobijenih rezultata mogu se izdvojiti inbred linije koje se ističu na osnovu ispitivanih osobina te se mogu koristiti za različite pravce oplemenjivanja. Prinos semena i procenat ulja su u pozitivnoj korelaciji, međutim njihovo povećavanje prati povećanje visine stabla i produžavanje vegetacije što čini suncokret osetljivijim na poleganje i sušu. Upravo iz ovih razloga, oplemenjivanje suncokreta je jedan složen proces u kome se ne sme zapostaviti međuzavisnost najvažnijih parametara. Podaci dobijeni u ovom radu će biti uzeti u obzir prilikom ukrštanja inbred linija u svrhu stvaranja hibrida suncokreta.

### Zahvalnica

Rad je nastao kao rezultat projekta TR 31025 finansiranog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije i Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučno-istraživačku delatnost Autonomne pokrajine Vojvodine.

### Literatura

- Ahmed B, Sultana M, Zaman J, Paul S. K, Rahman M M, Islam M, Majumdar F. (2015): Effect of sowing dates on the yield of sunflower. *Bangladesh Agronomy Journal*, 18(1), 1-5.
- Baloch M, Kaleri MH, Baloch AW, Baloch TA, Gandahi N, Jogi Q, Bhutto LA, Hakro JA (2016): Phenotypic correlation and heritability analysis in sunflower (*Helianthus annuus* L.) germplasm. *Pure and Applied Biology*, Vol 5(3): 641-646.
- Cvejić S, Jocić S (2010): Development of ornamental sunflower hybrids. *Journal of Field and Vegetable Crops Research*, Vol 47(1), 147-152.
- Cvejić S, Jocić S, Miklič V, Balalić I, Radeka I, Jocković M, Stojanović D (2018): Proizvodne vrednosti novih NS hibrida suncokreta. *Zbornik radova sa 59. Savetovanja industrije ulja*, Herceg Novi, pp. 25-34.
- Cvejić S, Jocić S, Mladenov V, Banjac B, Radeka I, Jocković M, Jeromela Marjanović A, Miladinović D, Miklič V (2019): Selection of sunflower hybrids based on stability across environments. *Genetika*, Vol 51 (1): 81-92.
- Cvejić S, Jocić S, Balalić I, Radeka I, Jocković M, Miklič V (2014): Agronomske i proizvodne karakteristike novih hibrida suncokreta - NS OSKAR i NS FANTAZIJA. *Selekcija i semenarstvo*, Vol 20 (2): 47-56.
- Debaeke P, Casadebaig P, Flenet F, Langlade N (2017): Sunflower crop and climate change: vulnerability, adaptation, and mitigation potential from case-studies in Europe. *OCL*, Vol 24(1): D102. 1-15.
- Jan CC, Sailer G (2007): Sunflower. In: Singh R. (Ed) Volume 4 Genetic resources, chromosome engineering, and crop improvement oilseed crop. Taylor & Francis Group Boca Raton. FL pp.103-194.
- Jocić S, Cvejić S, Hladni N, Marinković R, Miladinović D, Miklič V, Dedić B, Imerovski I, Dimitrijević A, Ćirić M, Jocković M (2012): Dosadašnja dostignuća u oplemenjivanju suncokreta. *Zbornik referata sa 46. Savetovanja agronoma Srbije, Zlatibor*, 29-40.
- Jocić S, Miladinović D, Kaya Y (2015): Breeding and Genetics of Sunflower. In *Sunflower Chemistry, Production, Processing and Utilization*. Martinez-Force, E., Dunford, N.T. and Salas, J.J. (eds.), Urbana, Illinois, AOCS Press. pp.1-25.
- Jocković M, Marinković R, Marjanović-Jeromela A, Radić V, Čanak P, Hladni N (2012): Association between seed yield and some morphological characteristics in sunflower. *Ratarstvo i povrtarstvo*, Vol 49(1): 53-57.
- Kaya Y (2016): Sunflower. In Gupta S. (ed) *Breeding opportunities for sustainable production of sunflowers*. Academic Press of Elsevier, pp. 55-88.
- Khazaii B, Soltani A, Faraji A (2016): Determination of sunflower ideotype in the Gonbad region using multiple regression modelling. *Journal of Crop Production*, Vol 9(3): 1-22.

- Lira EG, Amabile RF, Fagioli M, Montalvão APL (2017): Genetic parameters, phenotypic, genotypic and environmental correlations and genetic variability on sunflower in the Brazilian Savannah. *Ciência Rural*, Vol 47(8): 1-7.
- Martínez-Force E, Dunford NT, Salas JJ (2015): Sunflower: chemistry, production, processing, and utilization. Elsevier.
- Mijić A, Liović I, Zdunić Z, Marić S, Marjanović Jeromela A, Jankulovska M (2009): Quantitative analysis of oil yield and its components in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Romanian Agriculture Research*, Vol 26(26): 41-46.
- Miklić V, Ovuka J, Marjanović-Jeromela A, Terzić S, Jocić S, Cvejić S, Miladinović D, Hladni N, Radić V, Ostojić B, Jocković M, Dušanić N, Đorđević V, Miladinović J, Balešević-Tubić S, Balalić I (2018): Oplemenjivanje i semenarstvo uljanih biljnih vrsta u Srbiji. Selekcija i semenarstvo, Vol 24(2): 1-9.
- Radanović A, Miladinović D, Cvejić S, Jocković M, Jocić S (2018): Sunflower Genetics from Ancestors to Modern Hybrids—A Review. *Genes*, Vol 9(11): 528.
- Radić V, Mrđa J, Terzić S, Dedić B, Dimitrijević A, Balalić I, Miladinović D. (2013): Correlations and path analyses of yield and other sunflower seed characters. *Genetika*, Vol 45(2): 459-466.
- Rauf S (2019): Improvement Breeding Strategies for Sunflower (*Helianthus annuus*L) In Khairi et al., (ed). *Advance in Plant Breeding Strategies vol 4 Nuts and Industrial crops*, Springer 29-71.
- Vassilevska-Ivanova R, Tcekova Z (2005): Agronomic characteristic of a dwarf germplasm sunflower line. *Helia*, Vol 28(42): 51-56.



## VARIABILITY OF AGRONOMIC TRAITS IN SUNFLOWER INBRED LINES

Nemanja Ćuk, Sandra Cvejić, Velimir Mladenov, Milan Jocković, Brankica Babec, Vladimir Miklič, Siniša Jocić

### Summary

For the production of high-yielding sunflower hybrids, it is necessary to cross inbred lines, the parent components of hybrids, which differ in a number of traits. The aim of this paper was to examine the variability of sunflower inbred line for agronomically important traits and to classify them based on similarities. 110 inbred lines from the collection of the Institute of Field and Vegetable Crops in Novi Sad were used in this paper. Nine important agronomic traits were examined: plant height, head diameter, number of days from germination to flowering, number of days from germination to maturity, seed yield, oil percentage, oleic acid content, 1000 seed mass and hull percentage. Inbred lines showed high variability for tested traits. The largest coefficient of variations was for seed yield ( $CV = 42.51\%$ ), and the smallest was for days from germination to flowering ( $CV = 8.86\%$ ) and days from germination to ripening ( $CV = 8.27\%$ ). Based on the principal components analysis (PCA analysis), inbred lines were grouped by similarity: (I) inbred lines with high seed and oil yields, (II) inbred lines with a short period from germination to flowering and (III) inbred lines with a high percentage shells, for special use. Seed yield and oil percentage as the most important agronomic traits were positively correlated, and they were positively correlated with the largest number of examined traits. The data obtained in this paper will be taken into account when crossing the inbred line in order to create sunflower hybrids.

**Key words:** *Helianthus annuus* L., classification, line collection, seed yield, oil content

Primljen: 11.05.2020.  
Prihvaćen: 17.06.2020.