

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Tina MODIC

**OBČUTLJIVOST GENOTIPOV KORUZE
(*Zea mays* L.) IZ SLOVENSKE GENSKE BANKE NA
HERBICIDE Z RAZLIČNIMI AKTIVNIMI SNOVMI**

MAGISTRSKO DELO

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Tina MODIC

**OBČUTLJIVOST GENOTIPOV KORUZE (*Zea mays* L.) IZ
SLOVENSKE GENSKE BANKE NA HERBICIDE Z RAZLIČNIMI
AKTIVNIMI SNOVMI**

MAGISTRSKO DELO

**HERBICIDE TOLERANCE OF VARIOUS MAIZE (*Zea mays* L.)
GENOTYPES FROM SLOVENIAN GENE BANK TO DIFFERENT
HERBICIDES**

M. SC. THESIS

Ljubljana, 2014

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu Senata Biotehniške fakultete z dne 19. 12. 2011 je bilo potrjeno, da kandidatka izpolnjuje pogoje za magistrski Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti ter opravljanje magisterija znanosti s področja agronomije. Za mentorja je bil imenovan doc. dr. Ludvik Rozman.

Komisija za oceno in zagovor:

- Predsednik: prof. dr. Stanislav Trdan
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Član: doc. dr. Ludvik Rozman
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- Član: prof. dr. Anton Ivančič
Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede

Datum zagovora:

Podpisana izjavljam, da je magistrsko delo rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Vse fotografije so moje avtorsko delo.

Tina Modic

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Md
- DK UDK 633.15:631.526.322:632.954.024(043.3)
- KG koruza/*Zea mays*/herbicidi/fitotoksičnost/linije/populacije
- AV MODIC, Tina, univ. dipl. inž. agronomije
- SA ROZMAN, Ludvik (mentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, področje agronomije
- LI 2014
- IN OBČUTLJIVOST GENOTIPOV KORUZE (*Zea mays* L.) IZ SLOVENSKE GENSKE BANKE NA HERBICIDE Z RAZLIČNIMI AKTIVNIMI SNOVMI
- TD Magistrsko delo
- OP XIII, 69 str., 44 pregl., 44 sl., 52 vir.
- IJ si
- JI sl/en
- AI Namen naloge je bil preveriti občutljivost genotipov koruze iz genske banke koruze na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani na herbicide z različnimi aktivnimi snovmi in različno selektivnostjo na plevelu. V proučevanje je bilo vključenih 20 linij, 20 populacij in 7 hibridov. Vse genotipe smo tretirali z različnimi herbicidi; z dvema smo tretirali pred vznikom, H1 (izoksafutol), H2 (mezotripon, S–metolaklor, terbutilazin), s tremi pa po vzniku H3 (foramsulfuron, jodosulfuron–metil natrij), H4 (nikosulfuron) in H5 (bentazon, dikamba). V skladu z EPPO smernicami smo poškodbe zaradi fitotoksičnosti ocenili vizualno v razvojni fazi 4-6 listov; beležili smo čas metličenja in svilanja ter ob spravilu izmerili višino storža in rastlin. Po spravilu smo izmerili še dolžino storža in storže stehali. Ocene poškodb zaradi fitotoksičnosti smo ovrednotili s Kruskal-Wallisovo enosmerno analizo variance ter jih prikazali s stolpci za moduse. Merjene parametre smo statistično obdelali z analizo variance po metodi split-plot. Rezultati so pokazali, da za vse proučevane lastnosti med genotipi znotraj iste skupine obstajajo razlike v občutljivosti na posamezen herbicid in da različni herbicidi povzročajo različno jakost in različne poškodbe na istem genotipu. Prav tako smo opazili vpliv različnih herbicidov na merjene lastnosti koruze, kot so pridelek ali čas metličenja in svilanja. Razlike v občutljivosti posameznih genotipov glede na uporabo herbicida smo opazili pri odzivu na herbicid pri različnih merjenih parametrih pri 15 linijah (skupaj 35 primerov), pri 16 populacijah (29 primerov) in pri 5 hibridih (10 primerov).

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Md
- DC UDC 633.15:631.526.322:632.954.024(043.3)
- CX maize/*Zea mays*/herbicide/phytotoxicity/inbreds/populations
- AU MODIC, Tina
- AA ROZMAN, Ludvik (supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Postgraduate Study of Biological and Biotechnical Sciences, Field: Agronomy
- PY 2014
- TI HERBICIDE TOLERANCE OF VARIOUS MAIZE (*Zea mays* L.) GENOTYPES FROM SLOVENIAN GENE BANK TO DIFFERENT HERBICIDES
- DT M. Sc. Thesis
- NO XIII, 69 p., 44 tab., 44 fig., 52 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB The aim of this study was to investigate tolerance of various maize genotypes from the gene bank of the Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, to herbicides with different active ingredients, and their weed selectivity. The investigation involved 20 inbreds, 20 populations and 7 hybrids, two pre-emergence herbicides – H1 (isoxaflutole), H2 (mesotrione, S–metolachlor, terbutilazine) and three postemergence herbicides – H3 (foramsulfuron, iodosulfuron-methy Na), H4 (nicosulfuron) and H5 (bentazon, dicamba). The phytotoxicity assessment was based on visual estimation of plant injuries and also involved certain metric parameters of maize plants (tasseling and silking date, uppermost ear height, plant height, ear length and ear weight), all according to EPPO guidelines. For non-parametric traits, Kruskal-Wallis one way analysis of variance was used, and simple chart with columns for the modes. The differences between treatments were analyzed in order to find statistically significant impact of herbicides on a particular group of genotypes or on a given genotype. The metric traits were tested by split-plot analyse of variance. The genotypes from the same group responded differently to herbicide treatments, and also individual genotypes exhibited different levels of tolerance and types of plant injuries. The differences were also expressed in other quantitative traits such as yield, silking and tasseling time. The significant differences were noticed in 15 lines (in 35 cases – most of the differences were associated with the height of the uppermost ear), 16 populations (in 29 cases – most of the differences were associated with ear weight and plant height) and five hybrids (in 10 cases – the differences were associated with all traits in 2 cases, excluding the tasseling time).

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	XI
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XIII
1 UVOD	1
1.1 POVOD ZA RAZISKAVO	1
1.2 NAMEN RAZISKAVE	1
1.3 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 KORUZA V SLOVENIJI	3
2.2 UPORABA HERBICIDOV V PRIDELAVI SEMENSKE KORUZE	3
2.3 TOLERANTNOST RASTLIN NA HERBICIDE IN BIODIVERZITETA	5
2.4 OCENJEVANJE FITOTOKSIČNOSTI	5
2.5 DELOVANJE HERBICIDOV IN POŠKODBE NA RASTLINAH	6
2.5.1 Tveganje za fitotoksičnost	6
2.5.2 Sistematična analiza pojava fitotoksičnosti	7
2.5.3 Način delovanja herbicidov	8
2.5.4 Znaki fitotoksičnosti glede na način delovanja	8
2.5.4.1 Rastni regulatorji – hormonski herbicidi	8
2.5.4.2 Zaviralci rasti poganjkov	9
2.5.4.3 Zaviralci fotosinteze	10
2.5.4.4 Zaviralci razvoja barvil (oblikovanja karotenoidov)	10
2.5.4.5 Zaviralci sinteze aminokislin	11
3 MATERIAL IN METODE	13
3.1 POSKUS IZ LETA 2008	13
3.2 POSKUS IZ LETA 2009	13
3.3 OPIS HERBICIDOV UPORABLJENIH V LETU 2009	14

3.3.1	H1 (izoksaflutol 75 %)	14
3.3.2	H2 (mezotrion 3,75 %, S–metolaklor 37,5 %, terbutilazin 12,5 %)	16
3.3.3	H3 (foramsulfuron 3 %, jodosulfuron–metil natrij 1 %)	17
3.3.4	H4 (nikosulfuron 4 %)	18
3.3.5	H5 (bentazon 32 %, dikamba 9 %)	18
3.4	STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV	19
3.4.1	Zasnova poskusa	19
3.4.2	Ocene fitotoksičnosti	19
3.4.3	Analiza merjenih parametrov	20
4	REZULTATI	21
4.1	METEOROLOŠKI PODATKI	21
4.2	LINIJE	22
4.2.1	Analiza ocen fitotoksičnosti za linije	22
4.2.1.1	Kruskal-Wallisova analiza	22
4.2.1.2	Modusi ocen fitotoksičnosti linij glede na tretiranja z različnimi herbicidi	24
4.2.2	Analiza merjenih parametrov za linije	25
4.2.2.1	Število dni od vznika do 50 % metličenja za linije	25
4.2.2.2	Število dni od vznika do 50 % svilanja za linije	26
4.2.2.3	Višina storža za linije	28
4.2.2.4	Višina rastlin za linije	29
4.2.2.5	Dolžina storža za linije	31
4.2.2.6	Teža storža za linije	33
4.3	POPULACIJE	35
4.3.1	Analiza ocen fitotoksičnosti za populacije	35
4.3.1.1	Kruskal-Wallisova analiza	35
4.3.1	Analiza ocen fitotoksičnosti za populacije	35
4.3.2	Analiza merjenih parametrov za populacije	37
4.3.2.1	Število dni od vznika do 50 % metličenja za populacije	37
4.3.2.2	Število dni od vznika do 50 % svilanja za populacije	39
4.3.2.3	Višina storža za populacije	40
4.3.2.4	Višina rastlin za populacije	42
4.3.2.5	Dolžina storža za populacije	43
4.3.2.6	Masa storža za populacije	45

4.4	HIBRIDNI	47
4.4.1	Analiza ocen fitotoksičnosti za hibride	47
4.4.1.1	Kruskal-Wallisova analiza variance	47
4.4.1.2	Modusi hibridov glede na obravnavanja	48
4.4.2	Analiza ocen fitotoksičnosti za hibride	48
4.4.2.1	Število dni od vznika do 50 % metličenja za hibride	48
4.4.2.2	Število dni od vznika do 50 % svilanja za hibride	49
4.4.2.3	Višina storža za hibride	50
4.4.2.4	Višina rastlin za hibride	52
4.4.2.5	Dolžina storža za hibride	54
4.4.2.6	Masa storža za hibride	55
4.5	VPLIV FITOTOKSIČNOSTI NA RAZLIČNE SKUPINE GENOTIPOV KORUZE	57
5	RAZPRAVA	60
6	SKLEPI	63
7	POVZETEK (SUMMARY)	64
7.1	POVZETEK	64
7.2	SUMMARY	65
8	VIRI	66
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.	
Preglednica 1	Analiza variance za število dni od vznika do 50 % metličenja za linije.	25
Preglednica 2	Test mnogoterih primerjav za število dni od vznika do 50 % metličenja za posamezne linije (DMRT, $p=0,05$).	26
Preglednica 3	Analiza variance za število dni od vznika do 50 % svilanja za linije.	27
Preglednica 4	Test mnogoterih primerjav število dni od vznika do 50 % svilanja za posamezne linije (DMRT, $p=0,05$).	27
Preglednica 5	Analiza variance za višino storža za linije.	28
Preglednica 6	Test mnogoterih primerjav višine storža za posamezne linije (DMRT, $p=0,05$).	29
Preglednica 7	Analiza variance za višino rastlin za linije.	30
Preglednica 8	Test mnogoterih primerjav za višino rastlin za posamezne linije (DMRT, $p=0,05$).	30
Preglednica 9	Analiza variance za dolžino storža za linije.	31
Preglednica 10	Test mnogoterih primerjav dolžine storža za linije (DMRT, $p=0,05$).	32
Preglednica 11	Test mnogoterih primerjav dolžine storža za posamezne linije (DMRT, $p=0,05$).	33
Preglednica 12	Analiza variance za maso storža za linije.	33
Preglednica 13	Test mnogoterih primerjav za maso storža za linije (DMRT, $p=0,05$).	34
Preglednica 14	Test mnogoterih primerjav za maso storža za posamezne linije (DMRT, $p=0,05$).	34
Preglednica 15	Analiza variance za število dni od vznika do 50 % metličenja za populacije.	38
Preglednica 16	Test mnogoterih primerjav za število dni od vznika do 50 % metličenja za posamezne populacije (DMRT, $p=0,05$).	38
Preglednica 17	Analiza variance za število dni od vznika do 50 % svilanja za populacije.	39
Preglednica 18	Test mnogoterih primerjav za število dni od vznika do 50 % svilanja za posamezne populacije (DMRT, $p=0,05$).	40
Preglednica 19	Analiza variance za višino storža za populacije.	41
Preglednica 20	Test mnogoterih primerjav za višino storža za posamezne populacije (DMRT, $p=0,05$).	41

Preglednica 21	Analiza variance za višino rastlin populacij.	42
Preglednica 22	Test mnogoterih primerjav za višino rastlin za posamezne populacije (DMRT, $p=0,05$).	43
Preglednica 23	Analiza variance za dolžino storža za populacije.	44
Preglednica 24	Test mnogoterih primerjav za dolžino storža za posamezne populacije (DMRT, $p=0,05$).	44
Preglednica 25	Analiza variance za maso storža za populacije.	45
Preglednica 26	Test mnogoterih primerjav za maso storža populacij (DMRT, $p=0,05$).	46
Preglednica 27	Test mnogoterih primerjav za maso storža za posamezne populacije (DMRT, $p=0,05$).	46
Preglednica 28	Analiza variance za število dni od vznika do 50 % metličenja za hibride.	48
Preglednica 29	Analiza variance za število dni od vznika do 50 % svilanja za hibride.	49
Preglednica 30	Test mnogoterih primerjav za število dni od vznika do 50 % svilanja za posamezne hibride (DMRT, $p=0,05$).	50
Preglednica 31	Analiza variance za višino storža za hibride.	51
Preglednica 32	Test mnogoterih primerjav za višino storžev za hibride (DMRT, $p=0,05$).	51
Preglednica 33	Test mnogoterih primerjav za višino storžev za posamezne hibride (DMRT, $p=0,05$).	52
Preglednica 34	Analiza variance za višino rastlin za hibride.	53
Preglednica 35	Test mnogoterih primerjav za višino rastlin za posamezne hibride (DMRT, $p=0,05$).	53
Preglednica 36	Analiza variance za dolžino storža za hibride.	54
Preglednica 37	Test mnogoterih primerjav za dolžino storža za posamezne hibride (DMRT, $p=0,05$).	55
Preglednica 38	Analiza variance za maso storža za hibride.	56
Preglednica 39	Test mnogoterih primerjav za maso storžev hibridov (DMRT, $p=0,05$).	56
Preglednica 40	Test mnogoterih primerjav za maso storžev za posamezne hibride (DMRT, $p=0,05$).	57
Preglednica 41	Statistično značilne razlike med herbicidi, med linijami in pri posameznih linijah glede na obravnavanje in interakcija med herbicidi in linijami.	58

Preglednica 42	Statistično značilne razlike med herbicidi, med populacijami in pri posameznih populacijah glede na obravnavanje in interakcija med herbicidi in populacijami.	58
Preglednica 43	Statistično značilne razlike med herbicidi, med hibridi in pri posameznih hibridih glede na obravnavanje in interakcija med herbicidi in hibridi.	58
Preglednica 44	Statistično značilne razlike pri posameznih genotipih glede na obravnavanje, pri vizualni oceni fitotoksičnosti.	59

KAZALO SLIK

	str.	
Slika 1	Grafični prikaz znakov fitotoksičnosti na polju.	7
Slika 2	Prikaz posameznih delov rastlin, kjer se lahko pojavijo znaki fitotoksičnosti.	7
Slika 3	Zvijanje listov (dikamba).	9
Slika 4	Račji vratovi (dikamba).	9
Slika 5	Vijolično obarvani listi (S–metolaklor).	9
Slika 6	Nekrotične pege na listih (terbutilazin).	10
Slika 7	Medžilne kloroze (terbutilazin).	10
Slika 8 in 9	Beljenje listov (tembotrion).	10
Slika 10	Rumenkasti listi (levo), vijolično obarvana stebela (sredina) in nepravilen razvoj listov (desno) (foramsulfuron, jodosulfuron–metil natrij).	11
Slika 11	Rumenenje in odmiranje (rjavenje) listov (glifosat).	11
Slika 12	Rdečenje listov (glufosinat amonij).	12
Slika 13	Načrt poskusa.	14
Slika 14	Povprečne dekadne temperature za Brnik v letu 2009 in v večletnem povprečju od 2001 do 2010 (ARSO, 2014).	21
Slika 15	Količina padavin po dekadah v mm za Brnik v letu 2009 in v večletnem povprečju od 2001 do 2010 (ARSO, 2014).	22
Slika 16	Prikaz okvirjev z ročaji za občutljivost linij, tretiranih z različnimi herbicidi.	23
Slika 17	Prikaz okvirjev z ročaji za linije, tretirane s H3.	23
Slika 18	Prikaz okvirjev z ročaji za linije, tretirane s H5.	24
Slika 19	Prikaz okvirjev z ročaji za linije, tretirane s H1.	24
Slika 20	Modusi ocen občutljivosti posameznih linij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.	25
Slika 21	Število dni od vznika do 50 % metličenja linij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.	26
Slika 22	Število dni od vznika do 50 % svilanja linij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.	28
Slika 23	Višina storžev pri linijah glede na tretiranje z različnimi herbicidi.	29
Slika 24	Višina rastlin linij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.	31

Slika 25	Dolžina storžev linij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.	33
Slika 26	Masa storžev linij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.	34
Slika 27	Prikaz okvirjev z ročaji za občutljivost populacij, tretiranih z različnimi herbicidi.	35
Slika 28	Prikaz okvirjev z ročaji za populacije, tretirane s H2.	36
Slika 29	Prikaz okvirjev z ročaji za populacije, tretirane s H3.	36
Slika 30	Modusi ocen občutljivosti posameznih populacij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.	37
Slika 31	Število dni od vznika do 50 % metličenja populacij glede na tretiranje različnimi herbicidi.	39
Slika 32	Število dni od vznika do 50 % svilanja populacij, glede na tretiranje z različnimi herbicidi.	40
Slika 33	Višina storža populacij glede na tretiranje z različnimi herbicidi	42
Slika 34	Višina rastlin populacij glede na tretiranje z različni herbicidi.	43
Slika 35	Dolžina storžev populacij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.	45
Slika 36	Masa storžev populacij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.	47
Slika 37	Prikaz okvirjev z ročaji za hibride, tretirane z različnimi herbicidi.	47
Slika 38	Modusi ocen občutljivosti posameznih hibridov glede na tretiranje z različnimi herbicidi.	48
Slika 39	Število dni od vznika do 50 % metličenja hibridov, glede na tretiranje z različnimi herbicidi.	49
Slika 40	Število dni od vznika do 50 % svilanja hibridov, glede na tretiranje z različnimi herbicidi.	50
Slika 41	Višina storžev hibridov, glede na tretiranje z različnimi herbicidi.	52
Slika 42	Višina rastlin hibridov glede na tretiranje z različnimi herbicidi.	54
Slika 43	Prikaz dolžine storžev hibridov glede na tretiranje s herbicidi.	55
Slika 44	Masa storžev hibridov, glede na tretiranje z različnimi herbicidi.	57

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

DMRT	Duncan-ov multipli rang test
EPPO	European and Mediterranean Plant Protection Organization – Evropsko in sredozemsko združenje varstva rastlin
HRAC	Herbicide Resistance Action Committee
MKO	Ministrstvo za kmetijstvo in okolje
WSSA	Weed Science Society of America

1 UVOD

Poleg učinkovitega delovanja herbicidov z različnimi aktivnimi snovmi je zelo pomembno, da ne povzročajo fitotoksičnosti na gojenih rastlinah. Fitotoksičnost herbicida in posamezne aktivne snovi na določeno gojeno rastlino preverijo že proizvajalci herbicidov sami, pred registracijo posameznega herbicida, vendar v žlahtnjenju rastlin uporabljamo specifičen genski material, pogosto še posebej občutljive homozigotne linije, ki se uporabljajo v semenarstvu za končno pridelavo hibridnega semena in smo zato zelo omejeni v zaščiti pred pleveli.

Na učinkovitost in fitotoksičnost različnih aktivnih substanc na linije koruze močno vplivajo vremenske razmere (Stefanović in sod., 1997) in drugi dejavniki. Za herbicide na osnovi derivatov sulfonilsečnine, ki jih uporabljamo po vzniku koruze, so dokazani določeni fitotoksični učinki na nekaterih linijah koruze (Subramanyan in sod., 2007; Pataky in sod., 2006; Triantafyllidis in sod., 2006; Soukup in sod., 2004; Green in Ulrich, 1993), zato je v semenski proizvodnji uporaba le-teh omejena.

Znano je, da so samooplodne linije, ki jih uporabljamo pri pridobivanju hibridnega semena koruze bolj občutljive na zunanje vplive okolja kot hibridi, ki jih dobimo s križanji le-teh. Ta občutljivost se kaže tako v vigorju rastlin kot v odzivu na stresne dejavnike. Samooplodne linije zaradi manjšega vigorja uspešno tekmujejo v borbi za svetlobo, vodo, hranila in ogljikov dioksid samo, če jih zaščitimo pred njihovimi največjimi tekmeci – pleveli. Varstvo pred pleveli moramo zagotoviti z ukrepi, kot so: ustrezen kolobar, mehanska obdelava med vrstami in kemična zaščita s herbicidi.

Zaradi podnebnih sprememb bo tudi v rastlinski pridelavi potrebno uvesti določene prilagoditve, kot so: sprememba datuma setve, spremenjeni kultivarji, namakanje ali izbira sort, ki na sušo niso občutljive (Kajfež Bogataj, 2005). To je priložnost za žlahtnitelje, saj je potrebno poiskati nove optimalne lastnosti gojenih rastlin glede na spremenjene podnebne razmere in v takih primerih je zbirka različnih genotipov, kot je genska banka, neprecenljivega pomena. Domače populacije so s svojo genetsko raznolikostjo in prilagodljivostjo talnim in podnebnim razmeram pomemben narodni zaklad, ki ga je treba ohraniti (Luthar, 1998). Viri genetske raznovrstnosti so nujno potrebni tako za žlahtnitelje, kot za ohranjanje biodiverzitete.

1.1 POVOD ZA RAZISKAVO

Pri semenski pridelavi težko zagotovimo ustrezno varstvo pred pleveli, ker se običajno izvaja na več hektarskih površinah in je uporaba kemičnega varstva pred pleveli zaradi nepoznavanja občutljivosti genetskega materiala omejena.

1.2 NAMEN RAZISKAVE

Namen raziskave je preučiti občutljivost genskega materiala koruze z genske banke Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani na herbicide z različnimi aktivnimi snovmi.

1.3 DELOVNE HIPOTEZE

Zastavili smo si naslednje hipoteze:

- obstajajo razlike v občutljivosti med genotipi znotraj iste skupine genotipov
- različni herbicidi povzročajo različne poškodbe na istem genotipu
- različni herbicidi povzročajo različno jakost poškodb na istem genotipu
- različni herbicidi različno vplivajo na pridelek in nekatere druge pomembne lastnosti
- linije so bolj občutljive kot populacije in hibridi.

2 PREGLED OBJAV

2.1 KORUZA V SLOVENIJI

Prve populacije koruze so prišle v Slovenijo iz Italije v 17. st., kasneje pa še preko Balkana iz Turčije, zato se je koruza do sredine 20. stoletja držalo ime turščica ali turška pšenica (Kocjan Ačko in Rozman, 1999). Ime koruza, ki je turškega izvora (kokoroz) se je uveljavilo kasneje.

Domače populacije koruze so s svojo genetsko raznolikostjo in prilagodljivostjo talnim in podnebnim razmeram pomemben vir genov za žlahtnjenje (Mikuž, 1961; Luthar, 1998; Rozman, 1998). Do začetka 1950 so bila slovenska polja posejana samo s temi populacijami, oziroma domačimi sortami koruze. To so bile sorte z izredno kakovostnim, trdim zrnjem, zgodnejše in dobro prilagojene slovenskim klimatskim razmeram. Po 1950. letu so se v Slovenijo začeli širiti tuji, predvsem ameriški hibridi koruze, tipa zobank, poznejšega dozorevanja in neprilagojeni našim ravnim razmeram (Rozman, 1998). Takrat se je pod vodstvom prof. Mikuža začelo zbiranje domačih slovenskih populacij koruze, saj so se zavedali pomena genetske raznolikosti in vrednosti domačega genskega materiala. Poglavitni namen je bil ohraniti domače populacije z njihovimi dobrimi lastnostmi pred skrižanjem s tujimi hibridi. Zbrali so skoraj v celoti originalne domače sorte koruze z vse Slovenije in s tem preprečili izgubo bogatega genskega fonda. Genski material je do danes skoraj v celoti ohranjen v genski banki koruze na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani (Rozman, 2012).

Obdelava subvencijskih vlog za leto 2009 je pokazala, da je bilo organiziranih pridelovalcev koruze 34.096, koruzo pa so pridelovali na 62.787 ha površin. V Sloveniji je bilo po podatkih MKGP v letu 2010 slabih 183.000 ha njivskih površin, kar predstavlja 9 % vseh kmetijskih zemljišč (Urek in sod., 2012). Po statističnem letopisu iz 2012 je bilo v povprečju, v letih 2006–2010, posejanih 39.897 ha koruze za zrnje in 25.765 ha silažne koruze. V letu 2011 pa 40.185 ha koruze za zrnje in 25.222 ha silažne koruze.

V svetovni pridelavi je za živalsko krmo namenjenega v povprečju 67 % pridelka koruze, 25 % se porabi za prehrano ljudi in industrijsko predelavo, preostanek se porabi za seme ali se izgubi. V razvitih državah koruzo uporabljajo predvsem za krmo živali, medtem ko državam v razvoju še vedno predstavlja glavni vir hrane (Rozman, 1997).

2.2 UPORABA HERBICIDOV V PRIDELAVI SEMENSKE KORUZE

Koruzni hibridi s hibridno kakovostjo semena so običajno tolerantni za večino herbicidov, ki so registrirani za uporabo v koruzi. Hibridi s specifičnimi lastnostmi (sladka koruza, pokovka, bela koruza, ...) in samooplodne linije lahko kažejo različno stopnjo tolerance do herbicidov iz različnih kemičnih skupin, kar jih omejuje v njihovi učinkovitosti in varni uporabi za gojene rastline (Monks in sod., 1992; Morton in sod., 1992; O'Sullivan in sod., 1995, 1998; Stefanović in sod., 2002, 2005; Pajić, 2007; Pataky in Nordby, 2006). Stefanović in sod. (1995) so ugotovili, da lahko večjo občutljivost na herbicide pričakujemo pri zgodnjih samooplodnih linijah.

V neugodnih vremenskih razmerah v začetku rastne dobe (nizke temperature in povečana vlažnost), lahko herbicidi povzročijo manjše ali večje poškodbe in prispevajo k hitrejšem propadu občutljivih samooplodnih linij. Absorbcija herbicida je povečana pri višjih temperaturah in visoki vlažnosti. V takih razmerah so prizadete predvsem zelo občutljive ali srednje občutljive samooplodne linije (Zarić in sod., 1998; Stefanović in sod., 1997, 2000). Rast in razvoj samooplodnih linij sta zelo pomembna za semensko pridelavo koroze. Cvetenje starševskih linij mora biti zaradi uspešne oplodnje usklajeno, zato zastoji v razvoju starševskih linij, zaradi različne občutljivosti na herbicide, niso zaželjeni.

Izbrani herbicid mora nuditi zaščito pred večino plevelov in hkrati mora biti varen za koroze. Selektivnost herbicida ni njegova absolutna lastnost, temveč je odvisna od več dejavnikov, kot so aktivna snov, odmerek in čas uporabe, morfološke in fiziološke lastnosti tretirane rastline in okoljskih dejavnikov, ki posredno ali neposredno vplivajo tudi na tretirano rastlino (Wych in Schoper, 1997).

Koroza sorazmerno dobro pranaša tretiranje s herbicidi, uporabljenimi pred vznikom. Številne raziskave so potrdile razlike v občutljivosti koruznih hibridov in samooplodnih linij različnih genotipov na selektivne herbicide. Povečano občutljivost samooplodnih linij so opazili predvsem pri novih selektivnih herbicidih za ozkolistne plevela, predvsem kadar tretiramo plevela, ko je koroza že vznikla (Stefanović in sod., 2010).

Fitotoksičen učinek herbicidov se lahko pojavi na samooplodnih linijah zaradi različnih vzrokov. Prevelika količina herbicida se pokaže v kasnejših razvojnih fazah koroze kot poleganje rastlin, zmanjšanje višine rastlin, sveže biomase in števila zrn (Stefanović in sod. 1995). Številni poskusi iz Srbije so potrdili, da je občutljivost koroze na herbicide zelo kompleksna (Stefanović in Zarić, 1990, 1991; Zarić in sod., 1998; Stefanović in Simić, 2008).

Zaradi težav, s katerimi se srečujemo pri zatiranju plevelov s herbicidi v semenski proizvodnji, da bi dosegli učinkovito in varno rabo (brez poškodb genetskega materiala) moramo upoštevati številna merila integriranega varstva pred pleveli (Swanton in Murphy, 1996; Kovačević in Momirović, 1996; Simić in sod., 2004, 2009).

Integrirano varstvo pred pleveli vključuje zlahtnjenje kulturnih rastlin, ustrezno gnojenje, kolobar, kemično zatiranje in ustrezno obdelavo zemlje z namenom zmanjšanja zapleveljenosti pri vzdrževanju ustreznega pridelka gojene rastline (Swanton in Weise, 1991).

Namen integriranega varstva pred pleveli je zmanjšati pritisk plevelov in jih obdržati pod mejo, ki bi imela za posledico ekonomsko škodo. Metode integriranega varstva pred pleveli ne smejo imeti negativnih učinkov na okolje. So skupek različnih metod zatiranja, bioloških, mehanskih in kemičnih, ki pripomorejo k zmanjšani tekmovalnosti in širjenju plevelov, predvsem odpornih na herbicide (Integrated ..., 2009).

Zaradi velikih stroškov in občutljivosti semenske pridelave je zelo pomembno da upoštevamo vse preventivne ukrepe ob pravem času, od izbire zemljišča, predsetvene kulture, primarne obdelave tal do setve. Setev je v semenski proizvodnji eden od ključnih dejavnikov, saj so starševske rastline hibridov odvisne od dveh ali več datumov, ki so

povezani z določeno razvojno in rastno fazo. Tako lahko zmanjšamo odmere herbicida in s tem zmanjšamo tveganje poškodb na rastlinah. Kolobar, ki bi vključeval izmenjevanje kulturne rastline in herbicidov, bi bil tudi ustrezen ukrep v semenski proizvodnji, s katerim bi lažje nadzorovali zapleveljenost in zmanjšali potrebe po uporabi herbicida ob profesionalno opravljeni primarni obdelavi tal (Stefanović in sod., 2010).

Številni avtorji so poročali o različnih stopnjah občutljivosti samooplodnih linij na herbicide iz različnih kemičnih skupin (npr. kloroacetanilidi ali sulfonil karbamidi ali sulfonilsečnine) (Bonis in sod., 2003; Pataky in sod., 2006). Molnar s sod. (2001, cit. po Bonis in sod., 2003) navaja, da je odziv koruznih hibridov na različne aktivne snovi odvisen od njihove genetske zasnove.

2.3 TOLERANTNOST RASTLIN NA HERBICIDE IN BIODIVERZITETA

Podjetja, ki se ukvarjajo s semensko pridelavo vidijo številne prednosti, ki bi jih dobili s setvijo odpornih kulturnih rastlin na herbicide (Duke, 1999; Owen, 2000):

- zmanjšana količina herbicidov,
- večji pridelek,
- ugodne toksikološke lastnosti,
- porast kmetovanja brez obdelave tal,
- boljše zatiranje plevelov, ki so odporni na tradicionalne herbicide in
- povečanje biodiverzitete.

Schutte (2002) v svoji raziskavi navaja, da je pomen kmetijstva v povezavi z biodiverzitetjo v zahodni Evropi izrednega pomena, saj je večina zemljišč, ki ni v kmetijski rabi, zaščiten. Trdi, da so herbicidi in sodobno kmetijstvo povzročili sistematične izgube v genskih bankah in težave pri njihovi obnovi. Domače populacije se v preteklosti niso ohranjale, temveč so bile opuščene. Svojo razpravo zaključuje z mnenjem, da bi uporaba odpornih kultur na herbicide (npr. gensko spremenjene rastline) zaenkrat samo še poslabšala že tako slabe razmere v ohranjanju biodiverzitete. Z uporabo zgolj herbicidov širokega spektra v kmetijskih rastlinah, ki so na herbicid odporne, bi kmetijska zemljišča še hitreje postala kmetijska puščava.

2.4 OCENJEVANJE FITOTOKSIČNOSTI

V smernicah o ocenjevanju fitotoksičnosti pri rastlinah EPPO (PP 1/135 ..., 2006), ki so nastali pri organizaciji European and Mediterranean Plant Protection Organization, je navedeno, da učinke fitotoksičnosti lahko zasledimo pri rastlinah od vznika, v času celotne rastne sezone in ob spravilu. Znaki fitotoksičnosti lahko prizadanejo celo rastlino ali katerikoli posamezni del rastline. Zaželeno je, da simptome fotografiramo.

EPPO smernice (PP 1/135 ..., 2006) navajajo naslednje znake fitotoksičnosti pri kornuži: zaostanek pri vzniku, različno število vzniklih rastlin, zaostanek v rasti (pri doseganju posameznih razvojnih faz: število dni od vznika do 50 % metliččenja, število dni od vznika do 50 % svilanja, zrelost zrnja), inhibicija (višina rastline, dolžina storža, premer storža, ...), zmanjšanje števila rastlin, ki metličijo, razbarvanja, nekroze, deformacije, slabši pridelek.

2.5 DELOVANJE HERBICIDOV IN POŠKODBE NA RASTLINAH

Herbicidi so fitofarmaceutska sredstva, ki jih uporabljamo za zatiranje plevelov zato, da gojeni rastlini izboljšamo rastne pogoje oziroma izločimo konkurencu. Herbicidi so večinoma varni za gojene rastline, vendar se lahko zgodi, da tudi gojeno rastlino v določenih rastnih razmerah poškodujejo. V večini primerov selektivnost herbicidov temelji na naravni sposobnosti rastlin, da razgradijo herbicid na nestrupene snovi preden jih poškoduje. Za odkritje herbicida z določeno selektivnostjo je narejenih na sto tisoče poskusov. Z biotehnologijo oz. gensko tehnologijo (gensko spremenjene rastline) pa danes znanstveniki lahko celo omogočijo uporabo sicer nevarnega herbicida za gojeno rastlino (Boerboom, 2002). Nekaterim herbicidom so dodana tako imenovana varovala, to so snovi, ki pomagajo pri razgradnji aktivne snovi, ki bi bila sicer škodljiva za gojeno rastlino.

2.5.1 Tveganje za fitotoksičnost

V primeru naravne selektivnosti herbicida je le-ta precej odvisna od okoljskih dejavnikov. Koliko herbicida bo vsrkala gojena rastlina je odvisno od časa tretiranja, pred ali po vzniku. Pri tretiranju pred vznikom je odvisno od strukture tal in vsebnosti organske mase koliko herbicida bo ostalo za absorbcijo. V peščenih tleh in tleh z malo organske mase bo na voljo več herbicida in večja je možnost za pojav fitotoksičnosti. Prav tako v vlažnih tleh, v suhih pa se več herbicida veže na talne delce.

Pri tretiranju po vzniku je absorbcija herbicida odvisna od penetracije skozi kutikulo lista. Tako so najboljčutljivejše komaj vznikle rastline, ki še nimajo robustne voščene kutikule. Na absorbcijo herbicida prav tako močno vplivajo vremenske razmere. V vlažnih razmerah bo le-ta enostavnejša in v suhih slabša. Tudi višje temperature povečajo absorbcijo herbicida in seveda uporaba močil, ki jih dodajajo herbicidu za boljšo absorbcijo.

Ko je herbicid v rastlini, se prično metabolni procesi razgradnje, ki so odvisni predvsem od samega herbicida, gojene rastline in temperature. Pri višjih temperaturah večina encimov, ki sodelujejo pri razgradnji bolje deluje, zato se možnosti za fitotoksičnost povečajo pri nižjih temperaturah.

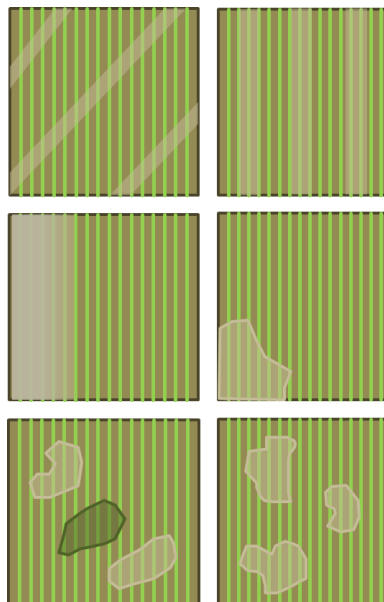
Ostali dejavniki, ki vplivajo na pojav fitotoksičnosti so še: fenofaza gojene rastline, genska raznolikost in interakcija ob uporabi herbicidov z določenimi insekticidi (Boerboom, 2002).

2.5.2 Sistematična analiza pojava fitotoksičnosti

Znaki fitotoksičnosti se pojavijo na polju, na rastlinah ali na delih rastlin (Bernards, 2009).

Vzorci na polju so lahko (Slika 1):

- a) pravilni (posledica napak pri mehanizaciji)
 - prekrivanje tretiranja
 - zbitost tal
 - onesnaženje škropilne brozge
 - napaka pri mešanju
 - napaka pri tretiranju
 - zanos škropiva
- b) naključni
 - zanos škropiva
 - topografija
 - vreme
 - stres rastlin
 - talna vlaga
 - tekstura tal, organska masa



Slika 1: Grafični prikaz znakov fitotoksičnosti na polju.
Figure 1: Field patterns of herbicide injuries.

Glede na dele rastline, ki so prizadeti, lahko sklepamo o času in vzroku poškodb. Prizadeti so lahko storži in zrna, zgornji listi, spodnji listi, korenine ali pa gre za kombinacijo vseh (Slika 1 in Slika 2).

Pri prenosu herbicida po listu lahko opazimo poškodbe kot so: deformirana rast, zastoje rasti, kloroze, nekroze, razbarvanje listov, upogibanje listov, manjkajoča zrnja v storžu in rdeča ali vijolična obarvanja listov.



Slika 2: Prikaz posameznih delov rastlin, kjer se lahko pojavijo znaki fitotoksičnosti.
Figure 2: Positions of herbicide injuries.

Potrebno se je vprašati, kdaj je poškodba nastala. Med ali takoj po vzniku so lahko prizadete tudi korenine, listi so razbarvani (pobeljeni), imajo klorotične žile ali so deformirani. Pri tretiranju po vzniku pa je vznik normalen in rastline na začetku z dobrim vigorjem, poškodbe pa se pokažejo kasneje.

2.5.3 Način delovanja herbicidov

Herbicide glede na način delovanja po WSSA (Weed Science Society of America) delimo na:

- Zaviralce sinteze lipidov
- Zaviralce sinteze aminokislin
- Rastne regulatorje – hormonski herbicidi
- Zaviralce fotosinteze
- Zaviralce metabolizma dušika
- Zaviralce barvil (oblikovanja karotenoidov)
- Zaviralce delovanja celičnih membran (encimskega sistema HPPD)
- Zaviralce rasti poganjkov
- Zaviralce vznika

Podrobne razlage lahko najdemo na spletni strani WSSA - Weed Science Society of America (Classification ..., 2013).

Tabela delitve herbicidov glede na način delovanja po HRAC je na voljo na njihovi spletni strani - Herbicide Resistance Action Committee (Summary ..., 2013).

2.5.4 Znaki fitotoksičnosti glede na način delovanja

Znaki fitotoksičnosti se lahko kažejo kot manjše, kozmetične poškodbe (drobni ožigi listov) ali kot resne poškodbe rasti vršičkov translociranih herbicidov.

Podajamo nekaj opisov mogočih fitotoksičnosti glede na način delovanja (Bernards, 2009) za registrirane herbicide v Sloveniji.

2.5.4.1 Rastni regulatorji – hormonski herbicidi

- 2,4-D (Kyleo, Esteron, Mustang, Herbocid)
- Dikamba (Arrat, Cambio, Casper, Banvel)
- Klopivalid (Lontrel)

Znaki fitotoksičnosti: zvijanje listov, suličasti listi, združene ali deformirane korenine, račji vratovi, krhka stebela.



Slika 3: Zvijanje listov (dikamba).
Figure 3: Onion leaf curving (dicamba).



Slika 4: Račji vratovi (dikamba).
Figure 4: Goosnecking (dicamba).

2.5.4.2 Zaviralci rasti poganjkov

- S–metolaklor (Camix, Dual gold, Lumax, Primextra TZ Gold)
- Dimetenamid (Frontier)
- Pendimetalin (Activus, Stomp)
- Flufenacet (Terano)

Znaki fitotoksičnosti: vznikle rastline zastanejo v rasti ali so deformirane, nepravilno odvijanje listov (ukrivljena rast listov – pastirska palica), listi se razvijejo pod zemljo, manj korenin, korenine zaostale v rasti, vijolično obarvana stebela ali listi.



Slika 5: Vijolično obarvani listi (S–metolachlor).
Figure 5: Purplish leaves (S-metolachlor).

2.5.4.3 Zaviralci fotosinteze

- Terbutilazin (Primextra, Lumax)
- Metribuzin
- Bromoxynil (Bromotril)

Znaki fitotoksičnosti: listni končiči in robovi se obarvajo najprej rumeno in nato rjavo (starejši listi so prvi prizadeti), medžilne kloroze, neizenačena rast na polju, popikani listi (drobne klorotične pikice), ožigi na robovih in konicah listov, nekrotične pege na listih.



Slika 6: Nekrotične pege na listih (terbutilazin).
Figure 6: Leaf chlorosis (terbutylazine).



Slika 7: Medžilne kloroze (terbutilazin).
Figure 7: Intervernal chlorosis (terbutylazine).

2.5.4.4 Zaviralci razvoja barvil (oblikovanja karotenoidov)

- Mezotrion (Callisto, Camix, Elumis, Lumax)
- Izoksaflutol (Adengo, Merlin)
- Tembotrion (Laudis)

Znaki fitotoksičnosti: razbarvanje (beljenje) listov.



Slika 8 in 9: Beljenje listov (tembotrion).
Figure 8 and 9: Bleaching of leaves (tembotrione).

2.5.4.5 Zaviralci sinteze aminokislin

- Zaviralci ALS encima (acetolaktat sintetaza)
 - Sulfonilsečnine

Znaki fitotoksičnosti: rumenkasti listi, nagrbančeni listi, novi listi se ne razvijajo pravilno (suličasti, zviti), zastoj rasti, vijolično obarvana stebila, listi ali medžilni prostori, ploščata rast korenin ali vzporedno s tlemi, videz krtače, manjše število korenin.

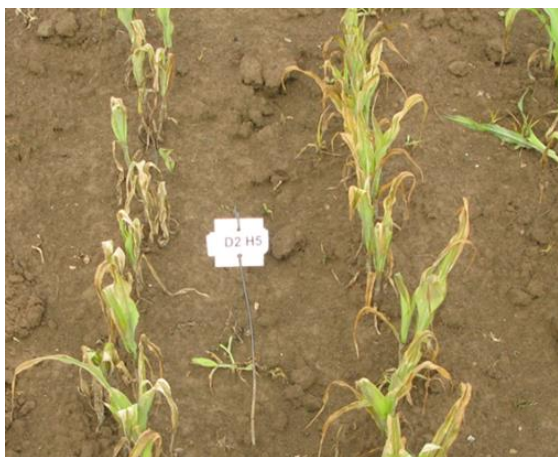


Slika 10: Rumenkasti listi (levo), vijolično obarvana stebila (sredina) in nepravilen razvoj listov (desno) (foramsulfuron, jodosulfuron–metil natrij).

Figure 10: Yellow flash on leaf whorl (left), purpling of stem (middle) and stunting of the plant (right).

- Zaviralci EPSPS encima (5 enolpiruvilšikimat–3–fosfat sintaza)
 - Glifosat (Kyleo)

Znaki fitotoksičnosti: prve poškodbe na srčnem listu v času tretiranja, listi počasi postanejo nekrotični (rumenijo), rdečenje in rjavenje listov, najprej so prizadeti najmlajši listi, venenje in nekroze listov, zastoj rasti in odmrtje celotne rastline.



Slika 11: Rumenenje in odmiranje (rjavenje) listov (glifosat).

Figure 11: Chlorotic leafes (yellow) and necrosis (brown) (glyphosate).

- Zaviralci GS encima (glutaminska sintetaza)

- Glufosinat amonij

Znaki fitotoksičnosti: rdečenje listov že ob majhnih odmerkih, kloroze, venenje in nekroze listov in odmrtnje celotne rastline.



Slika 12: Rdečenje listov (glufosinat amonij).

Figure 12: Reddening of leaves 8 (glufosinate ammonium).

3 MATERIAL IN METODE

Poljski poskus smo izvajali v letih 2008 in 2009 na poskusnem polju Biotehniške fakultete na Centru za razvoj podeželja in kmetijstva v Jablah pri Trzinu.

3.1 POSKUS IZ LETA 2008

V letu 2008 je bilo vključeno 53 linij in 53 populacij koruze iz genske banke na Biotehniški fakulteti v Ljubljani (Rozman, 1998) ter 19 hibridov z Opisne sortne liste za koruzo (2007), ki jih Sortna komisija R Slovenije uporablja kot standarde.

Vsi genotipi, vključeni v poskus, so bili, poleg kontrole (H0), tretirani s šestimi različnimi herbicidi: H1 (izoksafutol 75 %), H2 (mezotrion 3,75 %, S–metolaklor 37,5 %, terbutilazin 12,5 %), H3 (foramsulfuron 3 %, jodosulfuron–metil natrij 1 %), H4 (nikosulfuron 4 %), H5 (glufosinat–amonijeva sol 15 %) in H6 (glifosat v obliki izopropilamin soli 48 %). Odmerek vsakega herbicida smo uporabili v dveh variantah: v priporočenem (registriranem odmerku) (O1) in v podvojenem odmerku (O2).

Setev smo opravili 3. maja 2008, tretiranja s posameznimi herbicidi pa v dveh terminih, pred vznikom koruze, 9. maja 2008 (H1 in H2) in po vzniku koruze, 29. maja 2008, v fenofazi koruze 4 listov (H3, H4, H5 in H6).

Pojavnost plevelov smo ocenili le vizualno in sicer pred tretiranjem s herbicidi po vzniku koruze, 29. maja 2009 in po tretiranju s H1, H2, H3, H4, H5 in H6, 3. junija 2008.

V dveh ocenjevanjih smo vizualno ocenili število genotipov z znaki fitotoksičnosti po EPPO, prvič 10. junija 2008 in drugič 3. julija 2008.

3.2 POSKUS IZ LETA 2009

Na osnovi rezultatov poskusa iz leta 2008 (Modic in Rozman, 2009) je bilo v letu 2009 v poskus vključenih 20 linij in 20 populacij koruze iz genske banke na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani (Rozman, 1998) ter 7 hibridov z Opisne sortne liste za koruzo (2007) Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, ki jih Sortna komisija R Slovenije uporablja kot standarde. Poskus je bil zasnovan po split-plot metodi v treh ponovitvah (Slika 13). Velikost parcelice je bila 2 vrsti po 10 rastlin, razdalja setve pa 70 × 15 cm.

aplikacijo herbicida, še nekaj časa ostanejo zelena. Šele po tednu dni začnejo bledeti zaradi razpada klorofila (fotooksidacija). V začetnih fazah dobimo bledikasto zelenkasto mozaikaste rastline. Po 4 dneh začne propadati tkivo rjaveti in se sušiti. Izoksazole večinoma uporabljamo kot talne herbicide po setvi, pred vznikom. Najbolje delujejo v času vznika plevelov. Dobro prehajajo skozi korenine in delno tudi skozi nadzemne dele, zato lahko zatirejo tudi delno vznikle plevele. Delovanje na enoletne trave je slabo, zato navadno potrebujejo partnerja. Izkušnje kažejo, da so nekateri hibridi občutljivi, predvsem uporaba polnih odmerkov izoksafutola po vzniku (Lešnik, 2007). Fitofarmacevtsko sredstvo vsebuje tudi varovalo izoksadifen etil, ki omogoča koruzi razgradnjo aktivne snovi in jo tako ščiti pred možnimi poškodbami.

Opis FFS Merlin flexx (FITO-INFO, 2013):

UPORABA: Fitofarmacevtsko sredstvo (FFS) se uporablja kot selektivni herbicid, za zatiranje enoletnega širokolistnega in nekaterih vrst ozkolistnega plevela v koruzi v odmerku 0,3 L na ha pred vznikom koruze ali v odmerku 0,4 L na ha po vzniku koruze najpozneje do faze 2–3 listov koruze (BBCH 09–13), pri porabi 200–400 L vode na ha. Pred vznikom koruze se lahko sredstvo v odmerku 0,3 L/ha kombinira s pripravki, ki zatirajo ozkolistni plevel. Po vzniku se te kombinacije ne sme uporabiti.

Sredstvo dobro zatira: baržunasti oslez (*Abutilon theophrasti*), belo metliko (*Chenopodium album*), pasje zelišče (*Solanum nigrum*), divji sirek (*Sorghum halepense*) in ščavjelistno dresen (*Polygonum lapathifolium*).

Sredstvo slabše zatira: ščire (*Amaranthus* spp.), ptičjo dresen (*Polygonum aviculare*), breskovo dresen (*Polygonum persicaria*), muhviče (*Setaria* spp.), navadno kostrebo (*Echinochloa crus-galli*) in mrtvo koprivo (*Lamium* spp.).

FORMULACIJA: Koncentrirana uspenzija – SC

OPOZORILA: Na istem zemljišču se lahko sredstvo uporabi največ enkrat v eni rastni sezoni. Če se tretira koruzo, ki je že vznikla, ali ob obilnih padavinah, lahko pride do beljenja koruze. Če je pri taki koruzi rastni vršiček (meristemsko tkivo) zelen, potem se v dveh tednih rast koruze nadaljuje in to ne vpliva na pridelek.

Večina gojenih rastlin je zelo občutljivih na to sredstvo, zato je potrebno preprečiti vsakršno zanašanje na zelene dele sosednjih posevkov.

FITOTOKSIČNOST: Sredstvo, uporabljeno v skladu z navodili za uporabo, ni fitotoksično za koruzo. Sredstva se ne sme uporabljati na lahkih peščenih tleh in kraških poljih. Fitotoksičnost se lahko pojavi na lahkih peščenih tleh s pH višjim od 7,5, najpogosteje na zgodnjih FAO skupinah koruze, če takoj po tretiranju pade obilo dežja. Če se sredstvo uporablja po vzniku koruze, lahko pride do prehodnih poškodb. V primeru propada posevka koruze se lahko na isto površino poseje na novo samo koruzo.

KOLOBAR: Ozimine, kot so ozimna žita in oljna ogrščica, se lahko poseje 4 mesece po tretiranju s sredstvom po predhodnem preoravanju. Ostale gojene rastline se lahko vključi v kolobar naslednjo sezono, po setvi koruze tretirane s sredstvom.

KARENCA: Karenca za koruzo za zrnje je zagotovljena s časom uporabe, koruze za silažo se ne sme silirati pred fazo mlečne zrelosti.

3.3.2 H2 (mezotrion 3,75 %, S–metolaklor 37,5 %, terbutilazin 12,5 %)

Mezotrion spada v kemično skupino triketoni, ki delujejo kot zaviralci sinteze karotenoidov (HPPD–inhibitorji). Potujejo v obe smeri, akropetalno in bazipetalno. Njihova prednost je, ker delujejo listno in imajo zmeren talni rezidualni učinek. Selektivnost za koruzo je zelo velika. Ne delujejo dobro na trave. Imajo hkrati sistemsko in kontaktno delovanje. Odmiranje plevelov je počasno, zlasti če je v času aplikacije sončno sevanje manj intenzivno (Lešnik, 2007).

S–metolaklor spada v kemično skupino kloracetanilidi (anilidi karboksilnih kislin). Anilidi delujejo sistemsko in se absorbirajo skozi klične liste in skozi podzemne dele rastlin. Večinoma delujejo kot talni herbicidi, zaviralci kalitve. Učinkoviti so proti vznikajočim rastlinam, kasneje se njihova učinkovitost hitro zmanjšuje. Glavni mehanizem delovanja je oviranje delitve in rasti celic v rastnih vršičkih korenin in primarnih poganjkih. Omejujejo transport snovi, potrebnih za hitro delitev celic. Delovanje na ozkolistne plevelle je bolj izraženo od delovanja na širokolistne plevelle. Dobro delujejo na celice rastnih vršičkov trav, ki so še oviti v koleoptilo, delno tudi na celice koreninskega sistema trav. Pri enoletnih širokolistnih plevelih je ta učinek manj izrazit. Njihovo delovanje je odvisno od dostopne vlage (Lešnik, 2007).

Terbutilazin spada v kemično skupino triazini, klortriazini (derivati heterocikličnih organskih kislin s tremi dušikovimi atomi v obroču). Delujejo sistemsko in so talni in listni herbicidi. Talno delovanje je bolj izraženo od listnega, vendar je kakovost talnega delovanja močno odvisna od talne vlage. Hitrost delovanja je srednja, prve spremembe se pojavijo v 3–5 dneh po aplikaciji. Selektivnost je encimska in pozicijska. Kot inhibitorji fotosinteze na fotosistemu 2 zmanjšajo tok elektronov z vode na NADPH₂ in povzročijo, da se elektroni akumulirajo na klorofilih, s čimer onemogočajo delovanje klorofila. Herbicidi, ki delujejo na fotosintezo, povzročijo energetsko stradanje rastline, ker se ta ne more več oskrbovati z energijo in snovmi, ki nastajajo kot rezultat fotosinteze (Lešnik, 2007).

Opis FFS Lumax (FITO-INFO, 2013):

UPORABA: FFS je selektivni herbicid za zatiranje enoletnega ozkolistnega in širokolistnega plevela v koruzi, ki se uporablja:

a) pred vznikom koruze izven vodovarstvenih območij:

- na lahkih peščenih tleh v odmerku 3,25–3,5 L/ha (32,5–35 ml na 100 m²);
- na srednje težkih tleh v odmerku 3,5–3,75 L/ha (35–37,5 ml na 100 m²);
- na težkih tleh v odmerku 3,75–4 L/ha (37,5–40 ml na 100 m²).

b) zgodaj po vzniku koruze v odmerku 3–4 L/ha (30–40 ml na 100 m²), ko ima koruza največ 4 liste in ko ima ozkolistni plevel, predvsem kostreba, največ 3 liste (ne sme se še razraščati). Nižji odmerek se uporablja na lahkih tleh.

FORMULACIJA: Suspenzoemulzija – SE.

OPOZORILA: Pred vznikom uporaba sredstva na vodovarstvenih območjih ni dovoljena. S sredstvom se lahko na istem zemljišču tretira enkrat v eni rastni sezoni.

FITOTOKSIČNOST: Če se sredstvo uporablja v predpisanem odmerku in na ustrezen način, ne bo poškodovalo koruze.

MEŠANJE: Sredstvo se lahko meša z ostalimi herbicidi in gnojili, ki se uporabljajo v koruzi.

KARENCA: Karenca za koruzo je zagotovljena s časom uporabe.

3.3.3 H3 (foramsulfuron 3 %, jodosulfuron–metil natrij 1 %)

Foramsulfuron in jodosulfuron–metil natrij spadata v kemično skupino sulfonilsečnin. Ta skupina je po tržnem deležu in številčnosti sredstev najpomembnejša skupina herbicidov na svetu. Razvoj odpornosti na te herbicide je hiter do srednje hiter. Značilnost za to skupino je, da jih uporabljamo v zelo majhnih odmerkih (nekaj g do nekaj 10 g na ha) zato je ključna natančnost pri odmerjanju. Večina deluje preko listov in zaradi izredne biotične učinkovitosti pogosto povzročajo zmerno fitotoksičnost na rastlinah, ki sledijo v kolobarju. Delujejo kot zaviralci sinteze dolgih in razvejanih aminokislin (zavirajo sintezo ALS encima–acetolaktat sintetaza). Kmalu po vstopu v plevel se ustavi delitev celic v meristemih in pride do zastoja v razvoju. Posredno, kot posledica primarnih učinkov, se pojavi zastoj pri fotosintezi in v dihalnih procesih. Selektivnost temelji na sposobnosti gojenih rastlin, da jih hitro razgradijo. Selektivnost se zmanjša predvsem pri sušnem stresu in pri visokih temperaturah, manj pri nizkih temperaturah. Pri mnogih plevelih je delovanje počasno. Znake propadanja opazimo šele po 10–14 dneh. Vidimo zastoj rasti, rumenenje, odmiranje vršičkov, nekrozo žil in interkalarnih meristemov pri travah. Mnogi pleveli ne propadejo popolnoma, temveč le prenehajo z rastjo (Lešnik, 2007).

Opis FFS Maister OD (FITO-INFO, 2013):

UPORABA: FFS je sistemski herbicid za zatiranje ozkolistnega in širokolistnega plevela v koruzi. Uporablja se po vzniku koruze in plevela, ko je koruza v fenološki fazi 2 do 6 listov (BBCH 12–16) v odmerku 1,5 L/ha (15 ml/100m²) ob porabi vode 200 do 300 L/ha.

Sredstvo učinkovito zatira:

– ozkolistni pleveli: gluhi oves (*Avena fatua*), njivni lisičji rep (*Alopecurus myosuroides*), navadna kostreba (*Echinochloa crus-galli*), enoletna latovka (*Poa annua*), muhviči (*Setaria* spp.), plazeča pirnica (*Elymus repens*), angleška ljujka (*Lolium perenne*) in druge;
– širokolistni pleveli: ščiri (*Amaranthus* spp.), metlike (*Chenopodium* spp.), drobnocvetni rogovilček (*Galinsoga parviflora*), razhudnikovke (Solanaceae), križnice (Brassicaceae), kamilice (*Matricaria* spp.), ptičja dresen (*Polygonum aviculare*), breskova dresen (*Polygonum persicaria*), navadna zvezdica (*Stellaria media*) in druge.

FORMULACIJA: Oljna disperzija – OD

FITOTOKSIČNOST: Sredstvo, uporabljeno na način in v odmerku, kot je predpisano, ne povzroča poškodb na gojenih rastlinah. Pri mešanju sredstva s pripravki na osnovi aktivne snovi 2,4 D lahko pride do zvijanja listov koroze, če ima koroza že več kot 4 liste.

3.3.4 H4 (nikosulfuron 4 %)

Nikosulfuron spada v kemično skupino sulfonilsečnin.

Opis FFS Motivell (FITO-INFO, 2013):

UPORABA: FFS je herbicid za zatiranje plevela v korozi in sicer:

- a) za zatiranje enoletnega ozkolistnega in širokolistnega plevela, ko ima 2–6 listov, v odmerku 1 L/ha;
- b) za zatiranje večletnega ozkolistnega (rizomskega) plevela, ko je velik 20–30 cm, v odmerku 1,12 L/ha.

Učinkovitost sredstva, zlasti na divji sirek (*Sorghum halepense*), je boljša pri tretiranju v split aplikaciji (dvakrat po 0,56 L/ha). Prvo tretiranje je treba opraviti v času, ko ima plevel 2–6 listov, drugo pa po 10–14 dneh. Selektivnost na korozi je najboljša, ko ima koroza 3–6 listov. Priporočena poraba vode je 150–250 L/ha.

Optimalno delovanje sredstva je v toplem in vlažnem vremenu. Optimalna vlažnost tal pred tretiranjem in po njem pospešuje učinkovitost herbicida. Delovanje sredstva je slabše, če so rastline v času škropljenja v fiziološkem stresu (dolgotrajna suša), saj je sprejem aktivne snovi upočasnen. Sredstvo se lahko uporablja kot korekcijski herbicid po slabo uspeh ali neuspeh aplikacijah s talnimi herbicidi ali pa kot samostojen herbicid za tretiranje po vzniku plevela in koroze, brez predhodnega zatiranja plevela, še posebej na površinah zapleveljenih z divjim sirkom (*Sorghum halepense*) in laškim muhvičem (*Setaria italica*).

Za izboljšanje delovanja na širokolistni plevel se MOTIVELL-u lahko dodaja sredstva na osnovi aktivnih snovi bentazona in dikambe. Sredstva se dodaja MOTIVELL-u v predpisani količini pri prvi ali drugi split aplikaciji, kar je odvisno od razvoja plevela.

FORMULACIJA: Koncentrirana suspenzija – SC.

FITOTOKSIČNOST: Sredstvo se lahko uporablja pri različnih hibridih koroze za zrnje in siliranje. Sredstva za sterilizacijo tal in sistemični organofosforni insekticidi kisle pH reakcije, uporabljeni ob setvi, zmanjšujejo selektivnost sredstva na korozi.

3.3.5 H5 (bentazon 32 %, dikamba 9 %)

Bentazon spada v kemijsko skupino benzotiadiazinoni (amidi karboksilnih kislin), ki delujejo na fotosintetski aparat (fotosistem II). Bentazon je kontaktno delujoči listni herbicid. Je visoko selektiven za trave in selektiven za metuljnice. Zelo močno lahko poškoduje številne šaše in ločke (Lešnik, 2007).

Dikamba spada v kemijsko skupino derivatov benzojeve kisline (benzoati). Delujejo na širokolistne plevela, na trave pa ne. Selektivni so za korozi, žita in številne travniške

rastline. Dikamba je rastlinski rastni regulator auksinskega tipa kot 2,4 D, vendar ima dikamba prednost pred 2,4-D v hitrejšem vstopanju in hitrejši mobilnosti po rastlini. Herbicidi, ki delujejo kot rastni regulatorji, povzročajo nesorazmerja pri porabi energije in rastnih snovi (Lešnik, 2007).

Opis FFS Cambio (FITO-INFO, 2013):

UPORABA: FFS se uporablja kot herbicid za zatiranje enoletnega in večletnega širokolistnega plevela v korozi po vzniku koroze in plevela v odmerku 2–3 l/ha v času, ko koroza razvije 2 do največ 7 listov (12–17 po Zadoksu). Z nižjimi odmerki se tretira manjši plevel, z višjimi odmerki večji enoletni in večletni plevel. Z dodatkom močila se lahko izboljša učinkovitost sredstva.

Priporočena poraba vode je 200–300 l/ha (2–3 l/100 m²).

FORMULACIJA: Vodotopni koncentrat – SL

FITOTOKSIČNOST: Ob predpisanem načinu uporabe sredstvo ni fitotoksično za gojene rastline.

3.4 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

3.4.1 Zasnova poskusa

Poskus je bil narejen v split-plot zasnovi v 3 ponovitvah. Ta tip poskusa je zasnovan kot poskus z dvema dejavnikoma, ki ima veliko število tretiranj in ga ni mogoče razvrstiti v zaključen blok (Gomez in Gomez, 1984). Je alternativa dvofaktorskemu poskusu in ga uporabimo, kadar običajen poskus z dvema dejavnikoma iz praktičnih razlogov ni izvedljiv (Košmelj, 2002). En dejavnik je glavna parcela, ki je razdeljena na podparcele, ki predstavljajo drugi dejavnik.

Kot glavni dejavnik v poskusu so bili herbicidi, poddejavnik pa različni genotipi in sicer linije, populacije in hibridi. Shemo poskusa in slučajno razporeditev poskusnih členov smo naredili s pomočjo statističnega programa Agrobases Generation II[®].

3.4.2 Ocene fitotoksičnosti

Primerjali smo 5 tretiranj s herbicidi in kontrolo in 20 linij, 20 populacij in 7 hibridov v treh ponovitvah.

Ocene fitotoksičnosti koroze v statistiki pomenijo opisne spremenljivke. Za preverjanje naših domnev smo se odločili za Kruskal-Wallisovo enosmerno analizo variance na rangih, ki v analizo vključuje vrednosti mediane.

Vrednosti mediane lahko v primeru fitotoksičnosti zavedejo, saj je lahko le ta usodna za rastlino. Zato smo kot primerjavo dobljenih rezultatov pripravili še grafični prikaz modusov ocen fitotoksičnosti. Tako smo lahko izpostavili kot občutljive še nekatere genotipe, ki jih Kruskal-Wallisova analiza morda ne bi pokazala.

Modus je najpogostejša vrednost spremenljivke, torej vrednost z največjo frekvenco. Modusov je lahko več. Če se vrednosti enako mnogokrat ponovijo, modusa ne določimo (Košmelj, 2007).

3.4.3 Analiza merjenih parametrov

Analizo variance smo naredili po navodilu za analizo split-plot poskusa s programom Statgraphic 4. Da smo dobili pravilno izračunane F in p vrednosti smo naredili ustrezne spremembe. Za vsak faktor smo določili na kaj ga bomo testirali. Tako smo dobili pravilno izračunano split-plot zasnovu. Za končni rezultat smo upoštevali p vrednosti. Če je p vrednost manjša od 0,05 ali 0,01 obstajajo statistično značilne razlike med povprečji obravnavanj, kar pomeni, da zavrnilo ničelno hipotezo (Košmelj, 2002).

1. H_0 = ni interakcije med B in C
2. H_0 = povprečne vrednosti pri dejavniku A so enake. Ni vpliva dejavnika A
3. H_0 = povprečne vrednosti pri dejavniku B so enake. Ni vpliva dejavnika B

Vsebinska analiza

- Če je interakcija statistično značilna, nima smisla interpretirati glavnih vplivov. V takem primeru je poudarek analize na vsebinski interpretaciji interakcije (tabela povprečij po obravnavanjih, grafični prikazi, standardna napaka dveh povprečij)
- Če interakcija ni statistično značilna se posvetimo glavnim vplivom dejavnika (-ov), ki so statistično značilni. Za ta dejavnik naredimo tabelo povprečij in izračunamo standardno napako razlike povprečij in naredimo ustrezen preizkus. V takem primeru je poudarek analize na vsebinski interpretaciji glavnih vplivov.

Za testiranje statistično značilnih razlik med proučevanimi dejavniki smo uporabili Duncan-ov multipli rang test.

4 REZULTATI

4.1 METEOROLOŠKI PODATKI

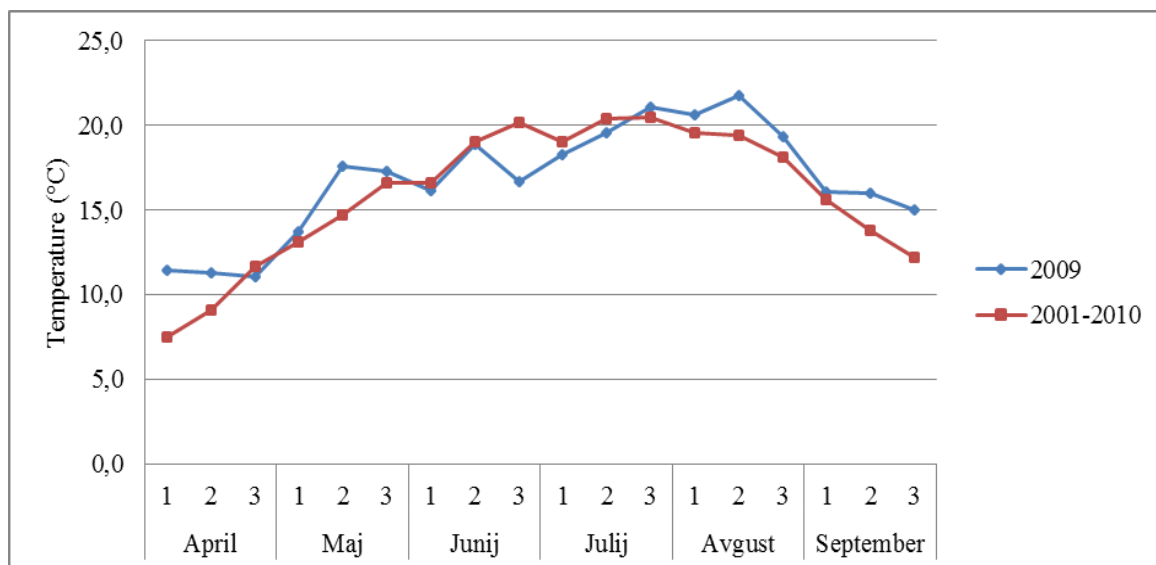
Poskus je potekal na poskusnem polju Biotehniške fakultete na Centru za razvoj kmetijstva in podeželja v Jablah, zato smo meteorološke podatke uporabili iz meteorološke postaje Brnik.

Uporabili smo podatke iz leta 2009, ko je potekal poskus in primerjavo z dolgoletnim povprečjem (od leta 2001–2010). Podatki za temperaturo in padavine so prikazani v dekadah.

V času setve so bile temperature ugodne, v prvih dveh dekadah maja pa je primanjkovalo padavin, kar je lahko razlog za slabši vznik nekaterih genotipov. Od tretje dekade maja do prve dekade julija so padavine presegle dolgoletno povprečje.

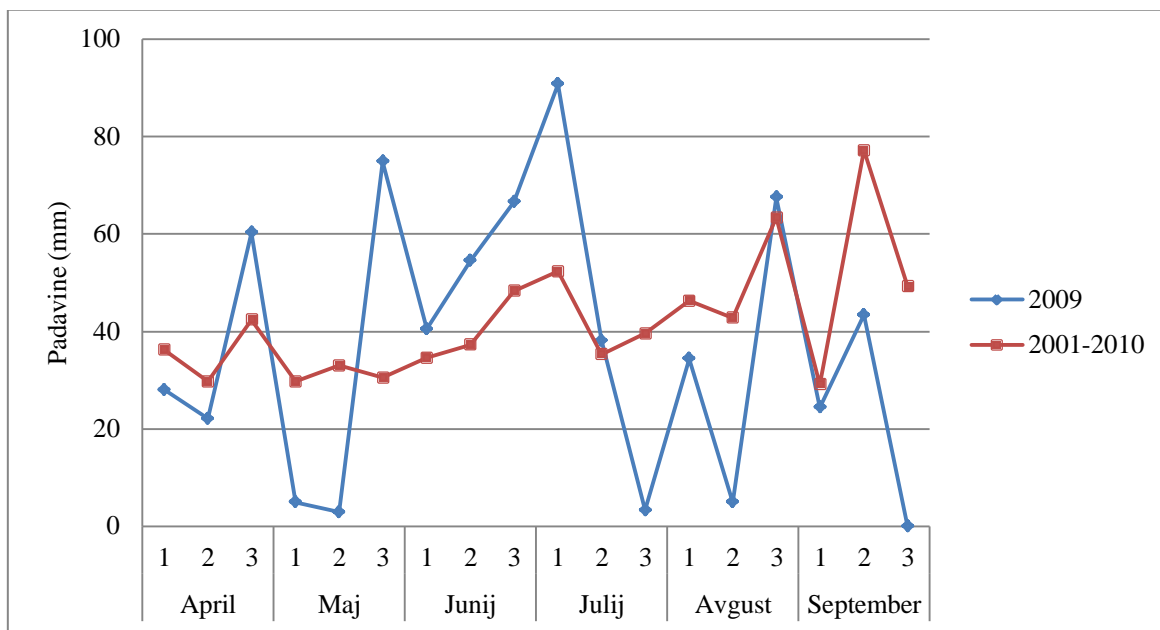
Najobčutljivejše razvojne faze koruze na pomanjkanje vode so obdobje metličenja, svilanja in oplodnje. Oplodnja v naših razmerah poteka med 10. julijem in 10. avgustom (Čergan in sod., 2008). V tem obdobju je bilo v letu 2009 pomanjkanje padavin, kar bi lahko imelo vpliv na nižje pridelke koruze v tem letu.

Temperature so bile skozi celo rastno sezono v letu 2009 ugodne za rast in razvoj koruze.



Slika 14: Povprečne dekadne temperature za Brnik v letu 2009 in v večletnem povprečju od 2001 do 2010 (ARSO, 2014).

Figure 14: Average temperatures for each decade for Brnik in 2009, and multi-year average from 2001 to 2010 (ARSO, 2014).



Slika 15: Količina padavin po dekadah v mm za Brnik v letu 2009 in v večletnem povprečju od 2001 do 2010 (ARSO, 2014).

Figure 15: Average rainfall for each decade in mm for Brnik in 2009, and multi-year average from 2001 to 2010 (ARSO, 2014).

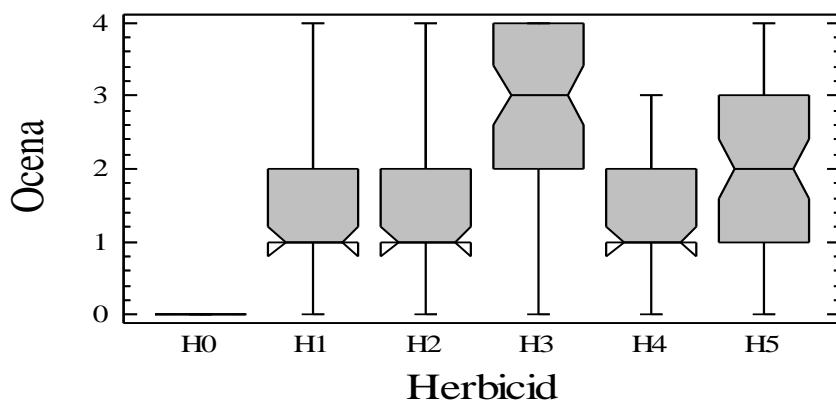
4.2 LINIJE

4.2.1 Analiza ocen fitotoksičnosti za linije

4.2.1.1 Kruskal-Wallisova analiza

Kruskal-Wallisova analiza variance je pokazala, da obstajajo statistično značilne razlike v ocenah fitotoksičnosti linij pri tretiranju z različnimi herbicidi (Slika 16).

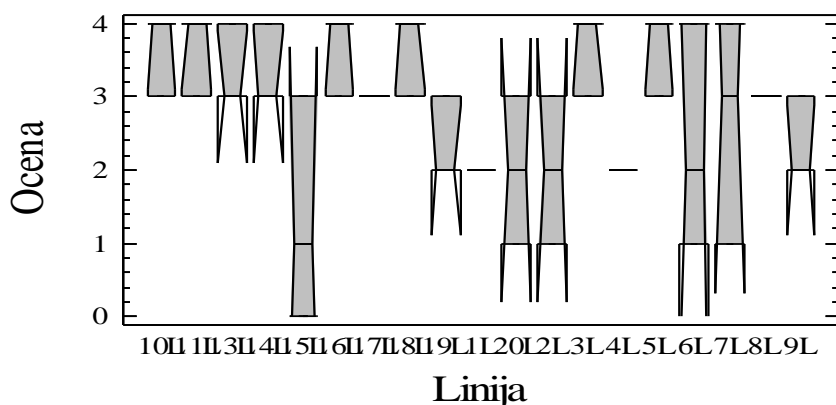
Okvirji z ročaji prikazujejo, da herbicid H3 dosega najvišjo mediano ocen fitotoksičnosti, sledi mu H5. H0 je kontrola–netretirano, kjer fitotoksičnosti zaradi vpliva herbicida ni moglo biti.



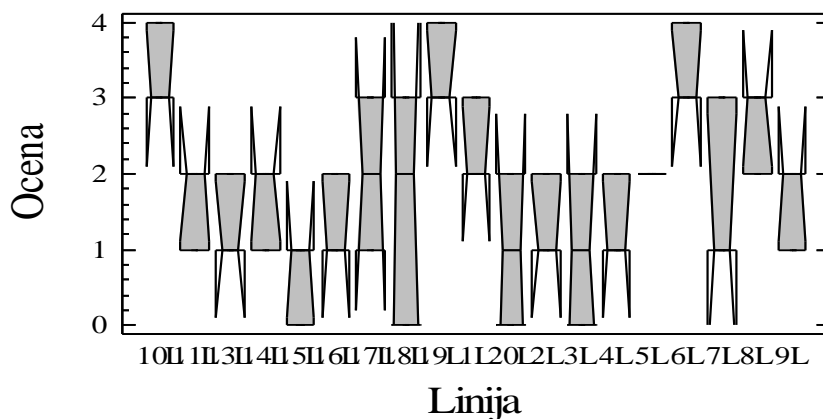
Slika 16: Prikaz okvirjev z ročaji za občutljivost linij, tretiranih z različnimi herbicidi.
Figure 16: Box-and-Whisker Plot for sensitivity of inbreds treated with different herbicides.

Statistično značilne razlike v ocenah poškodb med posameznimi linijami smo ugotovili pri tretiranjih s herbicidi H1, H3 in H5. Pri tretiranjih s H2, H4 in kontroli teh razlik nismo ugotovili.

Kot prag občutljivosti linij smo upoštevali mediano večjo ali enako 3. Največ občutljivih linij (skupaj 10) je bilo pri tretiranju s H3 (linije 3, 5, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 17 in 18, Slika 17), na H5 so občutljive štiri linije (Slika 18), na H1 pa samo dve (Slika 19). Nobena od teh linij ni bila občutljiva na vse tri herbicide.

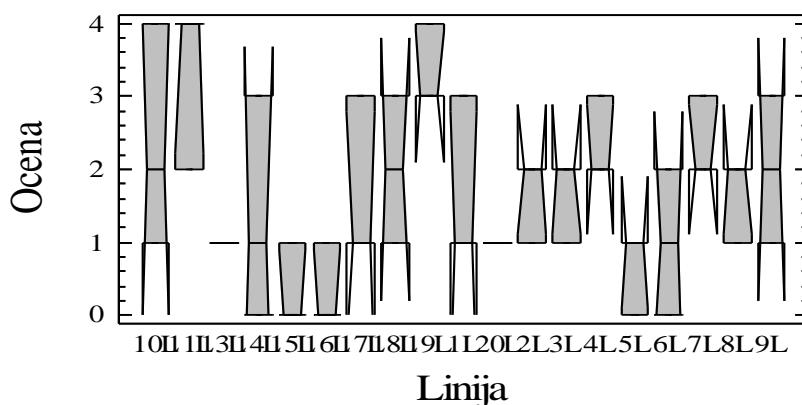


Slika 17: Prikaz okvirjev z ročaji za linije, tretirane s H3.
Figure 17: Box-and-Whisker Plot for individual inbreds treated with H3.



Slika 18: Prikaz okvirjev z ročaji za linije, tretirane s H5.

Figure 18: Box-and-Whisker Plot for individual inbreds treated with H5.

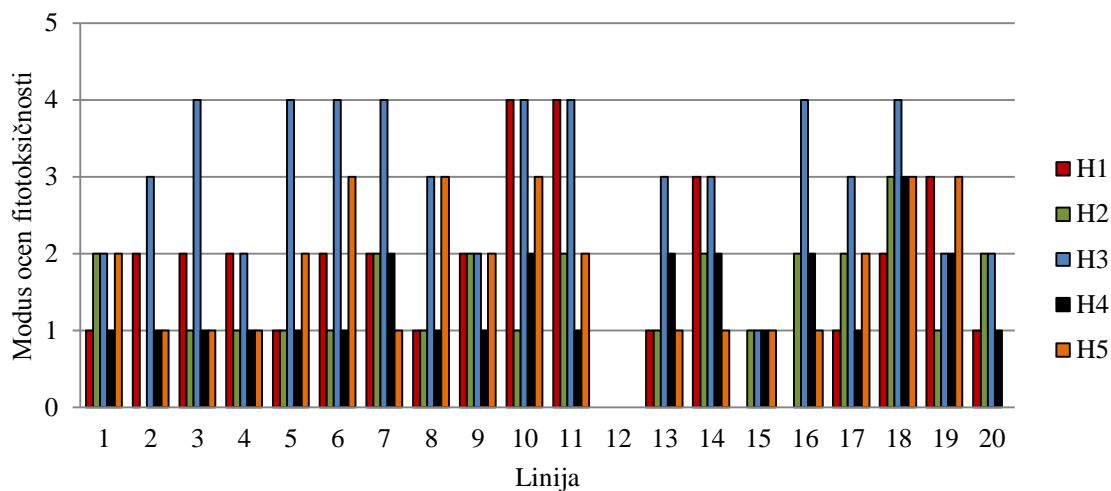


Slika 19: Prikaz okvirjev z ročaji za linije, tretirane s H1.

Figure 19: Box-and-Whisker Plot for individual inbreds treated with H1.

4.2.1.2 Modusi ocen fitotoksičnosti linij glede na tretiranje z različnimi herbicidi

Glede na vrednosti modusa so najbolj občutljive linije 10, 11 in 18 (Slika 20). Linija 10 je najbolj občutljiva na H1 in H3 z modusom 4 in na herbicid 5 z modusom 3. Linija 11 prav tako na H1 in H3 z modusom 4, medtem ko je občutljivost linije 18 ocenjena z modusom 4 le pri H3, a ima vrednosti modusa 3 še pri herbicidih 2, 4 in 5. Glede na vrednosti modusa je za linije najbolj fitotoksičen herbicid H3, saj je vrednost modusa 4 ocenjena kar pri 8 linijah.



Slika 20: Modusi ocen občutljivosti posameznih linij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.
Figure 20: Modes of phytotoxicity estimations for individual inbreds treated with different herbicides.

4.2.2 Analiza merjenih parametrov za linije

4.2.2.1 Število dni od vznika do 50 % metličenja za linije

Z analizo variance smo ugotovili, da med tretiranjimi z različnimi herbicidi v številu dni od vznika do 50 % metličenja ni statistično značilnih razlik, med linijami pa te razlike obstajajo. Interakcija med herbicidi in linijami ni statistično značilna.

Preglednica 1: Analiza variance za število dni od vznika do 50 % metličenja za linije.

Table 1: Analysis of variance for number of days from emergence to 50% of tasseling for inbreds.

Vir variabilnosti	SP	SKO	F	p-vrednost
Glavni vplivi				
A: Blok	2	41,4887		
B: Herbicid	5	11,8539	1,09(1)	0,4203
C: Linija	18	447,913	90,37(0)	0,0000
Interakcija				
AB	10	10,8274		
BC	90	4,3062	0,87(0)	0,7757
Ostanek	213	4,95639		
Skupaj	338			

F-vrednosti so zasnovane na naslednjih povprečnih kvadratih:

F-ratios are based on the following mean squares:

(0) Ostanek – Residual

(1) AB – Interaction A×B

SKO – srednji kvadriran odklon – Mean square

SP – stopinje prostosti – Degree of freedom

Zanimalo nas je ali so razlike v metličenju pri posameznih linijah glede na različna tretiranja s herbicidi. Statistično značilen vpliv herbicida na število dni od vznika do 50 % metličenja smo ugotovili pri linijah: 4, 5, 11, 14 in 17 (Preglednica 2, Slika 21).

Liniji 4 in 11 sta imeli najdaljši čas od vznika do 50 % metličenja pri tretiranju s H1, liniji

5 in 14 pri H3, pri H2 pa linija 17. Na različne herbicide je najbolj reagirala linija 14, saj je med tretiranj s H4 in H3 v času metličenja kar 6 dni razlike. Herbicida H1 in H3 sta pri omenjenih linijah najbolj različno vplivala na čas metličenja.

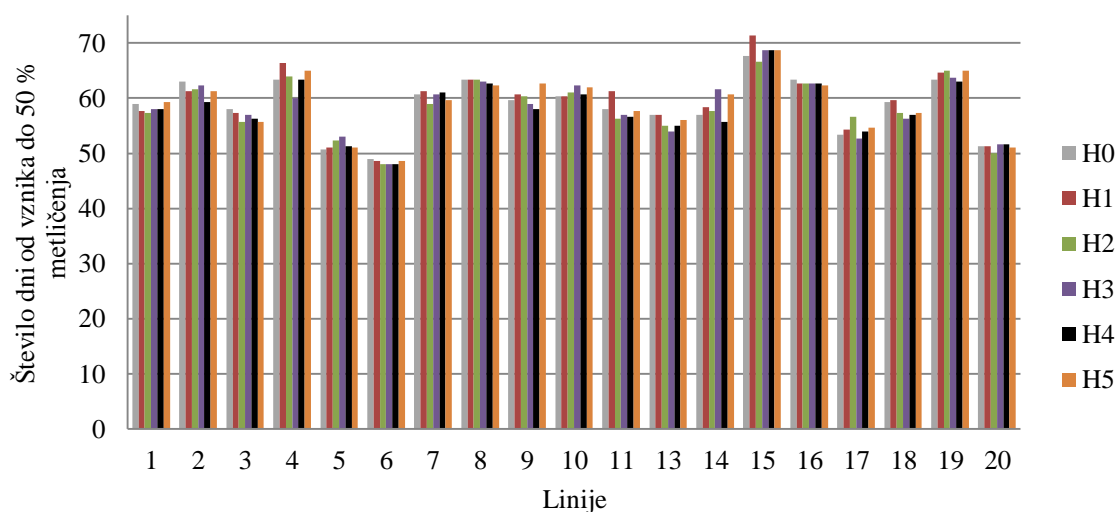
Preglednica 2: Test mnogoterih primerjav za število dni od vznika do 50 % metličenja za posamezne linije (DMRT, $p=0,05$).

Table 2: Multiple range tests for number of days from emergence to 50% of tasseling for individual inbreds (DMRT, $p=0.05$).

Herbucid	L4	L5	L11	L14	L17
H0	63,3* ab	50,6 a	58,0 ab	57,0 ab	53,3 a
H1	66,3 b	51,0 a	61,3 b	58,3 abc	54,3 ab
H2	64,0 ab	52,3 ab	56,3 a	57,7 ab	56,7 b
H3	60,0 a	53,0 b	57,0 a	61,7 c	52,6 a
H4	63,3 ab	51,3 a	56,7 a	55,7 a	54,0 ab
H5	65,0 ab	51,0 a	57,7 ab	60,7 bc	54,7 ab

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.



Slika 21: Število dni od vznika do 50 % metličenja linij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.

Figure 21: Number of days from emergence to 50 % of tasseling for individual inbreds treated with different herbicides.

4.2.2.2 Število dni od vznika do 50 % svilanja za linije

Statistično značilnih razlik v številu dni od vznika do 50 % svilanja pri tretiranju z različnimi herbicidi nismo ugotovili, med samimi linijami pa so statistično značilne razlike. Interakcije med herbicidi in linijami nismo ugotovili.

Preglednica 3: Analiza variance za število dni od vznika do 50 % svilanja za linije.

Table 3: Analysis of variance for number of days from emergence to 50% of silking for individual inbreds.

Vir variabilnosti	SP	SKO	F	p-vrednost
Glavni vplivi				
A: Blok	2	133,749		
B: Herbicid	5	30,1965	1,15(1)	0,3951
C: Linija	18	370,829	49,6(0)	0,0000
Interakcija				
AB	10	26,1953		
BC	90	7,73883	1,04(0)	0,4139
Ostanek	211	7,47652		
Skupaj	336			

F-vrednosti so zasnovane na naslednjih povprečjih kvadratov:

F-ratios are based on the following mean squares:

(0) Ostanek – Residual

(1) AB – Interaction A×B

SKO – srednji kvadriran odklon – Mean square

SP – stopinje prostosti – Degree of freedom

Statistično značilen vpliv herbicida na število dni od vznika do 50 % svilanja smo ugotovili pri linijah: 1, 2, 8 in 11 (Preglednica 4, Slika 22). Linije 1 in 2 so imele najdaljši čas do svilanja pri kontroli (netretirano), linija 11 pri H1, linija 8 pa pri tretiranju s H5. Pri vseh teh linijah je vsaj en herbicid statistično značilno vplival na krajši čas do svilanja (pri liniji 2 H3, pri liniji 11 H4, pri liniji 1 H2 in H5, pri liniji 8 pa H1, H2 in H3). Kot je razvidno iz podatkov so pri teh štirih linijah herbicidi zelo različno vplivali na čas svilanja.

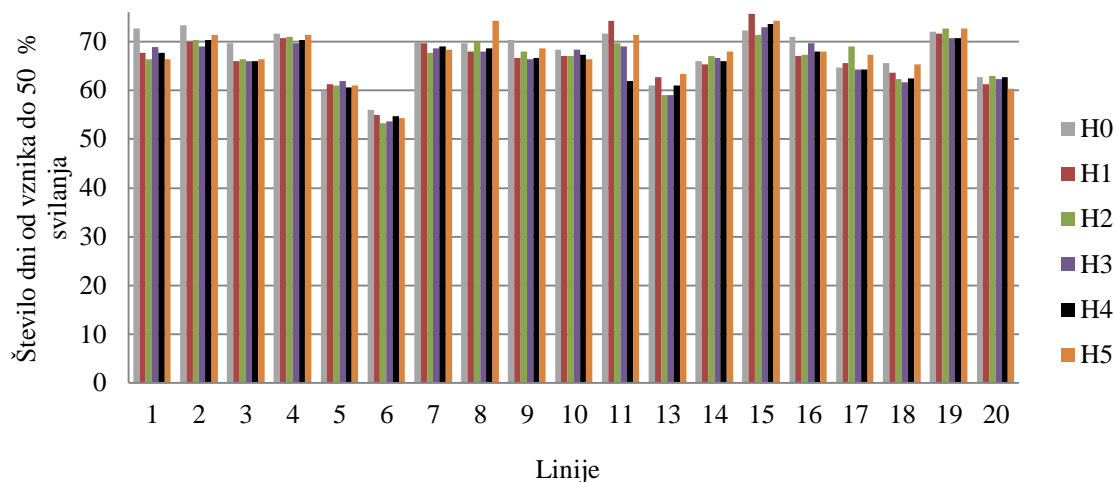
Preglednica 4: Test mnogoterih primerjav število dni od vznika do 50 % svilanja za posamezne linije (DMRT, p=0,05).

Table 4: Multiple range tests for number of days from emergence to 50% of silking for individual inbreds (DMRT, p=0.05).

Herbicid	L1	L2	L8	L11
H0	72,7 b	73,3 b	69,7 ab	71,7 ab
H1	67,7 ab	70,0 ab	68,0 a	74,3 b
H2	66,3 a	70,3 ab	70,0 ab	69,7 ab
H3	67,0 ab	69,0 a	68,0 a	69,0 ab
H4	67,7 ab	70,3 ab	68,7 a	62,0 a
H5	66,3 a	71,3 ab	74,3 b	71,3 ab

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.



Slika 22: Število dni od vznika do 50 % svilanja linij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.
Figure 22: Number of days from emergence to 50 % of silking for individual inbreds treated with different herbicides.

4.2.2.3 Višina storža za linije

Tudi v višini storža nismo pri tretiranju z različnimi herbicidi ugotovili statistično značilnih razlik, medtem ko med samimi linijami statistično značilne razlike so. Prav tako nismo ugotovili statistično značilne interakcije med herbicidi in linijami (Preglednica 5).

Preglednica 5: Analiza variance za višino storža za linije.
Table 5: Analysis of variance for the height of the uppermost ear for inbreds.

Vir variabilnosti	SP	SKO	F	p-vrednost
Glavni vplivi				
A: Blok	2	268,176		
B: Herbicid	5	299,089	1,74(1)	0,2134
C: Linija	18	1858,88	15,70(0)	0,0000
Interakcija				
AB	10	171,988		
BC	90	151,311	1,28(0)	0,0778
Ostane	211	118,411		
Skupaj	336			

F-vrednosti so zasnovane na naslednjih povprečjih kvadratih:
F-ratios are based on the following mean squares:
(0) Ostanek – Residual
(1) AB – Interaction A×B
SKO – srednji kvadriran odklon – Mean square
SP – stopinje prostosti – Degree of freedom

Kljub temu smo pri linijah 1, 3, 4, 5, 6, 10, 13, 15, 20 ugotovili statistično značilni vpliv herbicida na višino storža (Preglednica 6, Slika 23).

Razen pri liniji 3 (4 homogene skupine) so pri vseh ostalih linijah samo 2 ali 3 homogene skupine, ki se pri linijah 6, 10, 15 in 20 tudi močno prekrivajo. Linije 5,13 in 20 imajo najvišje nastavljene storže pri tretiranju s H5. Linija 3 pri H5 in H1, linija 10 pa pri H5 in

H2. Od teh odstopa linija 4, pri kateri so pri tretiranjih s H1, H4 in H5 statistično višje nastavljeni storži kot pri kontroli ter pri H2 in H3. Glede na to skupino linij, kjer smo ugotovili statistično značilne razlike, sta na višje nastavljene storže najbolj vplivala herbicida H5 in H1.

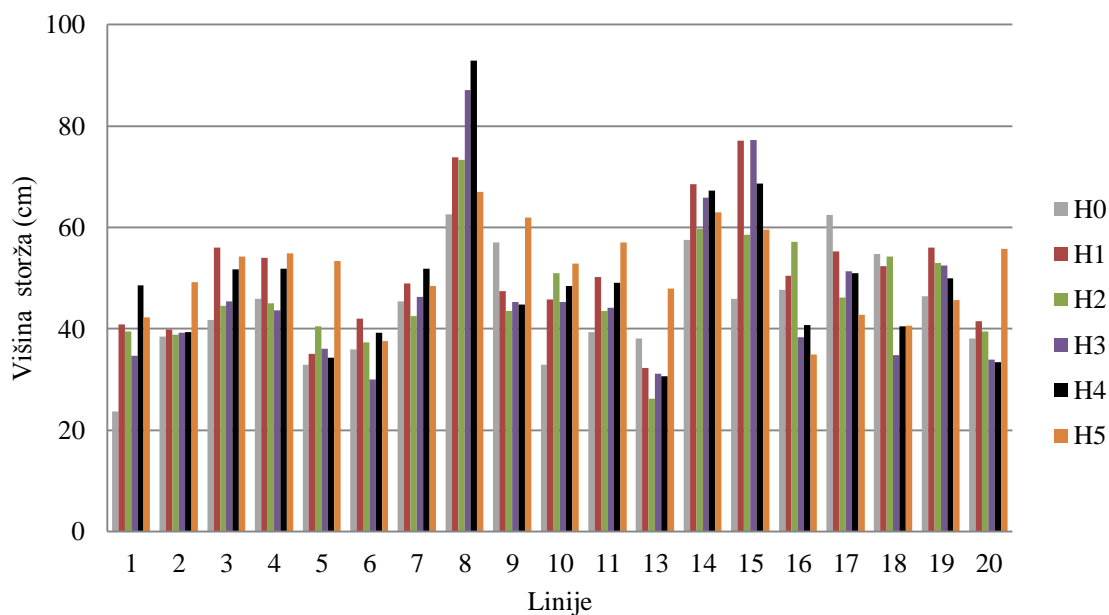
Preglednica 6: Test mnogoterih primerjav višine storža za posamezne linije (DMRT, $p=0,05$).

Table 6: Multiple range tests for the height of the uppermost ear for individual inbreds (DMRT, $p=0,05$).

Herbicide	L1	L3	L4	L5	L6	L10	L13	L15	L20
H0	32,2 a	41,8 a	45,9 a	32,8 a	35,9 ab	32,9 a	38,1 ab	45,9 a	38,1 ab
H1	40,8 a	56,1 d	53,9 b	35,0 a	41,9 b	45,8 ab	32,3 a	77,0 b	44,9 ab
H2	39,5 a	44,5 ab	45,1 a	40,5 ab	37,3 ab	51,7 b	26,2 a	58,5 ab	38,6 ab
H3	59,5 b	45,5 abc	43,7 a	36,0 a	30,0 a	45,3 ab	31,1 a	77,2 b	34,0 ab
H4	48,6 ab	51,7 bcd	51,8 b	34,3 a	39,2 b	48,5 ab	30,7 a	68,7 ab	33,4 a
H5	42,3 ab	54,2 cd	54,8 b	53,4 b	37,6 ab	52,9 b	47,9 b	59,6 ab	55,8 b

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.



Slika 23: Višina storžev pri linijah glede na tretiranje z različnimi herbicidi.

Figure 23: Height of the uppermost ear for individual inbreds treated with different herbicides.

4.2.2.4 Višina rastlin za linije

Statistično značilnih razlik v višini rastlin pri tretiranju z različnimi herbicidi nismo ugotovili, smo pa statistično značilne razlike ugotovili med linijami. Tudi interakcija med herbicidi in linijami ni statistično značilna (Preglednica 7).

Preglednica 7: Analiza variance za višino rastlin za linije.
Table 7: Analysis of variance for plant height for inbreds.

Vir variabilnosti	SP	SKO	F	p-vrednost
Glavni vplivi				
A: Blok	2	960,207		
B: Herbicid	5	846,66	1,43(1)	0,2936
C: Linija	18	3206,51	14,69(0)	0,0000
Interakcija				
AB	10	591,262		
BC	90	265,038	1,21(0)	0,1303
Ostanek	211	218,304		
Skupaj	336			

F-vrednosti so zasnovane na naslednjih povprečnih kvadratih:

F-ratios are based on the following mean squares:

(0) Ostanek – Residual

(1) AB – Interaction A×B

SKO – srednji kvadriran odklon – Mean square

SP – stopinje prostosti – Degree of freedom

Statistično značilen vpliv herbicida na višino rastlin smo ugotovili pri linijah: 1, 4, 7, 8, 10, 17 in 20 (Preglednica 8, Slika 24). Pri vseh linijah, razen pri liniji 10, kjer smo ugotovili statistično značilne razlike v višini rastlin, sta na višje rastline vplivala herbicida H1 ali H4 ali celo oba herbicida. Samo pri kontroli so bile statistično najnižje rastline pri linijah 4 in 10; pri liniji 7 pri kontroli, H2 in H5; herbicid H4 pri liniji 20, medtem ko je herbicid H5 vplival na statistično najnižje rastline pri linijah 1, 8 in 17.

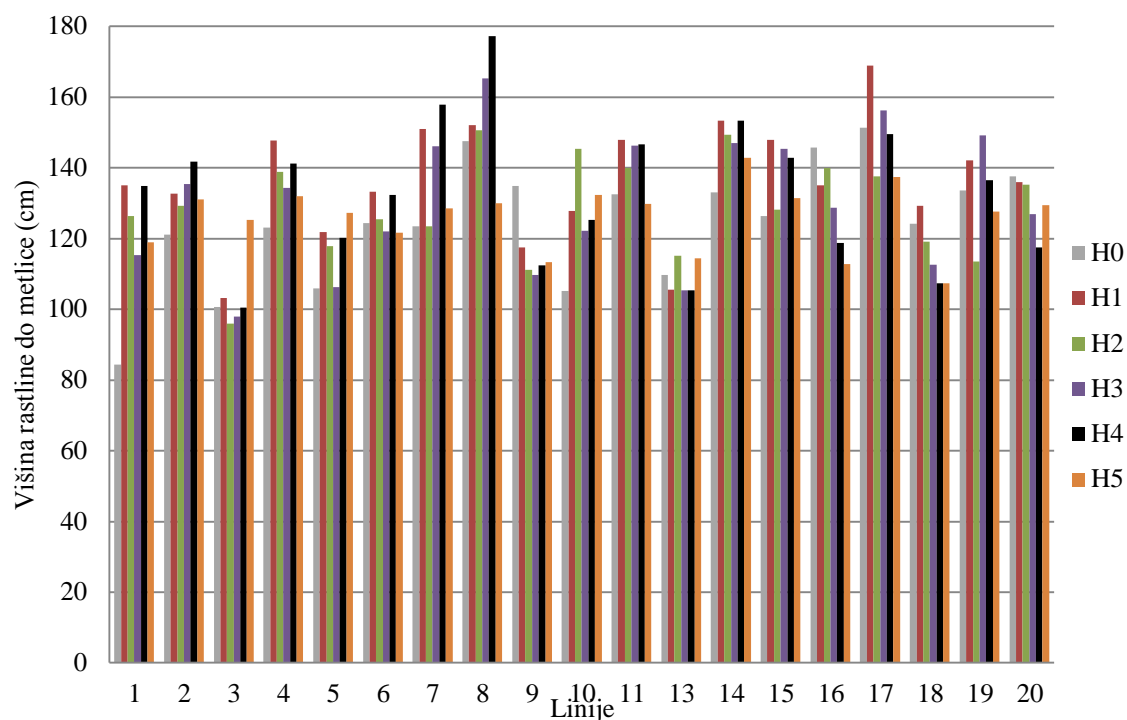
Preglednica 8: Test mnogoterih primerjav za višino rastlin za posamezne linije (DMRT, p=0,05).

Table 8: Multiple range tests for plant height for individual inbreds (DMRT, p=0.05).

Herbicid	L1	L4	L7	L8	L10	L17	L20
H0	126,1 ab	123,1 a	123,5 a	147,6 ab	105,3 a	151,4 ab	137,6 b
H1	135,1 b	147,7 b	151,0 b	152 ab	127,8 ab	169,0 b	138,6 b
H2	126,3 ab	138,9 ab	123,5 a	150,6 ab	143,7 b	137,7 a	134,4 b
H3	121,9 ab	134,4 ab	146,1 b	165,3 ab	122,2 ab	156,2 ab	127,0 ab
H4	134,9 b	141,1 b	157,8 b	177,3 b	125,2 ab	149,5 ab	117,5 a
H5	118,9 a	132,0 ab	128,5 a	130,0 a	132,3 ab	137,3 a	129,4 ab

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.



Slika 24: Višina rastlin linij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.
Figure 24: Plant height for individual inbreds treated with different herbicides.

4.2.2.5 Dolžina storža za linije

Ugotovili smo, da imajo linije in herbicidi statistično značilen vpliv na dolžino storža, nismo pa ugotovili statistično značilne interakcije med herbicidi in linijami (Preglednica 9).

Preglednica 9: Analiza variance za dolžino storža za linije.
Table 9: Analysis of variance for ear length for inbreds.

Vir variabilnosti	SP	SKO	F	p-vrednost
Glavni vplivi				
A: Blok	2	22,237		
B: Herbicid	5	18,8291	4,06(1)	0,0284
C: Linija	18	44,401	26,83 (0)	0,0000
Interakcija				
AB	10	4,63579		
BC	90	1,15619	0,70(0)	0,9737
Ostanek	216	1,65462		
Skupaj	341			

F-vrednosti so zasnovane na naslednjih povprečjih kvadratov:

F-ratios are based on the following mean squares:

(0) Ostanek – Residual

(1) AB – Interaction A×B

SKO – srednji kvadriran odklon – Mean square

SP – stopinje prostosti – Degree of freedom

Pri kontroli in H5 so bili storži statistično značilno krajši od storžev, tretiranih z ostalimi herbicidi, med katerimi pa ni bilo statistično značilnih razlik (Preglednica 10).

Preglednica 10: Test mnogoterih primerjav dolžine storža za linije (DMRT, $p=0,05$).

Table 10: Multiple range tests for ear length for inbreds (DMRT, $p=0.05$).

Herbucid	Dolžina storža (cm)
H0	10,3 a
H5	10,3 a
H3	11,2 b
H4	11,2 b
H2	11,5 b
H1	11,5 b

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.

Statistično značilen vpliv herbicida na dolžino storža smo ugotovili pri linijah: 2, 7, 8 in 13 (Preglednica 11, Slika 25). Pri posameznih linijah so bili statistično značilno daljši storži kot pri kontroli pri tretiranju s H1 pri liniji 8, H2 (linija 13), H3 (linij 2 in 8) ter pri tretiranju s H4 (liniji 7 in 8).

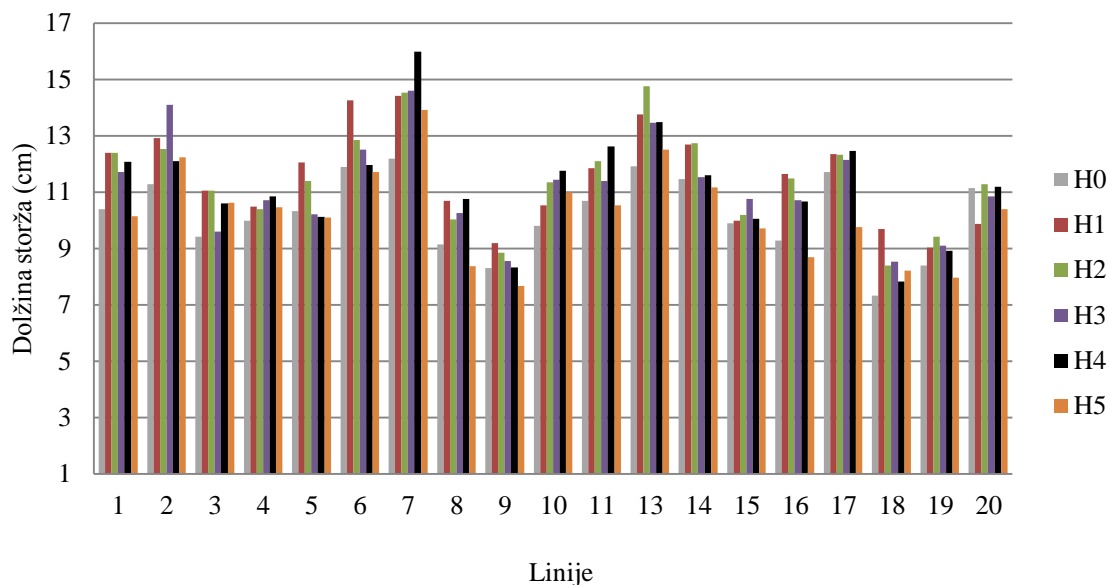
Preglednica 11: Test mnogoterih primerjav dolžine storža za posamezne linije (DMRT, $p=0,05$).

Table 11: Multiple range tests for ear length for individual inbreds (DMRT, $p=0.05$).

Herbucid	L2	L7	L8	L13
H0	11,3 a	12,2 a	9,2 ab	11,9 a
H1	12,9 ab	14,4 ab	10,7 c	13,8 ab
H2	12,5 ab	14,5 ab	10,0 bc	14,8 b
H3	14,1 b	14,6 ab	10,3 c	13,5 ab
H4	12,1 a	16,0 b	10,8 c	13,5 ab
H5	12,3 ab	13,9 ab	8,4 a	12,5 ab

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.



Slika 25: Dolžina storžev linij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.
Figure 25: Ear length for individual inbreds treated with different herbicides.

4.2.2.6 Teža storža za linije

Enake rezultate, kot za dolžino storža linij, smo dobili tudi za maso storža in sicer statistično značilne razlike med herbicidi in med linijami ter statistično neznačilno interakcijo.

Preglednica 12: Analiza variance za maso storža za linije.
Table 12: Analysis of variance for ear weight for inbreds.

Vir variabilnosti	SP	SKO	F	p-vrednost
Glavni vplivi				
A: Blok	2	0,0389414		
B: Herbicid	5	0,0476315	5,45(1)	0,0112
C: Linija	18	0,0729356	12,53(0)	0,0000
Interakcija				
AB	10	0,00874697		
BC	90	0,00489978	0,84(0)	0,8244
Ostanek	213	0,0058217		
Skupaj	338			

F-vrednosti so zasnovane na naslednjih povprečjih kvadratov:

F-ratios are based on the following mean squares:

(0) Ostanek – Residual

(1) AB – Interaction A×B

SKO – srednji kvadriran odklon – Mean square

SP – stopinje prostosti – Degree of freedom

Statistično značilno najlažji storži so bili pri kontroli in H5, pri tretiranju z ostalimi herbicidi so bili storži težji in med njimi statistično značilnih razlik ni bilo (Preglednica 13).

Preglednica 13: Test mnogoterih primerjav za maso storža za linije (DMRT, $p=0,05$).
Table 13: Multiple range tests for ear weight for inbreds (DMRT, $p=0.05$).

Herbucid	Masa storžev
H5	0,18 a
H0	0,19 a
H3	0,23 b
H2	0,24 b
H4	0,25 b
H1	0,25 b

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.

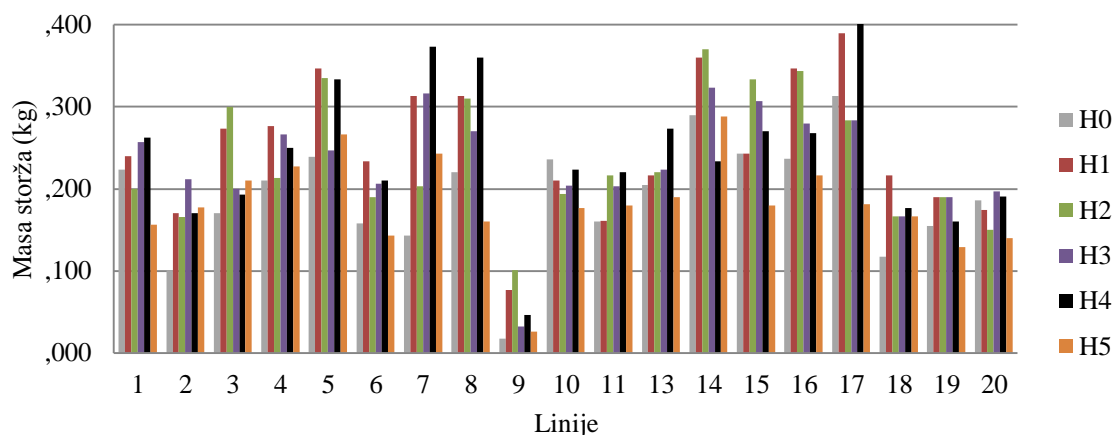
Statistično značilen vpliv herbicida na maso storža smo ugotovili pri linijah: 1, 2, 7, 8, 14 in 15 (Preglednica 14, Slika 26). Statistično značilno težji storži kot pri kontroli so bili pri tretiranju s H4 pri linijah 1, 7 in 8; pri tretiranju s H3 pri linijah 2 in 15 in pri tretiranju s H2 pri linijah 14 in 15.

Preglednica 14: Test mnogoterih primerjav za maso storža za posamezne linije (DMRT, $p=0,05$).
Table 14: Multiple range tests for ear weight for individual inbreds (DMRT, $p=0.05$).

Herbucid	L1	L2	L7	L8	L14	L15
H0	0,22 ab	0,10 a	0,14 a	0,22 ab	0,29 ab	0,24 ab
H1	0,24 ab	0,17 ab	0,31 ab	0,31 ab	0,36 ab	0,24 ab
H2	0,20 ab	0,17 ab	0,20 ab	0,31 ab	0,37 b	0,33 b
H3	0,26 ab	0,21 b	0,32 ab	0,27 ab	0,32 ab	0,31 b
H4	0,26 b	0,17 ab	0,37 b	0,36 b	0,23 a	0,27 ab
H5	0,16 a	0,18 ab	0,24 ab	0,16 a	0,29 ab	0,18 a

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.



Slika 26: Masa storžev linij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.

Fig. 26: Ear weight for individual inbreds treated with different herbicides.

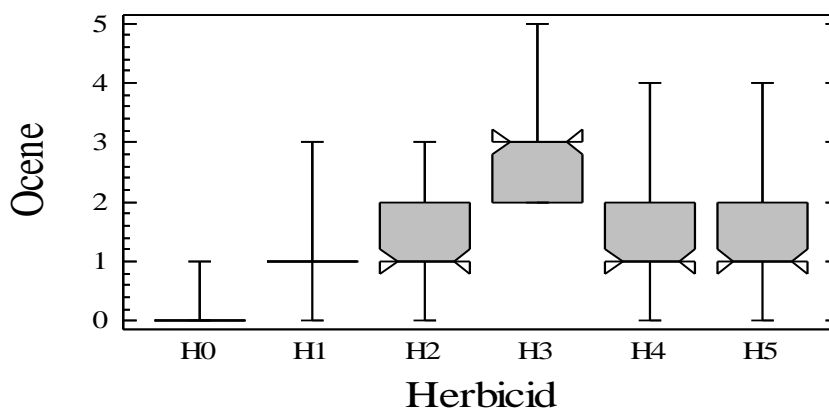
4.3 POPULACIJE

4.3.1 Analiza ocen fitotoksičnosti za populacije

4.3.1.1 Kruskal-Wallisova analiza

Kruskal-Wallisova analiza variance je pokazala, da obstajajo statistično značilne razlike med ocenami fitotoksičnosti pri tretiranju z različnimi herbicidi tudi pri populacijah (Slika 27).

Okvirji z ročaji prikazujejo, da herbicid H3 dosega najvišjo mediano ocen fitotoksičnosti z vrednostjo 3. Tudi pri populacijah ima najvišjo oceno (mediana 3) tretiranje s H3, ki odstopa po višji oceni od vseh ostalih tretiranj.

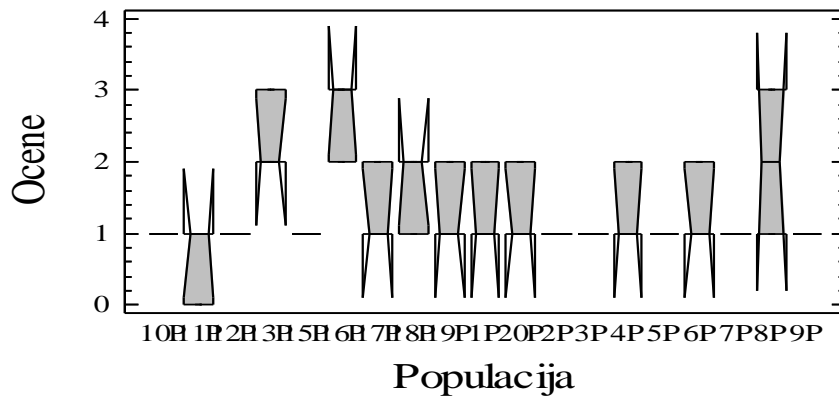


Slika 27: Prikaz okvirjev z ročaji za občutljivost populacij, tretiranih z različnimi herbicidi.

Figure 27: Box-and-Whisker Plot for sensitivity of populations treated with different herbicides.

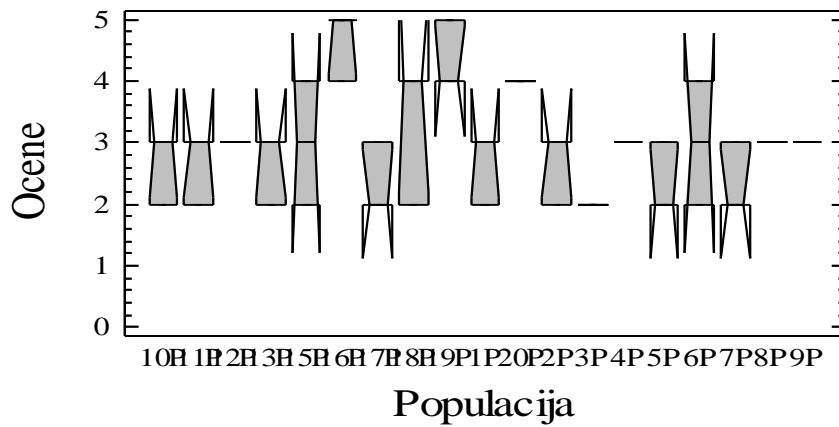
Statistično značilne razlike med posameznimi populacijami smo ugotovili pri tretiranjih s H2 in H3.

Ob enakem kriteriju občutljivosti kot pri linijah (mediana 4), se je kot najbolj občutljiva na herbicid H2 pokazala le populacija 16 (Slika 28). Več populacij je bilo občutljivih na H3, saj so samo 4 populacije imele mediane nižje od 3 (Slika 29). Najbolj občutljive so bile populacije 16 (mediana 5) ter populaciji 19 in 20 z mediano 4, ostale populacije so imele mediano ocen 3. Samo populacija 16 se je pokazala kot občutljiva za oba herbicide (H2 in H3), populacije 3, 5, 7 in 17 pa so bile pri obeh herbicidih manj občutljive od ostalih populacij.



Slika 28: Prikaz okvirjev z ročaji za populacije, tretirane s H2.

Figure 28: Box-and-Whisker Plot for individual populations treated with H1.



Slika 29: Prikaz okvirjev z ročaji za populacije, tretirane s H3.

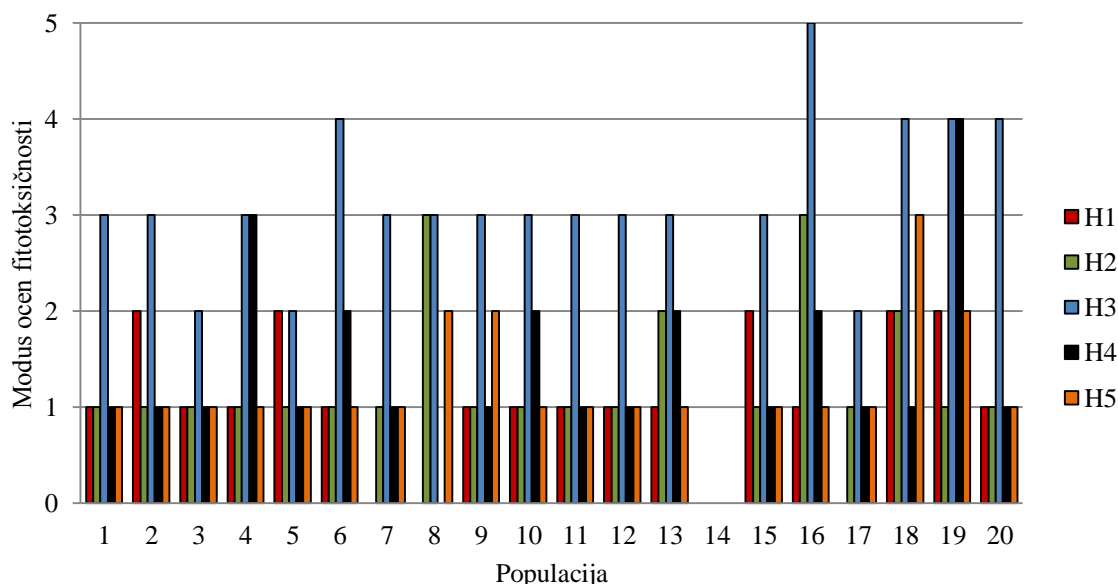
Figure 29: Box-and-Whisker Plot for individual populations treated with H1.

4.3.1.2 Modusi populacij glede na obravnavanja

Populacija 16 se je tudi z vrednostjo modusa pokazala kot najobčutljivejša, saj ima pri H3 vrednost modusa 5, pri H2 pa 3 (Slika 30). Populacija 19 ima modus 4 pri tretiranju s H3 in H4. Na H3 so občutljive še populacije 6, 18 in 20 (modus 4).

Kot najmanj občutljive so se izkazale populacije 3, 17 in 5, saj so imele vrednosti modusa 2 pri herbicidih H3 oz. H1 in H3; za vse ostale herbicide pa modus 1.

Najmanj fitotoksičen se je izkazal herbicid H5 saj smo samo pri populaciji 8 ocenili poškodbe z modusom 3, pri populacijah 8, 9 in 19 z modusom 2; pri vseh ostalih populacijah pa le z modusom 1. Kot najbolj fitotoksičen se je izkazal H3, saj je, razen pri populacijah 8, 9 in 17, pri vseh ostalih povzročil poškodbe za vrednosti modusa 3 ali več.



Slika 30: Modusi ocen občutljivosti posameznih populacij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.
Figure 30: Modes of phytotoxicity estimations for individual populations treated with different herbicides.

4.3.2 Analiza merjenih parametrov za populacije

4.3.2.1 Število dni od vznika do 50 % metličenja za populacije

Med različnimi tretiranjimi s herbicidi ni statistično značilnih razlik od vznika do 50 % metličenja, med samimi populacijami pa statistično značilne razlike so. Interakcija med herbicidi in populacijami ni statistično značilna (Preglednica 15).

Preglednica 15: Analiza variance za število dni od vznika do 50 % metličenja za populacije.

Table 15: Analysis of variance for number of days from emergence to 50% of tasseling for populations.

Vir variabilnosti	SP	SKO	F	p-vrednost
Glavni vplivi				
A: Blok	2	91,1667		
B: Herbicid	5	8,48947	0,97(1)	0,4804
C: Populacija	18	486,722	121,20(0)	0,0000
Interakcija				
AB	10	8,75614		
BC	90	2,89935	0,72 (0)	0,9612
Ostanek	216	4,01592		
Skupaj	341			

F-vrednosti so zasnovane na naslednjih povprečnih kvadratih:

F-ratios are based on the following mean squares:

(0) Ostanek – Residual

(1) AB – Interaction A×B

SKO – srednji kvadriran odklon – Mean square

SP – stopinje prostosti – Degree of freedom

Statistično značilen vpliv herbicida na število dni od vznika do 50 % metličenja smo ugotovili pri populacijah 2, 15 in 18 (Preglednica 16, Slika 31). Statistično značilno največje število dni do metličenja smo ugotovili pri herbicidu 2 za populaciji 2 in 15, ki se razlikuje od H5 pri populaciji 2 ter od H1, H3 in kontrole pri populaciji 15. Pri populaciji 18 se po večjem številu dni do metličenja statistično značilno razlikuje samo H5 od H3.

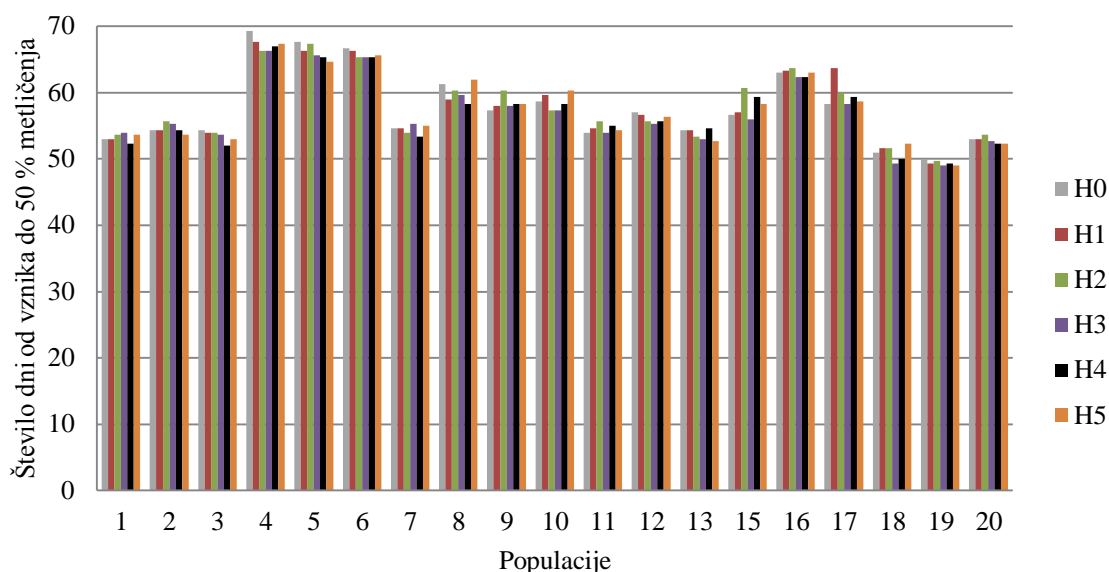
Preglednica 16: Test mnogoterih primerjav za število dni od vznika do 50 % metličenja za posamezne populacije (DMRT, p=0,05).

Table 16: Multiple range tests for number of days from emergence to 50% of tasseling for individual populations (DMRT, p=0.05)

Herbicid	P2	P15	P18
H0	54,3 ab	56,7 a	51,0 ab
H1	54,3 ab	57,0 a	51,7 ab
H2	55,7 b	60,7 b	51,7 ab
H3	55,3 ab	56,0 a	49,3 a
H4	54,3 ab	59,3 ab	50,0 ab
H5	53,7 a	58,3 ab	52,3 b

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.



Slika 31: Število dni od vznika do 50 % metliččenja populacij glede na tretiranje različnimi herbicidi.

Figure 31: Number of days from emergence to 50 % of tasseling for individual populations treated with different herbicides.

4.3.2.2 Število dni od vznika do 50 % svilanja za populacije

Statistično značilnih razlik v številu dni od vznika do 50 % svilanja pri tretiranju z različnimi herbicidi nismo ugotovili, med samimi populacijami pa statistično značilne razlike so. Interakcije med herbicidi in populacijami nismo ugotovili (Preglednica 17).

Preglednica 17: Analiza variance za število dni od vznika do 50 % svilanja za populacije.

Table 17: Analysis of variance for no. of days from emergence to 50% of silking for populations.

Vir variabilnosti	SP	SKO	F	p-vrednost
Glavni vplivi				
A: Blok	2	146,379		
B: Herbicid	5	8,61494	0,25(1)	0,9319
C: Populacija	18	575,658	37,10(0)	0,0000
Interakcija				
AB	10	34,8572		
BC	90	10,5677	0,68 (0)	0,9809
Ostanek	213	15,5173		
Skupaj	338			

F-vrednosti so zasnovane na naslednjih povprečjih kvadratov:

F-ratios are based on the following mean squares:

(0) Ostanek – Residual

(1) AB – Interaction A×B

SKO – srednji kvadriran odklon – Mean square

SP – stopinje prostosti – Degree of freedom

Statistično značilen vpliv herbicida na število dni od vznika do 50 % svilanja smo ugotovili pri populacijah: 5, 9 in 18 (Preglednica 18, Slika 32). Pri populacijah 5 in 9 je bilo največje število dni do svilanja pri kontroli, ki se statistično značilno razlikuje le od tretiranja s H2 (populacija 5) in od tretiranja s H1 (populacija 9). Pri populaciji 18 pa je največje število

dni do svilanja pri tretiranju s H5, ki se statistično značilno razlikuje od kontrole in tretiranja s H3 in H4.

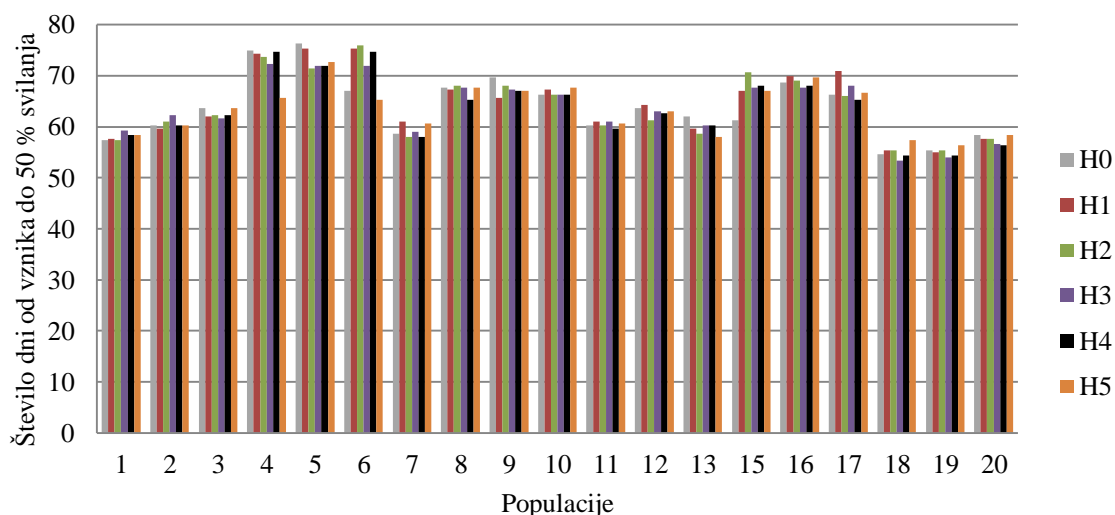
Preglednica 18: Test mnogoterih primerjav za število dni od vznika do 50 % svilanja za posamezne populacije (DMRT, $p=0,05$).

Table 18: Multiple range tests for number of days from emergence to 50% of silking for individual populations (DMRT, $p=0.05$).

Herbucid	P5	P9	P18
H0	76,3 b	69,7 b	54,7 a
H1	75,3 ab	65,7 a	55,3 ab
H2	71,0 a	68,0 ab	55,3 ab
H3	72,0 ab	67,3 ab	53,3 a
H4	72,0 ab	67,0 ab	54,3 a
H5	72,7 ab	67,0 ab	57,3 b

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.



Slika 32: Število dni od vznika do 50 % svilanja populacij, glede na tretiranje z različnimi herbicidi.

Fig. 32: Number of days from emergence to 50% of silking for individual populations treated with different herbicides.

4.3.2.3 Višina storža za populacije

Statistično značilnih razlik v višini storža pri tretiranju z različnimi herbicidi nismo ugotovili, med samimi populacijami pa statistično značilne razlike so. Interakcije med herbicidi in populacijami nismo ugotovili (Preglednica 19).

Preglednica 19: Analiza variance za višino storža za populacije.

Table 19: Analysis of variance for the height for the uppermost ear for populations.

Vir variabilnosti	SP	SKO	F	p-vrednost
Glavni vplivi				
A: Blok	2	869,759		
B: Herbicid	5	352,979	0,66(1)	0,6648
C: Populacija	18	6925,57	39,53(0)	0,0000
Interakcija				
AB	10	538,407		
BC	90	186,778	1,07 (0)	0,3498
Ostanek	216	175,201		
Skupaj	341			

F-vrednosti so zasnovane na naslednjih povprečnih kvadratih:

F-ratios are based on the following mean squares:

(0) Ostanek – Residual

(1) AB – Interaction A×B

SKO – srednji kvadriran odklon – Mean square

SP – stopinje prostosti – Degree of freedom

Statistično značilen vpliv herbicida na višino storža smo ugotovili pri populacijah 6, 10, 15, 19 (Preglednica 20, Slika 33). Pri populacijah 6, 10 in 15 je bil najvišje nastavljen storž pri tretiranju s H5. Pri populaciji 6 je bil statistično značilno višje nastavljen storž od vseh drugih tretiranj, razen od H2, pri populaciji 10 je bil statistično značilno višji samo od H2; pri populaciji 15 pa samo od kontrole in H2. Pri populaciji 19 je bila statistično značilna razlika le med H2 (najvišje nastavljen storž) in H4 (najnižje nastavljen storž).

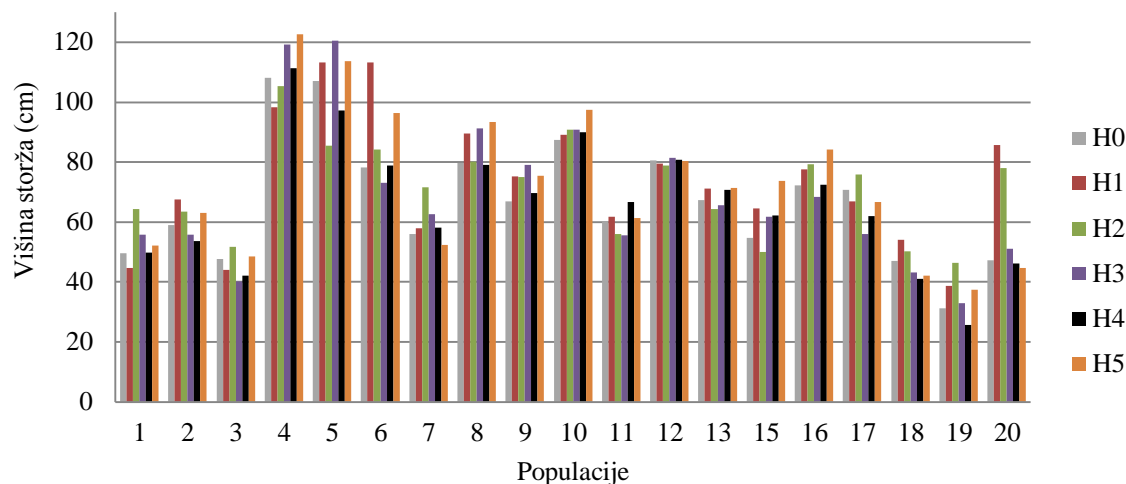
Preglednica 20: Test mnogoterih primerjav za višino storža za posamezne populacije (DMRT, p=0,05).

Table 20: Multiple range tests for the height of the uppermost ear for individual populations (DMRT, p=0.05).

Herbicid	P6	P10	P15	P19
H0	78,3 a	87,4 ab	54,7 a	31,3 ab
H1	79,0 a	89,2 b	64,6 ab	38,7 ab
H2	84,2 ab	62,5 a	49,9 a	46,5 b
H3	73,2 a	90,9 b	61,7 ab	32,9 ab
H4	78,9 a	90,1 b	62,1 ab	25,6 a
H5	96,3 b	97,5 b	73,8 b	37,4 ab

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.



Slika 33: Višina storža populacij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.

Figure 33: Height of the uppermost ear for individual populations treated with different herbicides.

4.3.2.4 Višina rastlin za populacije

Statistično značilnih razlik v višini rastlin pri tretiranju z različnimi herbicidi nismo ugotovili, med populacijami pa razlike so. Interakcija med herbicidi in populacijami ni statistično značilna (Preglednica 21).

Preglednica 21: Analiza variance za višino rastlin populacij.

Table 21: Analysis of variance for plant height for populations.

Vir variabilnosti	SP	SKO	F	p-vrednost
Glavni vplivi				
A: Blok	2	11,5816		
B: Herbicid	5	1212,5	1,85(1)	0,1897
C: Populacija	18	11002,8	34,73(0)	0,0000
Interakcija				
AB	10	653,666		
BC	90	361,229	1,14 (0)	0,2208
Ostanek	216	316,783		
Skupaj	341			

F-vrednosti so zasnovane na naslednjih povprečjih kvadratov:

F-ratios are based on the following mean squares:

(0) Ostanek – Residual

(1) AB – Interaction A×B

SKO – srednji kvadriran odklon – Mean square

SP – stopinje prostosti – Degree of freedom

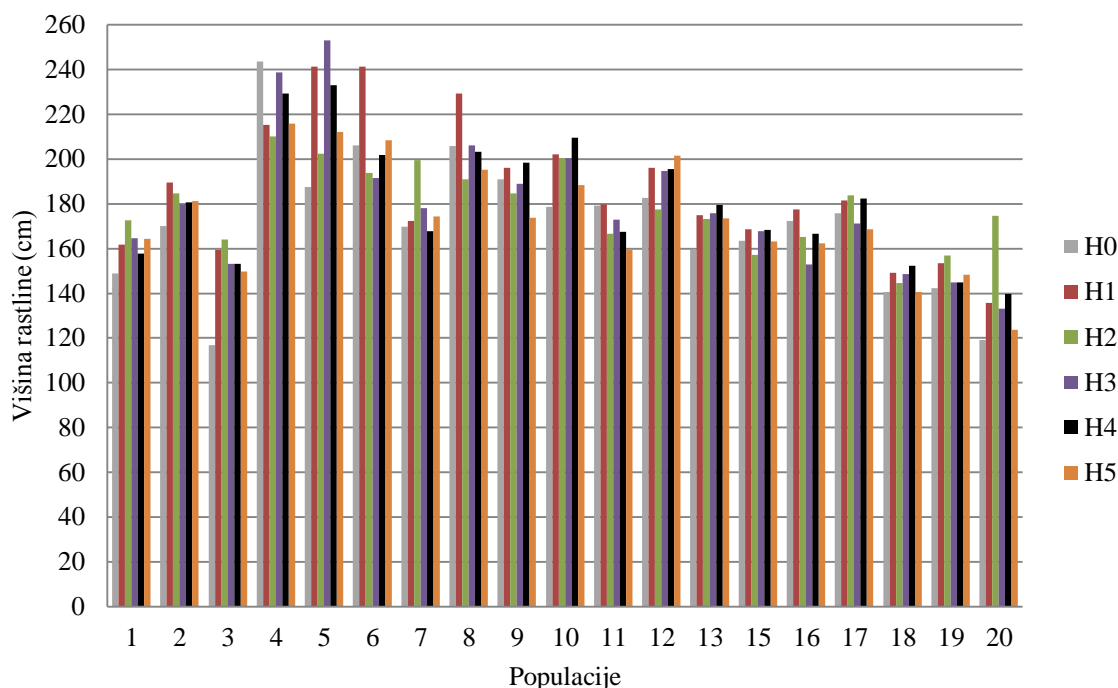
Statistično značilen vpliv herbicida na višino rastlin smo ugotovili pri populacijah: 3, 7, 8, 12, 13, 16, 20 (Preglednica 22, Slika 34). Razen pri populaciji 12, so bile najvišje rastline pri tretiranju s H1 (populaciji 8 in 16), H2 (populaciji 7 in 20) ali ob obeh (populaciji 3 in 13). Statistično značilno višje od kontrole, kjer so bile večinoma najnižje rastline, so bile populacije 3, 7, 13 in 20. Samo pri populaciji 12 so bile najvišje rastline pri tretiranju s H5, a statistično značilno višje le od tretiranja s H2.

Preglednica 22: Test mnogoterih primerjav za višino rastlin za posamezne populacije (DMRT, $p=0,05$).
Table 22: Multiple range tests for plant height for individual populations (DMRT, $p=0.05$).

Herbucid	P3	P7	P8	P12	P13	P16	P20
H0	116,8 a	169,8 a	205,9 ab	182,7 ab	159,5 a	172,3 ab	119,1 a
H1	159,5 b	172,3 ab	229,3 b	196,0 ab	174,8 b	177,6 b	135,8 ab
H2	164,1 b	199,6 b	191,1 a	177,6 a	173,2 b	165,3 ab	174,6 b
H3	153,2 ab	178,0 ab	206,1 ab	194,7 ab	175,6 b	152,9 a	133,3 ab
H4	153,2 ab	167,8 a	203,2 a	195,5 ab	179,5 b	166,5 ab	139,8 ab
H5	149,8 ab	174,3 ab	195,2 a	201,5 b	173,5 b	162,2 ab	123,7 a

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.



Slika 34: Višina rastlin populacij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.

Figure 34: Plant height for individual populations treated with different herbicides.

4.3.2.5 Dolžina storža za populacije

Statistično značilnih razlik v dolžini storža pri tretiranju z različnimi herbicidi nismo ugotovili, niti med različnimi tretiranjimi s herbicidi niti med populacijami. Prav tako ni bila statistično značilna interakcija med herbicidi in populacijami (Preglednica 23).

Preglednica 23: Analiza variance za dolžino storža za populacije.
Table 23: Analysis of variance for ear length for populations.

Vir variabilnosti	SP	SKO	F	p-vrednost
Glavni vplivi				
A: Blok	2	22,712		
B: Herbicid	5	4,7862	0,99(1)	0,4720
C: Populacija	18	8,29098	1,13(0)	0,3264
Interakcija				
AB	10	4,85303		
BC	90	6,88401	0,94 (0)	0,6338
Ostanek	216	7,34941		
Skupaj	341			

F-vrednosti so zasnovane na naslednjih povprečjih kvadratov:

F-ratios are based on the following mean squares:

(0) Ostanek – Residual

(1) AB – Interaction A×B

SKO – srednji kvadriran odklon – Mean square

SP – stopinje prostosti – Degree of freedom

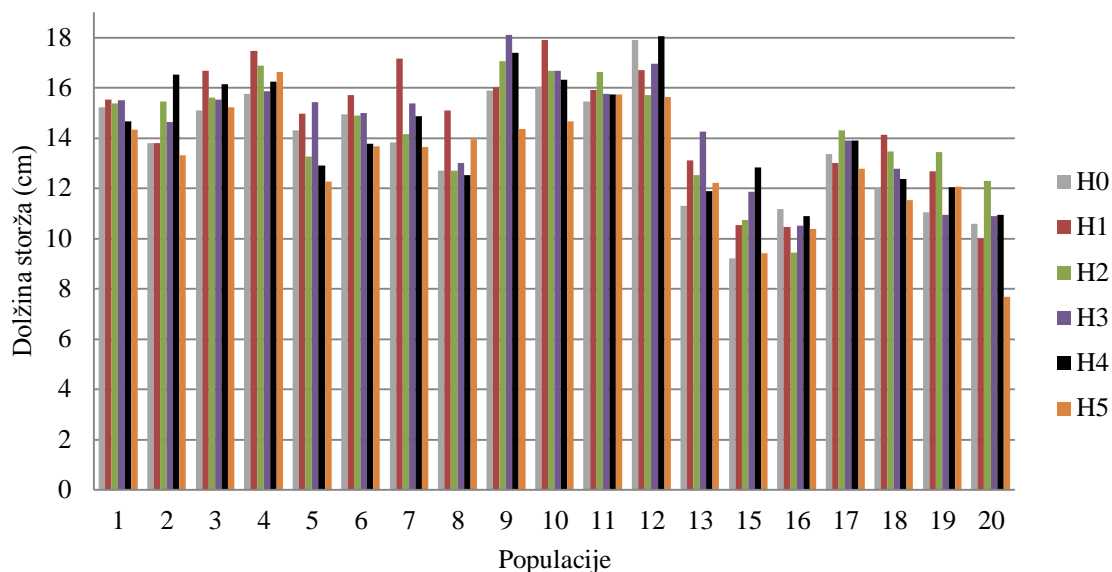
Statistično značilen vpliv herbicida na dolžino storža smo ugotovili pri populacijah 5, 7, 9, 13, 18, 19 in 20 (Preglednica 24, Slika 35). Populaciji 7 in 8 sta imeli najdaljše storže pri tretiranju s herbicidom H1; pri populaciji 7 so bili statistično značilno daljši storži od kontrole ter od tretiranja s H2 in H5; pri populaciji 18 pa samo od H5. Pri tretiranju s H3 so imele najdaljše storže populacije 5, 9 in 13. Pri populaciji 9 so bili statistično značilno daljši le od tretiranja s H5, pri populaciji 13 od kontrole in H4; pri populaciji 5 pa od H2, H4 in H5. Populaciji 19 in 20 sta imeli najdaljše storže pri tretiranju s H2, a statistično značilno daljše le od kontrole in H3 (populacija 19) oz. od H5 (populacija 20).

Preglednica 24: Test mnogoterih primerjav za dolžino storža za posamezne populacije (DMRT, p=0,05).
Table 24: Multiple range tests for ear length for individual populations (DMRT, p=0.05).

Herbicid	P5	P7	P9	P13	P18	P19	P20
H0	14,3 bcd	13,8 a	15,9 ab	11,3 a	12,0 ab	11,0 a	10,6 ab
H1	15,0 cd	17,2 b	16,0 ab	13,1 ab	14,1 b	12,7 ab	10,0 ab
H2	13,3 abc	14,2 a	17,1 ab	12,5 ab	13,5 ab	13,4 b	12,3 b
H3	15,4 d	15,4 ab	18,1 b	14,3 b	12,8 ab	10,9 a	10,9 ab
H4	12,9 ab	14,9 ab	17,4 ab	11,9 a	12,4 ab	12,0 ab	10,9 ab
H5	12,3 a	13,6 a	14,4 a	12,2 ab	11,5 a	12,1 ab	7,7 a

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.



Slika 35: Dolžina storžev populacij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.
Figure 35: Ear length for individual populations treated with different herbicides.

4.3.2.6 Masa storža za populacije

Ugotovili smo statistično značilne razlike v masi storža med populacijami in med herbicidi. Interakcije med herbicidi in populacijami v masi storža nismo ugotovili (Preglednica 25).

Preglednica 25: Analiza variance za maso storža za populacije.
Table 25: Analysis of variance for ear weight for populations.

Vir variabilnosti	SP	SKO	F	p-vrednost
Glavni vplivi				
A: Blok	2	0,0456318		
B: Herbicid	5	0,103691	3,46(1)	0,0449
C: Populacija	18	0,479429	27,47(0)	0,0000
Interakcija				
AB	10	0,0299696		
BC	90	0,0144467	0,83 (0)	0,8472
Ostanek	216	0,017452		
Skupaj	341			

F-vrednosti so zasnovane na naslednjih povprečnih kvadratih:

F-ratios are based on the following mean squares:

(0) Ostanek – Residual

(1) AB – Interaction A×B

SKO – srednji kvadriran odklon – Mean square

SP – stopinje prostosti – Degree of freedom

Statistično značilno najlažji storži so bili pri kontroli in H5, pri tretiranju s H4, H3 in H1 so bili storži težji in med njimi ni bilo statistično značilnih razlik (Preglednica 26).

Preglednica 26: Test mnogoterih primerjav za maso storža populacij (DMRT, $p=0,05$).
Table 26: Multiple range tests for ear weight for populations (DMRT, $p=0.05$).

Herbucid	Masa storžev
H5	0,47 a
H0	0,48 a
H2	0,52 ab
H4	0,55 b
H3	0,56 b
H1	0,56 b

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.

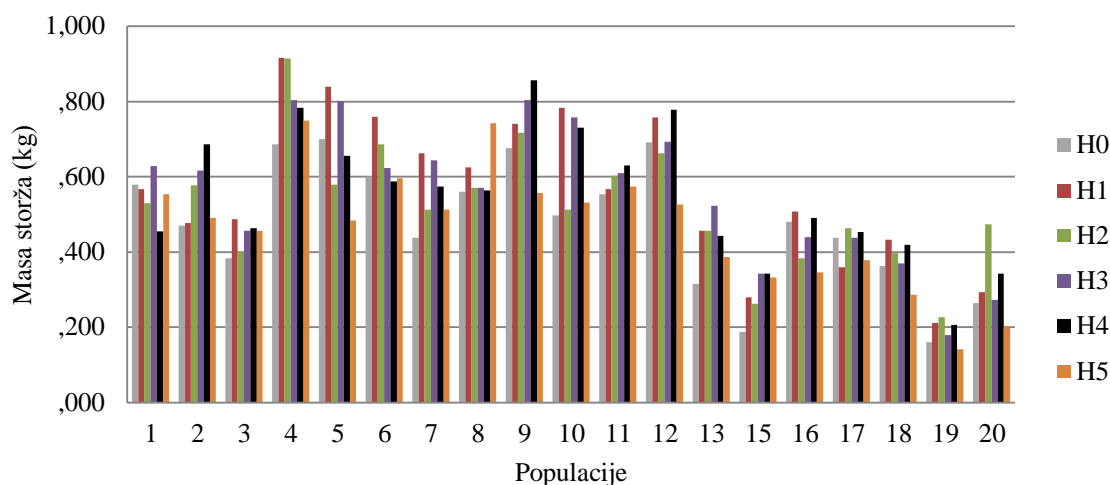
Statistično značilen vpliv herbicida na dolžino storža smo ugotovili pri populacijah: 2, 5, 9, 12, 13, 18 in 20 (Preglednica 27, Slika 36). Pri populacijah 12 in 18 je bil vpliv tretiranja s herbicidi na maso storža enak, statistično značilne razlike v masi storža so bile samo med tretiranj s H1 in H4 (najtežji storži) in H5 (najlažji storži). Vrednosti ostalih tretiranj, vključno s kontrolo, se glede statistično značilnih razlik precej prekrivajo; podobno je tudi pri ostalih populacijah.

Preglednica 27: Test mnogoterih primerjav za maso storža za posamezne populacije (DMRT, $p=0,05$).
Table 27: Multiple range tests for ear weight for individual populations (DMRT, $p=0.05$).

Herbucid	P2	P5	P9	P12	P13	P18	P20
H0	0,47 a	0,70 abc	0,68 ab	0,69 ab	0,31 a	0,36 ab	0,26 ab
H1	0,48 a	0,84 c	0,74 ab	0,76 b	0,46 bc	0,43 b	0,29 ab
H2	0,58 ab	0,58 ab	0,72 ab	0,66 ab	0,46 bc	0,40 ab	0,47 b
H3	0,62 ab	0,80 bc	0,80 b	0,69 ab	0,52 c	0,37 ab	0,27 ab
H4	0,69 b	0,66 abc	0,86 b	0,78 b	0,44 bc	0,42 b	0,34 ab
H5	0,49 a	0,48 a	0,56 a	0,53 a	0,39 ab	0,29 a	0,20 a

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.



Slika 36: Masa storžev populacij glede na tretiranje z različnimi herbicidi.
Figure 36: Ear weight for individual populations treated with different herbicides.

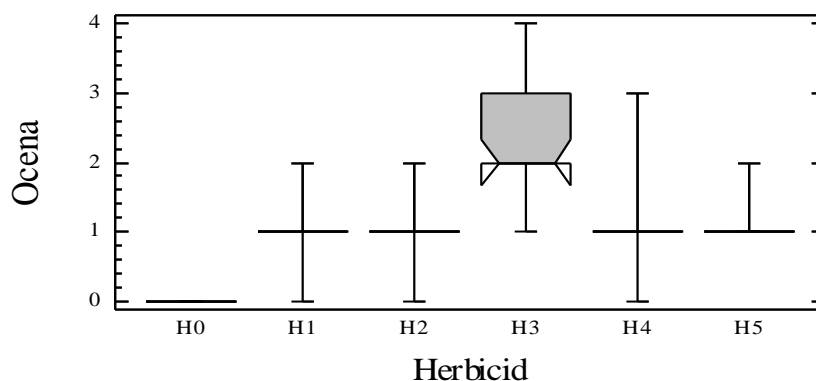
4.4 HIBRIDI

4.4.1 Analiza ocen fitotoksičnosti za hibride

4.4.1.1 Kruskal-Wallisova analiza variance

Tako kot pri linijah in populacijah smo tudi pri hibridih s Kruskal-Wallisovo analizo ugotovili, da obstajajo statistično značilne razlike v ocenah fitotoksičnosti pri tretiranju z različnimi herbicidi (Slika 37).

Okvirji z ročaji prikazujejo, da tudi pri hibridih najvišjo mediano ocen fitotoksičnosti z vrednostjo 3 dosega herbicid H3.

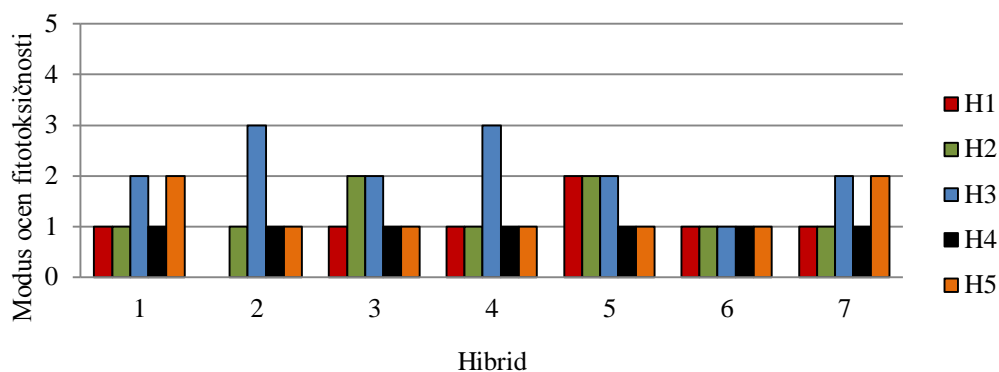


Slika 37: Prikaz okvirjev z ročaji za hibride, tretirane z različnimi herbicidi.
Figure 37: Box-and-Whisker Plot for hybrid sensitivity treated with different herbicides.

Med posameznimi hibridi pri različnih tretiranjih ni bilo statistično značilnih razlik.

4.4.1.2 Modusi hibridov glede na obravnavanja

Občutljiva na H3 z modusom 3 sta hibrida 2 in 4, kar analiza median ni pokazala. Pri hibridih so modusi ocen fitotoksičnosti nekoliko nižji kot pri linijah in populacijah, saj je modus 3 le pri hibridih 2 in 4 in to pri tretiranju s H3. Najmanj občutljiv na vse herbicide je hibrid 6, saj ima pri vseh herbicidih modus ocen le 1 (Slika 38).



Slika 38: Modusi ocen občutljivosti posameznih hibridov glede na tretiranje z različnimi herbicidi.
Figure 38: Modes of phytotoxicity estimations for hybrids treated with different herbicides.

4.4.2 Analiza ocen fitotoksičnosti za hibride

4.4.2.1 Število dni od vznika do 50 % metličenja za hibride

Med različnimi tretiranjimi s herbicidi ni statistično značilnih razlik v številu dni od vznika do 50 % metličenja, med hibridi pa te razlike so. Interakcija med herbicidi in hibridi ni statistično značilna (Preglednica 28).

Preglednica 28: Analiza variance za število dni od vznika do 50 % metličenja za hibride.

Table 28: Analysis of variance for number of days from emergence to 50% of tasseling for hybrids.

Vir variabilnosti	SP	SKO	F	p-vrednost
Glavni vplivi				
A: Blok	2	67,1508		
B: Herbicid	5	7,03651	1,09(1)	0,5123
C: Hibrid	6	319,46	175,65(0)	0,0000
Interakcija				
AB	10	7,74127		
BC	30	1,91429	1,05(0)	0,4174
Ostanek	72	1,81878		
Skupaj	125			

F-vrednosti so zasnovane na naslednjih povprečnih kvadratih:

F-ratios are based on the following mean squares:

(0) Ostanek – Residual

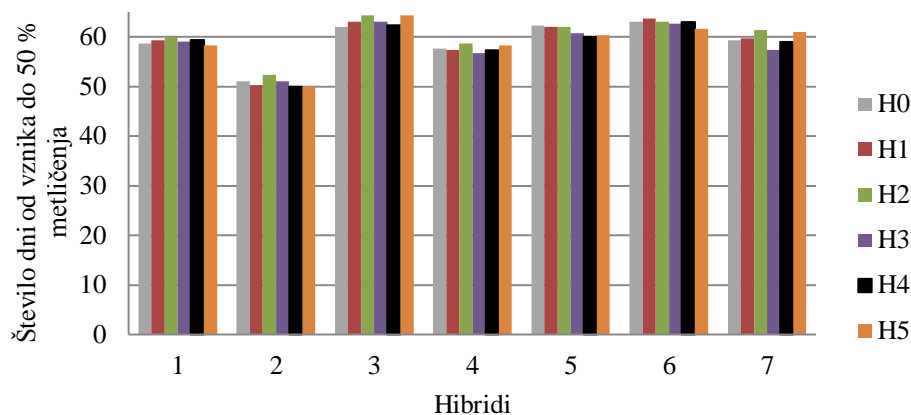
(1) AB – Interaction A×B

SKO – srednji kvadriran odklon – Mean square

SP – stopinje prostosti – Degree of freedom

Statistično značilnega vpliva herbicida na število dni od vznika do 50 % metličenja pri

posameznih hibridih nismo ugotovili (Preglednica 28, Slika 39).



Slika 39: Število dni od vznika do 50 % metličenja hibridov, glede na tretiranje z različnimi herbicidi.
Figure 39: Number of days from emergence to 50 % of tasseling for individual hybrids treated with different herbicides.

4.4.2.2 Število dni od vznika do 50 % sviljanja za hibride

Statistično značilnih razlik v številu dni od vznika do 50 % sviljanja pri tretiranju z različnimi herbicidi nismo ugotovili in tudi ne med samimi hibridi. Prav tako nismo ugotovili interakcije med herbicidi in hibridi (Preglednica 29).

Preglednica 29: Analiza variance za število dni od vznika do 50 % sviljanja za hibride.

Table 29: Analysis of variance for number of days from emergence to 50% of silking for hybrids.

Vir variabilnosti	SP	SKO	F	p-vrednost
Glavni vplivi				
A: Blok	2	53,7917		
B: Herbicid	5	21,5993	1,44(1)	0,2925
C: Hibrid	18	8,54294	0,60(0)	0,7296
Interakcija				
AB	10	15,0474		
BC	30	10,1883	0,72 (0)	0,8449
Ostanek	71	14,2455		
Skupaj	124			

F-vrednosti so zasnovane na naslednjih povprečjih kvadratov:

F-ratios are based on the following mean squares:

(0) Ostanek – Residual

(1) AB – Interaction A×B

SKO – srednji kvadriran odklon – Mean square

SP – stopinje prostosti – Degree of freedom

Statistično značilen vpliv herbicida na število dni od vznika do 50 % sviljanja smo ugotovili pri hibridih 1 in 2 (Preglednica 30, Slika 40). Pri obeh hibridih je bilo največje število dni do sviljanja pri tretiranju s herbicidom H2, ki se statistično značilno razlikuje le od najmanjšega števila dni. Pri hibridu 1 je to pri tretiranju s H1 in H5, pri hibridu 2 pa pri tretiranju s H4 in H5.

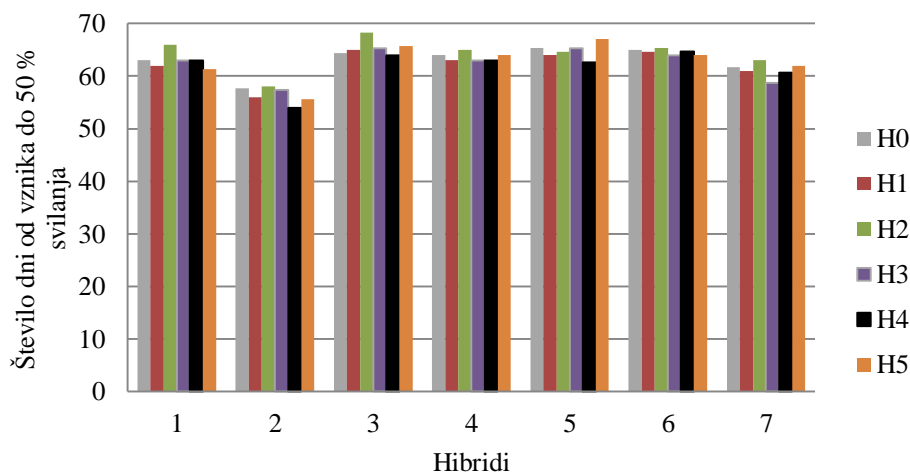
Preglednica 30: Test mnogoterih primerjav za število dni od vznika do 50 % svilanja za posamezne hibride (DMRT, $p=0,05$).

Table 30: Multiple range tests for number of days from emergence to 50% of silking for individual hybrids (DMRT, $p=0.05$).

Herbucid	S1	S2
H0	63,0 ab	57,7 ab
H1	62,0 a	56,0 ab
H2	66,0 b	58,0 b
H3	63,0 ab	57,3 ab
H4	63,0 ab	54,0 a
H5	61,3 a	55,7 a

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.



Slika 40: Število dni od vznika do 50 % svilanja hibridov, glede na tretiranje z različnimi herbicidi.

Figure 40: Number of days from emergence to 50 % of silking for hybrids treated with different herbicides.

4.4.2.3 Višina storža za hibride

Ugotovili smo, da imajo hibridi in herbicidi statistično značilen vpliv na višino storža. Interakcije med herbicidi in hibridi nismo ugotovili (Preglednica 31).

Preglednica 31: Analiza variance za višino storža za hibride.

Table 31: Analysis of variance for the height for the uppermost ear for hybrids.

Vir variabilnosti	SP	SKO	F	p-vrednost
Glavni vplivi				
A: Blok	2	43,4772		
B: Herbicid	5	429,284	3,61(1)	0,0398
C: Hibrid	6	6200,98	130,45(0)	0,0000
Interakcija				
AB	10	118,839		
BC	30	48,7293	1,03 (0)	0,4511
Ostanek	72	47,5343		
Skupaj	125			

F-vrednosti so zasnovane na naslednjih povprečjih kvadratov:

F-ratios are based on the following mean squares:

(0) Ostanek – Residual

(1) AB – Interaction A×B

SKO – srednji kvadriran odklon – Mean square

SP – stopinje prostosti – Degree of freedom

Analiza je pokazala, da so statistično višji storži pri H5 v primerjavi z ostalimi in statistično najnižji pri H3 in H1. Razlike v višini med H1, H4, H2 in kontroli niso statistično značilne (Preglednica 32).

Preglednica 32: Test mnogoterih primerjav za višino storžev za hibride (DMRT, p=0,05).

Table 32: Multiple range tests for the height of the uppermost ear for hybrids (DMRT, p=0.05).

Herbicid	Višina storža (cm)
H3	79,0 a
H1	83,4 ab
H4	85,1 b
H0	85,7 b
H2	86,5 b
H5	92,9 c

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.

Statistično značilen vpliv herbicida na višino storža smo ugotovili pri hibridih 3 in 7 (Preglednica 33, Slika 41). Pri hibridu 3 je samo pri tretiranju s H5 statistično značilno višji storž od vseh ostalih tretiranj, med katerimi ni statistično značilnih razlik. Hibrid 7 ima najvišji storž pri tretiranju s H5, a je statistično značilno višji le od tretiranja s H1, H3 in H4.

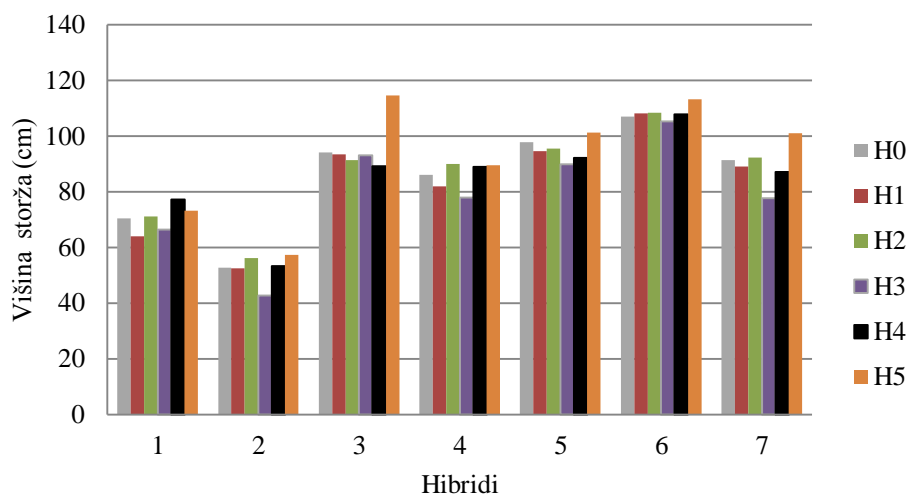
Preglednica 33: Test mnogoterih primerjav za višino storžev za posamezne hibride (DMRT, $p=0,05$).

Table 33: Multiple range tests for the height of the uppermost ear for individual hybrids (DMRT, $p=0.05$).

Herbucid	S3	S7
H0	94,3 a	91,3 bc
H1	93,5 a	89,0 b
H2	91,3 a	92,4 bc
H3	93,1 a	77,7 a
H4	89,2 a	87,1 ab
H5	114,6 b	101,0 c

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.



Slika 41: Višina storžev hibridov, glede na tretiranje z različnimi herbicidi.

Figure 41: Height of the uppermost ear for individual hybrids treated with different herbicides.

4.4.2.4 Višina rastlin za hibride

Statistično značilnih razlik v višini rastlin pri tretiranju z različnimi herbicidi nismo ugotovili, so pa statistično značilne razlike med hibridi. Interakcija med herbicidi in stardardi ni statistično značilna.

Preglednica 34: Analiza variance za višino rastlin za hibride.
Table 34: Analysis of variance for plant height for hybrids.

Vir variabilnosti	SP	SKO	F	p-vrednost
Glavni vplivi				
A: Blok	2	772,077		
B: Herbicid	5	543,261	1,47(1)	0,2808
C: Hibrid	6	5428,17	60,50(0)	0,0000
Interakcija				
AB	10	368,499		
BC	30	70,3325	0,78 (0)	0,7679
Ostanek	72	89,717		
Skupaj	125			

F-vrednosti so zasnovane na naslednjih povprečjih kvadratov:

F-ratios are based on the following mean squares:

(0) Ostanek – Residual

(1) AB – Interaction A×B

SKO – srednji kvadriran odklon – Mean square

SP – stopinje prostosti – Degree of freedom

Statistično značilen vpliv herbicida na višino rastlin smo ugotovili pri hibridih 2 in 7 (Preglednica 35, Slika 42). Pri obeh hibridih so najnižje rastline pri tretiranju s H5 in se pri obeh statistično značilno razlikujeta od višine storžev pri tretiranju s H4. Poleg tega se pri hibridu 2 od tretiranja s H5 razlikuje še višina pri tretiranju s H2, pri hibridu 7 pa pri tretiranju s H1.

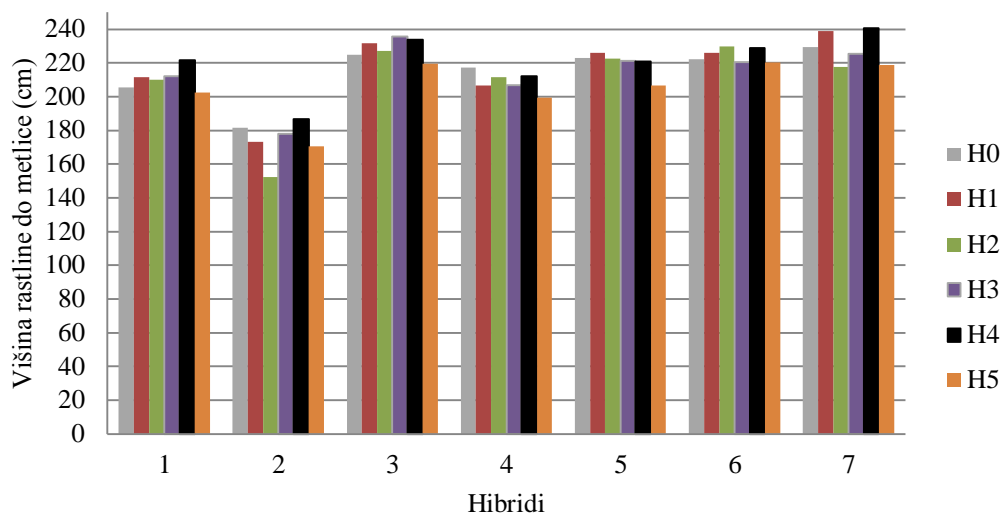
Preglednica 35: Test mnogoterih primerjav za višino rastlin za posamezne hibride (DMRT, p=0,05).

Table 35: Multiple range tests for plant height for individual hybrids (DMRT, p=0.05).

Herbicid	S2	S7
H0	181,6 abc	229,4 ab
H1	173,4 ab	239,1 b
H2	152,2 c	217,7 ab
H3	177,8 abc	225,4 ab
H4	186,7 bc	240,5 b
H5	170,4 a	218,8 a

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.



Slika 42: Višina rastlin hibridov glede na tretiranje z različnimi herbicidi.
Figure 42: Plant height for individual hybrids treated with different herbicides.

4.4.2.5 Dolžina storža za hibride

Za dolžino storža smo statistično značilne razlike dobili samo med hibridi. Interakcija med herbicidi in hibridi ni bila statistično značilna (Preglednica 36).

Preglednica 36: Analiza variance za dolžino storža za hibride.
Table 36: Analysis of variance for ear length for hybrids.

Vir variabilnosti	SP	SKO	F	p-vrednost
Glavni vplivi				
A: Blok	2	5,69056		
B: Herbicid	5	4,92141	2,30(1)	0,1226
C: Hibrid	6	26,225	22,99(0)	0,0000
Interakcija				
AB	10	2,13741		
BC	30	1,44589	1,27 (0)	0,2056
Ostanek	72	1,14062		
Skupaj	125			

F-vrednosti so zasnovane na naslednjih povprečjih kvadratov:

F-ratios are based on the following mean squares:

(0) Ostanek – Residual

(1) AB – Interaction A×B

SKO – srednji kvadriran odklon – Mean square

SP – stopinje prostosti – Degree of freedom

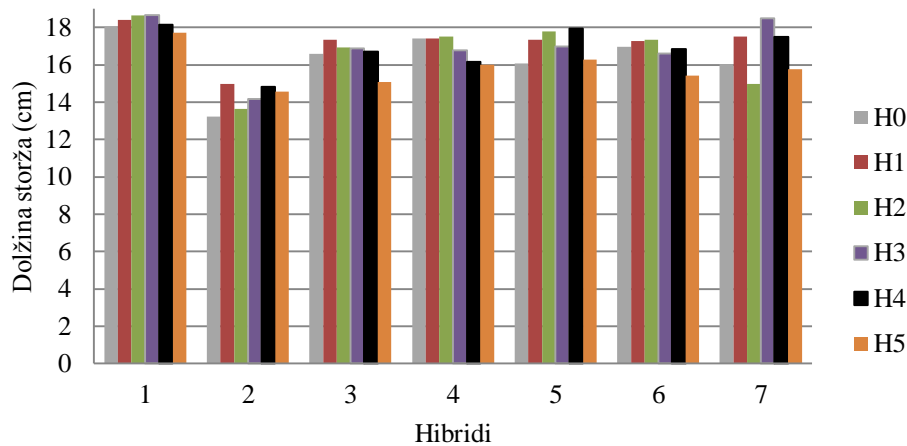
Statistično značilen vpliv herbicida na dolžino storža smo ugotovili pri hibridih 3 in 6 (Preglednica 37, Slika 43). Pri hibridu 3 smo dobili statistično značilne razlike v dolžini storža samo med tretiranjem s H5 (najkrajši storži) in H1 (najdaljši storži); pri hibridu 6 pa pri tretiranju s H5 (najkrajši storži) in H2 (najdaljši storži). Med vsemi ostalimi tretiranjmi pri nobenem od teh hibridov ni bilo statistično značilnih razlik.

Preglednica 37: Test mnogoterih primerjav za dolžino storža za posamezne hibride (DMRT, $p=0,05$).
Table 37: Multiple range tests for ear length for individual hybrids (DMRT, $p=0.05$).

Herbicid	S3	S6
H0	16,6 ab	17,0 ab
H1	17,3 b	17,3 ab
H2	16,9 ab	17,3 b
H3	16,9 ab	16,6 ab
H4	16,7 ab	16,9 ab
H5	15,1 a	15,4 a

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.



Slika 43: Prikaz dolžine storžev hibridov glede na tretiranje s herbicidi.

Figure 43: Ear length for individual hybrids treated with different herbicides.

4.4.2.6 Masa storža za hibride

Ugotovili smo, da med hibridi in herbicidi obstajajo statistično značilne razlike v masi storža. Prav tako obstaja statistično značilna interakcija med herbicidi in hibridi (Preglednica 38).

Preglednica 38: Analiza variance za maso storža za hibride.
Table 38: Analysis of variance for ear weight for hybrids.

Vir variabilnosti	SP	SKO	F	p-vrednost
Glavni vplivi				
A: Blok	2	0,130327		
B: Herbicid	5	0,1021	4,65(1)	0,0187
C: Hibrid	6	0,620916	48,16(0)	0,0000
Interakcija				
AB	10	0,021935		
BC	30	0,02775	2,15 (0)	0,0043
Ostane	72	0,0128939		
Skupaj	125			

F-vrednosti so zasnovane na naslednjih povprečnih kvadratih:

F-ratios are based on the following mean squares:

(0) Ostanek – Residual

(1) AB – Interaction A×B

SKO – srednji kvadriran odklon – Mean square

SP – stopinje prostosti – Degree of freedom

Statistično značilno najlažji storži so bili pri tretiranju s H5 in pri kontroli v primerjavi z ostalimi tretiranjmi. Najtežji storži so pri tretiranju s H1 in se statistično značilno razlikujejo le od H4, H5 in kontrole.

Preglednica 39: Test mnogoterih primerjav za maso storžev hibridov (DMRT, p=0,05).

Table 39: Multiple range tests for ear weight for hybrids (DMRT, p=0.05).

Herbicid	Masa storžev (kg)
H5	0,69 a
H0	0,71 a
H4	0,79 b
H3	0,80 bc
H2	0,81 bc
H1	0,88 c

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.

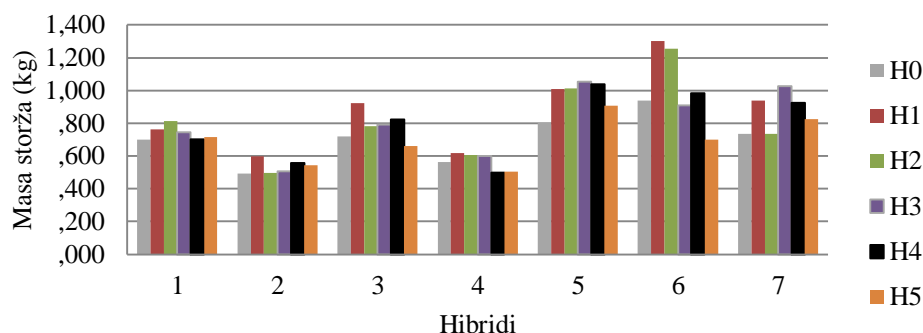
Statistično značilen vpliv herbicida na dolžino storža smo ugotovili pri hibridu 3 in 6 (Preglednica 40, Slika 44). Pri hibridu 3 so najtežji storži pri tretiranju s H1, a se statistično značilno razlikuje le od tretiranja s H5. Pri hibridu 6 so najtežji storži pri tretiranju s H1, statistično značilno je masa enaka tretiranju s H2, od vseh ostalih pa se razlikuje.

Preglednica 40: Test mnogoterih primerjav za maso storžev za posamezne hibride (DMRT, $p=0,05$).
Table 40: Multiple range tests for ear weight for individual hybrids (DMRT, $p=0.05$).

Herbucid	S3	S6
H0	0,72 ab	0,94 a
H1	0,92 b	1,30 c
H2	0,78 ab	1,26 bc
H3	0,79 ab	0,91 a
H4	0,82 ab	0,98 ab
H5	0,66 a	0,70 a

Opomba: * - vrednosti znotraj posameznega stolpca, označene vsaj z eno enako črko, se statistično značilno ne razlikujejo.

Note: * - values within individual columns indicated by at least one equal letter are not significantly different.



Slika 44: Masa storžev hibridov, glede na tretiranje z različnimi herbicidi.
Fig. 44: Ear weight for individual hybrids treated with different herbicides.

4.5 VPLIV FITOTOKSIČNOSTI NA RAZLIČNE SKUPINE GENOTIPOV KORUZE

Kljub neznačilnim interakcijam v večini primerov merjenih parametrov z uporabljenimi herbicidi, smo preverili ali so statistično značilne razlike pri uporabi različnih herbicidov pri posameznih genotipih.

Razlike smo opazili pri 15 različnih linijah v meritvah različnih parametrov (35 različnih primerov – Preglednica 41). Največ razlik smo opazili v višini storža in sicer pri 9 linijah. Pri dolžini storža in času svilanja je bilo takih linij le 4. Statistično značilen vpliv različnih herbicidov za celotno skupino linij smo ugotovili za dolžino in maso storža. Interakcije nismo zaznali v nobenem primeru.

Preglednica 41: Statistično značilne razlike med herbicidi, med linijami in pri posameznih linijah glede na obravnavanje in interakcija med herbicidi in linijami.

Table 41: Significant differences for herbicides, inbreds, their interaction and for individual inbreds.

	Med herbicidi	Med linijami	Interakcija	Posamezne linije
Število dni od vznika do 50 % metličenja	ne	da	ne	4, 5, 11, 14, 17
Število dni od vznika do 50 % svilanja	ne	da	ne	1, 2, 8, 11
Višina storža	ne	da	ne	1, 3, 4, 5, 6, 10, 13, 15, 20
Višina rastlin	ne	da	ne	1, 4, 7, 8, 10, 17, 20
Dolžina storža	da	da	ne	2, 7, 8, 13
Masa storža	da	da	ne	1, 5, 7, 8, 15, 17

Tretiranje z različnimi herbicidi je statistično značilno vplivalo na maso storža 8 populacij, kar je največ pri posameznemu merjenemu parametru. Vseh primerov je bilo manj kot pri linijah (29 primerov). Značilen vpliv uporabe posameznih herbicidov za celotno skupino populacij smo ugotovili le pri masi storža.

Preglednica 42: Statistično značilne razlike med herbicidi, med populacijami in pri posameznih populacijah glede na obravnavanje in interakcija med herbicidi in populacijami.

Table 42: Significant differences for herbicides, populations, their interaction and for individual populations.

	Med herbicidi	Med populacijami	Interakcija	Posamezne populacije
Število dni od vznika do 50 % metličenja	ne	da	ne	2, 15, 18
Število dni od vznika do 50 % svilanja	ne	da	ne	5, 9, 18,
Višina storža	ne	da	ne	6, 10, 15, 19
Višina rastlin	ne	da	ne	3, 7, 8, 12, 13, 16, 20
Dolžina storža	ne	da	ne	4, 13, 19, 20
Masa storža	da	da	ne	2, 5, 7, 9, 13, 16, 18, 20

Pri posameznih hibridih je bil vpliv herbicidov na merjene parametre prisoten pri 5 hibridih v različnih primerih (10 primerov). Samo pri metličenju ni bilo opaziti pri nobenem hibridu statistično značilnih razlik glede na tretiranje s posameznim herbicidom. Uporaba določenega herbicida za celotno skupino hibridov značilno vpliva na višino storža in maso storžev. Pri masi storža je bila ugotovljena tudi interakcija med uporabljenim herbicidom in hibridii.

Preglednica 43: Statistično značilne razlike med herbicidi, med hibridi in pri posameznih hibridih glede na obravnavanje in interakcija med herbicidi in hibridi.

Table 43: Significant differences for herbicides, hybrids, their interaction and for individual hybrids.

	Med herbicidi	Med hibridi	Interakcija	Posamezni hibridi
Število dni od vznika do 50 % metličenja	ne	da	ne	–
Število dni od vznika do 50 % svilanja	ne	da	ne	1, 2
Višina storža	da	da	ne	3, 7
Višina rastlin	ne	da	ne	2, 7
Dolžina storža	ne	da	ne	3, 6
Masa storža	da	da	da	3, 6

Pri hibridih v našem poskusu nismo ugotovili statistično značilnih razlik med različnimi obravnavanji. Kot občutljive na različne herbicide pa lahko izpostavimo 13 linij in 15 populacij. Poškodbe so se na največ linijah in populacijah pojavile zaradi uporabe herbicida H3 (foramsulfuron in jodosulfuron–metil natrij).

Preglednica 44: Statistično značilne razlike pri posameznih genotipih glede na obravnavanje, pri vizualni oceni fitotoksičnosti.

Table 44: Significant differences in phytotoxicity for individual inbreds, populations and hybrids.

Linije	
H1	11, 19
H2	Ni statistično značilnih razlik.
H3	3, 5, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18
H4	18
H5	6, 8, 10, 19
Populacije	
H1	Ni statistično značilnih razlik.
H2	16
H3	1, 2, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 19, 20
H4	Ni statistično značilnih razlik.
H5	Ni statistično značilnih razlik.

5 RAZPRAVA

Žlahtnjitelji se pri svojem delu srečujejo s podobnimi težavami gojenja rastline kot klasični pridelovalci s ciljem rastlini nuditi optimalne pogoje za nemoten razvoj. Pri pridelavi koruze je cilj zdrav in visok pridelek, pri žlahtnjenju oziroma semenski pridelavi pa zdravo seme v zadostnih količinah. Eden izmed ukrepov za doseganje optimalnih pogojev za rast gojene rastline je varstvo pred pleveli. Kemično varstvo pred pleveli v koruzi je v intenzivni pridelavi še vedno prevladujoče.

Fitofarmaceutvska industrija opravi testiranja fitotoksičnosti herbicidov na različne hibride, dokazati mora, da so le-ti varni za gojeno rastlino in to je preverjeno v samem postopku registracije herbicida. V semenarstvu se uporablja specifičen genski material. Občutljive homozigotne linije pri pridelavi hibridnega semena koruze, za končno pridelavo hibridnega semena, semenarske ustanove v večini primerov same opravijo testiranja fitotoksičnosti, da se prepričajo o varni izbiri herbicida.

Bonis in sod. (2003) v svoji raziskavi tolerance različnih genotipov koruze na herbicide navajajo veliko avtorjev, ki so ugotovili različne stopnje tolerance različnih samooplodnih linij na herbicide. Molnar in sod. (2001, cit. po Bonis in sod., 2003) so v poskusih s sulfonil karbamidi in ostalimi herbicidi iz drugih kemičnih skupin ugotovili, da je fitotoksičnost, ki se pojavi pri različnih hibridih koruze odraz njihove genetske predispozicije. Fitotoksičnost herbicida na gojeno rastlino je močno odvisna od več dejavnikov, absorpcije herbicida, načina delovanja herbicida, vremenskih razmer, strukture tal in ne samo od genotipa rastline (Boerboom, 2002).

V našem poskusu smo želeli preveriti kako herbicidi iz različnih kemičnih skupin vplivajo na domač genski material, ki v te namene še ni bil testiran. Testirali smo tri različne skupine genotipov in sicer linije, populacije in hibride. Predvidevali smo, da so linije najbolj občutljiva skupina na uporabo herbicidov. Želeli smo preveriti ali obstajajo razlike v občutljivosti znotraj iste skupine genotipov ali so razlike v poškodbah in jakosti poškodb pri uporabi različnih herbicidov na istem genotipu in kako različni herbicidi vplivajo na pridelek in nekatere druge pomembne lastnosti koruze. Z dobljenimi rezultati smo dobili podatke o fitotoksičnosti, ki žlahtnjitelju nakažejo varno izbiro herbicida pri žlahtnjenju domačega genskega materiala. Z merjenjem določenih parametrov, še posebej pomembnih za oplodnjo, kot sta čas svilanja in metličenja, ki morata sovpadati pri starševskih rastlinah, lahko sklepamo ali bo vpliv herbicida usodno vplival na gojene rastline ali ne.

Poskus je bil precej obsežen, zato smo testirali samo registriran odmerek herbicida in ne dvojnega, kot je v smernicah ocenjevanja fitotoksičnosti. V preliminarnem poskusu leto prej smo testirali tudi dvojne odmerke, vendar smo naredili samo vizualno oceno fitotoksičnosti. Takrat smo ugotovili različno učinkovitost zatiranja plevelov, glede na selektivnost herbicidov na plevela ter veliko genetsko variabilnost domačega genskega materiala, ki se je izražala predvsem v različnih klorozah. Nekateri genotipi so kazali tudi delno tolerantnost na neselektivna herbicida glufosinat amonij in glifosat, kar bi bilo potrebno z nadaljnimi raziskavami še potrditi. Ta dva herbicida v našem nadaljnjem poskusu nismo uporabili.

Netretirani pas smo samo enkrat ročno opleli in naknaden vznik plevelov je onemogočal optimalno rast gojenih rastlin, zato so rezultati merjenih parametrov v večini primerov najslabši prav pri kontroli. Razmišljamo, da bi bila mogoče potrebna pri nadaljnjih raziskavah dvojna kontrola, še z optimalno ročno oskrbo za boljšo primerjavo kemičnega vpliva herbicida na gojeno rastlino.

V našem poskusu se je izkazalo, da je pridelek večji pri uporabi katerega koli herbicida kot pri netretirani, enkrat opleti površini. Pri hibridih, kjer je pridelek najpomembnejši parameter, se je izkazalo, da je uporaba herbicida pred vznikom v prednosti pred ostalimi uporabami.

Pri vseh treh skupinah genotipov smo ocenili največ poškodb pri uporabi herbicida H3. Herbicid vsebuje dve aktivni snovi iz skupine sulfonilsečnin (foramsulfuron in jodosulfuron–metil natrij). Močne poškodbe različnih hibridov sladke koruze na foramsulfuronu navajajo že Diebold in sod. (2003). Pri hibridih v našem poskusu te poškodbe niso bile signifikantnega pomena. Kot občutljive lahko izpostavimo 13 različnih linij na različne herbicide, 15 populacij in nobenega izmed hibridov. Kljub našim predvidevanjem, da so linije najbolj občutljive na herbicide, smo v našem izboru največ fitotoksičnosti opazili pri različnih populacijah. Res pa je, da smo v primeru linij opazili fitotoksičnosti pri uporabi vseh herbicidov, razen pri uporabi H2 (mezotrion, S–metolaklor, terbutilazin), pri populacijah pa večino pri uporabi samo enega herbicida H3 (foramsulfuron in jodosulfuron–metil natrij). To nakazuje, da so linije kljub vsemu občutljivejši genetski material na različne aktivne snovi v herbicidih.

Pri parametrih število dni od vznika do 50 % metličenja in število dni od vznika do 50 % svilanja smo največ statistično značilnih razlik pri posameznih genotipih našli pri linijah v primerjavi s populacijami ali hibridi. To sta pomembni lastnosti pri žlahtnjenju rastlin in tudi zato lahko linije na podlagi poskusa označimo kot najobčutljivejši genetski material na različne aktivne snovi v herbicidih. Kljub neznačilni interakciji med linijami in herbicidi smo, tako pri metličenju linij kot svilanju, opazili zelo različen odziv nekaterih linij na uporabo različnega herbicida. Linija 14 je tako imela kar 6 dnevno razliko v času metličenja pri uporabi H4 ali H3. Pri določenih linijah je vsaj en herbicid statistično značilno vplival na krajši čas do svilanja (pri liniji 2 H3, pri liniji 11 H4, pri liniji 1 H2 in H5, pri liniji 8 pa H1, H2 in H3). Največ razlik pri linijah smo opazili v višini storža, kjer je bila občutljivost na uporabljen herbicid precej izenačena kar pri 9 linijah. Na višje nastavljene storže sta najbolj vplivala herbicida H5 in H1.

Pri različnih linijah smo ugotovili razlike v poškodbah in jakosti poškodb glede na tretiranje z različnimi herbicidi. Kot občutljive na več herbicidov lahko izpostavimo linije 11, 18 in 19. Pri populacijah lahko izpostavimo populacijo 16, ki se je izkazala kot občutljiva pri tretiranjih z dvema herbicidoma, H2 in H3.

Pri vizualni oceni smo pregledali tudi moduse ocen, saj mediana v primeru fitotoksičnosti lahko skriva vrednosti kritičnih poškodb, ki so lahko usodne za rastlino. S tem smo ugotovili še nekaj občutljivih genotipov.

V rastni dobi koruze in ob zaključku smo merili posamezne parametre (število dni od vznika do 50 % metličenja, število dni od vznika do 50 % svilanja, višino storža, višino

rastline, dolžino storža in maso storža) z namenom ugotoviti vpliv posameznega herbicida in določeno skupino genotipov in na posamezne genotipe. V vseh skupinah smo ugotovili, da obstajajo razlike znotraj skupine med genotipi, kar nas ni presenetilo, saj to lahko pripišemo genski variabilnosti. Pri določenih posameznih genotipih pa smo opazili variabilnost glede na uporabo posameznega herbicida, kar je zanimiv podatek za žlahtnitelja, ki ga zanima določen genotip. Razlike smo tako opazili pri odzivu na herbicid pri različnih parametrih pri 15 linijah (skupaj 35 primerov), pri 16 populacijah (29 primerov) in pri 5 hibridih (10 primerov). Ne smemo pa pozabiti, da smo uporabili herbicide z različnim načinom uporabe, delovanja in stopnjo učinkovitosti na plevelu, ki so pomemben tekmelec v rasti in razvoju gojene rastline, zato razlike pri merjenih parametrih težko pripišemo zgolj občutljivosti posameznih genotipov na določen herbicid.

Pri linijah in hibridih je analiza pokazala, da herbicid vpliva na dolžino in maso storža, pri populacijah pa ne. Pri hibridih je analiza mase storža pokazala celo interakcijo med izbiro herbicida in določenega hibrida. Kot najboljša kombinacija za visok pridelek se je izkazal hibrid 6 in uporaba herbicida pred vznikom (H1 ali H2). Interakcije herbicidov z drugimi merjenimi parametri pri vseh genotipih nismo našli, kar pomeni da so se genotipi dokaj enako odzivali na uporabljene herbicide oziroma, da so herbicidi imeli enak vpliv na večino. Pri posameznih linijah, populacijah in hibridih smo opazili več variabilnosti pri merjenih parametrih. Različni herbicidi so imeli pri posameznih genotipih različen vpliv na merjeni parameter, kar lahko smatramo kot odraz genetske variabilnosti.

6 SKLEPI

Na podlagi poskusa, katerega glavni namen je bil proučiti genski material iz slovenske genske banke na herbicide z različnimi aktivnimi snovmi, lahko sklepamo naslednje:

- Linije so občutljivejši genetski material kot populacije in hibridi, saj smo pri njih opazili največjo variabilnost pri uporabi različnih herbicidov in tudi največ statistično značilnih razlik pri posameznih linijah za čas metličenja in svilanja.
- Razlike v občutljivosti in jakosti poškodb med genotipi znotraj iste skupine genotipov so v največji meri prisotne pri linijah in populacijah, tako pri merjenih parametrih kot pri ocenah fitotoksičnosti.
- Najbolj tvegana uporaba za nastanek fitotoksičnosti je uporaba herbicida H3 (foramsulfuron in jodosulfuron–metil natrij).
- Iz fotografij fitotoksičnosti je razvidno, da različni herbicidi povzročajo različne poškodbe na istem genotipu.
- Med herbicidi in hibridi je pri pridelku značilna interakcija. Kot najboljšo kombinacijo za visok pridelek lahko priporočimo uporabo hibrida 6 in herbicida pred vznikom (H1 ali H2).
- Za nadaljnje raziskave lahko, zaradi boljše ocene vpliva herbicida na rast rastline, priporočimo uporabo še ene povsem nezapleveljene kontrole (oplete kontrole).

Z navedenimi sklepi potrjujemo vse naše zastavljene hipoteze.

Ocene fitotoksičnosti v zgodnjih fenofazah rasti gojene rastline nimajo vedno realnega vpliva na končni pridelek, saj je prisotna naravna sposobnost rastlin, da v času rastne dobe stres, povzročen zaradi herbicida v zgodnji fazi rasti, izničijo.

7 POVZETEK (SUMMARY)

7.1 POVZETEK

V semenski pridelavi koroze se pogosto srečujejo z dejstvom, da registrirani herbicidi za uporabo v korozi niso testirani na občutljiv genetski material, kot so homozigotne linije, ki se uporabljajo kot starševske rastline. Pa vendar je potrebno zagotoviti gojenim rastlinam optimalne pogoje za rast, kamor sodi tudi učinkovito varstvo pred pleveli. Ker gre za velike površine, je kemično varstvo še vedno najustreznejša rešitev in zaradi dejstva, da lahko napačna izbira herbicida povzroči fitotoksičnost, ki lahko ogrozi pridelek semena, semenske hiše same naredijo ustrezne teste za občutljive homozigotne linije.

V naši raziskavi smo preverili občutljivost genotipov koroze iz slovenske genske banke koroze na herbicide z različnimi aktivnimi snovmi, ki so registrirani za uporabo v korozi v Sloveniji in imajo različno selektivnost na plevela.

Iz genske banke koroze na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani smo odbrali 20 homozigotnih linij, 20 populacij in 7 hibridov. Tretirali smo jih s petimi herbicidi z različnimi aktivnimi snovmi, z dvema smo tretirali pred vznikom, H1 (izoksafutol), H2 (mezotrión, S–metolaklor, terbutilazin), s tremi pa po vzniku H3 (foramsulfuron, jodosulfuron–metil natrij), H4 (nikosulfuron) in H5 (bentazon, dikamba). V času rastle dobe smo na poskusnem polju v mladostnem razvoju (4–6 listov) beležili vizualno oceno poškodb, povzročeno zaradi fitotoksičnosti herbicida v skladu z EPPO smernicami, beležili datum metličenja in svilanja ter zmerili višino rastlin in vrhnjega storža. Po spravlilu smo v laboratoriju na vzorcu 5 storžev izmerili še dolžino storža in storže stehali. Za opisne ocene poškodb, povzročenih zaradi fitotoksičnosti, smo uporabili Kruskal-Wallisovo enosmerno analizo variance in enostaven prikaz s stolpci za moduse. Merjene parametre smo statistično obdelali z analizo variance po metodi za split-plot poskus.

Rezultati so pokazali, da za vse proučevane lastnosti med genotipi znotraj iste skupine, obstajajo razlike v občutljivosti na posamezen herbicid in da različni herbicidi povzročajo različno jakost in različne poškodbe na istem genotipu. Statistično značilne razlike v občutljivosti smo tako ugotovili pri odzivu na herbicid pri različnih parametrih pri 15 linijah (skupaj 35 primerov – največ za višino storža), pri 16 populacijah (29 primerov – največ za maso storža in višino rastline) in pri 5 hibridih (10 primerov – za vse lastnosti, razen za čas metličenja, po 2 primeri). Pri linijah smo ugotovili statistično značilne razlike pri uporabi različnih herbicidov v dolžini in masi storža. Največ razlik pri posameznih linijah smo opazili v višini storža. Interakcije nismo zaznali v nobenem primeru. Tretiranje z različnimi herbicidi je statistično značilno vplivalo na maso storža pri 8 posameznih populacijah, na čas metličenja in svilanja pa samo pri treh. Statistično značilen vpliv uporabe posameznih herbicidov smo pri populacijah opazili le pri masah storža. Uporaba določenega herbicida je značilno vplivala na višino storža in maso storžev pri hibridih. Pri masi storža je bila ugotovljena tudi interakcija med uporabljenim herbicidom in hibridi.

Z analizo ocen fitotoksičnosti pri hibridih nismo ugotovili statistično značilnih razlik med različnimi obravnavanji. Kot občutljive na različne herbicide lahko izpostavimo 13 različnih linij in 15 različnih populacij. Poškodbe so se na največ linijah in populacijah

pojave zaradi uporabe herbicida H3 (foramsulfuron in jodosulfuron–metil natrij). Na podlagi rezultatov lahko sklepamo, da so linije so bolj občutljive kot populacije in hibridi.

7.2 SUMMARY

The seed production of maize is often confronted with the fact that herbicides registered for maize are not tested on sensitive genetic materials such as parental inbred lines. It is necessary to ensure the growing plants optimal conditions which also include effective protection against weeds. The chemical protection is still the most efficient solution in maize seed production because of large field areas. In order to avoid phytotoxicity of herbicide sensitive materials (like inbred lines), and ensure normal yield, seed companies have to conduct their own tests.

The aim of our study was to test tolerance of various maize genotypes from the gene bank of the Biotechnical Faculty, University of Ljubljana to different herbicides (with different active ingredients), registered in Slovenia for the weed control in maize production. The study also involved investigation of weed selectivity.

The study included 20 lines, 20 populations and 7 hybrids, two pre emergence herbicides – H1 (isoxaflutole), H2 (mesotrione, S–metolachlor, terbutylazine) and three postemergence herbicides – H3 (foramsulfuron, iodosulfuron–methy Na), H4 (nicosulfuron) and H5 (bentazon, dicamba). The phytotoxicity assessment was based on visual estimation of plant injuries and also involved certain metric parameters of maize plants (tasseling and silking date, uppermost ear height, plant height, ear length and ear weight), all according to the EPPO guidelines. For non-parametric traits Kruskal-Wallis one way analysis of variance was used, and a simple chart with columns for the modes. The differences between treatments were analyzed in order to find statistically significant impact of herbicides on a particular group of genotypes or on a given genotype. The metric values were tested by the split-plot analyse of variance.

The genotypes from the same group responded differently to herbicide treatments, and also individual genotypes exhibited different levels of tolerance and types of plant injuries. The differences were also expressed in some quantitative traits such as yield, silking and tasseling time. The significant differences were noticed in 15 inbreds (in 35 cases), 16 populations (in 29 cases) and five hybrids (in 10 cases).

In the case of inbreds, the use of different herbicides showed significant impact on the length and weight of ear. Most of the differences among individual inbreds were observed in height of the uppermost ear. The interaction was not detected in any case. In the case of populations, various herbicides significantly influenced the weight of ear of eight individual populations. Significant effects of different herbicides applied on maize populatios were observed only in weight of ears. The application of herbicides showed a significant impact on the height of the uppermost ear, and the weight of ear. Regarding the weight of ears, an interaction was found between the applied herbicide and hybrids. Based on overall results of the study we can conclude that inbreds are the most sensitive to herbicide injuries.

8 VIRI

- ARSO – meteorološki podatki 2013. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za meteorologijo (izpis iz baze podatkov, 26.2.2014)
- Bernards M. L. 2009. Herbicide injury symptoms in corn. Lincoln, University of Nebraska: 56 str.
<http://weedscience.unl.edu/pdfarticles/09HerbicideInjuryCorn.pdf> (20. 11. 2014)
- Boerboom C. 2002. Factors influencing crop tolerance to herbicides. Madison, University of Wisconsin: 4 str.
<http://fyi.uwex.edu/weedsci/2002/11/02/factors-influencing-crop-tolerance-to-herbicides/> (3. 12. 2013)
- Bonis P., Arendas T., Marton L.C. 2003. Field tests on the herbicide tolerance of various maize genotypes: 3 str.
<http://www.date.hu/acta-agraria/2003-11i/bonis.pdf> (23. 7. 2012)
- Classification of herbicides according to site of action. 2013. HRAC–Herbicide Resistance Action Committee.
<http://www.hracglobal.com/Education/ClassificationofHerbicideSiteofAction.aspx> (3.12.2013)
- Čergan Z., Jejčič V., Knapič M., Modic Š., Moljk B., Poje T., Simončič A., Sušin J., Urek G., Verbič J., Vrščaj B., Žerjav M. 2008. Koruza. Ljubljana, Kmečki glas: 314 str.
- Diebold S., Robinson D., Zandstra J., O’Sullivan J., Sikkema P.H. 2003. Sweet corn (*Zea mays*) cultivar sensitivity to AEF130360. *Weed Technology*, 17: 127–132
- Duke S.O. 1999. Weed management: implications of herbicide resistant crops: 25 str.
<http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1487&context=usdaarsfacpub&seiredir=1#search=%22Implications%20Herbicide%20Resistant%20Crops%20Duke%22> (3.9.2011)
- FITO-INFO: Slovenski informacijski sistem za varstvo rastlin. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Fitosanitarna uprava RS.
<http://spletni2.furs.gov.si/FFS/REGSR/index.htm> (8.1.2013)
- Gomez K.A., Gomez A.A. 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2nd ed. New York, Wiley&Sons: 680 str.
- Green J.M., Ulrich J.F. 1993. Response of corn (*Zea mays* L.) inbreds and hybrids to sulfonylurea herbicides. *Weed Science*, 41: 508–516
- Integrated weed management: tools, guidelines and strategies for integrated weed management. 2009. Integrated Weed Management and Weed Resistance Biology Group, Frankfurt, Bayer CropScience AG: 41 str.
- Kajfež Bogataj L. 2005. Prihodnost Slovenije: Podnebne spremembe in njihov vpliv na kakovost življenja ljudi. V: Pogovori o prihodnosti Slovenije. Pogovor B, Cilji EU v luči nove finančne perspektive, Ljubljana, 21. okt. 2005. Ljubljana, Urad Predsednika RS: 100–106

- [http://www.prihodnost-slovenije.si/up-rs/ps.nsf/kk/5F933B6F35B9843EC1257210003930EF/\\$FILE/cilji_eu_v-luci-nove-financne_pespektive.pdf](http://www.prihodnost-slovenije.si/up-rs/ps.nsf/kk/5F933B6F35B9843EC1257210003930EF/$FILE/cilji_eu_v-luci-nove-financne_pespektive.pdf) (1.12.2014)
- Kocjan Ačko D.K., Rozman L. 1999. Izvor koroze in njen gospodarski pomen. Kmečki glas, 56, 13: str. 2 (priloga)
- Košmelj K. 2002. Osnove multivariatnih statističnih metod, podiplomski študij na BF, 2002/2003, KK: 4. del OMSM_02_03_4del (gradivo, razdeljeno na predavanjih, 15.3.2003)
- Košmelj K. 2007. Uporabna statistika. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 239 str.
http://www.bf.uni-lj.si/fileadmin/groups/2721/Uporabna_statistika_okt_2007/Uporabna_statistika_01.pdf (17.9.2013)
- Kovačević D., Momirovič N. 1996. Integrated weed management system for modern corn production technology. V: Zbornik radova Petog kongresa o korovima., Banja Koviljača, 18. – 21. junij 1996. Herbološko društvo Srbije: 410–431
- Lešnik M. 2007. Tehnika in ekologija zatiranja plevelov. Ljubljana, Kmečki glas: 242 str.
- Luthar Z. 1998. Genska banka kmetijskih rastlin Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete. Sodobno kmetijstvo, 31, 2: 63–66
- Mikuž F. 1961. Koroza v Sloveniji in njeni hibridi. Ljubljana, Univerza v Ljubljani. Fakulteta za agronomijo, biologijo, gozdarstvo in veterinarstvo: 97 str.
- Modic T., Rozman L. 2009. Fitotoksičnost različnih herbicidov na domači genski material koroze in njihova učinkovitost. V: Zbornik predavanj in referatov 9. posvetovanja o varstvu rastlin, Nova Gorica, 4.–5. marec 2009. Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije: 473–477
- Molnár I., Tóth E., Somlyay I., Pakurár M. 2001. Környezeti tényezők hatása a kukoricahibridek herbicidérzékenységére = Effects of environmental conditions for sensitivity of corn cultivars to herbicide treatments. Növényvéd, 37: 483–489
- Monks D.W., Mullins C.A., Johnson K.E. 1992. Response of sweet corn (*Zea mays*) to nicosulfuron and primisulfuron. Weed Technology, 6: 280–283
- Morton C.A., Harvey R.G. 1992. Sweet corn (*Zea mays*) hybrid tolerance to nicosulfuron. Weed Technology, 6: 91–96
- Opisna sortna lista RS za koroza 2007. 2007. Ljubljana, MKGP, Fitosanitarna uprava Republike Slovenije, Kmetijski inštitut Slovenije: 54 str.
- O'Sullivan J., Brammal R.A., Bow W.J. 1995. Response of sweet corn (*Zea mays*) hybrid tolerance to nicosulfuron plus rimsulfuron. Weed Technology, 9: 58–62
- O'Sullivan J., Thomas R.J., Brow W.J. 1998. Tolerance of sweet corn (*Zea mays*) cultivars to rimsulfuron. Weed Technology, 12: 258–261
- Owen M.D.K. 2000. Current issue of transgenic herbicide-resistant soybean and corn in the USA. Crop Protection, 19: 765–771
- Pajić Z. 2007. Breeding of maize types with specific traits at the Maize Research Institute Zemun Polje. Genetika, 39: 169–180

- Pataky J.K., Nordby J.N., Williams II M.M., Riechers D.E. 2006. Inheritance of cross-sensitivity in sweet corn to herbicides applied postemergence. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 131, 6: 744–751
- PP 1/135 (3). Phytotoxicity assessment. 2006: 8 str.
<http://pp1.eppo.int/list.php> (3.12.2013)
- Posejana zemljišča in pridelki. 2012. Statistični letopis Republike Slovenije 2012. Ljubljana, Statistični urad Republike Slovenije.
http://www.stat.si/letopis/2012/16_12/16-08-12.htm (3.12.2013)
- Rozman L. 1997. Pomen koruze v razvoju človeštva. *Sodobno kmetijstvo*, 30, 4: 155–158
- Rozman L. 1998. Genska banka koruze. *Sodobno kmetijstvo*, 31, 2: 71–73
- Rozman L. 2012. Genska banka koruze v Sloveniji. *Acta agriculturae Slovenica*, 99: 317–328
- Schuette G. 2002. Herbicide resistance: promises and prospects of biodiversity for European agriculture. *Agriculture and Human Values*, 20: 217–230
- Soukup J., Jursik M., Hamouz P., Holec J., Krupka J. 2004. Influence of soil pH, rainfall, dosage, and application timing of herbicide Merlin 750 WG (isoxaflutole) on phytotoxicity level in maize (*Zea mays* L.). *Plant, Soil and Environment*, 50: 2, 88–94
- Stefanović L., Simić M. 2008. Weed suppression in maize production – Effects of post-emergence herbicides. *Acta herbologica*, 17: 57–65
- Stefanović L., Šinžar B., Stanojević M. 2000. Herbicide application in seed maize crop – possibilities and limitations. *Acta herbologica*, 9: 85–101
- Stefanović L., Simić M., Pajić Z. 2002. Effects of nicosulfuron application dates on popcorn and weeds. V: *Proceedings of the 12th EWRS Symposium, Wageningen, The Netherlands*: 220–221
- Stefanović L., Simić M., Pajić Z. 2005. Effects of nicosulfuron application timing on weeds and sweet maize crop. *Acta herbologica*, 14: 23–32
- Stefanović L., Simić M., Dragičević V. 2010. Studies on maize inbred lines susceptibility to herbicides. *Genetika*, 42, 1: 155–168
- Stefanović L., Zarić Lj. 1990. Some parameters of maize inbred line reactions to herbicides. V: *Proceedings of the XVth Congress Maize and Sorghum Eucarpia, Vienna, Austria, 4.–8. June 1990. Federal Institute for Plant Production*: 158–170
- Stefanović L., Zarić Lj. 1991. The effect of herbicide and low temperature on certain maize genotypes. *Plant Protection*, 42: 345–356
- Stefanović L., Zarić Lj., Kerečki B. 1997. Delovanje herbicida na samooplodne linije kukuruza u zavisnosti od meteoroloških uslova godine. *Acta herbologica*, 6, 1: 31–37
- Subramanyam D., Reddy P.M., Sagar G.K. 2007. A study on herbicide phytotoxicity in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Research ANGRAU*, 35, 2: 75–77
- Summary of herbicide mechanism of action according to the Weed Science Society of America. 2013. WSSA–Weed Science Society of America.
<http://wssa.net/wp-content/uploads/WSSA-Mechanism-of-Action.pdf> (3.12.2013)

- Swanton C.R., Murphy S.D. 1996. Weed science beyond the weeds: the role of integrated weed management (IWM) in Agroecosystem Health. *Weed Science*, 44: 437–445
- Swanton C.R., Weise S.F. 1991. Integrated weed management: the rationale and approach. *Weed Technology*, 5: 657–663
- Triantafyllidis V., Bilalis D.J., Hela D., Dimopoulos P., Albanis T., Efthimiadou A. 2006. Combination effect of soil slope and rimsulfuron action on weed flora and phytotoxicity on maize crop under Mediterranean conditions. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 4, 3/4: 167–170
- Urek G., Knapič M., Zemljič Urbančič M., Škerlavaj V., Persolja J., Rak Cizej M., Radišek S., Lešnik M. 2012. Raba fitofarmaceutskih sredstev in preučitev možnosti za njihovo racionalnejšo uporabo v Sloveniji. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 163 str.
- Wych R.D., Schoper J.B. 1987. Evolution of herbicide tolerance of corn inbred lines. V: *Proceedings of the 42nd Annual Corn and Sorghum Research Conference*, Chicago, Illinois, USA, 10–11 December 1987: 141–160
- Zarić Lj., Stefanović L., Kerečki B., Mirković K., Radosavljević M. 1998. Effect of alachlor, low temperature and drought on early growth maize plants. V: *Proceedings of the Balkan Symposium on Field Crops*, Novi Sad: 127–130

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Ludviku Rozmanu za pomoč pri izvedbi poskusa in strokovne nasvete.

Iskrena hvala vsem, ki so kakorkoli pomagali pri nastanku, izvedbi in izdelavi mojega magistrskega dela.

Hvala družini, za vso potrpežljivost in podporo.