

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Tanja ŽIBERT

**KOMBINACIJSKE SPOSOBNOSTI Lj- KRIŽANCEV
KORUZE (*Zea mays* L.) ZA PRIDELEK, LASTNOSTI
STORŽA IN RANOST**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij - 2. stopnja

Ljubljana, 2015

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Tanja ŽIBERT (ŠKODA)

**KOMBINACIJSKE SPOSOBNOSTI Lj- KRIŽANCEV KORUZE (*Zea
mays* L.) ZA PRIDELEK, LASTNOSTI STORŽA IN RANOST**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij - 2. stopnja

**COMBINING ABILITY OF Lj- MAIZE MATERIALS FOR YIELD, EAR
TRAITS AND EARLINESS**

M. SC. THESIS
Master Study Programmes

Ljubljana, 2015

Magistrsko delo je zaključek Magistrskega študijskega programa 2. stopnje Agronomije. Delo je bilo opravljeno na Katedri za genetiko, biotehnologijo, statistiko in žlahtnjenje rastlin.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja magistrskega dela imenovala izr. prof. dr. Ludvika ROZMANA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Gregor OSTERC
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: izr. prof. dr. Ludvik ROZMAN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: izr. prof. dr. Zlata LUTHAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Podpisana izjavljam, da je naloga 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.

Tanja ŽIBERT

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Du2
- DK UDK 633.15:631.526.325:631.524(043.2)
- KG koruza/genska banka/linije/križanci/kombinacijska sposobnost/pridelek
- AV ŽIBERT (ŠKODA), Tanja
- SA ROZMAN, Ludvik (mentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- LI 2015
- IN KOMBINACIJSKE SPOSOBNOSTI Lj- KRIŽANCEV KORUZE (*Zea mays* L.)
ZA PRIDELEK, LASTNOSTI STORŽA IN RANOST
- TD Magistrsko delo (Magistrski študij - 2. stopnja)
- OP X, 39 str., 26 pregl., 4 sl., 41 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Namen naloge je bil preučiti kombinacijsko sposobnost (KS) na gospodarsko pomembne lastnosti koruze. V poljskem poskusu, ki je potekal v letu 2012 na poskusnem polju Biotehniške fakultete v Jablah pri Trzinu, smo proučevali splošno (SKS) in specifično (PKS) KS 15 linij in njihovih križancev iz genske banke Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. V poskus je bilo vključenih 50 novih Lj- križancev koruze, ki so bili vzgojeni po metodi nepopolnega dialelnega križanja. Deset linij smo uporabili kot materine linije (P1-P10), pet linij pa kot očetne linije (P12-P16). Za vse proučevane lastnosti smo ugotovili statistično značilne razlike med SKS starševskimi linijami in med PKS njihovih križancev. Linije z najboljšo SKS za pridelek in lastnosti storža, ki so v tesni povezavi s pridelkom, so linije P2, P6, P7 in P10 (materine linije) ter P13 in P12 (očetne linije). Najboljše SKS vrednosti za število dni do metličenja in % vlage v zrnju; lastnosti, ki sta merilo za ranost; imajo linije P2, P3 in P4 (materine linije) ter P12 in P14 (očetne linije). Čeprav sta pridelek in ranost v negativni korelaciji, smo pri liniji P2 ugotovili, da ima dobro SKS tako za pridelek kot za ranost.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Du2
- DC UDC 633.15:631.526.325:631.524(043.2)
- CX maize/*Zea mays*/gene bank/inbred lines/hybrids/combining ability/crop yields
- AU ŽIBERT (ŠKODA), Tanja
- AA ROZMAN, Ludvik (supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
- PY 2015
- TY COMBINING ABILITY OF Lj- MAIZE MATERIALS FOR YIELD, EAR TRAITS AND EARLINESS
- DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)
- NO X, 39 p., 26 tab., 4 fig., 41 ref.
- LA sl
- Al sl/en
- AB The main aim of our work was to examine the combining ability (CA) for yield and other important traits related to yield. In the field experiment, which took place in 2012 at the experimental field of the Biotechnical Faculty at Jable near Trzin, the general (GCA) and specific (SCA) of 15 lines and their crosses were studied. The inbreds originated from the gene bank of the Department of Agronomy of the Biotechnical Faculty, University in Ljubljana. The experiment included 50 new Lj-hybrids of maize, formed according to the method of incomplete diallel involving 15 inbreds. Ten inbreds were used as female parents (P1-P10) and 5 inbreds as male parents (P12-P16). For all investigated traits the statistically significant differences between GCA of parental inbreds and between SCA of their hybrids were found. Inbreds P2, P6, P7 and P10 (female parents) and P13 and P12 (male parents) showed the highest GCA for yield and ear traits that are closely associated with the yield. The highest value of GCA for the number of days to tasseling and of moisture content in grain had the inbreds P2, P3 and P4 (female parents), and P12 and P14 (male parents). Although the yield and earliness are usually negatively correlated, the inbred P2 showed good GCA for both yield and earliness.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
KAZALO SLIK.....	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	X
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA IN NAMEN RAZISKAVE.....	1
1.2 DELOVNA HIPOTEZA	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 IZVOR IN ZGODOVINA KORUZE	3
2.1.1 Razširjenost pri nas in v svetu.....	4
2.2 ZGODOVINA ŽLAHTNENJA KORUZE.....	5
2.3 NASTANEK LINIJ IN KRIŽANCEV KORUZE.....	6
2.3.1 Način hibridizacije.....	6
2.3.2 Križanci dveh ali več samooplodnih linij	7
2.3.3 Pridelava hibridnega semena koruze.....	7
2.3.4 Dialelno križanje.....	8
2.4 KOMBINACIJSKA SPOSOBNOST	8
2.4.1 Splošna in specifična kombinacijska sposobnost.....	9
2.4.1.1 Statistična analiza kombinacijskih sposobnosti.....	10
3 MATERIAL IN METODE	12
3.1 MATERIAL	12
3.2 METODE DELA	12
3.2.1 Poljski poskus.....	12
3.3 STATISTIČNE ANALIZE	13
4 REZULTATI.....	15
4.1 VREMENSKE RAZMERE.....	15

4.2 ANALIZA KOMBINACIJSKE SPOSOBNOSTI	16
4.2.1 Število dni od vznika do 50 % metličjenja	16
4.2.2 Dolžina storža	19
4.2.3 Premer storža	22
4.2.4 Število vrst zrnja na storžu	24
4.2.5 Pridelok zrnja	27
4.2.6 Odstotek vlage v zrnju ob spravilu	29
5 RAZPRAVA IN SKLEPI	32
5.1 RAZPRAVA.....	32
5.2 SKLEPI.....	35
6 POVZETEK	36
7 VIRI	37
ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Metoda nepopolnega dialelnega križanja 15 starševskih linij.....	12
Preglednica 2: Podatki, urejeni za statistične analize v programu Agrobase Gen II.....	13
Preglednica 3: Osnovna analiza variance za pridelek zrnja (dt/ha) pri 14 % vlagi.....	14
Preglednica 4: Razširjena analiza variance za pridelek zrnja na splošno (SKS) in specifično (PKS) kombinacijsko sposobnost materinih (linije) in očetnih (testerji) linij in njihovih križancev.....	14
Preglednica 5: <i>p</i> - vrednosti iz osnovne ANOVA za proučevane lastnosti.....	16
Preglednica 6: <i>p</i> - vrednosti iz razširjene ANOVA za splošno kombinacijsko sposobnost (SKS) linij in specifično kombinacijsko sposobnost (PKS) križancev za vse proučevane lastnosti.....	16
Preglednica 7: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za število dni od vznika do 50 % metličanja materinih linij križancev koruze.....	17
Preglednica 8: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za število dni od vznika do 50 % metličanja očetnih linij križancev koruze.....	17
Preglednica 9: Vrednosti specifične kombinacijske sposobnosti (PKS) in povprečne vrednosti za število dni od vznika do 50 % metličanja novih Lj- križancev koruze.....	18
Preglednica 10: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za dolžino storža materinih linij.....	19
Preglednica 11: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za dolžino storža očetnih linij.....	20
Preglednica 12: Vrednosti specifične kombinacijske sposobnosti (PKS) in povprečne vrednosti za dolžino storža (cm) novih Lj- križancev koruze.....	20
Preglednica 13: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za premer storža materinih linij.....	22
Preglednica 14: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za premer storža očetnih linij.....	22

Preglednica 15: Vrednosti specifične kombinacijske sposobnosti (PKS) in povprečne vrednosti za premer storža (cm) novih Lj- križancev koruze	23
Preglednica 16: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za število vrst zrnja materinih linij	24
Preglednica 17: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za število vrst zrnja očetnih linij	25
Preglednica 18: Vrednosti specifične kombinacijske sposobnosti (PKS) in povprečne vrednosti za število vrst zrnja novih Lj- križancev koruze.....	25
Preglednica 19: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za pridelek zrnja materinih linij	27
Preglednica 20: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za pridelek zrnja očetnih linij	27
Preglednica 21: Vrednosti specifične kombinacijske sposobnosti (PKS) in povprečne vrednosti za pridelek zrnja novih Lj- križancev koruze	28
Preglednica 22: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za % vlage v zrnju materinih linij	30
Preglednica 23: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za % vlage v zrnju očetnih linij.....	30
Preglednica 24: Vrednosti specifične kombinacijske sposobnosti (PKS) in povprečne vrednosti za % vlage v zrnju novih Lj- križancev koruze	30
Preglednica 25: Skupni rezultati SKS za pridelek zrnja in lastnosti storža materinih linij.....	33
Preglednica 26: Skupni rezultati SKS za pridelek zrnja in lastnosti storža očetnih linij	34

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Pravočasno izoliranje ženskega cveta koruze, preden se svila pojavi iz ličja.....	7
Slika 2: Ročno oprashaevanje predhodno izoliranega cveta koruze	7
Slika 3: Izoliran in oprashaevan cvet koruze	7
Slika 4: Količina padavin v mm in temperatura zraka na 2 m v °C po mesecih, merjeno v Ljubljani – Bežigrad za leto 2012 in tridesetletno povprečje za obdobje 1981-2000 (Meteorološki ..., 2012).....	15

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ang.	po angleško
ANOVA	analiza variance
ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje in prostor
KS	kombinacijska sposobnost
PKS	specifična kombinacijska sposobnost
RGA	Raziskovalna genetika in agrokemija
SKO	srednji kvadrirani odklon
SKS	splošna kombinacijska sposobnost
SP	stopinje prostosti
VKO	vsota kvadriranih odklonov

1 UVOD

Koruza je tujeprašna vrsta, pri kateri v rastlinski pridelavi prevladujejo sorte tipa hibridov, to je križancev dveh samooplodnih homozigotnih linij. Pri križanju dveh homozigotnih linij se v F1 generaciji izrazi heterotični učinek, kar se izkaže v povečanem pridelku oz. kaki drugi gospodarsko pomembni lastnosti. Kakšen bo križanec oz. v kolikšni meri se bo izrazil heterotični učinek, pa je v največji meri odvisno od starševskih linij.

Za uspešno žlahtnjenje koruze oz. vzgojo dobrih hibridov mora žlahtnitelj imeti na voljo ustrezen in raznolik genski material, v primeru koruze ustrezne homozigotne linije. Vsaka kombinacija križanja dveh različnih linij daje hibrid z drugačno vrednostjo, zato je največji izziv oz. cilj pri žlahtnjenju koruze dobiti kombinacijo dveh linij, ki bo dala hibrid z najboljšo vsestransko vrednostjo.

V ta namen so se razvile različne metode preizkušanja kombinacijskih sposobnosti (KS) starševskih linij, s katerimi naj bi ugotovili, pri katerih linijah lahko pričakujemo najboljše križance. Najbolj sistematično preizkušanje KS poteka s pomočjo dialelnega križanja vseh linij, kar pa zahteva ogromno dela.

Bogata zbirka bolj ali manj homozigotnih linij se vzdržuje tudi na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, kjer vzdržujejo okrog 600 različnih genotipov koruze (Rozman, 2012). V glavnem so to domače populacije koruze in iz njih vzgojene linije, ki do sedaj večina njih še ni bila testirana na KS. Prve populacije, ki so bile osnova za vzgojo domačih linij, so bile po vsej Sloveniji nabrane že v začetku 50. let prejšnjega stoletja in so še danes hranjene v genski banki koruze.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA IN NAMEN RAZISKAVE

Dialelno križanje se v žlahtnjenju rastlin uporablja v glavnem za testiranje kombinacijskih sposobnosti samooplodnih linij oz. za ugotavljanje heterotičnega učinka v F1 generaciji. Metodo dialelnega križanja se pogosto uporablja tudi v genskih raziskavah, ker da največ informacij o učinkovitosti in številu genov, kombinacijski sposobnosti in možnih interakcij med geni (Borojević, 1992).

Namen naloge je bil proučiti kombinacijsko sposobnost 15 starševskih linij iz genske banke koruze na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani in njihovih križancev za pridelek ter lastnosti, ki najbolj vplivajo na pridelek koruze (dolžina in premer storža ter število vrst zrnja na storžu) in ranost (število dni do metličenja in % vlage v zrnju ob spravilu).

1.2 DELOVNA HIPOTEZA

Predvidevali smo, da bodo nekatere starševske linije odstopale po boljši kombinacijski sposobnosti (KS), kar naj bi se potem izrazilo tudi v kombinacijski sposobnosti (KS) njihovih križancev v F1 generaciji za pridelek zrnja in za lastnosti, ki najbolj vplivajo na pridelek.

2 PREGLED OBJAV

2.1 IZVOR IN ZGODOVINA KORUZE

Koruzo poznamo samo kot kultivirano rastlino, samonikle v naravi ni. Njena sorodnika sta teosinta (*Zea mays* spp. *mexicana*), ki je najverjetneje predhodnica današnje koruze, in vrste iz rodu *Tripsacum* (Tajnšek, 1981).

Že Indijanci so v prvih tisočih letih s stalnim odbiranjem in setvijo najboljših rastlin in storžev iz te koruze vzgojili prve primitivne udomačene koruze. Z medsebojnim naravnim križanjem in naravno selekcijo je prišlo do nastanka zelo različnih zvrsti in tipov, iz katerih izhaja današnja kultivirana koruza (Rozman, 1997).

Njen izvor je Srednja in Južna Amerika. V Evropo je bila prenesena leta 1492, ko je Krištof Kolumb odkril Ameriko. Takrat je tudi prvič opisal njene lastnosti ter načine pridelovanja, kako so jo Indijanci pridelovali in uporabljali (Čergan in sod., 2008).

Koruzi je bila med prvimi rastlinami, ki je bila po Kolumbovem odkritju Amerike prenesena v Evropo. Najprej na Portugalsko in v Španijo, od koder se je potem razširila po preostali Evropi, bodisi prek Italije bodisi Turčije (Rozman, 1997). Benečani so jo na svojih trgovskih poteh razvozili po Sredozemlju, naprej v Malo Azijo in na Daljni vzhod (Kocjan Ačko, 1999).

V Slovenijo je verjetno prišla v 17. stoletju iz Italije, kjer so jo pridelovali že ob koncu 16. stoletja (Rozman, 1997). Nekateri drugi pa navajajo, da je koruza k nam prišla preko Balkana iz Turčije. Ta domneva temelji na imenu turščica, ki naj bi bila izpeljanka iz turške besede kukuruz. Najverjetneje pa je prišla sočasno po obeh poteh, tako z Balkana kot iz Italije (Tajnšek in sod., 1991).

Valvasor je v 17. stoletju zabeležil ter opisal njeno pridelovanje v številnih slovenskih krajih. Sprva se je pridelovanje le počasi širilo, in sicer vse do leta 1733, ko je gosposka ukazala vsem kmetom, da morajo sejati koruzo in jo celo oprostila desetine (Čergan in sod., 2008).

Leta 1848 je v Ljubljani potekala kmetijsko-sadjarska razstava. Na razstavi je bila prikazana pestra kolekcija sortimenta koruze (Rozman, 1997). Z nakupom semena iz Amerike, Ogrske in Italije ter s stalnim odbiranjem najboljših storžev za seme, so se do prve polovice 20. stoletja izoblikovale številne domače populacije koruze, ki so bile zelo prilagodljive lokalnim podnebnim razmeram (Tajnšek in sod., 1991).

Do začetka 50. let 20. stoletja so v Sloveniji prevladovali domače populacije oz. sorte koruze, ki so bile izredne kakovosti s trdim zrnjem, zgodnejše in dobro prilagojene rastnim razmeram. Takrat pa se je začelo širjenje tujih, predvsem ameriških hibridov, ki so bile večinoma zobanke, poznejše in neprilagojene slovenskim rastnim razmeram. Da bi se preprečilo križanje ameriških zobank s slovenskimi populacijami trdink, je prof. Mikuž začel z zbiranjem domačih populacij po vsej Sloveniji (Rozman, 2012).

Leta 1955 je v Sloveniji začel prvo medsortno križanje domačih sort trdink prof. Mikuž (Rozman, 1997). Takrat je prof. Mikuž s svojimi sodelavci po drugi svetovni vojni zbral, ovrednotil in dokumentiral več kot 30 domačih populacij koruze, večinoma s kratko rastno dobo in kakovostnim zrnjem. V Sloveniji je prvi uspešno opravil medsortna križanja teh populacij (Tajnshek in sod., 1991).

Takrat je bila glavna naloga predvsem ohranitev teh sort pred izgubo, pozneje pa so bile iz njih vzgojene številne homozigotne samooplodne linije, zlasti tipa trdink. Skoraj ves ta material je še sedaj shranjen v genski banki koruze na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani (Rozman, 1997).

Semena različnih genotipov koruze se med seboj razlikujejo po številnih lastnostih, kot so velikost, oblika, številne kemične in fizikalne lastnosti. Omenjene lastnosti so odvisne od številnih dejavnikov okolja, genetske strukture oz. genotipa, zvrsti, interakcije med genotipom in okoljem in drugih dejavnikov (Ivančič, 2002).

Koruzo ne moremo botanično razvrstiti v posamezne vrste, ker se vse križajo med seboj, pač pa jih po tipu zrnja ločimo v posamezne zvrsti (convarietas) (Tajnshek, 1981). Po obliki zrnja koruzo delimo na zobanko, poltrdinko, trdinko, pokovko, sladkorko, škrobnato, škrobnato sladkorko, voščenko in plevelko (Tajnshek in sod., 1991).

2.1.1 Razširjenost pri nas in v svetu

Koruzo je pri nas najbolj razširjena poljščina, saj se jo prideluje na 40 % vseh njiv. Med vsemi evropskimi državami ima v Sloveniji največji delež v setveni sestavi. Približno tretjina se jo prideluje za silažo, dve tretjini pa za zrnje, siliranega vlažnega zrnja in siliranje mletih storžev. Večino pridelka koruze porabimo neposredno v prehrani živali, le majhen del pridelka zrnja je namenjen prodaji na trgu. Obseg in ekonomičnost pridelovanja koruze sta tako tesno povezana s stanjem in trendi živinoreje, predvsem govedoreje (Čergan in sod., 2008).

Največja svetovna pridelovalka koruze je ZDA, saj pridelava več kot 40 % celotne svetovne pridelave. Med pomembnejšimi svetovnimi pridelovalkami so še Brazilija, Kitajska, države bivše Sovjetske zveze in Mehika. Poleg ZDA so pomembne izvoznice Argentina, Južno Afriška Republika, Francija in Tajska. Največje povprečne pridelke koruze za zrnje dosegajo v Avstriji, Franciji, Nemčiji in Italiji, in sicer od 8 do 10 ton. S sodobnimi metodami žlahtnjenja pri vzgoji hibridov in uporabi intenzivnih agrotehničnih ukrepov je koruzo postala rastlina z največjo proizvodnjo organske mase na enoto površine in se kot taka največ uporablja za krmo živine (Kocjan Ačko, 1999).

V manj razvitih delih sveta se še precej uporablja za prehrano ljudi, medtem ko se v razvitejših državah uporablja predvsem za prehrano živali ter za različne namene v industrijski pridelavi (Rozman, 1997; Čergan in sod., 2008).

2.2 ZGODOVINA ŽLAHTNENJA KORUZE

Žlahtnjenje rastlin spada med najstarejše dejavnosti človeštva. Številni raziskovalci pripisujejo genetskim spremembam glavnih kmetijskih rastlin, nastalih v procesu žlahtnjenja vedno novejših in boljših sort, od 50 do 60 odstotni delež od skupnega povečanja pridelkov v prejšnjem stoletju. Ostalo povečanje pa je rezultat zaradi izboljšane tehnologije pridelave zlasti agrotehnikе, zaščitnih sredstev, umetnih gnojil in melioracij tal (Bohanec, 1996).

Z intenzivnim žlahtnjenjem koruze so se začeli najprej ukvarjati v Ameriki v začetku 20. stoletja, ko so bili ponovno odkriti Mendelovi zakoni, čeprav jih je Mendel objavil že leta 1866. Nova spoznanja so močno pospešila žlahtnjenje koruze, predvsem v smeri vzgoje homozigotnih linij in hibridnih sort (Rozman, 1997).

V začetku 20. stoletja je bil pojasnjen pojav heterozisa. Križanje različnih populacij ali sort med seboj ni prineslo večjega pridelka, zato sta v Ameriki East in Shull leta 1905 začela uvajati samooplodno koruze in vzgojo homozigotnih (genetsko izenačenih) samooplodnih linij. Prvi komercialni štirilinijski (DC) hibrid koruze z imenom »Bur Leaming« je bil vzgojen v Ameriki leta 1921, leta 1924 pa prvi dvolinijski (SC) hibrid z imenom »Cooper Cross«. Zaradi hitrega širjenja novih hibridnih sort v prakso, so se povprečni pridelki koruze začeli hitro povečevati (Rozman, 1997).

Za vzgojo novih hibridov so morali žlahtnitelji spremeniti habitus rastline. Z žlahtnjenjem na bolj pokončne, številčnejše in tudi krajše liste je bila sposobna prenesti gostejšo setev. Pri taki setvi je bilo več poleglih, polomljenih rastlin. Zato je bilo potrebno vzgojiti rastline z močnejšim in bolj zdravim stebлом. Pri gostejši setvi se je povečal odstotek rastlin brez storžev, zato je bilo treba vzgojiti genotipe z gensko zasnovo za večstoržnost, s tem je bil v gostejši setvi zagotovljen vsaj en storž. Setev poznejših hibridov z daljšo vegetacijsko dobo ni vedno zagotavljala pravočasnega dozorevanja. Cilj je bil vzgojiti hibride s čim zgodnejšim cvetenjem in poznejšo, vendar še pravočasno zrelostjo (Rozman, 1997).

Novejši hibridi so bili odpornejši proti različnim rastlinskim škodljivcem in boleznim, bolje so izkoristili gnojenje z večjo količino hranil, imeli so hitrejši mladostni razvoj in bili odpornejši proti nizkim temperaturam (Rozman, 1997).

Novejši hibridi so se hitro razširili po vsem svetu. V zadnjem obdobju so žlahtniteljem v veliko pomoč tudi biotehnoške metode. S klasičnem žlahtnjenjem pa so vzgojeni že hibridi, ki so odporni proti koruzni progavosti lista (*Exserohilum turcicum* /Pass./ K. J. Leonard et E. G. Suggs) in ostalim boleznim (Rozman, 1997).

Slaba lastnost hibridov pa je ta, da se že v drugi generaciji močno izrodijo. Izrojeno seme pa daje 10 do 20 % manjši pridelek. Zato je gospodarno, da vsako leto znova kupimo potrjeno seme tako imenovane F1 generacije (Korošec, 1989).

2.3 NASTANEK LINIJ IN KRIŽANCEV KORUZE

Čista linija je potomstvo samoprašne homozigotne rastline, torej so vse rastline ene čiste linije istega genotipa. Dobimo jo s samooplodnjo po F6 generaciji. Z individualno selekcijo v kasnejših generacijah (F7 do F10) dobimo skoraj popolnoma homozigotno linijo. Čista linija je pri tujeprašnicah genetsko identična inbridirana ali samooplodna linija. Pri tujeprašnicah se samooplodne linije uporabljajo zaradi inbriding depresije predvsem kot starševske linije za izkoriščanje heterotičnega učinka pri vzgoji hibridov F1 generacije (Rozman, 2009).

Koruzna je tujeprašnica, zato je samooplodna linija dobljena po šestih ali več generacijah samooplodnje. Ker se pojavi depresija po samoopraševanju, se samooplodne linije uporabljajo izključno le kot komponente za vzgojo hibridov oziroma križancev in izkoriščanja učinka heteroze (Borojević, 1992).

Heteroza ali hibridni vigor se najpogosteje povezuje s superiornostjo prve filialne generacije (F1 generacije) s heterozigotno genetsko strukturo nad starševsko generacijo s homozigotno genetsko strukturo. Študije, ki želijo pojasniti mehanizem zaradi katerega pride v homozigotnem stanju do superiornega stanja, največkrat temeljijo na genetskih modelih. Leta 1910 je Bruce predstavil genetski model dominance, ki temelji na tem, da pri intraalelni interakciji recesivni alel predstavlja nezaželjeno (inferiorno) lastnost, dominanten alel pa zaželjeno (superiorno) lastnost. Naslednji model, ki temelji na intraalelni interakciji, je model naddominance, pri katerem heterozigotno stanje že samo po sebi predstavlja prednost pred homozigotnim stanjem. Poleg modelov, ki temeljijo na intraalelnih reakcijah, je bil v preteklosti predlagan genski model, ki predvideva interalelno interakcijo. Po tem modelu naj bi bilo superiorno stanje prve generacije potomstva nad parentalno generacijo rezultat medsebojnega vpliva alelov, ki se nahajajo na različnih lokusih – epistatično delovanje. Genetski modeli tako predstavljajo le osnovo za uporabo heterozisa pri razvoju novih sort (RGA, 2014).

Selekcijski material za vzgojo samooplodnih linij koruze nam lahko predstavljajo lokalne populacije, domače selekcionirane sorte, nove požlahtnjene sorte in njihove mešanice. Za uspešno žlahtnjenje je pomembno, da je začetni material čim bolj genetsko raznolik, ker lahko potem pričakujemo večje število genetsko različnih samooplodnih oziroma inbridiranih linij (Borojević, 1992).

2.3.1 Način hibridizacije

Glede na število linij, vključenih v križanje, so najpogostejši dvolinijski, trilinijski in štirilinijski hibridi. Dvolinijski hibrid je potomstvo križanja dveh linij, trilinijski hibrid je potomstvo križanja treh linij, štirilinijski hibrid je potomstvo križanja štirih linij, v večini primerov dveh dvolinijskih hibridov. Med vsemi hibridi na našem trgu prevladujejo dvolinijski hibridi. Pri njih je učinek heteroze najizrazitejši, zato so praviloma rodovitnejši od drugih tipov hibridov, a so občutljivejši na vremenske in pridelovalne razmere od drugih večlinijskih hibridov. Štirilinijskih hibridov je v zadnjem času zelo malo (Opisna ..., 2013).

2.3.2 Križanci dveh ali več samooplodnih linij

Hibrid ali križanec je načrtni križanec dveh ali več različnih genotipov. Kot starševske komponente so v križancu lahko različne linije, populacije, sorte ali tudi križanci. Kot starši se za križanje največ uporabljajo homozigotne linije. Vzgoja homozigotne linije pri samoprašnicah (čista linija) se bistveno razlikuje od vzgoje homozigotne linije pri tujeprašnicah (inbridirane ali samooplodne linije). Pri samoprašnicah poteka naravna samooplodnja, medtem ko je pri tujeprašnicah potrebno izvajati prisilno samooplodnjo (inbriding), ki se v večini primerov izvaja ročno. Pri križanju dveh samooplodnih linij se v F1 generaciji izrazi heterotični učinek. Rastline križanca so bujnejše, imajo večje pridelke, daljše storže, debelejšje plodove, ipd. Pri samoprašnicah pa izvajamo samo selekcijo oziroma odbiro najboljših genotipov, saj se je samooplodnja izvršila sama. Pri tujeprašnicah pa je, poleg odbire, potrebna še ročna samooplodnja, način pa je odvisen od posamezne rastlinske vrste (Rozman, 2009).

2.3.3 Pridelava hibridnega semena koruze

Za vzgojo večjega števila križancev, kot je v primeru dialelnih križanj, se izvajajo ročna križanja običajno na selekcijskih poljih žlahtniteljev. Ker je kuruza izrazita tujeprašnica, z ločenimi moškimi in ženskimi cvetovi, je za križanje potrebna pravočasna ročna izolacija ženskega cveta (svile) (Slika 1) ter kasneje ročno oprашevanje in ponovna izolacija oprášenega ženskega cveta (Sliki 2 in 3) (Rozman, 2012).



Slika 1: Pravočasno izoliranje ženskega cveta koruze, preden se svila pojavi iz ličja



Slika 2: Ročno opráševanje predhodno izoliranega cveta koruze



Slika 3: Izoliran in oprášen cvet koruze

Za pridelovanje hibridnega semena v večjih količinah za namene prodaje semenske koruze je potrebna naravna izolacija od drugih posevkov koruze najmanj 200 metrov. V tem primeru se sejata izmenično očetna komponenta (očetna linija) po 2 vrsti ter materina komponenta (materina linija) po 4-6 vrst. Pri materini liniji je potrebno pravočasno (pred prašitvijo) odstraniti metlice, da se le-ta oprashi samo s cvetnim prahom očetne linije (Pucarić, 1992). Zrnje oz. seme iz materine linije, nastalo kot rezultat križanja, gre potem v prodajo kot hibridno seme F1 generacije.

2.3.4 Dialelno križanje

Pri dialelnem križanju medsebojno križamo vse linije, ki jih vključimo v proučevanje. Uporablja se predvsem pri žlahtnjenju rastlin zaradi preizkušanja kombinacijskih sposobnosti starševskih linij, da bi odkrili boljše linije za vzgojo hibridnih sort (Borojevič, 1992). Dialelno križanje se uporablja tudi v genskih raziskavah, kot sta genetska raznolikost testiranih linij, odnos vrednosti linij in njihovih hibridov, kot tudi širše v žlahtnjenju in sicer učinkovitost vizualne selekcije za vzgojo linij z dobrimi kombinacijskimi sposobnostmi, ugotavljanje KS v zgodnejših fazah vzgoje linij ter ugotavljanje pomena splošne in specifične kombinacijske sposobnosti (Hallauer in sod., 2010). Malik (2004) dodaja, da se uporablja tudi za proučevanje dedovanja pomembnih lastnosti med različnimi genotipi in učinki genov.

Pri popolnem dialelnem križanju se vse linije, ki so vključene v preizkušanje, križa med seboj. Že pri preučevanju samo 5 linij dobimo po metodi popolnega dialelnega križanja brez recipročnih križanj 10 novih križancev, pri 10 linijah pa že 45. Zato se pri proučevanju kombinacijskih sposobnosti večjega števila linij žlahtnitelji običajno poslužujejo križanja po metodi nepopolnega dialelnega križanja. Del linij se uporabi kot materine linije, del pa kot očetne linije, ki služijo kot testerji. Kot tester se lahko uporabi tudi dobre že preizkušene linije ali kakšen dober drug tip kultivarja (Borojevič, 1992).

2.4 KOMBINACIJSKA SPOSOBNOST

Pri koruzi, kjer se v praksi sejejo večinoma hibridi F1 generacije, je primarni cilj vzgojiti linije z dobro kombinacijsko sposobnostjo na gospodarsko pomembne lastnosti (Rozman, 2007).

Za proizvodnjo hibridnega semena je potrebno vzdrževati samooplodne linije, za katere se v predhodnih poskusih ugotovi ali dajejo dobro F1 generacijo in najboljši pridelek. Da bi ugotovili, katere linije dajejo pri medsebojnem križanju v F1 generaciji največji učinek heteroze, je potrebno preveriti njihovo kombinacijsko sposobnost (Borojevič, 1992).

Kombinacijska sposobnost (KS) se smatra kot sposobnost, da pri križanju dveh staršev dobimo dobrega križanca. Dva starša z dobro KS namreč ne dajeta vedno dobrega križanca. Pri vsakem križancu dveh samooplodnih linij se v F1 generaciji izrazi heterotični učinek, torej se srečujemo z dobrimi in slabimi kombinacijskimi sposobnostmi med nekaterimi starševskimi linijami. Na osnovi poznavanja lastnosti staršev ne moremo vedno natančno predvideti kakšne bodo kombinacijske sposobnosti teh staršev. Če je eden od staršev zgodnejši in neodporen proti boleznim, drugi pa poznejši in odporen proti

boleznim, je mogoče predvidevati, da se dobi hibrid ali sorto, ki je zgodnejša in odporna proti boleznim. Kombinacijsko sposobnost je potrebno preveriti v vseh kombinacijah, da dobimo željen križanec (Borojević, 1981).

2.4.1 Splošna in specifična kombinacijska sposobnost

Izraza splošna (SKS) in specifična (PKS) kombinacijska sposobnost sta uvedla Sprague in Tatum leta 1942 (Živanović in sod., 2010).

Splošna kombinacijska sposobnost predstavlja povprečno vrednost enega starša (linije) na osnovi njegove vrednosti z drugimi starši (linijami). Specifična kombinacijska sposobnost pove, kako reagira ena starševska komponenta pri križanju z drugo starševsko komponento (Borojević, 1981). Po Borojeviću (1992) splošna kombinacijska sposobnost predstavlja aditivni učinek genov, specifična kombinacijska sposobnost pa neaditivni učinek genov.

Kombinacijsko sposobnost preverimo s pomočjo dialelnega križanja t.j. medsebojnega križanja vseh linij, ki so vključene v proučevanje KS. Število takih križanj, ob upoštevanju medsebojnega križanja in recipročnih križanj je $n(n-1)$. V primeru 10 linij bi za preizkušanje KS bilo potrebno izvesti 90 križanj ($10 \times (10-1)$), v primeru 150 linij brez recipročnega križanja pa dobimo že 22.350 križanj (Borojević, 1981).

Ker je proučevanje KS tako velikega števila genotipov v praksi neizvedljivo, se SKS testira tako, da vse linije križamo z eno starševsko komponento ali testerjem. Pri koruzi za tester vzamemo najboljši hibrid ali najboljšo standardno sorto. Za nadaljnjo delo se vzamejo samo tiste linije, ki so dale najboljše rezultate s testerjem. Te izbrane linije se potem v dialelnem križanju testirajo na PKS. Linije, katerih kombinacije dajo najboljšo heterozo se naprej uporabljajo kot starševske linije za proizvodnjo hibridov (Borojević, 1981).

Pri rastlinah, kot so lucerna, riž in druge rastlinske vrste, je težko izvesti kontrolirana križanja, zato se KS preizkuša po metodi naključnega medsebojnega križanja (polycross). Ta metoda temelji na predpostavki, da so vse linije posejane v naključnem razporedu. Če prevladuje tujeprašnost, obstaja velika verjetnost, da se oplodi vsaka linija z vsako linijo. Ker ne vemo, katera linija je očetova linija, nastajajo razlike med linijami v pridelku ali drugih gospodarsko pomembnih lastnostih same linije, zato se na osnovi tega ugotavlja SKS in PKS testiranih linij (Borojević, 1981).

Pri rastlinah, ki se razmnožujejo generativno, lahko genetsko izenačene linije zaradi razdvajanja oziroma cepitve genov, dobimo šele v nadaljnjih generacijah od F5 generacije naprej.

Po raziskavah Weissa in sod. (1947, cit. po Borojević, 1992), Fowlera in sod. (1955, cit. po Borojević, 1992), Luptona (1961, cit. po Borojević, 1992) in Borojevića (1963, cit. po Borojević, 1992) je bilo ugotovljeno:

- da obstaja velika verjetnost, da lahko starš, ki je imel dobre KS daje perspektivne linije v naslednjih generacijah;
- da so dobre KS v mnogih primerih povezane s pojavom heteroze;
- da se heteroza kaže v ranosti in je zanesljiv kazalnik dobre KS;

- da obstaja pozitivna korelacija v ranosti, višini rastline in nekaterih drugih lastnosti v F2 generaciji in linij, pridobljenih v kasnejših generacijah.

Na osnovi teorije dialelnega križanja sta Jinks (1955, cit. po Borojević, 1992) in Hayman (1958, cit. po Borojević, 1992) ugotovila, da je SKS rezultat aditivnosti, PKS pa rezultat epistaze t.j. interalelne interakcije. Falconer (1960) pa je mnenja, da so razlike v SKS zaradi aditivne komponente genetske variance in interakcije $A \times A$, medtem ko avtorji Borojević (1992) ter Falconer in Mackay (1996) navajajo, da razlike v PKS izhajajo iz neaditivne variance t.j. dominantnosti in epistaze ter medsebojnega delovanja.

V žlahtnjenju koruze se proučevanje kombinacijskih sposobnosti uporablja za proučevanje genetske raznolikosti populacij koruze, selekcijo samooplodnih linij, ocenjevanje heterozisa in vzgoje hibridov (Kauffman in sod., 1982; Sughroue in Hallauer, 1997; Fan in sod., 2002; Melani in Carena, 2005; Barata in Carena, 2006).

2.4.1.1 Statistična analiza kombinacijskih sposobnosti

Matematični model za analizo kombinacijskih sposobnosti je podal Griffing (1956) na osnovi analize variance dialelnega križanja. Odvisno od genskega materiala, ki je vključen v proučevanje KS, lahko uporabimo enega od štirih metod, ki se po avtorju imenujejo Griffingove metode (Borojević, 1992; Hallauer in sod., 2010).

Matematični modeli so:

Metoda 1: vključuje starše, F1 generacijo in recipročne križance;

Metoda 2: vključuje starše in F1 generacijo (brez recipročnih križancev);

Metoda 3: vključuje F1 generacijo in recipročne križance;

Metoda 4: vključuje samo F1 generacijo, brez staršev in brez recipročnih križancev.

Vsaka od teh metod zahteva različno število kombinacij oz. genotipov. V primeru, da je v proučevanje vključeno samo 10 linij, je število kombinacij pri:

- metodi 1: $n^2 = 10^2 = 100$ kombinacij
- metodi 2: $1/2n \times (n+1) = 5 \times 11 = 55$ kombinacij
- metodi 3: $n \times (n-1) = 10 \times 9 = 90$ kombinacij
- metodi 4: $1/2n \times (n-1) = 5 \times 9 = 45$ kombinacij

V primeru večjega števila vključenih linij, kar je pri večjih žlahtniteljskih programih nujno, se število kombinacij močno poveča. Že samo pri 50 (oz. 100) linijah dobimo pri metodi 1 2500 (10000) kombinacij, pri metodi 2 1275 (5050) kombinacij, pri metodi 3 2450 (9900) in pri metodi 4 1225 (4950) kombinacij. Kot navajajo Hallauer in sod. (2010) se najbolj pogosto uporablja metoda 2, vendar poudarjajo, da je uporaba oz. izbira metode najbolj odvisno od materiala oz. rastlinske vrste. Pri koruzi, kjer se kot starševske linije uporabljajo inbridirane linije, se namesto starševskih linij raje vključi oba niza križancev (F1 in recipročni križanci).

Da bi se lahko v proučevanje KS vključilo večje število starševskih linij, sta Kempthorne in Curnow (1961, cit. po Hallauer in sod., 2010), predlagala shemo delnega oziroma

nepopolnega dialelnega križanja, kjer se med sabo ne križa vse linije, ki so vključene v poskus.

Med nepopolno dialelno križanje spada tudi preizkušanje KS s testerji, s katerimi se križa vse linije, ki so vključene v preizkušanje. Kot testerji se lahko uporabljajo dobre homozigotne linije, hibridi, populacije ali kakšen drug tip kultivarja (Hallauer in sod., 2010). Na podlagi teh rezultatov se potem po metodi popolnega dialela križajo samo linije z dobrimi KS. Na ta način se znatno zmanjša število linij za nadaljnje preizkušanje KS.

Pri vsaki od teh metod je statistična obdelava KS razdeljena na dva dela. Najprej se izračuna osnovna analiza variance. V primeru statistično značilnih razlik med križanci oziroma vključenimi genotipi, se potem nadaljuje z razširjeno analizo variance, kjer se računajo SKS in PKS. Vsaka od teh metod zahteva različno analizo, za vse metode so primere statističnih analiz podali Warghese in sod. (1976), po katerih so bili izračunani tudi naši podatki.

3 MATERIAL IN METODE

3.1 MATERIAL

V poskus je bilo vključenih 50 križancev koruze F1 generacije, vzgojenih iz 15 starševskih linij iz genske banke Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Križanci so bili vzgojeni po metodi nepopolnega dialelnega križanja, kjer smo 10 linij uporabili kot materine linije (P1-P10) in 5 linij kot očetne linije (P12-P16).

Preglednica 1: Metoda nepopolnega dialelnega križanja 15 starševskih linij

Starševske linije		Očetne linije				
		P12	P13	P14	P15	P16
Materine linije	P1	P1×P12	×	×	×	×
	P2	×	×	×	×	×
	P3	×	×	×	×	×
	P4	×	×	×	×	×
	P5	×	×	×	×	×
	P6	×	×	×	×	×
	P7	×	×	×	×	×
	P8	×	×	×	×	×
	P9	×	×	×	×	×
	P10	×	×	×	×	P10×P16

Prvi križanec med linijama P1 in P12 je označen kot P1×P12, zadnji križanec med P10 in P16 pa kot P10×P16. Starševske linije križancev izhajajo iz genske banke koruze na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Proučevali smo njihovo kombinacijsko sposobnost za pridelek in lastnosti, ki najbolj vplivajo na pridelek koruze (dolžina in premer storža ter število vrst zrnja na storžu) ter ranost (število dni do metličenja in % vlage v zrnju ob spravilu).

3.2 METODE DELA

3.2.1 Poljski poskus

Poljski poskus je bil izveden na poskusnem polju Biotehniške fakultete v Jablah pri Trzinu (zemljepisna širina 46° 7', zemljepisna dolžina 14° 34', nadmorska višina 308 m). Setev je bila opravljena 27.4.2012. Velikost parcelic je bila 4 vrstice po 20 rastlin. Medvrstna razdalja je bila 70 cm, med rastlinami v vrsti pa 18 cm. Gostota posevka je bila 79.400 rastlin na ha. Ob setvi je bilo izvedeno osnovno gnojenje s 50 kg/ha N, 100 kg/ha P₂O₅ in 150 kg/ha K₂O. V času rasti so bili opravljeni vsi agrotehnični ukrepi. V času četrtega do šestega lista je bila korusa razredčena, z namenom da se doseže ustrezna gostota in dognojena s 120 kg/ha N. V tem času je bil posevek tudi okopan z motokultivatorjem. V času vegetacije so bile na polju opravljene vse meritve, opisi morfoloških lastnosti rastlin

in gospodarsko pomembnih lastnosti koruze. Spravilo pridelka je bilo opravljeno 25.9.2012.

Poljski poskus je bil izveden po metodiki slučajnega bloka v 3 ponovitvah.

Za obračunavanje in statistično obdelavo smo ročno pobrali vse storže z notranjih dveh vrst, ob spravilu izmerili % vlage v zrnju ter v laboratoriju po sušenju določili pridelek suhega zrnja na obračunsko parcelico, dolžino in premer storža ter število vrst zrnja na storžu.

3.3 STATISTIČNE ANALIZE

Osnovni podatki poskusa za vse proučevane lastnosti so bili obračunani in urejeni s statističnim programom Microsoft Excel 2010 ter v obliki, kot je prikazano v preglednici 2, prirejani za program Agrobases Gen II za nadaljnjo statistično obdelavo (analiza variance in testi medsebojnih primerjav) in izračun KS (SKS in PKS).

Preglednica 2: Podatki, urejeni za statistične analize v programu Agrobases Gen II

Kombinacija	Ponovitev	Linija	Tester	Križanec	Vrednosti za posamezne lastnosti
1	1	L-1	T-1	P1×P12	
2	1	L-1	T-2	P1×P13	
3	1	L-1	T-3	P1×P14	
4	1	L-1	T-4	P1×P15	
5	1	L-1	T-5	P1×P16	
6	1	L-2	T-1	P2×P12	
...		
...		
50	3	L-10	T-5	P10×P16	

Podrobnejši statistični izračun KS po metodi linija×tester s primeri, na kateri je temeljil naš izračun, je prikazal Warghese s sod. (1976). V našem primeru smo očetne linije uporabili kot testerje.

Kombinacijsko sposobnost smo računali na podlagi povprečij F1 generacije po Griffingu (1956), metodi 4, ki upošteva samo križance F1 generacije, brez starševskih linij in brez recipročnih križanj.

Statistična analiza KS temelji na dveh delih. Prvi del predstavlja osnovno analizo variance, ki nam pokaže statistično značilne razlike med križanci. Primer izračuna osnovne analize variance je prikazan v preglednici 3 za pridelek zrnja. Drugi del analize KS predstavlja razširjena analiza variance, kjer so izračunane splošne (SKS) in specifične (PKS) KS za starševske linije (linije in testerje) in njihove križance, kot je prikazano za pridelek v preglednici 4.

Preglednica 3: Osnovna analiza variance za pridelek zrnja (dt/ha) pri 14 % vlagi

Viri variabilnosti	SP	SP	VKO	SKO	F- vrednost	p- vrednost
Ponovitve	p-1	2	1099,9	549,9	7,79	0,0007
Križanci	k-1	49	11370,0	232,0	3,29	0,0000
Ostanek	(p-1)×(k-1)	98	6922,0	70,6		
Skupaj	(p×k)-1	149	19391,9			

SP – stopinje prostosti

VKO - vsota kvadriranih odklonov

SKO - srednji kvadrirani odklon

Preglednica 4: Razširjena analiza variance za pridelek zrnja na splošno (SKS) in specifično (PKS) kombinacijsko sposobnost materinih (linije) in očetnih (testerji) linij in njihovih križancev

Vir variabilnosti	SP	SP	VKO	SKO	F- vrednost	p- vrednost
Linija SKS	l-1	9	2401,5	266,8	3,78	0,0004
Tester SKS	t-1	4	3407,8	851,9	12,06	0,0000
PKS	(l-1)×(t-1)	36	5560,7	154,5	2,19	0,0013
Ostanek	(p-1)×(k-1)	98	6922,0	70,6		
Skupaj	(p×k)-1	149	19391,9			

SP – stopinje prostosti

VKO - vsota kvadriranih odklonov

SKO - srednji kvadrirani odklon

V primeru, da izračun pokaže statistično značilne razlike v KS starševskih linij in križancev, sledi s testom mnogoterih primerjav ugotavljanje statistično značilnih razlik med posameznimi obravnavanji (med linijami, med testerji in med križanci) za vsako skupino posebej.

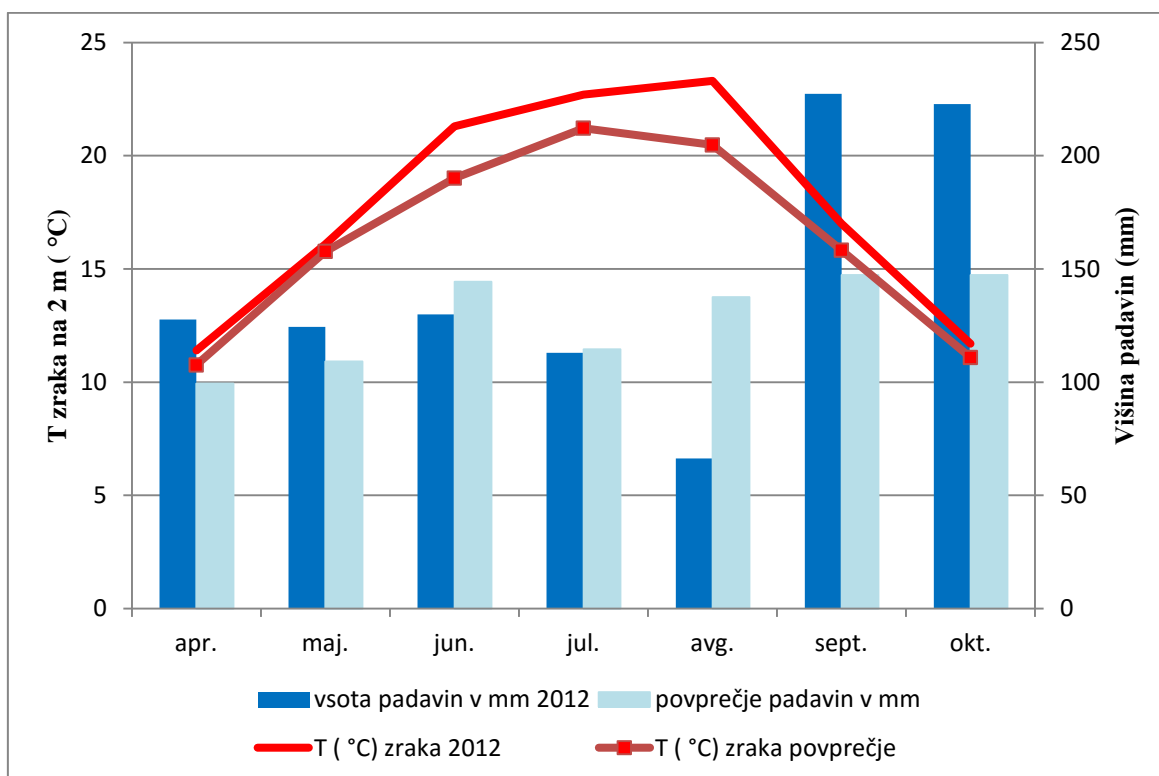
Kompletno analizo KS nam ob pravilnem planiranju križancev ter pripravi podatkov ob upoštevanju prej omenjenih navodil/predpostavk izračuna program Agrobases Gen II, s katerim so bili izračunani vsi podatki za to nalogo.

4 REZULTATI

4.1 VREMENSKE RAZMERE

Glavne značilnosti v letu 2012 so bile februarski mraz in močan veter, pomanjkanja padavin v prvih treh mesecih leta, poletna suša in vročina, oktobrsko sneženje ter novembrske poplave (Poročilo ..., 2012).

Pomlad je bila ena izmed najtoplejših doslej. Aprila 2012 je bila v Ljubljani povprečna temperatura 11,4 °C, kar je 1,5 °C nad dolgoletnim povprečjem. Proti koncu aprila in sicer 28. oz. 29. aprila se je temperatura zraka povzpela na 28,6 °C. Povprečna količina padavin je bila tudi nad dolgoletnim povprečjem. Maj je bil tudi nad dolgoletnim povprečjem tako glede povprečnih temperatur, padavin in sončnega obsevanja. Prva tretjina maja je bila nadpovprečno topla, v drugi tretjini smo imeli občutno ohladitev, zadnja tretjina pa je bila nekoliko toplejša kot običajno. Junija so bile temperature tudi nad dolgoletnim povprečjem, količina padavin pa je bila zelo majhna. Drugo polovico junija pa je dosegel vročinski val. Julij se je začel z zelo vročim vremenom. Od julija do septembra so bile povprečne temperature nad dolgoletnim povprečjem. Količina padavin pa je bila v avgustu povprečna, septembra in oktobra pa nad dolgoletnim povprečjem (Mesečni ..., 2012).



Slika 4: Količina padavin v mm in temperatura zraka na 2 m v °C po mesecih, merjeno v Ljubljani – Bežigrad za leto 2012 in tridesetletno povprečje za obdobje 1981-2000 (Meteorološki ..., 2012)

4.2 ANALIZA KOMBINACIJSKE SPOSOBNOSTI

S statističnim izračunom analize variance, kot je bilo prikazano v poglavju Material in metode (preglednica 3), smo ugotovili, da za vse proučevane lastnosti med križanci obstajajo statistično značilne razlike, saj je p - vrednost za križance pri vseh lastnostih enaka 0 (preglednica 5), kar pomeni, da lahko s 100 % verjetnostjo trdimo, da med križanci obstajajo razlike za vse proučevane lastnosti.

Preglednica 5: p - vrednosti iz osnovne ANOVA za proučevane lastnosti

Viri variabilnosti	Število dni do metliččenja	Dolžina storža	Premer storža	Število vrst zrnja	Pridelek	% vlage v zrnju
Ponovitve	0,079	0,830	0,941	0,854	0,324	0,273
Križanci	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Z razširjeno analizo variance smo v nadaljevanju ugotovili, da statistično značilne razlike obstajajo za vse lastnosti med SKS materinih linij (linije), očetnih linij (testerji) in med PKS njihovih križancev. Statistično značilnih razlik nismo dobili edino pri PKS za križance za % vlage v zrnju ob spravilu (preglednica 6). Te ugotovitve so nam omogočile, da smo z nadaljnjimi statističnimi analizami in metodami mnogoterih primerjav za vsako posamezno lastnost ugotavljali med katerimi obravnavanji (starševskimi linijami in njihovimi križanci) so statistično značilne razlike v KS.

Preglednica 6: p - vrednosti iz razširjene ANOVA za splošno kombinacijsko sposobnost (SKS) linij in specifično kombinacijsko sposobnost (PKS) križancev za vse proučevane lastnosti

Viri variabilnosti	SP	Število dni do metliččenja	Dolžina storža	Premer storža	Število vrst zrnja	Pridelek	% vlage v zrnju
SKS linij	9	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SKS testerjev	4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
PKS	36	0,000	0,000	0,001	0,000	0,013	0,130
Ostanek	98						
Skupaj	149						

4.2.1 Število dni od vznika do 50 % metliččenja

V skupino linij z najboljšimi KS za število dni do metliččenja (najzgodnejše metliččenje) so se uvrstile linije P2, P3 in P4 (preglednica 7). Linija P4 je statistično značilno enaka še liniji P8, medtem ko se P2 in P3 razlikujeta od vseh ostalih. Te tri linije bi lahko služile za žlahtnjenje ranejših hibridov. Linije P10, P6 in P1 pa imajo dobro KS za največje število dni do metliččenja.

Pri očetnih linijah (testerji) imajo najboljšo KS za zgodnejše metliččenje liniji P12 in P14, ki se statistično značilno razlikujeta od ostalih treh očetnih linij (P15, P13 in P16), ki so med sabo statistično značilno enake (preglednica 8).

Preglednica 7: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za število dni od vznika do 50 % metličenja materinih linij križancev koruze

Rang po SKS	Materina linija	SKS za število dni od vznika do 50 % metličenja
1	P2	-1,99 a*
2	P3	-1,66 a
3	P4	-1,53 a-b
4	P8	-0,66 b-c
5	P5	-0,46 c
6	P9	-0,26 c-e
7	P7	0,54 e-f
8	P1	0,67 f-g
9	P6	1,81 g
10	P10	3,54 h
LSD _{p=0,05}		0,88

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

Preglednica 8: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za število dni od vznika do 50 % metličenja očetnih linij križancev koruze

Rang po SKS	Očetna linija	SKS za število dni od vznika do 50 % metličenja
1	P12	-3,79 a*
2	P14	-1,23 b
3	P15	1,54 c
4	P13	1,71 c
5	P16	1,77 c
LSD _{p=0,05}		0,62

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

Statistično značilno se med seboj razlikujejo tudi njihovi križanci, tako v vrednosti PKS kot v številu dni do metličenja (preglednica 9). Najboljše PKS vrednosti za število dni do metličenja (najzgodnejši križanec) ima križanec P5×P12, ki skupaj s še 11 križanci tvorijo homogeno skupino najranejših križancev. Križanec P3×P14 ima največjo vrednost PKS za metličenje, ki skupaj s še 9 križanci tvorijo skupino križancev s poznim metličenjem. Križanec P5×P12 ima tudi najmanjše število dni do metličenja (52 dni) in je statistično značilno enak samo še dvema križancema (P8×P12 in P4×P12), od vseh ostalih pa se razlikuje. Največje število dni do metličenja pa ima križanec P10×P16 (65,33 dni), ki se statistično značilno razlikuje od vseh ostalih, sledijo mu križanci P10×P13 (63,67 dni), P10×P15 (63,33 dni), P6×P16 (62,67 dni) in P1×P15 (62,33 dni), ki se po večjem številu dni statistično značilno razlikujejo od ostalih križancev.

Preglednica 9: Vrednosti specifične kombinacijske sposobnosti (PKS) in povprečne vrednosti za število dni od vznika do 50 % metličenja novih Lj- križancev koruze

Rang po PKS	Križanec	PKS	Število dni od vznika do 50 % metličenja
1	P5 x P12	-2,41 a*	52,00 a*
2	P9 x P14	-2,17 a-b	55,00 c-e
3	P3 x P15	-2,11 a-b	56,67 f-g
4	P10 x P14	-1,64 a-c	59,33 j-l
5	P5 x P16	-1,57 a-c	58,33 h-j
6	P4 x P13	-1,34 a-d	57,33 g-i
7	P8 x P12	-1,21 a-e	53,00 a-b
8	P1 x P14	-1,11 a-f	57,00 f-h
9	P2 x P16	-1,04 a-g	57,33 g-i
10	P6 x P13	-1,01 a-g	61,00 m-r
11	P3 x P13	-0,87 a-g	57,67 g-i
12	P2 x P14	-0,77 a-h	54,67 c-d
13	P7 x P12	-0,74 b-i	54,67 c-d
14	P1 x P16	-0,71 b-j	60,33 l-o
15	P7 x P15	-0,64 b-j	60,33 l-o
16	P10 x P15	-0,64 b-j	63,33 s
17	P9 x P13	-0,61 b-j	59,33 j-l
18	P6 x P15	-0,57 b-j	61,67 o-s
19	P1 x P12	-0,54 b-k	55,00 c-e
20	P8 x P14	-0,44 c-l	56,33 e-g
21	P4 x P12	-0,34 c-m	53,00 a-b
22	P4 x P14	-0,24 c-m	55,67 d-f
23	P10 x P13	-0,07 c-n	63,67 s-t
24	P3 x P16	-0,04 c-n	58,67 i-k
25	P7 x P16	0,09 d-n	61,00 m-r
26	P9 x P15	0,16 d-n	60,33 l-o
27	P2 x P15	0,23 d-n	58,67 i-k
28	P9 x P16	0,23 d-n	60,33 l-o
29	P8 x P16	0,29 d-n	60,00 k-n
30	P6 x P12	0,33 e-n	57,00 f-h
31	P3 x P12	0,46 f-n	53,67 b-c
32	P2 x P13	0,46 f-n	58,67 i-k
33	P6 x P16	0,49 f-n	62,67 s
34	P8 x P15	0,56 g-n	60,33 l-o
35	P7 x P13	0,59 g-n	61,33 n-s
36	P7 x P14	0,69 h-n	58,67 i-k
37	P5 x P15	0,69 h-n	60,67 l-p
38	P6 x P14	0,76 h-o	60,00 k-n
39	P8 x P13	0,79 h-o	60,33 l-o

Se nadaljuje

Nadaljevanje preglednice 9: Vrednosti specifične kombinacijske sposobnosti (PKS) in povprečne vrednosti za število dni od vznika do 50 % metličenja novih Lj- križancev koruze

Rang po PKS	Križanec	PKS	Število dni od vznika do 50 % metličenja
41	P5 x P13	0,93 j-p	60,67 l-p
42	P10 x P12	0,93 j-p	59,33 j-l
43	P4 x P15	1,09 k-p	60,00 k-n
44	P2 x P12	1,13 l-p	54,00 b-c
45	P1 x P13	1,13 l-p	62,00 p-s
46	P1 x P15	1,23 m-p	62,33 r-s
47	P10 x P16	1,43 n-p	65,33 t
48	P5 x P14	2,36 o-p	59,33 j-l
49	P9 x P12	2,39 o-p	57,00 f-h
50	P3 x P14	2,56 p	58,33 h-j
LSD _{p=0,05}		1,64	1,39

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

4.2.2 Dolžina storža

Za dolžino storža ima od materinih linij najboljšo KS linija P10 (preglednica 10), ki se statistično značilno razlikuje od vseh ostalih materinih linij, druga najboljša je linija P3, ki je slabša od P10, a je boljša od vseh ostalih linij. Najslabšo KS pa ima linija P5, a je statistično značilno enaka še P8 in P14.

Preglednica 10: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za dolžino storža materinih linij

Rang po SKS	Materina linija	SKS za dolžino storža
1	P10	1,97 a*
2	P3	0,86 b
3	P1	0,26 c
4	P9	0,14 c
5	P7	0,01 c-d
6	P2	-0,24 c-e
7	P6	-0,39 d-f
8	P4	-0,67 e-g
9	P8	-0,83 f-g
10	P5	-1,10 g
LSD _{p=0,05}		0,50

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

Pri očetnih linijah (preglednica 11) so statistično značilne razlike med vsemi linijami, najboljša je linija P13, sledi ji linija P12, najslabša pa je linija P14.

Preglednica 11: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za dolžino storža očetnih linij

Rang po SKS	Očetna linija	SKS za dolžino storža
1	P13	2,50 a*
2	P12	0,31 b
3	P16	-0,30 c
4	P15	-0,88 d
5	P14	-1,63 e
LSD _{p=0,05}		0,35

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

Skupino najboljših križancev po PKS za dolžino storža, ki se statistično značilno med sabo na razlikujejo, tvori 24 križancev (preglednica 12). Zadnji križanec po rangju, ki še spada v to skupino (24. po rangju) pa je statistično enak križancu, ki je po rangju PKS na 46. mestu, kar pomeni, da v PKS za to lastnost ni velikih razlik med križanci.

Za dolžino storža smo ugotovili večje statistično značilne razlike med več križanci kot za PKS, kar se odraža tudi v več homogenih skupinah (preglednica 12). Križanec P10×P13 z najdaljšim storžem (22,97 cm) se statistično značilno razlikuje od vseh ostalih, križanec z drugim najdaljšim storžem (P10×P12) pa je statistično enak le še štirim drugim križancem. Ravno tako po najkrajšem storžu (14,07 cm) statistično značilno od vseh odstopa križanec P8×P14, križanec P4×P14 z drugim najkrajšim storžem (15,36 cm) pa je enak le še 2 križancema.

Preglednica 12: Vrednosti specifične kombinacijske sposobnosti (PKS) in povprečne vrednosti za dolžino storža novih Lj- križancev koruze

Rang po PKS	Križanec	PKS	Dolžina storža (cm)
1	P10×P12	1,04 a*	21,20 b*
2	P1×P14	0,94 a-b	17,45 k-o
3	P4×P15	0,90 a-c	17,23 m-p
4	P8×P16	0,89 a-c	17,65 k-n
5	P8×P15	0,80 a-d	16,98 n-t
6	P10×P13	0,61 a-e	22,97 a
7	P1×P12	0,61 a-e	19,07 f-h
8	P2×P14	0,58 a-e	16,59 p-z
9	P3×P15	0,58 a-e	18,45 h-j
10	P9×P12	0,50 a-f	18,85 g-i
11	P5×P16	0,49 a-f	16,97 n-t
12	P5×P15	0,48 a-f	16,39 r-t
13	P3×P16	0,43 a-g	18,87 g-i
14	P6×P14	0,38 a-h	16,25 t-v
15	P6×P13	0,34 a-h	20,35 c-d
16	P2×P13	0,33 a-i	20,47 b-d

Se nadaljuje

Nadaljevanje preglednice 12: Vrednosti specifične kombinacijske sposobnosti (PKS) in povprečne vrednosti za dolžino storža novih Lj- križancev koruze

Rang po PKS	Križanec	PKS	Dolžina storža (cm)
18	P7×P13	0,31 a-i	20,71 b-c
19	P6×P16	0,27 a-j	17,47 k-o
20	P1×P16	0,27 a-k	18,11 i-k
21	P9×P15	0,25 a-k	17,41 k-o
22	P6×P12	0,17 a-l	17,99 j-m
23	P7×P14	0,15 a-l	16,41 r-t
24	P7×P15	0,11 a-l	17,13 n-r
25	P2×P15	0,10 b-l	16,87 n-t
26	P4×P16	0,07 b-l	16,98 n-t
27	P2×P12	0,07 b-l	18,03 j-k
28	P4×P13	0,00 c-l	19,71 d-f
29	P8×P13	-0,04 d-l	19,53 e-g
30	P3×P14	-0,05 d-l	17,06 n-s
31	P9×P14	-0,07 d-l	16,33 s-u
32	P1×P13	-0,14 e-m	20,51 b-c
33	P4×P14	-0,22 e-m	15,36 z
34	P9×P13	-0,23 e-m	20,30 c-e
35	P7×P12	-0,28 e-n	17,92 k-m
36	P7×P16	-0,29 e-n	17,30 l-p
37	P8×P12	-0,30 e-n	17,07 n-s
38	P10×P15	-0,38 f-n	18,60 h-j
39	P3×P12	-0,41 f-n	18,65 h-j
40	P9×P16	-0,46 g-o	17,27 l-p
41	P3×P13	-0,55 h-o	20,70 b-c
42	P10×P16	-0,59 i-o	18,97 f-h
43	P5×P13	-0,63 j-o	18,65 h-j
44	P5×P12	-0,66 k-o	16,43 r-t
45	P10×P14	-0,69 l-o	17,53 k-o
46	P4×P12	-0,74 l-o	16,78 o-t
47	P2×P16	-1,08 m-p	16,27 t-u
48	P6×P15	-1,17 n-p	15,45 z
49	P8×P14	-1,35 o-p	14,07 x
50	P1×P15	-1,68 p	15,59 u-z
LSD _{p=0,05}		0,93	0,78

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

4.2.3 Premer storža

Pri materinih linijah ima za premer storža najboljšo SKS linija P2, ki je statistično značilno boljša od vseh ostalih, razen od linije P7 (preglednica 13). Linija P7 je po vrednosti SKS enaka še 4 linijam. Liniji P13 in P1 imata najslabšo SKS, a sta statistično značilno enaki še trem linijam.

Preglednica 13: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za premer storža materinih linij

Rang po SKS	Materina linija	SKS za premer storža
1	P2	0,17 a*
2	P7	0,11 a-b
3	P5	0,03 b-c
4	P8	0,02 b-d
5	P9	0,01 b-d
6	P4	0,00 b-e
7	P10	-0,02 c-e
8	P6	-0,10 d-e
9	P3	-0,12 e
10	P1	-0,12 e
LSD _{p=0,05}		0,12

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

Pri očetnih linijah (preglednica 14) so za to lastnost manjše razlike, saj se statistično značilno razlikujejo med sabo samo liniji P16 (najboljša SKS) in P15 (najslabša SKS) ter med P16 in P13, vse ostale so med seboj enake.

Preglednica 14: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za premer storža očetnih linij

Rang po SKS	Očetna linija	SKS za premer storža
1	P16	0,28 a*
2	P14	0,06 a-b
3	P12	-0,04 a-b
4	P13	-0,07 b
5	P15	-0,23 b
LSD _{p=0,05}		0,35

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

Tudi v PKS za premer storža ni veliko statistično značilnih razlik, saj so trije križanci z enako največjo vrednostjo za PKS (P10×P13, P1×P14 in P3×P16) statistično značilno enaki križancu P5×P12, ki je po rangju PKS na 34. mestu (preglednica 15). Ta križanec pa se statistično značilno ne razlikuje od križanca z najslabšo vrednostjo PKS (P1×P12).

Večje razlike so v premeru storža, ki niha med 3,15 cm (po rangju PKS na 48. mestu) in 4,15 cm. Križanec P2×P16 z najdebelejšim storžem (4,15 cm) je po premeru storža

statistično značilno enak še štirim križancem, po vrednosti PKS pa je na 21. mestu in statistično enak še 34 drugim križancem.

Preglednica 15: Vrednosti specifične kombinacijske sposobnosti (PKS) in povprečne vrednosti za premer storža novih Lj- križancev koruze

Rang po PKS	Križanec	PKS	Premer storža (cm)
1	P10×P13	0,18 a*	3,77 e-k*
2	P1×P14	0,18 a	3,81 e-i
3	P3×P16	0,18 a-b	4,02 a-d
4	P5×P15	0,17 a-b	3,65 h-n
5	P8×P12	0,13 a-c	3,79 e-j
6	P7×P15	0,13 a-d	3,69 g-m
7	P5×P16	0,12 a-d	4,11 a-b
8	P9×P12	0,10 a-e	3,75 f-l
9	P2×P13	0,09 a-e	3,87 c-g
10	P6×P16	0,09 a-f	3,95 b-e
11	P8×P16	0,07 a-f	4,05 a-c
12	P1×P15	0,06 a-f	3,40 r-t
13	P7×P16	0,05 a-g	4,12 a-b
14	P10×P15	0,04 a-g	3,48 n-t
15	P3×P12	0,04 a-g	3,56 l-s
16	P9×P13	0,03 a-h	3,65 h-n
17	P4×P15	0,03 a-h	3,49 n-t
18	P1×P13	0,03 a-h	3,52 m-s
19	P2×P14	0,03 a-h	3,94 b-f
20	P6×P13	0,02 a-h	3,53 m-s
21	P2×P16	0,02 a-h	4,15 a
22	P3×P14	0,02 a-h	3,65 h-n
23	P4×P14	0,01 a-h	3,75 f-l
24	P4×P12	0,01 a-h	3,65 h-n
25	P6×P14	0,00 a-h	3,65 h-n
26	P10×P12	-0,01 a-h	3,61 j-p
27	P8×P14	-0,01 a-h	3,75 f-l
28	P4×P16	-0,01 a-h	3,95 b-e
29	P7×P14	-0,01 a-h	3,84 d-h
30	P1×P12	-0,02 a-h	3,51 m-s
31	P9×P15	-0,02 a-h	3,45 o-t
32	P10×P14	-0,03 a-h	3,70 g-m
33	P4×P13	-0,03 a-i	3,58 k-r
34	P5×P12	-0,04 a-i	3,62 i-p
35	P2×P12	-0,05 b-i	3,76 e-k
36	P6×P15	-0,05 b-i	3,30 t-u
37	P3×P13	-0,06 c-i	3,43 p-t

Se nadaljuje

Nadaljevanje preglednice 15: Vrednosti specifične kombinacijske sposobnosti (PKS) in povprečne vrednosti za premer storža novih Lj- križancev koruze

Rang po PKS	Križanec	PKS	Premer storža (cm)
38	P9×P16	-0,06 c-i	3,91 c-f
39	P9×P14	-0,06 c-i	3,69 g-m
40	P6×P12	-0,06 c-i	3,48 n-t
41	P7×P13	-0,06 c-i	3,66 h-n
42	P8×P15	-0,09 c-i	3,38 s-t
43	P2×P15	-0,10 d-i	3,53 m-s
44	P8×P13	-0,10 d-i	3,53 m-s
45	P7×P12	-0,10 d-i	3,65 h-n
46	P5×P13	-0,12 e-i	3,52 m-s
47	P5×P14	-0,14 f-i	3,63 i-o
48	P3×P15	-0,18 g-i	3,15 u
49	P10×P16	-0,19 h-i	3,75 f-l
50	P1×P16	-0,26 i	3,59 k-r
LSD _{p=0,05}		0,22	0,19

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

4.2.4 Število vrst zrnja na storžu

Za število vrst zrnja smo ugotovili, da se materine linije precej razlikujejo med seboj, saj tvorijo kar 6 homogenih skupin (preglednica 16). Najboljšo SKS imata liniji P6 in P5, ki se statistično značilno razlikujeta od vseh ostalih, najslabšo pa ima linija P1. Statistično značilne razlike obstajajo tudi med ostalimi materinimi linijami.

Preglednica 16: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za število vrst zrnja materinih linij

Rang po SKS	Materina linija	SKS za število vrst zrnja
1	P6	1,91 a*
2	P5	1,62 a
3	P8	0,63 b
4	P4	0,58 b
5	P9	0,42 b-c
6	P10	0,03 c-d
7	P2	-0,11 d
8	P7	-1,02 e
9	P3	-1,36 e
10	P1	-2,70 f
LSD _{p=0,05}		0,51

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

Statistično značilne razlike smo ugotovili tudi pri očetnih linijah (preglednica 17), saj sta si enaki samo liniji P14 in P13, vse ostale pa se med seboj razlikujejo. Najboljšo SKS ima linija P16, najslabšo pa linija P12.

Preglednica 17: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za število vrst zrnja očetnih linij

Rang po SKS	Očetna linija	SKS za število vrst zrnja
1	P16	2,19 a*
2	P15	0,66 b
3	P14	-0,27 c
4	P13	-0,58 c
5	P12	-2,00 d
LSD _{p=0,05}		0,36

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

Tudi za PKS za število vrst zrnja smo dobili večje statistično značilne razlike med križanci (preglednica 18). Križanec z najboljšo PKS (P6×P16) je statistično enak samo še štirim drugim križancem. Drugi najboljši križanec po PKS (P5×P14) pa je statistično značilno enak še 21 križancem. Najslabšo PKS ima križanec P5×P12, a ima statistično značilno enako vrednost še 12 drugih križancev.

Število vrst zrnja se v povprečju giblje med 8,7 in 19,1 vrstami. Največje število vrst ima križanec P6×P16, ki ima najboljšo PKS za to lastnost in se po številu vrst statistično značilno razlikuje od vseh ostalih. Drugi najboljši po številu vrst je križanec P5×P16, po rangju PKS na 19. mestu in se tudi statistično značilno razlikuje od vseh ostalih. Za število vrst zrnja smo ugotovili večje razlike in več homogenih skupin kot za PKS za to lastnost, zato se statistično značilno med sabo razlikujejo tudi križanci z manjšim številom vrst, kot so npr. P1×P12, P1×P13, P7×P12 in P3×P12.

Preglednica 18: Vrednosti specifične kombinacijske sposobnosti (PKS) in povprečne vrednosti za število vrst zrnja novih Lj- križancev koruze

Rang po PKS	Križanec	PKS	Število vrst zrnja
1	P6×P16	1,70 a*	19,10 a
2	P5×P14	0,99 a-b	15,60 c-d*
3	P1×P14	0,78 a-c	11,10 t
4	P3×P14	0,78 a-c	12,40 n-p
5	P2×P13	0,76 a-c	13,30 h-l
6	P10×P13	0,62 b-d	13,30 h-l
7	P4×P15	0,57 b-e	15,10 d-e
8	P8×P13	0,55 b-e	13,90 g-j
9	P7×P13	0,47 b-f	12,10 o-s
10	P5×P15	0,46 b-g	16,00 c
11	P4×P12	0,43 b-g	12,30 n-r
12	P9×P12	0,32 b-h	12,00 p-s

Se nadaljuje

Nadaljevanje preglednice 18: Vrednosti specifične kombinacijske sposobnosti (PKS) in povprečne vrednosti za število vrst zrnja novih Lj- križancev koruze

Rang po PKS	Križanec	PKS	Število vrst zrnja
13	P7×P14	0,30 b-h	12,30 n-r
14	P8×P12	0,24 b-i	12,10 o-s
15	P10×P12	0,24 b-i	11,50 r-t
16	P2×P12	0,20 b-i	11,40 s-t
17	P10×P15	0,18 b-i	14,10 f-h
18	P8×P16	0,18 b-i	16,30 c
19	P5×P16	0,13 b-i	17,20 b
20	P9×P16	0,13 b-i	16,00 c
21	P1×P12	0,11 b-i	8,70 v
22	P1×P15	0,11 b-i	11,30 s-t
23	P3×P12	0,10 b-i	10,00 u
24	P4×P16	-0,03 c-j	16,00 c
25	P9×P15	-0,08 c-j	14,30 f-g
26	P6×P15	-0,10 c-j	15,70 c-d
27	P6×P12	-0,11 c-j	13,10 j-m
28	P3×P15	-0,14 c-j	12,40 m-p
29	P2×P16	-0,14 c-j	15,20 d-e
30	P9×P13	-0,17 c-j	12,90 k-o
31	P9×P14	-0,21 d-j	13,20 i-m
32	P7×P12	-0,24 d-j	10,00 u
33	P7×P15	-0,24 d-j	12,70 l-p
34	P3×P13	-0,25 d-j	11,10 t
35	P8×P15	-0,29 d-j	14,30 f-g
36	P7×P16	-0,30 d-j	14,10 f-h
37	P5×P13	-0,30 d-j	14,00 g-i
38	P4×P13	-0,33 d-k	12,90 k-o
39	P2×P14	-0,34 e-k	12,50 l-p
40	P1×P13	-0,38 e-k	9,60 u
41	P2×P15	-0,48 f-k	13,30 h-l
42	P10×P14	-0,49 f-k	12,50 l-p
43	P3×P16	-0,49 g-k	13,60 g-k
44	P6×P14	-0,50 g-k	14,40 e-g
45	P10×P16	-0,55 h-k	14,90 d-f
46	P1×P16	-0,62 h-k	12,10 o-s
47	P4×P14	-0,63 h-k	12,90 k-o
48	P8×P14	-0,69 i-k	12,90 k-o
49	P6×P13	-0,99 j-k	13,60 g-k
50	P5×P12	-1,28 k	11,60 p-t
LSD _{p=0,05}		0,96	0,81

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

4.2.5 Pridelek zrnja

Za pridelek zrnja smo sicer dobili statistično značilne razlike v SKS za materine linije, vendar se homogene skupine precej prekrivajo (preglednica 19). Najboljša materina linija P2 je statistično značilno enaka še 5 linijam; ravno tako se linije P7, P6 in P10, ki so po rangu od drugega do četrtega mesta, razlikujejo le od zadnje z najslabšo KS za to lastnost (P3).

Večje razlike so pri očetnih linijah, saj ni statistično značilnih razlik le med P13 in P12, ki sta najboljši ter med P12 in P16 (preglednica 20). Statistično značilni sta najslabši liniji P14 in P15, najboljša pa je linija P13, ki je enaka le drugi liniji po rangu, od vseh ostalih pa je statistično značilno boljša.

Preglednica 19: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za pridelek zrnja materinih linij

Rang po SKS	Materina linija	SKS za pridelek zrnja
1	P2	4,87 a*
2	P7	4,10 a-b
3	P6	3,25 a-c
4	P10	2,20 a-d
5	P1	1,91 a-d
6	P9	0,35 a-d
7	P5	-1,33 b-d
8	P8	-2,81 c-e
9	P4	-3,81 d-e
10	P3	-8,73 e
LSD _{p=0,05}		6,09

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

Preglednica 20: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za pridelek zrnja očetnih linij

Rang po SKS	Očetna linija	SKS za pridelek zrnja
1	P13	6,49 a*
2	P12	3,05 a-b
3	P16	1,07 b
4	P14	-3,74 c
5	P15	-6,86 c
LSD _{p=0,05}		4,31

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

Najboljšo PKS za pridelek ima križanec P5×P16, a je statistično značilno enak še 20 križancem (preglednica 21). Prvi križanec, ki je statistično značilno slabši od prvega po rangu je križanec P2×P12 na 22. mestu in je statistično enak križancu na 30. mestu. Lahko trdimo, da med PKS za pridelek ni veliko razlik, saj se homogene skupine precej prekrivajo.

Več homogenih skupin z manj prekrivanja smo dobili za pridelek zrnja. Križanec z najboljšim pridelkom (P6×P13) je v skupini z najboljšo PKS na 7. mestu po rangi PKS. Po pridelku pa je statistično značilno enak še 7 križancem. Dva križanca iz skupine z najboljšim pridelkom (P5×P16 in P9×P12) sta po PKS uvrščena v prvo najboljšo skupino (1. in 3. po rangi PKS). Križanec s statistično najnižjim pridelkom (P3×P15) pa je uvrščen tudi po PKS za pridelek v skupino najslabših križancev.

Preglednica 21: Vrednosti specifične kombinacijske sposobnosti (PKS) in povprečne vrednosti za pridelek zrnja novih Lj- križancev koruze

Rang po PKS	Križanec	PKS	Pridelek zrnja pri 14 % vlagi (dt/ha)
1	P5×P16	12,67 a	87,57 a-d*
2	P3×P16	12,16 a-b*	79,66 c-l
3	P9×P12	11,03 a-c	89,59 a-b
4	P10×P15	9,20 a-d	79,70 c-l
5	P8×P15	8,68 a-e	74,17 g-r
6	P1×P14	7,96 a-f	81,29 b-i
7	P6×P13	7,87 a-g	92,77 a
8	P3×P13	6,78 a-h	79,70 c-l
9	P5×P15	5,45 a-i	72,41 i-s
10	P10×P14	5,10 a-i	78,72 d-m
11	P7×P13	3,91 a-j	89,66 a-b
12	P4×P14	3,36 a-j	70,97 k-t
13	P1×P15	3,34 a-j	73,55 h-s
14	P4×P16	3,24 a-j	75,66 f-r
15	P4×P12	2,47 a-j	76,87 e-o
16	P2×P13	2,45 a-j	88,97 a-c
17	P9×P15	2,10 a-j	70,75 l-t
18	P10×P13	1,96 a-j	85,80 a-e
19	P7×P16	1,88 a-j	82,21 b-h
20	P5×P14	1,52 a-j	71,60 j-s
21	P6×P12	1,43 a-j	82,88 b-h
22	P2×P12	1,26 b-j	84,34 a-f
23	P7×P12	1,04 b-j	83,34 a-g
24	P10×P12	0,66 c-j	81,06 b-j
25	P8×P12	-0,80 d-j	74,60 g-r
26	P1×P16	-1,12 d-j	77,03 e-n
27	P3×P12	-1,13 d-j	68,35 n-t
28	P2×P15	-1,17 d-j	72,01 i-s
29	P2×P14	-1,19 d-j	75,10 f-r
30	P6×P16	-1,25 d-j	78,23 d-m
31	P2×P16	-1,35 d-k	79,75 c-l

Se nadaljuje

Nadaljevanje preglednice 21: Vrednosti specifične kombinacijske sposobnosti (PKS) in povprečne vrednosti za pridelek zrnja novih Lj- križancev koruze

Rang po PKS	Križanec	PKS	Pridelek zrnja pri 14 % vlagi (dt/ha)
32	P9×P13	-1,55 d-l	80,45 b-k
33	P7×P14	-1,72 d-l	73,80 g-r
34	P8×P16	-1,99 d-l	71,44 j-s
35	P8×P14	-2,25 e-l	66,36 r-v
36	P1×P12	-3,01 f-l	77,11 e-n
37	P6×P14	-3,44 g-l	71,23 k-s
38	P8×P13	-3,64 h-l	75,19 f-r
39	P4×P13	-3,92 h-l	73,92 g-r
40	P9×P14	-4,25 h-l	67,52 n-t
41	P6×P15	-4,61 h-l	66,93 p-u
42	P3×P14	-5,08 i-l	57,61 v
43	P7×P15	-5,12 i-l	67,28 o-t
44	P4×P15	-5,14 i-l	59,35 u-v
45	P5×P13	-6,70 j-m	73,61 h-r
46	P1×P13	-7,16 j-m	76,40 e-p
47	P9×P16	-7,33 j-m	69,25 m-t
48	P3×P15	-12,74 k-m	46,83 z
49	P5×P12	-12,94 l-m	63,93 s-v
50	P10×P16	-16,92 m	61,51 t-v
LSD _{p=0,05}		11,39	9,63

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

4.2.6 Odstotek vlage v zrnju ob spravilu

Od materinih liniji ima najboljšo SKS za % vlage v zrnju linija P8, statistično značilno so ji enake linije P3, P4 in P7. Linije P6, P10 in P1 imajo enako SKS in so statistično značilno slabše od vseh ostalih (preglednica 22).

Statistično značilno najboljša očetna linija za SKS za % vlage v zrnju je linija P14, liniji P15 in P12 sta na drugem mestu in imata enako SKS. Liniji z najslabšo SKS pa sta P16 in P13 (preglednica 23).

V PKS križancev za % vlage v zrnju ni velikih statističnih razlik, saj je križanec P3×P13 z najboljšo PKS statistično značilno enak še križancu, ki je po rangju PKS na 39. mestu in se prekriva celo s skupino, v katero spada tudi križanec z najslabšo PKS (P5×P14) (preglednica 24). Križanec z najnižjim % vlage (P8×14) je po rangju PKS na 20. mestu in je statistično značilno enak še 10 križancem, ki so po rangju PKS razporejeni različno. Najvišji % vlage v zrnju ima križanec P10×P16, ki je po rangju PKS na 49. mestu in po višji vsebnosti vlage v zrnju statistično značilno odstopa od vseh ostalih.

Preglednica 22: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za % vlage v zrnju materinih linij

Rang po SKS	Materina linija	SKS za % vlage v zrnju
1	P8	-1,61 a*
2	P3	-1,35 a-b
3	P4	-1,13 a-c
4	P7	-1,03 a-c
5	P9	-0,45 b-c
6	P2	-0,43 b-c
7	P5	-0,16 c
8	P6	1,85 d
9	P10	2,01 d
10	P1	2,29 d
LSD _{p=0,05}		1,13

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

Preglednica 23: Vrednosti splošne kombinacijske sposobnosti (SKS) za % vlage v zrnju očetnih linij

Rang po SKS	Očetna linija	SKS za % vlage v zrnju
1	P14	-2,33 a*
2	P15	-1,48 b
3	P12	-0,86 b
4	P13	1,32 c
5	P16	3,35 d
LSD _{p=0,05}		0,80

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

Preglednica 24: Vrednosti specifične kombinacijske sposobnosti (PKS) in povprečne vrednosti za % vlage v zrnju novih Lj- križancev koruze

Rang po PKS	Križanec	PKS	% vlage v zrnju
1	P3×P13	-1,48 a*	22,53 f-k*
2	P6×P16	-1,48 a	27,77 t-x
3	P6×P14	-1,36 a-b	22,20 d-k
4	P8×P12	-1,33 a-b	20,23 a-c
5	P9×P14	-1,32 a-b	19,93 a-b
6	P1×P16	-1,25 a-b	28,43 v-y
7	P5×P12	-1,12 a-c	21,90 c-i
8	P5×P13	-0,80 a-d	24,40 l-n
9	P10×P15	-0,80 a-e	23,77 j-m
10	P4×P15	-0,70 a-e	20,73 a-e
11	P10×P12	-0,65 a-e	24,53 l-o
12	P2×P15	-0,57 a-e	21,57 a-h

Se nadaljuje

Nadaljevanje preglednice 24: Vrednosti specifične kombinacijske sposobnosti (PKS) in povprečne vrednosti za % vlage v zrnju novih Lj- križancev koruze

Rang po PKS	Križanec	PKS	% vlage v zrnju
13	P7×P16	-0,53 a-f	25,83 n-s
14	P9×P13	-0,48 a-f	24,43 l-n
15	P10×P13	-0,40 a-f	26,97 r-v
16	P5×P15	-0,37 a-f	22,03 d-j
17	P2×P16	-0,34 a-f	26,63 p-u
18	P8×P15	-0,28 a-f	20,67 a-e
19	P4×P13	-0,27 a-f	23,97 k-m
20	P8×P14	-0,26 a-f	19,83 a
21	P1×P14	-0,23 a-f	23,77 j-m
22	P7×P14	-0,21 a-f	20,47 a-d
23	P1×P12	-0,17 a-f	25,30 m-r
24	P9×P12	-0,13 a-g	22,60 f-k
25	P4×P14	-0,12 a-g	20,47 a-d
26	P10×P14	-0,12 a-g	23,60 i-m
27	P5×P16	-0,10 a-g	27,13 s-v
28	P3×P15	-0,08 a-g	21,13 a-f
29	P6×P13	-0,02 a-g	27,20 s-x
30	P7×P15	0,01 a-g	21,53 a-h
31	P4×P16	0,03 a-g	26,30 o-u
32	P7×P12	0,06 a-g	22,20 d-k
33	P3×P16	0,09 a-g	26,13 n-t
34	P2×P13	0,13 a-g	25,07 m-p
35	P1×P15	0,32 a-h	25,17 m-p
36	P2×P14	0,35 a-h	21,63 b-i
37	P2×P12	0,42 a-h	23,17 h-l
38	P8×P16	0,55 a-h	26,33 p-u
39	P3×P12	0,60 a-h	22,43 e-k
40	P7×P13	0,67 b-h	25,00 m-p
41	P9×P15	0,86 c-h	22,97 g-l
42	P3×P14	0,87 c-h	21,23 a-g
43	P4×P12	1,05 d-h	23,10 h-l
44	P9×P16	1,06 d-h	28,00 u-y
45	P6×P12	1,27 d-h	26,30 o-u
46	P8×P13	1,32 e-h	25,07 m-p
47	P1×P13	1,32 e-h	28,97 x-y
48	P6×P15	1,59 f-h	26,00 n-t
49	P10×P16	1,97 g-h	31,37 z
50	P5×P14	2,39 h	23,93 k-m
LSD _{p=0,05}		2,11	1,78

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

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Pri pridelavi koruze pridelovalci večinoma uporabljajo hibride koruze F1 generacije, ki so rezultat medsebojnega križanja dveh ali več homozigotnih samooplodnih linij. Uspeh žlahtnjenja oz. višina pridelka hibrida F1 generacije pa je odvisen izključno samo od starševskih linij, vključenih v ta križanec. Zato je za nov uspešen kultivar najbolj odločilna izbira starševskih linij oz. kultivarjev, ki so vključeni v novo sorto oz. križanec. Žlahtnitelj mora dobro poznati material, ki ga ima na razpolago za križanje (Rozman, 2007). Kakšen bo nov križanec lahko žlahtnitelj ugotovi šele s križanjem in setvijo tega križanca ter spremljanjem njegovih lastnosti.

V žlahtniteljskih programih imajo žlahtnitelji na voljo raznolik žlahtniteljski material, v primeru koruze so to številne homozigotne starševske linije, ki jih je potrebno med sabo skrižati. Za preizkušanje njihovih križancev je najbolj razširjeno ugotavljanje njihovih kombinacijskih sposobnosti s pomočjo dialelnega križanja (Shams in sod., 2010; Haddadi in sod., 2012).

Medsebojno križanje večjega števila linij po metodi popolnega dialelnega križanja (vsaka linija z vsako) in kasnejše preizkušanje teh križancev zahteva ogromno dela, saj pri tej metodi dobimo zelo veliko novih križancev, kar praktično ni mogoče izvesti. Zato smo v tej nalogi uporabili metodo nepopolnega dialelnega križanja, kjer smo 10 linij uporabili kot materine linije in 5 linij kot očetne linije oz. testerje. SKS enega starša predstavlja povprečno vrednost vseh križancev, v katere je vključena ta linija, medtem ko PKS pokaže vrednost točno določenega križanca, npr. P5×P15, od katerega pa lahko eden od staršev s križanjem z drugim staršem izkaže drugačno kombinacijsko sposobnost (Stoskopf in sod., 1993).

Pridelek je zelo kompleksna lastnost, na katerega najbolj vplivajo lastnosti storža, kot so dolžina in premer storža, število vrst zrnja, število zrn na storžu ter dolžina rastne dobe. Te lastnosti spadajo v skupino kvantitativnih lastnosti, na katere močno vpliva tudi okolje. Zato je za preizkušanje KS s poljskimi poskusi izrednega pomena. V preglednici 25 in 26 so prikazane vrednosti splošnih kombinacijskih sposobnosti vseh linij, materinih (preglednica 25) in očetnih (preglednica 26), za vse proučevane lastnosti.

Na podlagi številnih podatkov iz literature in je tudi splošno sprejeto, da naj bi linije z dobro SKS dale potomstvo, ki bo imelo dobro PKS oz. dobro dejansko vrednost za to lastnost (Haddadi in sod., 2012; Senthil Kumar in Bharathi, 2009). V praksi pridelovalca ne zanima, če ima križanec dobro PKS npr. za pridelok ali ranost, temveč ga zanima dejanska višina pridelka in dolžina rastne dobe. V naši raziskavi smo za vse proučevane lastnosti ugotovili statistično značilne razlike tako med SKS starševskih linij kot med PKS križancev. O signifikantnih razlikah med PKS za pridelok poroča tudi več drugih avtorjev (Haddadi in sod., 2012; Fan in sod., 2008; Glover in sod., 2005; Revila in sod., 2002).

Za število dni do metličenja imajo najboljšo SKS materine linije P2, P3 in P4 ter očetna linija P12. Ta lastnost je skupaj z % vlage v zrnju merilo za ranost. Poleg najboljše SKS za

število dni do metličenja ima linija P2 najboljšo SKS še za pridelek zrnja in premer storža ter dobro SKS za % vlage v zrnju. Liniji P3 in P4 pa imata dobro SKS le še za % vlage v zrnju. Križanci linije P2 imajo vrednosti PKS za število dni zelo različne, od 9. do 44. po rangju vrednosti PKS, kot tudi številu dni. Križanec P2×P12, ki vključuje najboljše očetne linije po SKS, je po rangju PKS šele na 44. mestu, vendar ima dobro absolutno vrednost (majhno število dni) za število dni do metličenja. V razponu vseh križancev od 52–65 dni, potrebuje ta križanec samo 54 dni. Po odstotku vlage v zrnju, ki je tako kot število dni do metličenja, merilo za ranost, je križanec P2×P12 po vrednosti PKS na 37. mestu, a ima absolutno vrednost tako kot za število dni do metličenja dobro, saj ima v razponu vseh križancev (19,83–31,37 % vlage) dokaj nizek % vlage (23,17 %). Omenjene linije z najboljšo SKS za število dni (P2, P3, P4 in P12) ter za % vlage v zrnju (P8 in P14) sicer ne dajejo potomstva z najboljšim PKS za te lastnosti, imajo pa dobre dejanske vrednosti za te lastnosti. Križanec dveh linij z najboljšimi SKS za % vlage (P8 in P14) ima najnižji % vlage v zrnju, medtem ko ima križanec P10×P16 z največjim % vlage v zrnju, vključeni liniji, ki imata najvišje vrednosti SKS za % vlage. Te ugotovitve potrjujejo navedbe iz literature o smiselnosti proučevanja KS ter naših predvidevanjih o vrednosti potomstva oz. križancev.

Preglednica 25: Skupni rezultati SKS za pridelek zrnja in lastnosti storža materinih linij

Rang po SKS pridelka	Materina linija	SKS						
		Število dni od vznika do 50 % metličenja	Dolžina storža	Premer storža	Število vrst zrnja	Pridelek zrnja	% vlage v zrnju	
1	P2	-1,99 a*	-0,24 c-e*	0,17 a*	-0,11 d*	4,87 a*	-0,43 b-c*	
2	P7	0,54 e-f	0,01 c-d	0,11 a-b	-1,02 e	4,10 a-b	-1,03 a-c	
3	P6	-1,81 g	-0,39 d-f	-0,10 d-e	1,91 a	3,25 a-c	1,85 d	
4	P10	3,54 h	1,97 a	-0,02 c-e	0,03 c-d	2,20 a-d	2,01 d	
5	P1	-0,67 f-g	0,26 c	-0,12 e	-2,70 f	1,91 a-d	2,29 d	
6	P9	-0,26 c-e	0,14 c	0,01 b-d	0,42 b-c	0,35 a-d	-0,45 b-c	
7	P5	-0,46 c	-1,10 g	0,03 b-c	1,62 a	-1,33 b-d	-0,16 c	
8	P8	-0,66 b-c	-0,83 f-g	0,02 b-d	0,63 b	-2,81 c-e	-1,61 a	
9	P4	-1,53 a-b	-0,67 e-g	0,00 b-e	0,58 b	-3,81 d-e	-1,13 a-c	
10	P3	-1,66 a	0,86 b	-0,12 e	-1,36 e	-8,73 e	-1,35 a-b	
LSD _{p=0,05}		0,88	0,50	0,12	0,51	6,09	1,13	

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

Linije z dobro SKS za % vlage v zrnju bi zato bile primerne za vzgojo zgodnejših križancev. Od teh imata liniji P2 in P12 tudi dobre PKS za pridelek in premer storža, njihov križanec P2×P12 pa je po rangju PKS za pridelek sicer v drugi homogeni skupini na 22. mestu, po višini pridelka pa v prvi homogeni skupini, v razponu pridelka vseh križancev (46,83–92,77 dt/ha) ima 84,34 dt/ha pridelka.

Dolžina in premer storža ter število vrst zrnja na storžu so lastnosti, ki so v tesni povezavi s pridelkom, zato bi pričakovali podobne vrednosti KS za te lastnosti tudi za pridelek. Prve štiri materine linije po rangju SKS za pridelek (P2, P7, P6 in P10) so tudi med statistično

najboljšimi linijami za lastnosti storža, samo linija P5 z najboljšo SKS za število vrst zrnja je v drugi homogeni skupini za pridelek (preglednica 25).

Preglednica 26: Skupni rezultati SKS za pridelek zrnja in lastnosti storža očetnih linij

Rang po SKS pridelka	Očetna linija	SKS					
		Število dni od vznika do 50 % metličenja	Dolžino storža	Premer storža	Število vrst zrnja	Pridelek zrnja	% vlage v zrnju
1	P13	1,71 c*	2,50 a*	-0,07 b*	-0,58 c*	6,49 a*	1,32 d
2	P12	-3,79 a	0,31 b	-0,04 a-b	-2,00 d	3,05 b	-0,86 b-c*
3	P16	1,77 c	-0,30 c	0,28 a	2,19 a	1,07 b	3,35 e
4	P14	-1,23 b	-1,63 e	0,06 a-b	-0,27 c	-3,74 c	-2,33 a
5	P15	1,54 c	-0,88 d	-0,23 b	0,66 b	-6,86 c	-1,48 a-b
LSD _{p=0,05}		0,62	0,35	0,35	0,36	4,31	0,80

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

Pri očetnih linijah (preglednica 26) ima linija P13, z najboljšo SKS za pridelek, najboljšo SKS samo še za dolžino storža, pri premeru storža med očetnimi linijami ni bilo velikih razlik. Linija z najboljšo SKS za število vrst zrnja (P16) pa je po SKS za pridelek v drugi homogeni skupini. Križanec obeh linij z največjo vrednostjo SKS za premer storža (P2×P16) je po rangi PKS na 21. mestu, vendar ima največji dejanski premer storža. Podobno velja tudi za dolžino storža in število vrst zrnja.

V dolžini storža imata križanca P10×P12 in P10×P13, ki vključujeta linije z najboljšimi vrednostmi PKS, najboljše vrednosti PKS in tudi dejanske vrednosti za dolžino storža. Vse te linije pa imajo tudi dobre vrednosti SKS za pridelek.

Med linije s slabšimi SKS za pridelek in lastnosti storža bi lahko uvrstili pri materinih linijah liniji P3 in P4, pri očetnih pa liniji P14 in P15. Imajo pa te linije dobre SKS za ranost (število dni do metličenja in % vlage v zrnju ob spravilu). To potrjuje že znano dejstvo, da dajejo kultivarji s krajšo rastno dobo, nižje pridelke.

Čeprav v nekaterih primerih nismo dobili vrednosti PKS ali dejanskih vrednosti križancev, kot bi jih pričakovali na podlagi vrednosti SKS njihovih starševskih linij, lahko upravičeno sklepamo o smiselnosti proučevanja KS, saj o podobnih ugotovitvah poroča tudi več tujih avtorjev. Estakhr in Heidari (2012), Betran in sod. (2003), Alabi in sod. (1987) in drugi navajajo, da so informacije o KS potrebne za odbiro primernih starševskih linij za vzgojo najboljših križancev za različne namene.

5.2 SKLEPI

- Za vse proučevane lastnosti smo ugotovili statistično značilne razlike med SKS starševskih linij in med PKS njihovih križancev.
- Linije z najboljšo SKS za pridelek in lastnosti storža, ki so v tesni povezavi s pridelkom, so linije P2, P6, P7 in P10 (materine linije) ter P13 in P12 (očetne linije).
- Najboljše SKS vrednosti za število dni do metličanja in % vlage v zrnju; lastnosti, ki sta merilo za ranost; imajo linije P2, P3 in P4 (materine linije) ter P12 in P14 (očetne linije).
- Čeprav sta pridelek in ranost v negativni korelaciji, smo pri liniji P2 ugotovili, da ima dobro SKS tako za pridelek kot za ranost.
- Potrdili smo tudi ugotovitve iz literature, da v nekaterih primerih za dobro PKS križancev zadostuje že ena starševska linija z dobro SKS.

6 POVZETEK

Za uspešno žlahtnjenje koruze oz. vzgojo dobrih hibridov mora žlahtnitelj imeti na voljo ustrezen in raznolik genski material, v primeru koruze ustrezne homozigotne linije. Vsaka kombinacija križanja dveh različnih linij daje hibrid z drugačno vrednostjo, zato je največji izziv oz. cilj pri žlahtnjenju koruze dobiti kombinacijo dveh linij, ki bi dala hibrid z najboljšo vsestransko vrednostjo.

Namen magistrskega dela je bil ugotoviti vrednosti kombinacijskih sposobnosti nekaterih novih Lj- križancev koruze. Poljski poskus smo izvedli leta 2012 na poskusnem polju Biotehniške fakultete v Jablah pri Trzinu (zemljepisna širina $46^{\circ} 7'$, zemljepisna dolžina $14^{\circ} 34'$, nadmorska višina 308 m). Poskus je bil zasnovan po metodi slučajnega bloka v treh ponovitvah, kjer smo uporabili 10 linij kot materine linije (P1-P10) in 5 linij kot očetne linije (P12-P16). Tako smo dobili 50 novih Lj- križancev, pri katerih smo ugotavljali KS za pridelek in lastnosti storža in zrnja, ki najbolj vplivajo na pridelek pri koruzi.

Vse proučevane lastnosti so bile obračunane in urejene s statističnim programom Microsoft Excel 2010 ter prirejene za program Agrobase Gen II za nadaljnjo statistično obdelavo (analiza variance in testi medsebojnih primerjav) in izračun KS (SKS in PKS). Storže smo ročno pobrali z notranjih dveh vrst in v laboratoriju po sušenju določili pridelek suhega zrnja na obračunsko parcelico, dolžino storža, premer storža, število vrst zrnja na storžu in % vlage v zrnju ob spravilu. Med poskusom smo ugotavljali tudi ranost glede števila dni od vznika do 50 % metličjenja.

Za materine linije smo uporabili 10 linij (P1-P10), za očetne pa 5 linij (P12-P16). Za vse proučevane lastnosti smo ugotovili statistično značilne razlike med SKS starševskimi linijami in med PKS njihovih križancev. Linije z najboljšo SKS za pridelek in lastnosti storža, ki so v tesni povezavi s pridelkom, so linije P2, P6, P7 in P10 (materine linije) ter P13 in P12 (očetne linije). Najboljše SKS vrednosti za število dni do metličjenja in % vlage v zrnju; lastnosti, ki sta merilo za ranost; imajo linije P2, P3 in P4 (materine linije) ter P12 in P14 (očetne linije). Čeprav sta pridelek in ranost v negativni korelaciji, smo pri liniji P2 ugotovili, da ima dobro SKS tako za pridelek kot za ranost. Iz literature smo potrdili ugotovitve, da v nekaterih primerih za dobro PKS križancev zadostuje vsaj ena starševska linija z dobro SKS.

7 VIRI

- Alabi S. O., Obilana A. B., Nwasike C. C. 1987. Gene action and combining ability for quantitative characters in upland cotton. *Samaru Journal of Agricultural Research*, 5: 59-64
- Barata C., Carena M. J. 2006. Classification of North Dakota maize inbred lines into heterotic groups based on molecular and testcross data. *Euphytica*, 151: 339-349
- Betran F. J., Ribaut J. M., Beck D, Gonzalez de león D. 2003. Genetic diversity, specific combining ability, and heterosis in tropical maize under stress and non-stress environments. *Crop Science*, 43: 797-806
- Bohanec B. 1996. Žlahtnjenje rastlin v Sloveniji v luči novih znanstvenih odkritij ob koncu 20. stoletja. V: Žlahtnjenje rastlin in semenarstvo v Sloveniji, Ljubljana, 7. marec 1996. Bohanec B., Zor T., Luthar Z. (ur.). Ljubljana, Selekcija za žlahtnjenje in Selekcija za semenarstvo pri ZDKIT Slovenije: 13-17
- Borojević S. 1981. Principi i metodi oplemenjivanja bilja. Novi Sad, Ćirpanov: 386 str.
- Borojević S. 1992. Principi i metodi oplemenjivanja bilja. 2. dopunjeno izdanje. Beograd, Naučna knjiga: 385 str.
- 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, Založba Kmečki glas: 314 str.
- Falconer D. S., Mackay T. C. 1996. Introduction to quantitative genetics. 4th ed. London, Longman: 464 str.
- Estakhr A., Heidari B. 2012. Combining ability and gene action for maturity and agronomic traits in different heterotic groups of maize inbred lines and their diallel crosses. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 15, 3: 219-229
- Fan X. M., Chen H. M., Tan J., Xu C. X., Zhang Y. D., Luo L. M., Huang Y. X., Kang M. S. 2008. Combining abilities for yield and yield components in maize. *Maydica*, 53: 39-46
- Fan X. M., Tan J., Yang J. Y., Liu F., Huang B. H., Huang Y. X. 2002. Study on combining ability for yield and genetic relationship between exotic tropical, subtropical maize inbreeds and domestic temperate maize inbreeds. *Scientia Agricultura Sinica*, 35: 743-749
- Glover M., Willmot D., Darrah L., Hibbard B., Zhu X. 2005. Diallel analysis of agronomic traits using Chinese and U.S. maize germplasm. *Crop Science*, 45, 3: 1096-1102
- Griffing B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Science*, 9, 463-493

- Haddadi M. H., Eesmaeilof M., Choukan R., Rameeh V. 2012. Combining ability analysis of days to silking, plant height, yield components and kernel yield in maize breeding lines. *African Journal of Agricultural Research*, 7, 36: 5153-5159
- Hallauer A. R., Carena M. J., Miranda F. J. B. 2010. *Quantitative genetics in maize breeding*. New York, Springer: 663 str.
- Ivančič A. 2002. *Hibridizacija pomembnejših rastlinskih vrst*. Maribor, Fakulteta za kmetijstvo: 776 str.
- Kauffman K. D., Crum C. W., Lindsey M. F. 1982. Exotic germplasms in a corn breeding program. V: *Illinois Corn Breed School*, 18: 6-39
- Kocjan-Ačko D. 1999. *Koruza. Naša žena*, 5: 99-100
- Korošec J. 1989. *Pridelovanje krme*. Ljubljana, Založba Kmečki glas: 181 str.
- Malik I. 2004. General and specific combining ability studies in maize diallel crosses. *International journal of agriculture & Biology*. 6, 5: 856-859
- Melani M. D., Carena M. J. 2005. Alternative maize heterotic patterns for the Northern Corn. *Belt Crop Science*, 45: 2186-2194
- Mesečni bilten Agencije Republike Slovenije za okolje 2012.
<http://www.arso.gov.si/o%20agenciji/knji%C5%BEnica/mese%C4%8Dni%20bilten/bilten2012.htm> (11. oktober 2014)
- Meteorološki podatki Agencije Republike Slovenije za okolje 2012.
<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/#webmet=vUHcs9WYkN3LtVGdI92LhBHcvcXZi1WZ09Cc1p2cvAncvd2LyVWYs12L3VWY0hWZy9SaulGdugXbsx3cs9md15WahxHf> (11. oktober 2014)
- Opisna sortna lista Republike Slovenije 2013.
http://www.uvhvvr.gov.si/fileadmin/uvhvvr.gov.si/pageuploads/OBJAVE_ZA_JAVNOST/Objave_SEME/Sortna_lista/OSL_koruza_2013_SPLET.pdf (12. september 2014)
- Poročilo o meteorološki dejavnosti v RS za leto 2012.
[http://vrs-3.vlada.si/MANDAT13/vladnagradaiva.nsf/71d4985ffda5de89c12572c3003716c4/eb274fab7e6319e1c1257bb000386c2b/\\$FILE/report_MetD-2012-DMetS-ver1.pdf](http://vrs-3.vlada.si/MANDAT13/vladnagradaiva.nsf/71d4985ffda5de89c12572c3003716c4/eb274fab7e6319e1c1257bb000386c2b/$FILE/report_MetD-2012-DMetS-ver1.pdf) (10. junij 2014)
- Pucarić A. 1992. *Proizvodnja sjemena hibrida kukuruza*. Zagreb, Institut za oplemenjivanje i proizvodnju bilja Zagreb: 98 str.
- Revila P., Malvar, R. A., Carrea M. E., Songas P., Ordas A. 2002. Heterotic relationships among European maize inbreds. *Euphytica*, 126: 259-264

RGA raziskovalna genetika in agokemija 2014.

<http://www.rga.si/uporaba-heterozisa/> (15. oktober 2014)

Rozman L. 1997. Pomen koruze v razvoju človeštva. *Sodobno kmetijstvo*, 30, 4: 155-158

Rozman L. 2007. Rezultati večletnega proučevanja genskega materiala koruze na odpornost proti glivičnim boleznim ter možnosti njegove uporabe v žlahtnjenju rastlin. V: Zbornik predavanj in referatov 8. slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin. Radenci, 6.-7. marec 2007. Maček J. (ur.). Ljubljana, Društvo za varstvo rastlin Slovenije : 285-290

Rozman L. 2009. Osnove žlahtnjenja rastlin. Študijsko gradivo za študente univerzitetnega študija Biotehniške fakultete v Ljubljani. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 79 str.

Rozman L. 2012. Genska banka koruze v Sloveniji. *Acta agriculturae Slovenica*: 99, 3: 317-328

Rozman L. 2013. Kombinacijske sposobnosti za pridelek in lastnosti storža nekaterih novih Lj- križancev koruze. V: Zbornik simpozija Novi izzivi v agronomiji. Zreče, 24.-25. januar 2013. Čeh B., Dolničar P., Mihelič R. (ur.). Ljubljana, Slovensko agronomsko društvo: 98-104

Senthil Kumar P., Bharathi P. 2009. Studies on relationship between gca and sca effects in maize (*Zea mays* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 1: 24-27

Shams M., Choukan R., Majidi E., Darvish F. 2010. Estimation of Combining Ability and Gene Action in Maize Using Line × Tester Method under Three Irrigation Regimes. *Journal of Research in Agricultural Science*, 6: 19-28

Stoskopf N. C., Tomes D. T., Christie B. R. 1993. *Plant breeding. Theory and practice*. Boulder, San Francisco, Oxford, Westview Press: 531 str.

Sughroue J. R., Hallauer A. R. 1997. Analysis of the diallel mating design for maize inbred line. *Crop Science*, 37: 400-405

Tajnšek T. 1981. *Strnine in koruza v Sloveniji*. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 167 str.

Tajnšek T., Milevoj L., Čergan Z., Osvald J. 1991. *Koruza*. Ljubljana, ČZP Kmečki glas: 180 str.

Warghese T. M., Singh R. K., Choudhary B. D. 1976. *Biometrical techniques in genetics and breeding*. Hissar, International Bioscience Publishers, India: 248

Živanović T., Branković G., Radanović S. 2010. Combining abilities of maize inbred lines for grain yield and yield components. *Genetika*, 42, 3: 565-574

ZAHVALA

Najprej bi se zahvalila svojemu mentorju izr. prof. dr. Ludviku ROZMANU za izvedbo poskusa, za ves njegov trud, vzpodbudo, strokovne nasvete in vsestransko pomoč pri izvedbi magistrskega dela. Hvala za vso pomoč, nasvete in vso potrpežljivost, ki ste jo imeli z menoj ter dragoceni čas, ki ste si ga vzeli za izdelavo te naloge.

Zahvaljujem se možu Simonu za vso pomoč in spodbudo pri nastajanju naloge, staršem pa za podporo in razumevanje.