

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Maruša HOLZER

**VODNI POTENCIAL NEKATERIH NOVIH  
LJ- KRIŽANCEV KORUZE (*Zea mays* L.)**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2013

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Maruša HOLZER

**VODNI POTENCIAL NEKATERIH NOVIH  
LJ- KRIŽANCEV KORUZE (*Zea mays* L.)**

DIPLOMSKO DELO  
Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

**WATER POTENTIAL OF SOME NEW  
LJ- MAIZE (*Zea mays* L.) HYBRIDS**

B. SC. THESIS  
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2013

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija Kmetijstvo–agronomija in hortikultura – 1. stopnja. Delo je bilo opravljeno na Katedri za genetiko, biotehnologijo, statistiko in žlahtnjenje rastlin.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Ludvika ROZMANA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Marijana JAKŠE  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: doc. dr. Ludvik ROZMAN  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Dominik VODNIK  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svojega diplomskega dela na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddala v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Maruša Holzer

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dv1
- UDK 633.5:631.526.32:631.559 (043.2)
- KG koruza/genska banka/dialelno križanje/vodni potencial/pridelek
- AV HOLZER, Maruša
- SA ROZMAN, Ludvik (mentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
- LI 2013
- IN VODNI POTENCIAL NEKATERIH NOVIH LJ– KRIŽANCEV KORUZE  
(*Zea mays* L.)
- TD Diplomsko delo (Visokošolski študij - 1. stopnja)
- OP V, 27 str., 5 preglednic, 9 slik, 19 virov
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Namen diplomske naloge je bil raziskati vodni potencial novih Lj-križancev koruze. V poskus smo vključili 50 novih križancev ter 6 standardov, ki jih Sortna komisija RS uporablja kot standarde pri potrjevanju novih hibridov koruze za vpis v sortno listo. Križanci so bili vzgojeni iz samoplodnih linij koruze iz genske banke Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, po metodi nepopolnega dialelnega križanja. Deset linij smo uporabili kot materine (P1–P10), 5 linij pa kot očetne (P12–P16). Poskus smo izvedli na poskusnem polju Biotehniške fakultete v Jablah leta 2011. Meritve vodnega potenciala smo opravljali od 4.7. do 20.7.2011, v času cvetenja koruze, s tlačno Scholandrovo komoro. Vrednost vodnega potenciala križancev se giblje od -0,84 do -1,17 MPa, povprečna vrednost vseh križancev pa je -1,02 MPa. Pri standardih se povprečna vrednost giblje od -0,74 do -0,98 MPa. Med križancih materinih linij je imela najvišje vrednosti vodnega potenciala linija P8 (-0,96 MPa), med očetnimi pa linija P13 (-0,99 MPa). V skupini križancev, ki so bili merjeni v razmerah, ko je bilo v tleh med 10 in 20 % vlage, po visokem vodnem potencialu v odstopata križanca P8×P12 (-0,84 MPa) in P8×P13 (-0,85 MPa), manj pa odstopajo še P5×P14 (ob nizki vlagi – 10,6 % še kar visok vodni potencial – -0,97) ter P6×P16 in P5×P15, ki imata ob 20 % vlagi v tleh vodni potencial blizu povprečja ostalih križancev v tej skupini. Pri ostalih križancih v tej skupini se kaže trend višjega vodnega potenciala ob višji vlagi v tleh; medtem ko med vodnim potencialom in pridelkom kakšne večje povezave v tej skupini hibridov nismo ugotovili. Glede sklepanja medsebojne povezanosti proučevanih lastnosti, predvsem med vodnim potencialom in vlago v tleh, so potrebna še nadaljnja proučevanja, ki bi vključevala spremljanje vodnega statusa rastlin skozi daljše obdobje ter temeljitejšo kontrolo/analizo dejavnikov, ki vplivajo na vodni potencial.

## KEY WORD DOCUMENTATION

ND Dv1  
 UDC 633.5:631.526.32:631.559 (043.2)  
 CX maize/gene bank/diallel crossing/water potential/yield  
 AU HOLZER, Maruša  
 AA ROZMAN, Ludvik (supervisor)  
 PP SI-1000, Jamnikarjeva 101  
 PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy  
 PY 20131  
 TY WATER POTENTIAL OF SOME NEW 'LJ' MAIZE (*Zea mays* L.) HYBRIDS  
 DT B. Sc. Thesis (Professional Study Programmes)  
 NO V, 27 pages, 5 tables, 9 figures, 19 references  
 LA sl  
 AL sl/en  
 AB The aim of our study was to investigate the water potential of some new Lj- maize hybrids. We included 50 new inbreeds and 6 standards which the Variety Registration Commission of Slovenia uses as checks for registration of new maize hybrids, and put them on the varietal list. The hybrids were developed using inbred lines from the Gene Bank of the Biotechnical Faculty of the University of Ljubljana, following the method of incomplete diallels. We used 10 inbreeds as females (P1–P10) and 5 inbreeds as males (P12–P16). The materials were tested at the experimental station of Biotechnical faculty at Jable near Ljubljana, in 2011. We measured the water potential during the flowering period using the Scholander comora. The average water potential of hybrids ranged between -0,74 and -1,17 MPa, while the average water potential of all inbreeds was -1,02 MPa. The average water potential of standards ranged between -0,74 and 0,98 MPa. Regarding the female parents, the highest water potential was determined for P8 (-0,96 MPa), but regarding the male parents, the highest value was determined for P13 (-0,99 MPa). In the hybrids group with the soil moisture between 10 and 20 % the hybrids P8×P12 (-0,84 MPa) and P8×P13 (-0,85 MPa) had the highest water potential, the hybrid P5×P14 at low soil moisture (10,6%) had rather high water potential (-0,97). Hybrids P6×P16 and P5×P15, at soil moisture around 20%, had the water potential close to the average of the other hybrids in this group. In other hybrids in this group, a trend of higher water potential at higher moisture in the soil is shown. Correlation of water potential and yield in this hybrids group were not observed. With respect to interconnection traits, particularly between the water potential and soil moisture, further studies that would include monitoring of water status of the plant over a longer vegetation period and more thorough inspection/analysis of the factors affecting the water potential, are still needed.

## KAZALO VSEBINE

	KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	II
	KEY WORDS DOCUMENTATION	III
	KAZALO VSEBINE	IV
	KAZALO PREGLEDNIC	V
	KAZALO SLIK	V
	OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	V
<b>1</b>	<b>UVOD</b>	<b>1</b>
1.1	OPREDELITEV PROBLEMA IN NAMEN RAZISKAVE	1
1.2	DELOVNA HIPOTEZA	2
<b>2</b>	<b>PREGLED OBJAV</b>	<b>3</b>
2.1	GENSKA BANKA KORUZE V SLOVENIJI	3
2.2	VODNI POTENCIAL	3
<b>2.2.1</b>	<b>Definicija vodnega potenciala</b>	<b>3</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Kohezijsko-tenzijska teorija</b>	<b>4</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Spreminjanje vrednosti vodnega potenciala</b>	<b>5</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Načini opravljanja meritev vodnega potenciala</b>	<b>6</b>
<b>2.2.5</b>	<b>Pomen vodnega potenciala za koruzo</b>	<b>6</b>
2.3	DIALELNO KRIŽANJE	7
<b>3</b>	<b>MATERIAL IN METODE</b>	<b>8</b>
3.1	MATERIAL	8
3.2	METODE	8
<b>3.2.1</b>	<b>Opravljanje meritev</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>REZULTATI</b>	<b>12</b>
4.1	VREMENSKE RAZMERE	12
4.2	VODNI POTENCIAL KRIŽANCEV	14
4.3	VODNI POTENCIAL STARŠEVSKIH LINIJ	20
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI</b>	<b>21</b>
5.1	RAZPRAVA	21
5.2	SKLEPI	22
<b>6</b>	<b>POVZETEK</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>VIRI</b>	<b>26</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Meteorološki podatki po dnevih merjenja vodnega potenciala posameznih križancev (Meteorološki podatki, 2011).....	13
Preglednica 2: Povprečje in variacijska širina meritev vodnega potenciala in vlage v tleh, Jable 2011 .....	14
Preglednica 3: Povprečne vrednosti vodnega potenciala ( $\Psi$ ) in pridelka zrnja posameznih križancev.....	17
Preglednica 4: Povprečne vrednosti meritev vodnega potenciala ( $\Psi$ ) in pridelek zrnja križancev materinih linij .....	20
Preglednica 5: Povprečne vrednosti meritev vodnega potenciala ( $\Psi$ ) in pridelek zrnja križancev očetnih linij.....	20

## KAZALO SLIK

Slika 1: Transport vode po rastlini navzgor (Torelli, 1998).....	5
Slika 2: Poskusno polje v Jablah in nekateri od novih Lj-križancev (foto: Maruša Holzer) .....	8
Slika 3: Shema križanja linij .....	9
Slika 4: Scholandrova komora (foto: Maruša Holzer).....	10
Slika 5: Povprečna temperatura in količina padavin za leto 2011 in tridesetletno obdobje (1980–2010), na območju meritev, Meteorološka postaja Brnik .....	12
Slika 6: Povezanost med vlago v tleh in vodnim potencialom koruze.....	16
Slika 7: Povezanost med vlago v tleh in vodnim potencialom, za križance katerih rang vlage v tleh je med 10 in 20% .....	16
Slika 8: Povezanost med vodnim potencialom in pridelkom križancev .....	19
Slika 9: Povezanost med vodnim potencialom in pridelkom, za vse rastline katerih vlaga v tleh je v rangju od 10 do 20% .....	19

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

IPGRI Inštitut za mednarodne genske vire (International Plant Genetic Resources

Institut)

$\Psi$  Vodni potencial

## 1 UVOD

Koruza je v Sloveniji že vrsto let najbolj razširjena poljščina, saj je rastlina, s katero je mogoče poceni pridelati največjo količino energije na površinsko enoto. Koruza zavzema približno 40 odstotkov vseh njiv. V ta namen žlahtnitelji vsako leto pridobivajo nove križance z boljšimi agronomskimi lastnostmi (Čergan in sod., 2008).

Poleg povečane temperature in koncentracije atmosferskega CO<sub>2</sub> so v znanstvenih diskusijah o posledicah globalnih okoljskih sprememb za rastlinstvo, največkrat omenjeni učinki zmanjšane razpoložljivosti vode (Kajfež Bogataj, 2005).

Iz tega vidika je torej za pridelovanje koruze pomemben tudi njen vodni potencial, ki je merilo za razpoložljivost vode v rastlini, uporablja pa se za opis razpoložljivosti vode v tleh, ozračju. Kadar je razpoložljivost vode v tleh majhna, ohranjanje velike razpoložljivosti vode v rastlini (visokega vodnega potenciala) odraža večjo odpornost rastline na sušo. To je v naših podnebnih razmerah zelo pomembno, saj v času rasti in razvoja koruze le-ta nima na voljo vedno zadosti padavin, neredko se v posameznih obdobjih pojavi tudi suša.

### 1.1 OPREDELITEV PROBLEMA IN NAMEN RAZISKAVE

Vodni potencial je merilo za razpoložljivost vode v rastlinskem sistemu in zajema vse dejavnike, ki vplivajo na dostopnost vode. Na razpoložljivost vode vplivajo koncentracija topljencev, tlak, gravitacija in interakcija vode s poroznimi sistemi. Prvi odziv rastline na pomanjkanje vode je manjši turgor v celicah, posledica pa je prenehanje rasti celic. Upad vodnega potenciala v mezofilu različno vpliva na fiziologijo celic. Zmanjša se kemijska aktivnost vode, s tem pa se modificirajo strukture v celici. Povzroči strukturne spremembe v hidratacijskih ovojih, spremeni se razmerje med endomembranami kloroplasta, jedra, mitohondrijev, tonoplasta, plazmaleme ter drugimi celičnimi organi. Zaradi padca turgorja preneha rast celic, ki se odrazi tudi v slabši rasti (Taiz in Zeiger, 2006).

Namen diplomske naloge je ugotoviti kakšen vodni potencial imajo različni novi križanci koruze. Vzgojeni so bili na Katedri za genetiko, biotehnologijo, statistiko in žlahtnjenje rastlin na Biotehniški fakulteti. V poskus smo vključili 50 novih križancev koruze F1 generacije. Predvidevamo, da bodo imeli različni križanci različno vrednost vodnega potenciala.



Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

## 1.2 DELOVNA HIPOTEZA

Predvidevamo, da se bodo križanci razlikovali med seboj ter od standardov v vodnem potencialu in po pridelku. Ker so križanci vzgojeni po metodi dialelnega križanja bomo lahko ugotovili, katere linije, vključene v križance, bodo imele najboljši vodni potencial in največji pridelek zrnja. Dobljene rezultate bomo primerjali še z izmerjeno vlago v tleh.

## **2 PREGLED OBJAV**

### **2.1 GENSKA BANKA KORUZE V SLOVENIJI**

Genska banka kmetijskih rastlin Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete je del programa IPGRI, ki skrbi za ohranjanje svetovnih genskih virov. Sestavljajo jo štiri genske banke vzorcev ajde, koruze, sadnih rastlin ter trav in metuljnic. Vzorce semen hranijo v hladilnikih, izven naravnega okolja. Glavne naloge genske banke so pravilno hranjenje in zbiranje vzorcev ter obnavljanje in vzdrževanje semena. Poleg tega zbirajo osnovne podatke o vzorcih ter jih ovrednotijo po mednarodnih deskriptorjih (Luthar in sod., 2012).

Gensko banko koruze sestavljajo populacije, prve nabrane že v začetku 50. let prejšnjega stoletja, in iz njih vzgojene linije z različno stopnjo homozigotnosti. Zbiranje domačih populacij se je začelo z namenom, da se domači material, prilagojen na slovenske razmere, ne bi skrižal z neprilagojenim tujim. Zbrani material se je ves čas obnavljal, dopolnjeval in požlahtnjeval ter predstavlja vir genov za žlahtnjenje zgodnih, kakovostnih genotipov. Iz njih so vzgojene domače linije trdinke, ki se odlikujejo po zgodnosti, kakovosti in odpornosti na mnoge bolezni in škodljivce. Za ohranjanje materiala je potrebno sistematično obnavljanje semena v zaprti ročni izolaciji in umetno opraševanje. Način hranjenja semena naj bi zagotavljal kaljivost do 20 let, zato vsako leto obnovijo okoli 5% vseh hranjenih genotipov. Kuruza je tujeprašna rastlina, poleg tega pa se deli na sorte in samooplodne linije, zato je način razmnoževanja različen. Poleg tega se ugotavlja odpornost rastlin na koruzno progavost, fuzarioze ter še nekatere druge bolezni in škodljivce, izvajajo pa tudi opise po deskriptorjih IPGRI. Trenutno je v genski banki shranjenih 587 genotipov koruze, zbirka pa se ves čas dopolnjuje (Rozman., 2012).

### **2.2 VODNI POTENCIAL**

#### **2.2.1 Definicija vodnega potenciala**

Vodni potencial je merilo za razpoložljivost vode v nekem sistemu (tla, rastlina, ozračje). Upošteva glavne sile, ki vplivajo na vodo ter ji zmanjšajo ali pa povečajo njeno prosto energijo. Je kemijski potencial vode, ki se izraža kot parcialni volumen vode in ima enoto proste energije na volumen oziroma enoto tlaka. Vodni potencial čiste vode je pri okoljski temperaturi 25 °C in tlaku 1013 mbar po dogovoru enak 0 (Vodnik, 2012).

Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

Na razpoložljivost vode v rastlini vplivajo trije glavni dejavniki. Ti dejavniki so koncentracija topljencev, tlak in gravitacija. V poroznih sistemih na razpoložljivost vode vpliva tudi vezava vode na površino (matriks). Tako lahko vodni potencial zapišemo tudi z naslednjo enačbo:

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p + \Psi_m + \Psi_g \quad \dots(1)$$

Kjer pomeni:

$\Psi_w$  – skupni vodni potencial

$\Psi_s$  – osmotski potencial

$\Psi_p$  – tlačni potencial

$\Psi_m$  – matrični potencial

$\Psi_g$  – gravitacijski potencial

Glavna dejavnika, ki prispevata k vodnemu potencialu rastlinske celice, sta osmotski in tlačni potencial oz. turgor (Vodnik, 2012).

Med povezanima sistemoma lahko poteka izmenjava vode, pri čemer transport vode poteka s področja, kjer je vodni potencial višji, na področje, kjer je nižji. Za transport v obratni smeri je potrebna energija (Vodnik, 2012)

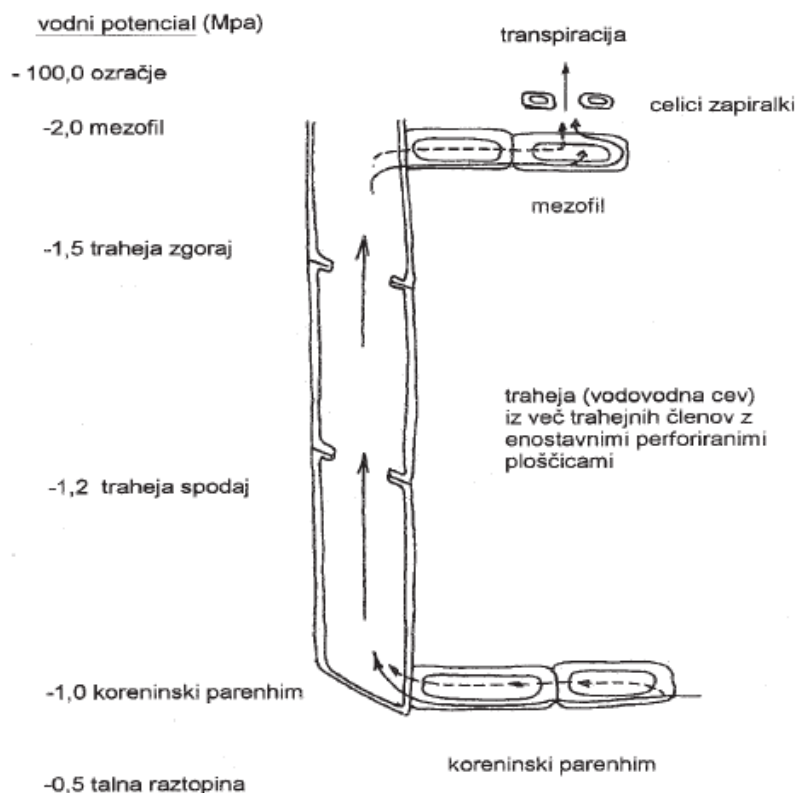
### **2.2.2 Kohezijsko-tenzijska teorija**

Da bi transport vode potekal po ksilemu navzgor, morajo imeti listi nižji vodni potencial kot pa korenine. Pri višjih rastlinah so za transport vode potrebni kohezija, adhezija in tenzija. Gonilna sila je gradient vodnega potenciala od tal skozi rastlino do atmosfere. Vodni potencial pomeni mero zmožnosti substrata, da absorbira ali sprošča vodo glede na drug substrat. Lahko si ga predstavljamo kot tlak, potreben za odvzem vode iz substrata.

Kot smo že omenili, se voda spontano giblje od mesta z manj negativnim vodnim potencialom k mestu z bolj negativnim vodnim potencialom. Tako rastlina zaradi močno negativnega atmosferskega vodnega potenciala nenehno izgublja vodo oz. transpirira (slika 1). Čim večja je transpiracija, večja je potreba po pretoku vode navzgor po rastlini (Torelli, 1998).

Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013



Slika 1: Transport vode po rastlini navzgor (Torelli, 1998)

### 2.2.3 Spreminjanje vrednosti vodnega potenciala

Skupni vodni potencial rastline odraža razmerje med sprejemanjem in oddajanjem vode v 24-urnem ciklu. Tekom dneva večina rastlin izgublja vodo s transpiracijo skozi listne reže, saj so te odprte, da lahko rastlina za potrebe fotosinteze pridobiva ogljikov dioksid. V opoldanskem času razpoložljivost vode doseže minimum, kar pa se odraža tudi v negativnem vodnem potencialu. Naraščati začne popoldne, saj se takrat transpiracija zmanjša. V nočnem času rastlina ohranja pozitivno vodno bilanco. Razpoložljivost vode v rastlini doseže maksimum pred začetkom dneva. Vodni potencial zato najpogosteje merimo opoldne in pred zoro (Vodnik 2012).

Ko se vsebnost vode zmanjša, se zmanjša turgor, s tem pa tudi volumen celic. Posledično se celična membrana odebeli, njena vsebina pa postane bolj koncentrirana. Zmanjšanje turgorja je prvi obrambni mehanizem rastline pri zmanjšani razpoložljivosti vode, zato sta posledično najbolj občutljiva na sušni stres rast listov in podaljševanje korenin (Taiz in Zeiger, 2006).

Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

#### **2.2.4 Načini opravljanja meritev vodnega potenciala**

Meritve lahko opravimo na različne načine. V našem poskusu smo uporabili tlačno Scholanderjevo komoro, lahko pa uporabimo tudi kirokopski osmometer, psihrometer ali tlačno sondo. Kriokopski osmometer deluje na principu koncentracije raztopine in njene temperature ledišča. Psihrometer je naprava, s katero v zaprtem prostoru, gre za majhno komoro, izmerimo spremembo vodnega potenciala atmosfere, ki je enaka vodnemu potencialu tkiva, ki se nahaja v tej komori. S tlačno sondo merimo vodni potencial v sami celici (Vodnik, 2012).

#### **2.2.5 Pomen vode za koruzo**

Koruzo je rastlina z nizkim transpiracijskim koeficientom, ki znaša 300 do 350 l/kg suhe snovi, vendar pa so, zaradi sposobnosti, da daje zelo visoke pridelke suhe snovi, njene potrebe po vodi temu primerno večje. Za pridelek 10 ton zrnja na hektar koruzo potrebuje vsaj 700 l vode/m<sup>2</sup>, vendar pri tem nista upoštevani odcedna voda ter evaporacija. Poleg tega pa se potreba po vodi povečuje še zaradi visokih temperatur in nizke stopnje vlage v zraku. Potrebe po vodi se v posameznih obdobjih razvoja koruze med seboj razlikujejo. V obdobju hitre rasti se poraba vode močno poveča, največja pa je v času cvetenja in oplodnje, nato pa postopoma pada do obdobja fiziološke zrelosti. Obdobje metličenja, svilanja in oplodnje je najbolj občutljivo na pomanjkanje vode in lahko traja do 20 dni. V Sloveniji obdobje oplodnje poteka od 10. julija do 10. avgusta, kar pa se časovno ujema z obdobjem, kjer je verjetnost visokih temperatur in pomanjkanja vode največja (Čergan in sod., 2008).

Pomanjkanje vode v času hitre rasti privede do zmanjšanja višine rastlin ter slabše zasnove storžev. Pomanjkanje v času cvetenja povzroči slabšo oplodnost ali celo jalovost rastlin, od oplodnje do mlečne zrelosti zmanjšanje števila zrn v vrsti, po fazi mlečne zrelosti pa povzroči manjšo težo zrn. Zaradi pomanjkanja vode je koruzo bolj dovzetna za glivične bolezni in manj odporna na škodljivce (Čergan in sod., 2008).

Vzporedno s sušo se pojavljajo tudi visoke temperature, ki še dodatno vplivajo na zmanjšanje oplodnje, saj visoke temperature pri koruzi vplivajo na daljši časovni razpon med metličenjem in svilanjem, saj pospešuje metličenje in prašenje ter zakasnuje svilanje. Ob normalni temperaturi in vlagi se postopoma in skoraj istočasno razvijata tako metlica kot storž, kar zagotavlja normalno oplodnjo. Če se pa v času cvetenja koruze pojavi močna suša, s katero je povezana tudi močna vročina, je oplodnja precej slabša zaradi hitrega odcvetanja metlice. Posamezna metlica lahko cveti tudi samo en dan in sproščanje peloda se konča, preden se svila pojavi na storžu. Tako svila za oplodnjo nima na razpolago dovolj svežega cvetnega prahu in je storž slabše oplojen (Rozman, 2005).

### 2.3 DIALELNO KRIŽANJE

Popolno dialelno križanje je metoda, kjer se vsaka linija križa z vsako. Kadar je, kot v našem primeru, število starševskih linij preveliko, da bi dosegli popolno dialelno križanje, uporabimo metodo nepopolnega dialelnega križanja, pri kateri križamo starševske linije z drugimi, a ne z vsemi. S to metodo dobimo oceno o splošni kombinacijski sposobnosti, nato pa medsebojno križamo le najboljše linije po metodi popolnega dialelnega križanja. S tem dobimo oceno o specifični kombinacijski sposobnosti. Največja pomanjkljivost metode nepopolnega dialelnega križanja je, da se vsaka starševska linija ne križa z vsako. Prednost te metode je, da število starševskih linij ni omejeno oz. lahko v križanja vključimo večje število linij (Fehr, 1987).

V literaturi več avtorjev navaja, da obstajajo genotipi koruze z različno tolerantnostjo na sušne razmere, ki se jih v žlahtnjenju koruze koristi bodisi kot testerje ali kot vir tolerantnosti za vzgojo novih kultivarjev koruze, tolerantnih na sušne strese. Z dialelnim križanjem in odbiranjem linij z dobrimi kombinacijskimi sposobnostmi pa tudi akumuliramo željene gene v žlahtniteljski material (Li in Van Staden, 1998; Stikić in Davies, 2000; Landi in sod., 2007; Efeoğlu in sod., 2009).

Turner (1974) poroča, da je kritična faza meja vodnega potenciala za koruzo  $-1,75$  MPa, medtem ko je Wang s sod. (2009) s poskusi z različno vsebnostjo vlage v tleh ugotovil, da je pri dobro zalitih rastlinah (70–75 % vlage v tleh) znašal vodni potencial  $-0,25$  MPa, pri slabo zalitih rastlinah (40–45 % vlage v tleh) pa  $-1,23$  MPa. Hura s sod. (2008) je spreminjanjem vodnega potenciala (od  $-0,76$  do  $-1,84$  MPa) pri treh hibridih koruze z različno odpornostjo na sušni stres, ugotovil, da se pri odpornemu križancu poveča vsebnost fenolov z zmanjšanjem vodnega potenciala, pri občutljivem pa je ravno obratno.

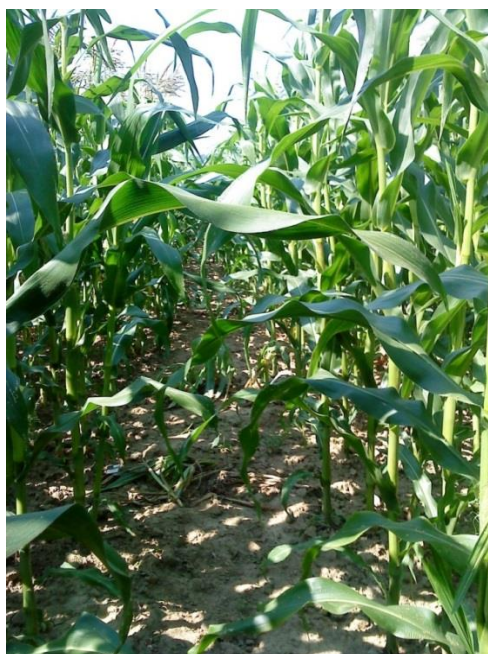
Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

### 3 MATERIAL IN METODE

#### 3.1 MATERIAL

V naš poskus (slika 2), ki se je izvajal na poskusnem polju Biotehniške fakultete v Jabljah (zemljepisna širina 46°7', zemljepisna dolžina 14°34'; nadmorska višina 308 m), je bilo vključenih 50 novih Lj- križancev koruze, vzgojenih iz samoplodnih linij po metodi nepopolnega dialelnega križanja. Starševske linije so iz genske banke Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Deset linij smo uporabili kot materine linije (P1–P10), 5 linij pa kot očetne linije oz. testerje (P11–P16) (slika 3). Vključili smo tudi 6 standardov, ki jih Sortna komisija RS uporablja kot standarde pri potrjevanju novih hibridov koruze za vpis v sortno listo. Skupno je bilo v poskus vključenih 56 križancev.



Slika 2: Poskusno polje v Jabljah in nekateri od novih Lj-križancev (foto: Maruša Holzer)

#### 3.2 METODE

Za poskus smo morali najprej pripraviti seme ter načrt setve. Najprej smo ročno našteali 160 semen za vsako parcelo in označili vrečko s številko križanca ter zaporedno število parcele na njivi. Pred setvijo smo seme tretirali še s fungicidom Vitavax, ki pomaga obraniti seme pred glivičnimi okužbami.

Setev smo izvedli po metodi slučajnega bloka v treh ponovitvah. Seme je bilo posajeno ročno in sicer 27. aprila 2011, v setvene jarke smo dodali še insekticid Force proti talnim škodljivcem. Na vsaki parcelici smo posejali 4 vrste po 20 semen z medvrstno razdaljo 70 cm ter 18 cm razdalje med rastlinami v vrsti. Gostota posevka je bila 79.400 rastlin/ha.

Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

Vzporedno s predsetveno obdelavo je bilo izvedeno osnovno gnojenje s 100 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 150 kg/ha K<sub>2</sub>O ter 50 kg/ha dušika. Posevek je vzniknil 9. maja, 27. maja smo ga tretirali proti plevelu s herbicidom Laudis, nato pa smo ga še ročno dognojili 10. junija in sicer s 120 kg/ha dušika. Po dognojevanju smo ga 14. junija še ročno razredčili tako, da smo na vsakem mestu pustili samo eno, boljšo rastlino, slabšo pa izpulili ter poskus okopali z ročnim motokultivatorjem.

	Shema križanja	Tester – očetne linije				
		P12	P13	P14	P15	P16
<b>Materine linije</b>	P1	P1×P12	×	×	×	×
	P2	×	×	×	×	×
	P3	×	×	×	×	×
	P4	×	×	×	×	×
	P5	×	×	×	×	×
	P6	×	×	×	×	×
	P7	×	×	×	×	×
	P8	×	×	×	×	×
	P9	×	×	×	×	×
	P10	×	×	×	×	P10×P16

Slika 3: Shema križanja linij (Rozman, 2013)

### 3.2.1 Opravljanje meritev

#### 3.2.1.1 Merjenje vodnega potenciala

Merjenje vodnega potenciala smo izvedli v času cvetenja posameznega hibrida, vse meritve pa so bile opravljene od 4. do 20.7. Meritve so potekale vsak dan od 11.00 do 14.00 ure in sicer s tlačno Scholanderjevo komoro (slika 4). Na vsaki parceli so bile posejane 4 vrste istega križanca, mi pa smo za meritve vedno izbrali prvo vrsto. Naključno smo izbrali tri rastline ter vsaki s škarjami odrezali del vrha prvega lista nad storžem. List smo nato odnesli do tlačne komore ter začeli z meritvami, saj bi v nasprotnem primeru prišlo do venenja lista, kar pa nam ne bi podalo verodostojnih rezultatov.

Vodni potencial je po celotnem listu enak, kljub temu, da so dejavniki vodnega potenciala v različnih celicah različni. Ko list odrežemo z rastline, tenzija v listu preneha in vodni potencial postane enak 0. Voda začne prehajati iz ksilema v sosednje celice, kjer je vodni potencial bolj negativen in tako voda izgine z odrezane površine listnega peclja. Predpostavljamo, da je ksilemski vodni potencial zelo blizu vrednosti vodnega potenciala celotne rastline.



Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

List smo nato zaprli v tlačno komoro in postopoma povečevali tlak, pri tem pa pod stereo- lupo opazovali odrezano površino. Takoj, ko smo na njej zagledali ksilemski sok, smo prenehali z dodajanjem zraka ter odčitali meritev in jo zapisali v tabele. Na merilni skali smo odčitali meritve v barih, kar smo kasneje pretvorili v megapascal (MPa).



Slika 4: Scholandrova komora (foto: Maruša Holzer)

### 3.2.1.2 Merjenje vlage v tleh

Vlago v tleh smo merili s talnim vlagomerom (Delta-T Devices Ltd). Meritve smo naredili pri istih rastlinah kot za vodni potencial. Pri tem smo sonde trikrat zapičili v tla okrog rastline in nato za statistične analize uporabili povprečje vseh treh meritev.

### 3.2.1.3 Merjenje pridelka

Za ugotavljanje pridelka in statistično obdelavo smo ob zrelosti na notranjih dveh vrsticah vsake parcelice ročno pobrali vse storže in jih v laboratoriju posušili na 14 % vlage v zrnju. Po sušenju smo storže prešteli, stehali pred luščenjem, po luščenju pa še samo zrnje, da smo določili še odstotek klasinca. Ob tem smo z vlagomerom določili še odstotek vlage v

Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

zrnju ter na podlagi dejanske vlage v zrnju, težo zrnja preračunali na 14 % vlage. Končni pridelek smo izračunali tako, da smo pridelek na obračunsko parcelico (7,2 m<sup>2</sup>) preračunali na 10.000 m<sup>2</sup>.

#### 3.2.1.4 Statistične analize

Vse pridobljene podatke meritev smo vnesli v računalnik in podatke obdelali s programom Microsoft Excel. Za vsakega križanca smo dobili 9 podatkov (3 rastline v vsaki vrsti × 3 ponovitve). Prikazali smo povprečne vrednosti in variacijsko širino meritev vodnega potenciala, vlage v tleh in pridelka. Meritve smo predstavili za vsakega posameznega križanca ter posebej za vse križance materinih in posebej očetnih linij.

Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

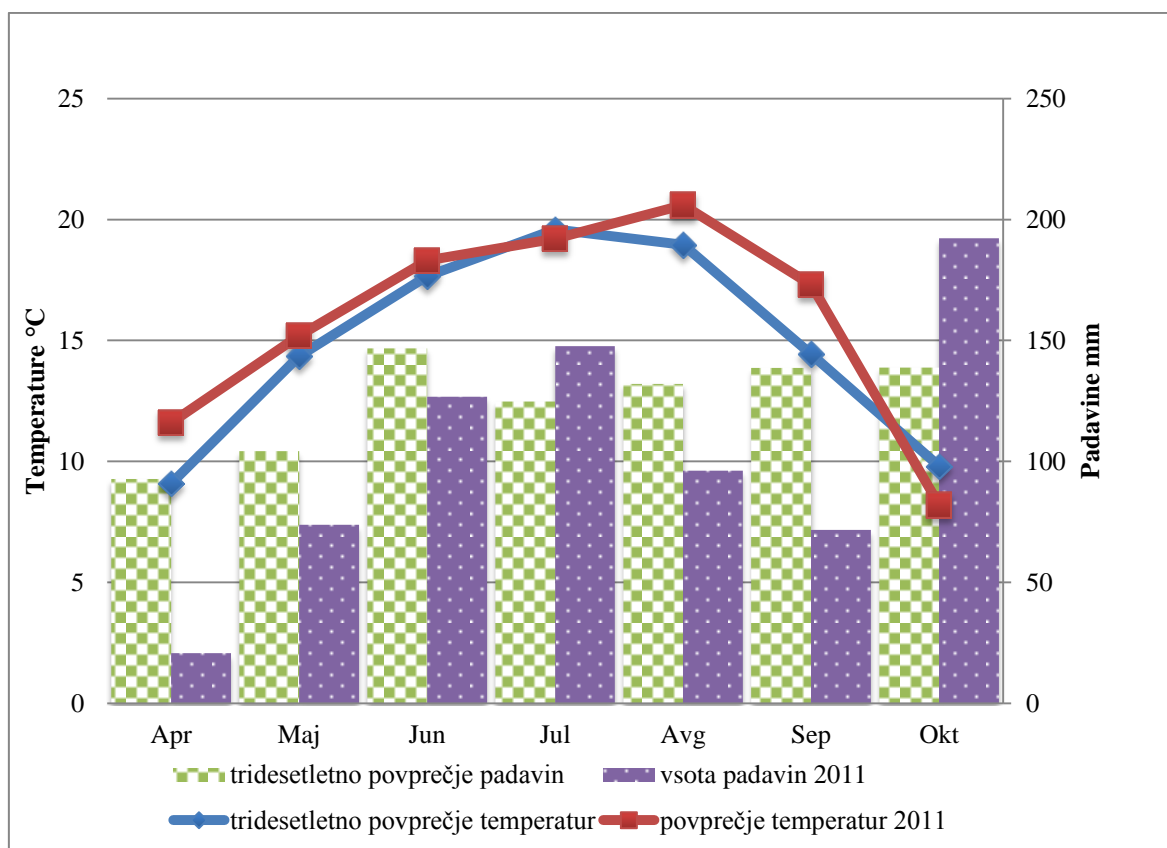
## 4 REZULTATI

### 4.1 VREMENSKE RAZMERE

Temperature so bile v letu 2011 nad dolgoletnim povprečjem, medtem ko je bila količina padavin, razen v mesecu juliju in oktobru, pod dolgoletnim povprečjem.

V aprilu je bilo povprečje padavin 21 mm, kar je dosti manj kot je tridesetletno povprečje za april, ki znaša 92 mm. Nasprotno pa so padavine v oktobru leta 2011 za 53,5 mm presegle povprečje tridesetih let.

Temperature v letu 2011 so, razen v juliju, presegle povprečje. Povprečje temperatur v avgustu 2011 je bilo 20,7 °C, v septembru pa 17,3 °C.



Slika 5: Povprečna temperatura in vsota padavin za leto 2011 in tridesetletno obdobje (1980–2010), na območju meritev, Meteorološka postaja Brnik.

V preglednici 1 so prikazane temperature in padavine še po posameznih dnevih v času meritev. Vse meritve so bile izvedene od 4. do 20. julija. Temperature v tem času so bile blizu povprečja, skupne padavine so presegle večletno povprečje, predvsem na račun večjih nalivov 12., 18. in 19. julija.

Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

Preglednica 1: Meteorološki podatki po dnevih merjenja vodnega potenciala posameznih križancev (Meteorološki podatki, 2011)

Datum merjenja	Povprečna dnevna temp. °C	Dnevna količina padavin mm	Merjeni križanci
1.7.2011	15,9		
2.7.2011	13,6	2,4	
3.7.2011	16,7		
4.7.2011	20,6		P1×P12, P2×P12, P2×P14, P3×P12, P4×P12, P4×P14, P5×P12
5.7.2011	19,7		P2×P12, P5×P12, P5×P14, P7×P12, P8×P12
6.7.2011	20,2	8,3	P1×P12, P3×P12, P4×P12, P5×P12, P7×P12, P8×P12, P9×P12
7.7.2011	23,1		P1×P14, P2×P12, P2×P13, P2×P14, P2×P15, P2×P16, P3×P13, P3×P15, P4×P12, P4×P13, P4×P14, P8×P14, P9×P14
8.7.2011	23,3		
9.7.2011	24,3		P12×P15, P3×P15, P3×P16, P5×P14, P6×P12, P7×P14, P7×P15, P9×P12
10.7.2011	24,2		P10×P14, P2×P15, P3×P13, P3×P14, P4×P14, P5×P13, P6×P12, P7×P14, P8×P14, P9×P13, P9×P14, P9×P15
11.7.2011	24,4		P10×P12, P10×P14, P2×P13, P2×P16, P3×P14, P5×P15, P6×P12, P6×P14, P7×P15, P7×P16, P8×P15, P8×P16, P9×P13
12.7.2011	22,5	16,1	P2×P16, P3×P14, P3×P16, P4×P13, P4×P16, P5×P13, P5×P15, P5×P16, P6×P14, P7×P13, P7×P15, P7×P16, P8×P13, Stand1
13.7.2011	24,7		P5×P14, P1×P16, P4×P16, P5×P15, P6×P14, P8×P15, P8×P16, P9×P15, P9×P16, Stand2, Stand4
14.7.2011	25,2		
15.7.2011	18,9		P10×P12, P9×P15, P9×P16, Stand1
16.7.2011	19,6	3,8	P1×P15, P1×P16, P10×P12, P10×P13, P10×P14, P10×P15, P3×P13, P4×P15, P5×P16, P6×P15, P6×P16, P8×P16, Stand2
17.7.2011	20,1		P4×P13, P1×P14, P1×P15, P1×P16, P10×P15, P2×P13, P4×P15, P6×P13, P6×P15, P6×P16, P7×P13, P8×P13
18.7.2011	18,3	11,8	
19.7.2011	20,2	8,7	P1×P13, P10×P13, P10×P15, P10×P16, P6×P16, P7×P13, Stand2, Stand3, Stand4, Stand5, Stand6
20.7.2011	16,8	2,0	P1×P13, P10×P13, Stand3, Stand4, Stand5, Stand6
21.7.2011	17,4	3,7	
22.7.2011	18,4	1,6	
23.7.2011	16,0	13,4	
24.7.2011	12,1	66,7	
25.7.2011	13,5		
26.7.2011	16,0		
27.7.2011	18,9		
28.7.2011	17,0		
29.7.2011	16,9		
30.7.2011	17,2		
31.7.2011	18,8	3,1	

Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

## 4.2 VODNI POTENCIAL KRIŽANCEV

Povprečna vrednost vodnega potenciala se giblje od -0,74 MPa do -1,17 MPa (Preglednica 2). Variacijski razmik vseh opravljenih meritev pa je od -0,40 do -1,52. Najnižji vodni potencial ima križanec P2×P14, najvišjega pa standard 6. Razlika med najmanjšim in največjim povprečnim vodnim potencialom je 0,43, kar glede na povprečno vrednost znaša 42,5 %. Torej so razlike relativno velike.

Preglednica 2: Povprečje in variacijska širina meritev vodnega potenciala in vlage v tleh, Jable 2011

Rang po vrednosti $\Psi$	Križanec	Datumi meritev	Povprečna vrednost $\Psi$ (MPa)	Variacijska širina meritev $\Psi$	Vlaga v tleh (%)	Variacijska širina meritev vlage
1	Stand6	19.,20.7.	-0,74	-0,58 – -0,97	71,6	68,4–75,6
2	Stand2	13.,16.,19.7.	-0,77	-0,40 – -1,10	37,8	14,7–73,0
3	P8×P12	5.,6.7.	-0,84	-0,73 – -0,93	12,3	8,9–18,6
4	P8×P13	12.,17.7.	-0,85	-0,72 – -0,93	12,9	12,9
5	P6×P16	16.,17.,19.7.	-0,89	-0,68 – -1,08	57,0	20,9–93,1
6	P9×P16	13.,15.7.	-0,91	-0,73 – -1,10	16,9	9,9–25,2
7	P10×P16	19.7.	-0,92	-0,80 – -1,00	83,5	54,7–89,3
8	P1×P13	19.,20.7.	-0,92	-0,87 – -0,97	72,0	66,9–98,9
9	P6×P15	16.,17.7.	-0,93	-0,67 – -1,08	15,9	15,9
10	P10×P13	16.,19.,20.7.	-0,94	-0,92 – -0,97	90,8	81,7–100,0
11	Stand4	13.,19.,20.7.	-0,94	-0,67 – -1,10	74,8	69,1–80,5
12	P7×P12	5.,6.7.	-0,96	-0,73 – -1,10	14,7	7,8–19,1
13	Stand3	19.,20.7.	-0,97	-0,88 – -1,05	81,8	71,1–88,7
14	P5×P14	5.,9.,13.7.	-0,97	-0,82 – -1,07	10,6	9,1–11,7
15	Stand1	12.,15.7.	-0,98	-0,83 – -1,12	14,9	10,7–17,9
16	P7×P13	12.,17.,19.7.	-0,98	-0,92 – -1,02	48,7	13,4–83,9
17	Stand5	19.,20.7.	-0,98	-0,88 – -1,03	91,0	83,6–95,3
18	P6×P13	17.7	-0,99	-0,95 – -1,05		
19	P1×P12	4.,6.7.	-0,99	-0,92 – -1,08	13,2	9,7–16,4
20	P8×P15	11.,13.7.	-1,00	-0,83 – -1,15	15,2	11,3–21,4
21	P4×P13	7.,12.,17.7.	-1,00	-0,88 – -1,13	17,4	10,0–28,3
22	P1×P14	7.,17.7.	-1,01	-0,98 – -1,07	16,5	12,9–20,1
23	P8×P14	7.,10.7.	-1,01	-0,87 – -1,10	13,1	11,4–16,1
24	P5×P16	12.,16.7.	-1,02	-0,93 – -1,10	16,7	11,7–25,7
25	P9×P15	10.,13.,15.7.	-1,02	-1,02 – -1,03	17,3	15,9–18,9
26	P9×P12	6.,9.7.	-1,02	-0,87 – -1,15	13,1	9,3–17,4
27	P9×P14	7.,10.7.	-1,03	-0,95 – -1,10	13,4	11,3–14,9
28	P5×P15	11.,12.,13.7.	-1,03	-0,95 – -1,10	19,4	11,4–27,8
29	P4×P15	16.,17.7.	-1,03	-1,02 – -1,17	17,7	15,9–20,3
30	P1×P16	13.,16.,17.7.	-1,04	-0,99 – -1,12	17,5	15,4–19,2
31	P3×P12	4.,6.7.	-1,04	-0,97 – -1,10	16,1	11,0–21,7
32	P4×P12	4.,6.,7.7.	-1,04	-0,95 – -1,12	13,3	11,2–17,5
33	P3×P16	9.,12.7.	-1,04	-1,00 – -1,07	22,3	9,7 – 30,9

Se nadaljuje

Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

Nadaljevanje

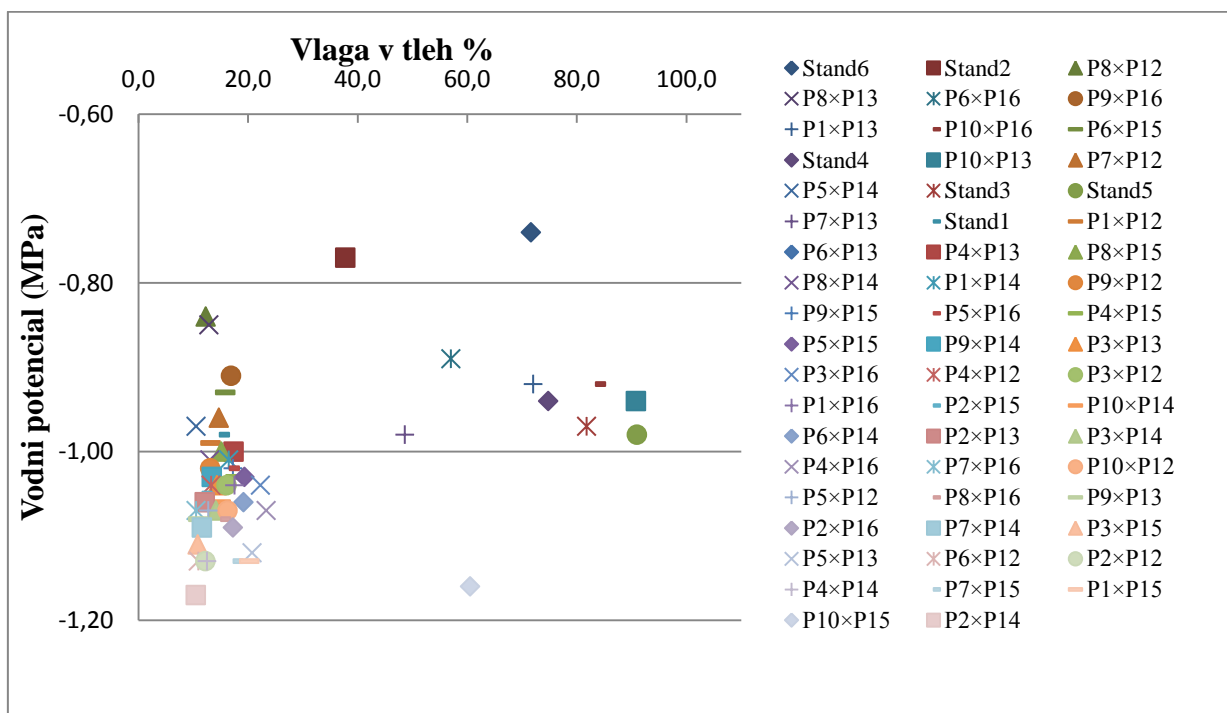
Rang po vrednosti $\Psi$	Križanec	Datumi meritev	Povprečna vrednost $\Psi$ (MPa)	Variacijska širina meritev $\Psi$	Vlaga v tleh (%)	Variacijska širina meritev vlage
34	P3×P13	7.,10.,16.7.	-1,04	-1,00 – -1,10	14,4	11,8 – 18,9
35	P2×P15	7.,9.,10.7.	-1,05	-0,98 – -1,17	11,7	10,0–12,8
36	P2×P13	7.,11.,17.7.	-1,06	-1,00 – -1,12	12,1	9,3 – 14,9
37	P6×P14	11.,12.,13.7.	-1,06	-0,97 – -1,15	19,2	10,3–27,9
38	P10×P14	10.,11.,16.7.	-1,06	-0,97 – -1,08	15,1	12,3 – 81,7
39	P10×P12	11.,15.,16.7.	-1,07	-1,03 – -1,13	16,3	10,9- 21,9
40	P5×P12	4.,5.,6.7.7	-1,07	-1,00 – -1,18	12,7	9,2-18,7
41	P7×P16	11.,12.7.	-1,07	-0,97 – -1,13	10,6	9,4-11,4
42	P4×P16	12.,13.7.	-1,07	-0,97 – -1,17	23,3	19,8-25,6
43	P3×P14	10.,11.,12.7.	-1,07	-1,03 – -1,13	14,2	9,3-22,8
44	P9×P13	10.,11.7.	-1,08	-1,02 – -1,15	11,0	9,7-12,2
45	P8×P16	11.,13.7.	-1,08	-1,03 – -1,18	15,1	10,4-22,2
46	P7×P14	9.,10.7.	-1,09	-1,02 – -1,24	11,6	10,5-13,8
47	P2×P16	7.,11.,12.7.	-1,09	-0,97 – -1,18	17,3	11,3-26,7
48	P3×P15	7.,9.7.	-1,11	-1,05 – -1,13	10,8	8,6-12,1
49	P5×P13	10.,12.7.	-1,12	-1,05 – -1,17	20,7	9,7-26,9
50	P1×P15	16.,17.7.	-1,13	-0,93 – -1,39	20,2	17,1-23,4
51	P7×P15	9.,11.,12.7.	-1,13	-1,08 – -1,18	17,4	11,1-28,9
52	P4×P14	4.,7.,10.7.	-1,13	-1,00 – -1,20	12,5	11,3-14,9
53	P2×P12	4.,5.,7.7.	-1,13	-1,07 – -1,18	12,3	7,7-15,3
54	P6×P12	9.,10.,11.7.	-1,13	-1,10 – -1,17	11,0	8,3-12,5
55	P10×P15	16.,17.,19.7.	-1,16	-0,92 – -1,52	60,6	96,5-24,7
56	P2×P14	4.,7.7.	-1,17	-1,03 – -1,27	10,5	9,2-12,5
Skupni razpon			-0,74 – -1,17	-0,40 – 1,52	10,5–90,9	7,7–100,0
Povprečje			-1,02		24,9	

Standard 6 z najvišjim vodnim potencialom (-0,74) je bil merjen v času, ko je bilo v tleh 71,6 % vlage, kar je med najvišjimi vrednostmi (slika 6). Križanec P2×P14 z najnižjim vodnim potencialom (-1,17) pa je bil merjen, ko je bilo v tleh 10,5 % vlage, kar je med najnižjimi vrednostmi. Križanec P10×P15 s podobnim vodnim potencialom (-1,16) kot P2×P14 pa je bil merjen, ko je bilo v tleh bistveno več vlage (60,6 %) kot pri P2×P14. Največ križancev je v skupini z vodnim potencialom med -1,10 MPa in -1,00 MPa ter z 10-20 % vlage v tleh. Manjša skupina križancev z vodnim potencialom med -1,00 MPa in -0,90 MPa in pa je bila merjena v času z večjim razponom vlage v tleh (10,5–90,9 %).

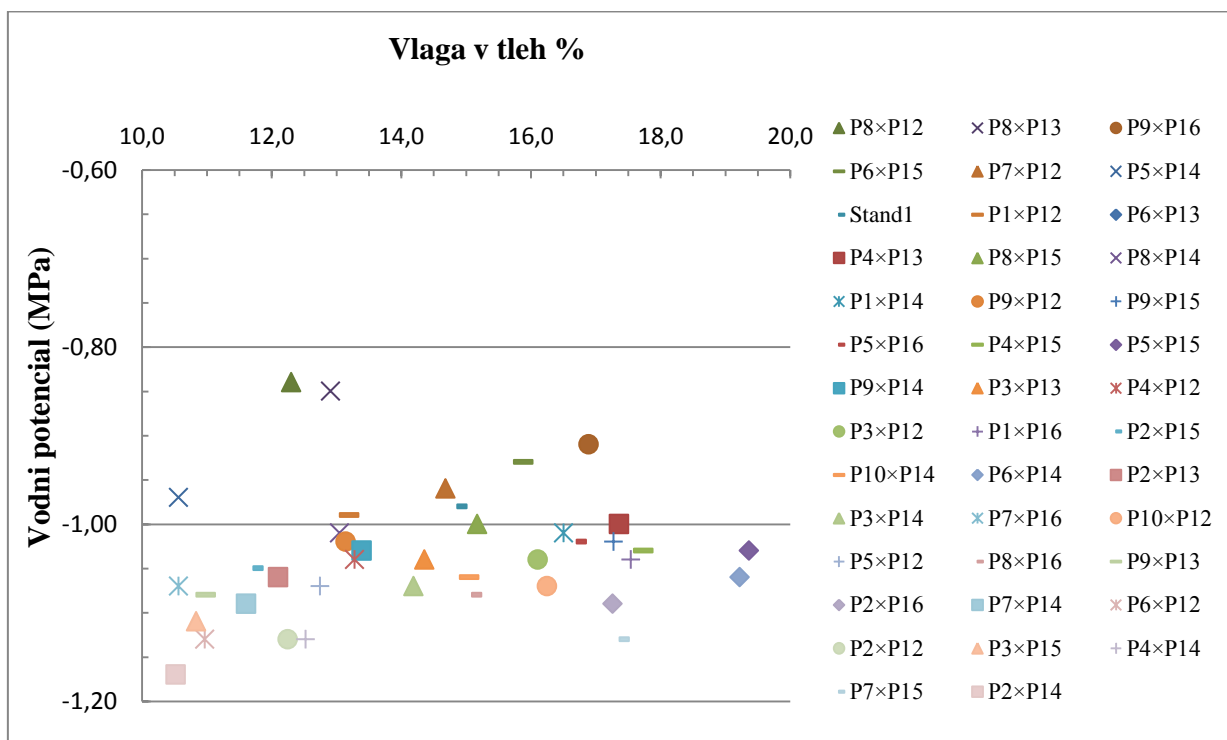
Posebej smo prikazali skupino križancev, ki je imela ob merjenju vlage v tleh med 10 in 20 % vlage (slika 7). Po visokem vodnem potencialu v tej skupini odstopata križanca P8×P12 (-0,84 MPa) in P8×P13 (-0,85 MPa), manj pa odstopajo še P5×P14 (ob nizki vlagi – 10,6 % še kar visok vodni potencial – -0,97) ter P6×P16 in P5×P15, ki imata ob 20 % vlagi v tleh vodni potencial blizu povprečja ostalih križancev v tej skupini. Pri ostalih križancih v tej skupini se kaže trend višjega vodnega potenciala ob višji vlagi v tleh.

Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013



Slika 6: Povezanost med vlago v tleh in vodnim potencialom koruze



Slika 7: Povezanost med vlago v tleh in vodnim potencialom, za križance katerih rang vlage v tleh je med 10 in 20 %

Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

#### 4.3 POVEZANOST KOLIČINE PRIDELKA S TRENUTNIMI VREDNOSTMI VODNEGA POTENCIALA V ČASU CVETENJA

Pri tej nalogi smo preverili tudi, če je vodni potencial rastline v kakšni povezavi s pridelkom zrnja koruze. Standard 6 z najvišjim vodnim potencialom ima največji pridelek zrnja, ki znaša 131,6 dt/ha (pregl.3). Nekoliko manjši pridelek imata standarda 3 in 5, a imata tudi precej nižjo vrednost vodnega potenciala (-0,97 MPa in -0,98 MPa) od standarda 6. Križanec P2×P14 z najnižjim vodnim potencialom pa ima pridelek zrnja 73,6 dt/ha, kar je med manjšimi vrednostmi med križanci. Največ križancev ima vodni potencial med -1,15 MPa ter -0,95 MPa, s pridelki od 70 do 100 dt/ha. Iz grafičnega prikaza razporeditve vrednosti vodnega potenciala in višine pridelka (slika 8) kakšne večje povezanosti ni razbrati.

Preglednica 3: Povprečne vrednosti vodnega potenciala ( $\Psi$ ) in pridelka zrnja posameznih križancev

Rang po vrednosti $\Psi$	Križanci	Povprečna vrednost $\Psi$ (MPa)	Rang po pridelku	Povprečni pridelek zrnja (dt/ha)
1	Stand6	-0,74	1	131,6
2	Stand2	-0,77	8	104,0
3	P8×P12	-0,84	27	87,7
4	P8×P13	-0,85	30	85,3
5	P6×P16	-0,89	20	94,0
6	P9×P16	-0,91	25	90,9
7	P10×P16	-0,92	19	94,3
8	P1×P13	-0,92	4	118,9
9	P6×P15	-0,93	54	66,5
10	P10×P13	-0,94	5	112,1
11	Stand4	-0,94	6	111,1
12	P7×P12	-0,96	45	74,3
13	Stand3	-0,97	46	73,8
14	P5×P14	-0,97	2	128,8
15	Stand1	-0,98	3	126,8
16	P7×P13	-0,98	13	99,0
17	Stand5	-0,98	9	102,9
18	P6×P13	-0,99	37	78,9
19	P1×P12	-0,99	15	98,9
20	P8×P15	-1,00	35	80,9
21	P4×P13	-1,00	32	83,8
22	P1×P14	-1,01	52	69,8
23	P8×P14	-1,01	40	78,2
24	P5×P16	-1,02	51	71,9

Se nadaljuje



Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

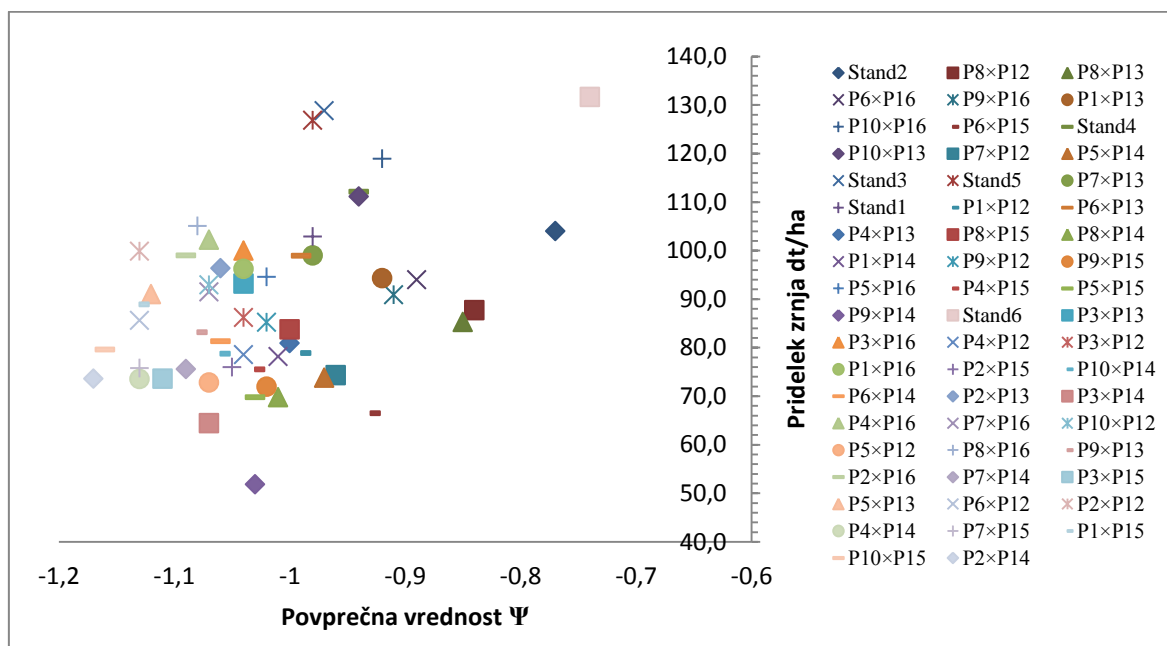
Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

Nadaljevanje

Rang po vrednosti $\Psi$	Križanci	Povprečna vrednost $\Psi$ (MPa)	Rang po pridelku	Povprečni pridelek zrnja (dt/ha)
25	P9×P15	-1,02	31	85,2
26	P9×P12	-1,02	18	94,6
27	P9×P14	-1,03	56	51,9
28	P5×P15	-1,03	53	69,8
29	P4×P15	-1,03	44	75,5
30	P1×P16	-1,04	39	78,6
31	P3×P12	-1,04	21	93,2
32	P4×P12	-1,04	11	100,0
33	P3×P16	-1,04	28	86,2
34	P3×P13	-1,04	17	96,2
35	P2×P15	-1,05	41	76,0
36	P2×P13	-1,06	38	78,8
37	P6×P14	-1,06	34	81,3
38	P10×P14	-1,06	16	96,3
39	P10×P12	-1,07	55	64,4
40	P5×P12	-1,07	50	72,8
41	P7×P16	-1,07	23	91,5
42	P4×P16	-1,07	22	92,9
43	P3×P14	-1,07	10	102,2
44	P9×P13	-1,08	33	83,2
45	P8×P16	-1,08	7	105,1
46	P7×P14	-1,09	14	99,0
47	P2×P16	-1,09	43	75,6
48	P3×P15	-1,11	47	73,6
49	P5×P13	-1,12	24	91,0
50	P1×P15	-1,13	49	73,5
51	P7×P15	-1,13	29	85,6
52	P4×P14	-1,13	12	99,8
53	P2×P12	-1,13	42	75,8
54	P6×P12	-1,13	26	88,9
55	P10×P15	-1,16	36	79,6
56	P2×P14	-1,17	48	73,6
Skupni razpon		-0,74 – -1,17		51,9–131,6
Povprečje		1,02		88,5

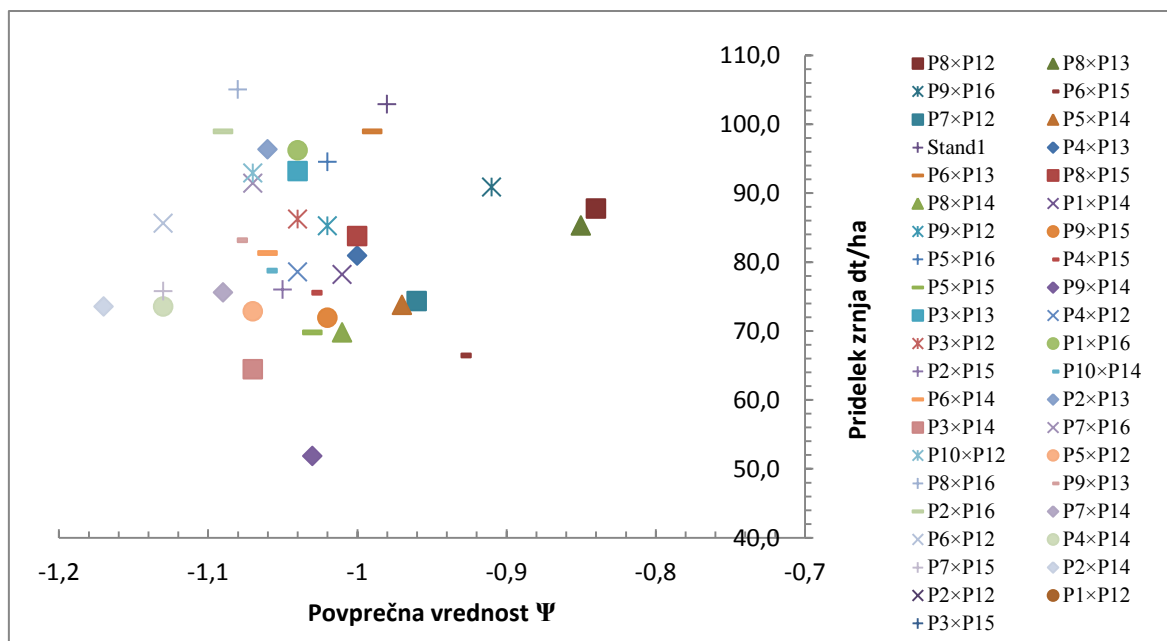
Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013



Slika 8: Povezanost med vodnim potencialom in pridelkom križancev

Tudi iz grafičnega prikaza razporeditve samo križancev z 10–20 % vlage v tleh ni videti kakšne večje povezave vodnega potenciala s pridelkom. Križanca z največjim vodnim potencialom (P8×P12 in P8×P13) imata glede na ostale križance v tej skupini povprečni pridelok. Križanca z največjim (P8×P16) in najmanjšim pridelkom (P9×P14) v tej skupini, pa imata dokaj enak vodni potencial (-1,08 oz. -1,03 MPa) (slika 9).



Slika 9: Povezanost med vodnim potencialom in pridelkom, za vse rastline katerih vlaga v tleh je v rangi od 10 do 20 %

Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

#### 4.4 VODNI POTENCIAL STARŠEVSKIH LINIJ

Ker so bili križanci vzgojeni po metodi dialelnega križanja smo lahko za posamezne linije proučili njihove povprečne vrednosti v vseh križancih, v katere je bila vključena posamezna linija (pregl. 4). Pri materinih linijah je imela največjo povprečno vrednost vodnega potenciala materina linija P8 (-0,96 MPa), najmanjšo pa linija P2 (-1,10 MPa). Razlike med posameznimi materinimi linijami sicer niso velike, saj razlika med linijama P2 in linijo P8 znaša le 0,14. Obe omenjeni liniji sta ob merjenju vodnega potenciala imeli precej enako vsebnost vlage v tleh ter zelo podobne pridelke.

Preglednica 4: Povprečne vrednosti meritev vodnega potenciala ( $\Psi$ ) in pridelok zrnja križancev materinih linij

Rang po vrednosti $\Psi$	Križanci materinih linij	Povprečna vrednost $\Psi$ (MPa)	Vlaga v tleh (%)	Povprečni pridelok zrnja (dt/ha)
1	P8	-0,96	13,7	86,3
2	P6	-1,00	25,8	85,3
3	P9	-1,01	14,4	81,2
4	P1	-1,02	27,9	87,3
5	P10	-1,03	53,2	96,3
6	P5	-1,04	16,0	80,4
7	P4	-1,05	16,9	82,2
8	P7	-1,05	20,6	83,3
9	P3	-1,06	15,6	83,5
10	P2	-1,10	12,8	88,9
Skupni razpon		-0,96 – -1,10	12,8–53,2	80,4–96,3
Povprečje		1,02	21,67	85,5

Pri očetnih linijah je imela najvišje vrednosti vodnega potenciala linija P13 (-0,99 MPa), najnižje pa liniji P14 in P15 (obe -1,06 MPa). Razlika med najvišjo in najnižjo vrednostjo vodnega potenciala je še manjša kot pri materinih linijah, saj znaša le 0,07 MPa. Pri linijah P13 in P14 oz. P15 so večje razlike, tako pri vlagi v tleh kot pri pridelku, kot pri materinih linijah.

Preglednica 5: Povprečne vrednosti meritev vodnega potenciala ( $\Psi$ ) in pridelok zrnja križancev očetnih linij

Rang po vrednosti $\Psi$	Križanci očetnih linij	Povprečna vrednost $\Psi$ (MPa)	Vlaga v tleh (%)	Povprečni pridelok zrnja (dt/ha)
1	P13	-0,99	33,3	93,3
2	P16	-1,01	28,0	99,2
3	P12	-1,03	13,5	84,2
4	P15	-1,06	20,6	76,1
5	P14	-1,06	13,7	74,4
Skupni razpon		-0,99 – -1,06	13,5–33,3	74,4–99,2
Povprečje		-1,03	21,8	85,5

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 RAZPRAVA

Vodni potencial je merilo za razpoložljivost vode v rastlini. Suša pa je v zadnjem času ena od glavnih tem večine znanstvenih diskusij, kjer je govora o posledicah globalnih okoljskih sprememb. Zato je z vidika kmetijske pridelave in žlahtnjenja rastlin eden od pomembnejših ciljev vzgojiti in pridelovati sorte, ki bodo čimbolj tolerantne na sušne razmere.

V nalogi smo, z namenom proučevanja vodnega potenciala, proučevali 50 novih križancev Lj- hibridov koruze ter 6 uradnih standardov Sortne komisije. Najvišji povprečni vodni potencial ima standard 6 z vrednostjo -0,74 MPa, najmanjšega pa križanec P2×P14 (-1,17 MPa). Povprečni vodni potencial vseh križancev znaša -1,02 MPa. V relativnem merilu je razlika med najnižjim in najvišjim vodnim potencialom 42,5 %. Če upoštevamo variacijsko širino vseh meritev, ki je od -0,40 do -1,52, pa je razlika med najnižjim in najvišjim vodnim potencialom 1,12 MPa. To je razlika med posamičnimi meritvami, kajti za vsak križanec je bilo izmerjenih devet vrednosti in sicer je bil vsak hibrid merjen v treh ponovitvah, v vsaki ponovitvi pa so bile merjene 3 rastline. Standardi so imeli povprečno višje vrednosti vodnega potenciala od križancev, saj se po rangi meritev vodnega potenciala najslabši od standardov uvršča na 17. mesto, medtem ko se standarda 2 in 6 uvrščata na prvi dve mesti.

Namen naloge je bil, med drugim, tudi ugotoviti možno povezavo med vlago v tleh in vodnim potencialom križancev. Križanec z najnižjim vodnim potencialom P2×P14 je imel ob merjenju vodnega potenciala samo 10,5 % vlage v tleh. Standard 6, katerega vrednost vodnega potenciala je najvišja, pa je imel kar 71,6 % vlage v tleh. Iz podatkov samo teh dveh križancev ne moremo sklepati, da višja vlaga v tleh vpliva na višji vodni potencial, saj so se ostali križanci razporedili v dve skupini.

Ob primerjanju samo križancev in standardov z razmeroma enako vlago v tleh (10-20 %), ko rastline niso trpele večjega sušnega stresa, se kaže trend pozitivne povezave vodnega potenciala z merjeno količino vlage v tleh, kar je splošno znano in se ujema z navedbami iz literature (Taiz in Zeiger, 2006). Medtem, ko večje povezave vodnega potenciala s pridelkom nismo ugotovili. V tej skupini glede vlage v tleh odstopata križanca P8×P12 in P8×P13 z visokim vodnim potencialom (-0,84 MPa oz. -0,85 MPa), križanca P6×P16 in P5×P15 imata, glede na to skupino, povprečni vodni potencial z 20 % vlago v zrnju; glede pridelka zrnja odstopata križanca P8×P12 in P8×P13 z visokim vodnim potencialom in povprečnim pridelkom ter križanca P8×P16 in P9×P14 z dokaj enakim vodnim potencialom, a zelo različnim pridelkom v tej skupini.

Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

Ker rastline teh križancev z dokaj enako količino vlage v tleh v času meritev in glede na ugodno strukturo tal (srednje težka, meljasto-ilovnata tla) niso trpele večjega sušnega stresa, bi nekatere zgoraj omenjene križance bilo vredno preizkusiti v kontroliranih razmerah, z različnimi stresnimi stopnjami. Vključiti bi bilo potrebno tudi nekatere standarde, kot je npr standard 6, ki ima največji pridelek in najvišji vodni potencial, vendar je bil izmerjen v času, ko je bilo v tleh bistveno več vlage, kot ob meritvah zgoraj omenjenih in drugih križancev z 10–20 % vlago v tleh.

Meritve smo izvedli samo enkrat v času cvetenja koruze; ker pa se zaloge vlage v tleh med rastno dobo spreminjajo, pridelek pa je močno odvisen od tega, v kateri razvojni fazi koruze se suša pojavi, bi bilo smiselno meriti vodni potencial v daljšem časovnem obdobju oz. večkrat ob najbolj kritičnih fazah pomanjkanja vode. Kоруza potrebuje največ vode v času cvetenja, ker vpliva na daljše cvetenje in boljšo oplodnjo. Če nastopi suša po oplodnji, ko je zrnje že formirano, ima suša manjši vpliv, ker je slabša le izpopolnjenost zrnja. Zato so hibridi, z različno dolgo rastno dobo, ob določenem času, v različni razvojni fazi in torej različno občutljivi na sušo.

Proučevani križanci so bili vzgojeni po metodi nepopolnega diallelnega križanja, ki se v žlahtnjenju rastlin uporablja za ugotavljanje kombinacijskih sposobnosti, ki pokaže povprečne vrednosti vseh križancev posamezne linije. Ugotovili smo nekatere razlike med povprečnimi vrednostmi posameznih starševskih linij, tako glede vodnega potenciala kot glede pridelka, vendar bi tudi tu za podrobnejše zaključke morali upoštevati nekatere predpogoje, ki so bili že omenjeni. Vsekakor pa bi linije, ki nakazujejo višji vodni potencial, vključili v nadaljnja križanja v tej smeri.

## 5.2 SKLEPI

- Povprečna vrednosti vodnega potenciala križancev se giblje od -0,84 do -1,17 MPa, povprečna vrednost vseh križancev pa je -1,02 MPa. Pri standardih se povprečna vrednost giblje od -0,74 do -0,98 MPa.
- Med križancih materinih linij je imela najvišje vrednosti vodnega potenciala linija P8 (-0,96 MPa), med očetnimi pa linija P13 (-0,99 MPa).
- Križanec P2×P14, ki ima najnižji vodni potencial, je imel ob meritvah zelo nizek % vlage v tleh, standard 6 z najvišjim vodnim potencialom pa zelo visok odstotek vlage v tleh (71,6 %).
- V skupini odbranih križancev, ki so bili merjeni v času, ko je bilo v tleh med 10 in 20 % vlage se kaže rahel trend pozitivne povezanosti med vodnim potencialom in

Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

% vlage v tleh, medtem ko med vodnim potencialom in pridelkom ni videti povezave.

- Meritve so bile izvedene na vseh rastlinah oz. križancih samo enkrat v celotni rastni dobi, vodni potencial pa je, tako kot pridelek, med rastno dobo izpostavljen različnim vremenskim razmeram, zato bi bile potrebne večkratne meritve vodnega statusa rastlin čez vso sezono, ki bi zajela tudi bolj sušna obdobja.

## 6 POVZETEK

Namen diplomske naloge je bil, da ugotovimo vrednosti vodnega potenciala pri posameznih novih Lj.-križancih. Poskus smo izvedli na poskusnem polju Biotehniške fakultete v Jablah pri Trzinu (zemljepisna širina 46°7', zemljepisna dolžina 14°34', nadmorska višina 308 m). V poskus je bilo vključenih 50 novih križancev, poleg tega pa smo vključili še 6 standardnih linij, ki jih Sortna komisija RS porablja pri potrjevanju novih hibridov koruze za vpis v sortno listo. Torej smo v poskus vključili 56 križancev. Novih križanci so bili vzgojeni po načrtnem križanju, kjer smo 10 linij uporabili kot materne (P1–P10), 5 linij pa kot očetne (P12–P16), zato smo lahko primerjali vrednosti vodnega potenciala pri določenih linijah. Poskus smo izvedli po metodi slučajnega bloka v treh ponovitvah.

Za merjenje vodnega potenciala smo uporabili Scholandrovo komoro, za merjenje vlage v tleh pa talni vlagomer (PGR). Na koncu smo izmerili tudi pridelek zrnja posameznega križanca. Dobljene podatke smo statistično obdelali nato pa prikazali variacijsko širino meritev vseh rastlin vsakega križanca in skupno povprečno vrednost za vodni potencial, vlago v tleh in pridelek zrnja. Prikazali smo tudi povprečne vrednosti posameznih materinih in očetnih linij. Tako smo za križance očetnih linij P12 izračunali povprečje vseh meritev za vse križance, kjer je bila ta linija vključena (P1×P12, P2×P12, P3×P12, P4×P12, P5×P12, P6×P12, P7×P12, P8×P12, P9×P12 in P10×P12).

Povprečna vrednost vodnega potenciala se pri križancih giblje od -1,17 MPa (P2×P14) do -0,84 MPa (P8×P12), vrednost standardov pa od -0,98 MPa do -0,74 MPa. Standard 6, katerega vodni potencial je najvišji, je bil merjen v času, ko so bila tla močno namočena (71,6% vlage v tleh), ob merjenju križanca P2×P14 z najmanjšim vodnim potencialom pa je bilo v tleh zelo malo vlage (10,5 %).

V skupini križancev, ki je imela ob merjenju vlage v tleh med 10 in 20 % vlage, odstopata križanca P8×P12 (-0,84 MPa) in P8×P13 (-0,85 MPa), manj pa odstopajo še P5×P14 (ob nizki vlagi – 10,6 % še kar visok vodni potencial – -0,97) ter P6×P16 in P5×P15, ki imata ob 20 % vlagi v tleh vodni potencial blizu povprečja ostalih križancev v tej skupini. Pri ostalih križancih v tej skupini se kaže trend višjega vodnega potenciala ob višji vlagi v tleh

V nadaljevanju smo primerjali vodni potencial s pridelkom zrnja koruze. Standard 6 z najvišjim vodnim potencialom ima tudi največji pridelek zrnja (131,6 dt/ha), medtem ko ima križanec z najmanjšim vodnim potencialom P2×P14 tudi pridelek manjši. Iz razporeditve križancev, ki so bili merjeni v času z 10-20 % vlage v tleh, glede na pridelek in vodni potencial, ni bilo videti kakšne močnejše povezave.

Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

Proučevali smo tudi lastnosti linij, kjer se pojavijo posamezne materine oz. očetne linije. Najboljši vodni potencial izmed križancev materinih linij je imela linija P8 (-0,96 MPa), med očetnimi pa linija P13 (-0,99 MPa). Najnižjo vrednost vodnega potenciala med maternimi linijami je imela linija P2 (-1,10 MPa), med očetnimi pa linija P14 (-1,06 MPa). Najboljše pridelke je dosegla materina linija P10 (96,3 dt/ha), ki je po rangi vodnega potenciala na 5. mestu. Med očetnimi linijami je imela najvišji pridelok linija P16 (99,2 dt/ha), ki je po rangi vodnega potenciala na 2. mestu.



Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

## 7 VIRI

- ARSO. 2011. Meteorološki podatki. <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> (1. September 2012)
- 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.
- Efeoğlu B, Ekmekçi Y, Çiçek N 2009. Physiological responses of three maize cultivars to drought stress and recovery. *South. Afr. J. Botany* 75:34–42.
- Fehr W.R. 1987. Principles of cultivar development. New York, Macmillan Publishing Company: 536 str.
- Hura T., Hura K., Grzesiak S. 2008. Contents of Total Phenolics and Ferulic Acid, and PAL Activity during Water Potential Changes in Leaves of Maize Single-Cross Hybrids of Different Drought Tolerance. *J. Agronomy and Crop Science*. 194. 104–112
- Kajfež Bogataj L. 2005. Podnebne spremembe in ranljivost kmetijstva. *Acta agriculturae Slovenica*: 85, 1:25–40
- Landi P., Sanguineti M. C., Liu C., Li Y., Wang T. Y., Giuliani S., Bellotti M., Salvi S., Tuberosa R. 2007. Root-ABA1 QTL affects root lodging, grain yield, and other agronomic traits in maize grown under well-watered and water-stressed conditions. *Journal of Experimental Botany*, 58, 2, s. 319–326
- Li L, Van Staden J 1998. Effects of plant growth regulators on the antioxidant system in callus of two maize cultivars subjected to water stress. *Plant Growth Regul.* 24:55–66.
- Luthar Z., Rozman L., Osterc G., Čop J. 2012. Genska banka Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. *Acta agriculturae Slovenica*: 99, 3:301–306
- Rozman L. 2005. Vpliv vremenskih razmer na pridelek in zrelost koruze. *Kmeč. glas*, Vol. 62, 39: 8
- Rozman L. 2012. Genska banka koruze v Sloveniji. *Acta agriculturae Slovenica*: 99, 3:317–328
- Rozman L. 2013. Kombinezijske sposobnosti za pridelek in lastnosti storža nekaterih novih Lj- križancev koruze. V: Čeh B., Dolničar P, Mihelič R. Novi izzivi v agronomiji 2013. Zbornik simpozija, Zreče, 24. in 25. januar 2013: str 98-104
- Stikić R., Davies W.J. 2000. Stomatal reactions of two different maize lines to osmotically induced drought stress. *Biologia Plantarum* 43: 3, 399-405.
- Taiz L., Zeiger E. 2006. *Plant Physiology*. U.S.A., Sinauer Associates, Inc.: 764 str.

Holzer M. Vodni potencial nekaterih novih Lj– križancev koruze (*Zea mays* L.).

Dipl. delo (VS). Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2013

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

Torelli N. 1998. Daljinski transport vode v drevesu – vodni potencial. Les, 5:169–173

Turner N. C. 1974. Stomatal behaviour and water status of maize, sorghum and tobacco under field conditions. II. At low soil water potential. Plant Physiol. 43:360-365.

Vodnik D. 2012. Osnove fiziologije rastlin. Ljubljana, Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta: 141 str.

Wang H., Liu R.L., Jin J.Y., 2009. Effects of zinc and soil moisture on photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence parameters of maize. Biologia Plantarum, 53, 1: 191-194

## **ZAHVALA**

Najprej bi se želela zahvaliti prof. Ludviku Rozmanu za izvedbo poskusa, ves trud, vzpodbudo in strokovno pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvalila bi se tudi prof. Dominiku Vodniku in prof. Marijani Jakše za ves trud in pomoč.

Zahvala gre tudi Gregorju Plestenjaku za pomoč pri opravljanju meritev.