Divergentnost učinkovitosti iskorištenja vode i važna gospodarska svojstva kultivara ozimog ječma

Markasović, Magdalena

Master's thesis / Diplomski rad

2013

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josip Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:273688

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Magdalena Markasović, apsolvent
Diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo

DIVERGENTNOST UČINKOVITOSTI ISKORIŠTENJA VODE I VAŽNA GOSPODARSKA SVOJSTVA KULTIVARA OZIMOG JEČMA

Diplomski rad

Osijek, 2013.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Magdalena Markasović, apsolvent
Diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo

DIVERGENTNOST UČINKOVITOSTI ISKORIŠTENJA VODE I VAŽNA GOSPODARSKA SVOJSTVA KULTIVARA OZIMOG JEČMA

Diplomski rad

Osijek, 2013.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Magdalena Markasović, apsolvent
Diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Oplemenjivanje bilja i sjemenarstvo

DIVERGENTNOST UČINKOVITOSTI ISKORIŠTENJA VODE I VAŽNA GOSPODARSKA SVOJSTVA KULTIVARA OZIMOG JEČMA

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocijenu i obranu diplomskog rada:
1. prof. dr. sc. Vlado Guberac, predsjednik
2. prof. dr. sc. Vlado Kovačević, mentor
3. prof. dr. sc. Josip Kovačević, član
4. prof. dr. sc. Mirta Rastija, zamjenski član

Osijek, 2013.

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA 3
3. PREGLED LITARATURE 4
4. AGROEKOLOŠKI UVJETI ZA UZGOJ JEČMA U HRVATSKOJ 8
   4.1. Tlo 8
   4.2 Klima 9
   4.3 Suša kao faktor ograničenja prinosa ječma i pšenice u Hrvatskoj 11
5. MATERIJAL I METODE RADA 14
   5.1. Opis kultivara ječma korištenih u istraživanjima 14
   5.2. Pokus u vegetacijskim loncima 17
      5.2.1. Opis pokusa u vegetacijskim loncima 17
      5.2.2. Njega ječma uzgajanog u vegetacijskim loncima 20
      5.2.3. Mjerenje vlažnosti tla u vegetacijskim loncima 20
      5.2.4. Žetva pokusa u vegetacijskim loncima 21
      5.2.5. Analiza rezultata i obrada podataka pokusa u vegetacijskim loncima 22
   5.3. Pokusi ozimog ječma u polju 23
   5.4. Obrada podataka 25
6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA 26
7. ZAKLJUČCI 40
8. LITERATURA 43
9. SAŽETAK 48
10. SUMMARY..... 49
11. PRILOZI..... 50

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA 56

BASIC DOCUMENTATION CARD 57

1. UVOD

Ječam (*Hordeum vulgare* L.) je kozmopolitska kultura, koja je prvobitno služila za ishranu ljudi, a danas ima višenamjensku ulogu: u industriji slada i piva, u ishrani ljudi i stoke. Kratka vegetacija, izraženi polimorfizam te postojanje jarih i ozimih kultivara omogućilo je uzgoj ječma u različitim klimatskim uvjetima.

Okolišni uvjeti za rast ječma gotovo su identični uvjetima za uzgoj pšenice, s izuzetkom da je ječam otporniji na sušu. Na kvalitetu i visinu prinosa zrna značajno utječu klimatski faktori i agronomski činitelji proizvodnje: tip tla, vremenske prilike, ukupno trajanje vegetacije, predusjev i gnojidba (Kovačević i sur., 1994.; Eagles i sur., 1995.; Lalić i Kovačević, 1997.).

Najveći proizvođači ječma u svijetu su Rusija, Kanada, Njemačka, Ukrajina, Francuska i Španjolska. Na ovih šest zemalja otpada blizu 60 % ukupne proizvodnje ječma u svijetu. Prema zastupljenim površinama na oranicama Hrvatske (Tablica 1.) ječam je rangiran na trećem mjestu (56 993 ha), nakon kukuruza (30 0284 ha) i pšenice (16 6052 ha). U RH se u prosjeku (2007. - 2011.) prinos ječma kretao oko 3,9 t/ha s variranja prosječnih prinosa između pojedinih godina od 3,3 do 4,3 t/ha, a proizvodne površine su varirale od 48318 ha do 65536 ha (Tablica 1).

Tablica 1 . Požete površine i prinosi glavnih ratarskih kultura u Republici Hrvatskoj (RH) – podaci Državnog zavoda za statistiku Zagreb (DSZ, 2012.)

	Požeta površina (ha) i prinosi (t/ha)*											
God.	Kukuruz		Pšenica		Ječam		Soja		Šeć. repa		Suncokret	
	ha	t/ha	ha	t/ha	ha	t/ha	ha	t/ha	ha	t/ha	ha	t/ha
2007.	288549	4,9	175045	4,6	59000	3,8	46506	1,9	34316	46,1	20615	2,6
2008.	314062	8,0	156536	5,5	65536	4,3	35789	3,0	22000	57,7	38631	3,1
2009	296910	7,4	180376	5,2	59584	4,1	44292	2,6	23066	52,8	27366	3,0
2010.	296768	7,0	168507	4,0	52524	3,3	56456	2,7	23832	52,4	26412	2,3
2011.	305130	5,7	149797	5,2	48318	4,0	58896	2,5	21723	53,8	30041	2,8
Prosjek	300284	6,6	166052	4,9	56993	3,9	48388	2,5	24987	52,6	28613	2,8
* korištena poljoprivredna površina 1 290 069 ha, od toga oranice 871397 ha (prosjek 2007.-2011.)												

Najznačajnije gospodarsko područje za uzgoj različitih sorata ozimog ječma je područje istočne Slavonije. To je prijelazno područje iz semiaridne umjereno kontinentalne klime s istočnoeuropskim značajkama, prema semihumidnoj umjereno kontinentalnoj srednjoeuropskoj klimi (Kovačević i sur., 2006.).

Iako je ječam kultura izrazito dobre i visoke otpornosti te prilagobe različitim okolinskim uvjetima i on je izložen pojavi stresa. Stres je definiran kao fizička i/ili fiziološka reakcija organizma na neugodne promjene u okolini. Razlikujemo dva tipa stresa: biotski i abiotski stres. Biotski stres može biti izazvan različitim bolestima, štetnicima i korovima te međusobnom konkurencijom biljaka. Abiotski stres može izazvati visoka temperatura zraka, nedostatak vode (suša), nedostatak hranjiva, suvišak vode, nedostatak zraka u tlu, nedostatak ili suvišak osvjetljenja, utjecaj toksičnih tvari i elemenata u okolišu (tlu i zraku), nepovoljna kemijsko-fizikalna svojstva tla, herbicidi i drugi pesticidi, kao i pogrešna primjena pojedinih agrotehničkih mjera i slično. Tijekom proizvodnje moguće je da na biljke djeluje više stresova istodobno, kao što su visoke temperature, suša, nepovoljne kemijsko-fizikalne osobine tla, toksične tvari u okolišu, nedostatak hranjiva, bolesti, štetnici i korovi.

Dok je u pojedinim prozvodnim područjima nedostatak vode (suša) ograničavajući činitelj proizvodnje, u drugima se javlja pak problem stalnih ili periodičkih problema s viškom vode. Otklon od normalnih uvjeta uzgoja smatra se stresom, a kao posljedica je u manjoj ili većoj mjeri smanjivanje prinosa te u težim slučajevima i nemogućnost uzgoja.

Za odabir dobrog kultivara na visinu i kvalitetu prinosa te stabilnost određenih svojstava je interakcija "genotip x okolina" (Ceccarelli i sur.,1998., 2000.; Edmeades i sur. 2006.). Osim otpornosti vrlo je važno stvoriti kultivare visoke stabilnosti i dobrih gospodarskih svojstava. Suša se značajno odražava na fiziološka i morfološka svojstva kao i na prinos kultiviranog bilja. Gubitak prinosa zrna uslijed određenog sušnog razdoblja prema Bray i sur. (2006.) za ječam iznosi do 75 %.

Posljedice nedostatka vode tijekom nalijevanja zrna onemogućavaju ostvarenje genetskoga potencijala kultivara, ujednačenosti i veličine zrna na klasu te potpunog formiranja oblika zrna (Schelling i sur., 2003.). Štura i slabo formirana zrna imaju veći sadržaj bjelančevina imanje škroba. Od agroklimatoloških činitelja na urod i kakvoću ječma djeluju temperatura i količine oborina. Savin i Nicolas (1996.) su ukazali da se sadržaj bjelančevina u zrnu ječma povećava u uvjetima suše praćene visokim temperaturama.

Za stvaranje otpornih kultivara ječma dobre kvalitete i visokog prinosa koriste se brojni parametri i metode, između ostalog i učinkovito iskorištenje vode (WUE - water use efficiency). WUE predstavlja određenu razinu biomase ili prinosa po jedinici vode koju taj usjev evapotranspirira.

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Ciljevi istraživanja u ovom radu bili su sljedeći:

1. Ispitati utjecaj stresnih uvjeta (pojava suše i visokih temperatura) na prinos i stabilnost prinosa kultivara ozimog ječma u pokusu izvedenom u vegetacijskim loncima.

2. Utvrditi da li se kultivari ozimog ječma razlikuju po količini evapotranspirirane vode (WU) i učinkovitosti te vode na prinos zrna (WUE) temeljem pokusa u vegetacijskim loncima.

3. Utvrditi da li se reakcija kultivara ozimog ječma na nedostatak vode i iskoristivost vode za ispitivane kultivare ozimog ječma u vegetacijskim loncima može povezati s rezultatima prinosa zrna istih kultivara u poljskim pokusima provedenim u više godina i na više lokacija.

3. PREGLED LITERATURE

Postoje tri metode izračuna učinkovitog iskorištenja vode (WUE):

1. *Produktivnost vode* (kao u FAO AquaCrop)
2. *Transpirativno iskorištenje vode* (TWUE) (regresije na temelju empirijskih podataka)
3. Prema *Tanner & Sinclair jednadžbi*

Svaka jednadžba ima ključni parametar (koji se može replicirati za svaku sezonu u više sezona usjeva). Za trajnice, učinkovitost iskorištenja vode može varirati ovisno o sezoni, parametri se unose za svaku vegetaciju ovisno o godišnjem dobu. Na parametre veliki utjecaj imaju neki okolinski čimbenici koji se u određenom trenutku ne mogu stimulirati (napad štetočinja, zbijena tla, i sl.), a rezultiraju usporenim rastom biljke ili njenim propadanjem.

Parametar učinkovitog iskorištenja vode (WUE) se razlikuje u vegetativnoj i reproduktivnoj fazi usjeva. Učinkovito iskorištenje vode često se smatra značajnim čimbenikom za prinos pod utjecajem stresa, pa čak i kao sastavni dio otpornosti biljke na stres.

Prema Brian i sur. (1999.) učinkovito iskorištenje vode (WUE) je definirano kao prinos biljnih proizvoda (tona pšeničnog zrna, Y) po jedinici količini vode koja je dostupna usjevu (evapotranspirirana voda - ET). Taj je parametar vrlo važan u svim područjima biljne proizvodnje.

Stvarna evapotranspiracija (ET) je količina vode koja stvarno dolazi u atmosferu s površine tla i biljaka uz prirodnu količinu vlage u tlu, kroz isparavanje (evaporacija) i transpiraciju. ET obuhvaća neproduktivno isparavanje (E) vode iz površine tla i produktivnu transpiraciju (T) iz tla (pohranjena voda u biljci). Isparavanje slobodne vode kroz površinu lista pripada neproduktivnom isparavanju (isprekidano isparavanje) (Hatfield i sur. 2001.). Osnovna jednadžba koja opisuje ET razlikuje produktivni i neproduktivni oblik isparavanja:

$$\mathbf{ET = E + T}$$

Za razliku od omjera učinkovitosti korištenja vode na temelju ET, omjeri W/T i Y/T (privremena i konačna transpiracija učinkovito iskorištenje vode) ne uključuju E (jednadžba) nego se baziraju na fiziološkim aspektima učinkovitog iskorištenja vode (WUE). Brojni istraživači bavili su se upravo tim problemom isparavanje vode te su došli do zaključka da neproduktivna evaporacija rezultira gubitkom vode iz lista i površine tla kod pšenice za 46%, dok je kod ječma to nešto veća vrijednost, oko 60% na području Sirije. (Leuning i sur. 1994.).

Prema tim definicijama, maksimalno iskorištenje vode postiže se povećanjem produktivne transpiracije (T) i transpiracijskog iskorištenja vode (TWUE), maksimalni TWUE zahtijeva maksimalni prinos po jedinici transpirirane vode (Tanner i Sinclair 1983.; Richards 1991.).

Odnos između rasta, rodnosti i transpiracije opsežno su proučavali Bierhuizen i Slatyer (1965.). Došli su do zaključka, proučavajući asimilaciju i transpiraciju, da je rast biljaka izravno proporcionalan s TWUE, a obrnuto proporcionalan s deficitom atmosferskog tlaka. Njihov rad su Tanner (1981.) i Tanner i Sinclair (1983.) objasnili matematičkim izrazom izrazom gdje je (W) - dnevna biomasa, (D) - deficit tlaka pare (dnevni), (T) - dnevna transpiracija, (k) - čimbenici koji utječu na fotosintezu i (PV) - vrijednost proizvodnje, (objašnjava razlike u proizvodnju biomase po jedinici heksoze, ovisi o vrsti):

$$\mathbf{W = kPVT / D}$$

U brojnim literaturama se navodi da je ječam znatno otporniji na pojavu suše te su na osnovi toga Sivamani i sur. (2000.) provodili istraživanja u kojima su koristili gen iz ječma (HVA1) u transgenoj pšenici i na taj način povećali prinos, biomasu i WUE kod pšenice.

Sa sve većim problemom o dostupnosti vode kako za navodnjavanje tako i za iskoristivost dostupne vode (kiše) sve se veća pažnja posvećuje poljoprivrednim sustavima koji će omogućiti dobre i stabilne prinose u uvjetima velikih suša.

Hatfield i sur. (2001.) proučavali su parametar iskorištenja vode na osnovi evapotranspiracije i količine vode u tlu i došli do zaključka da se dodatkom dušika i fosfora u tlu te različitom obradom tla, parametar učinkovitosti iskorištenja vode (WUE) može povećati

za 25 - 40% u područjima semiaridne i semihumidne klime (vlažna i umjernena klima), što u konačnici rezultira većom biomasom i stabilnijim prinosom u uvjetima suše.

Farquhar i sur. (1989.) su prikazali utjecaj ugljikovog dioksida na iskorištenje vode. Da bi biljke normalno rasle potreban im je ugljik. Ugljik u biljku ulazi kroz pore lista u puči na epidermi u obliku ugljičnog dioksida. Da bi biljke normalno rasle potreban im je ugljik koji ulazi kroz puči na listu biljke u obliku ugljičnog dioksida. Povećana koncentracija ugljičnog dioksida u listu povećava parcijalni tlak CO_2 unutar lišća biljke, što uzrokuje povećanje asimilacije CO_2, ali i omogućava veću stopu transpirativnog gubitka vode. Taj proces kod biljaka je veoma riskantan jer dok se s jedne strane povećava rast vegetativnih i generativnih organa biljke, kao i prinos, s druge strane povećava se i vjerovatnost sušenja i propadanja biljke (Cowan 1986.).

Povezanost između potencijala prinosa (YP- yield potential), otpornosti na sušu (DR - drought resistance) i učinkovitog iskorištenja vode (WUE-water use efficiency) često mogu biti pogrešno tumačena i opisana te kao posljedica toga dolazi do pogrešnog postavljanja dijagnoze za pojedine usjeve.

Iako je cilj većine poljoprivrednih programa što veći potencijal prinosa, visoki YP najčešće nije kompatibilan s parametrom otpornosti na sušu. Biljna proizvodnja u uvjetima ograničene dostupnosti vode omogućena je jer biljke imaju sposobnost da u takvim uvjetima izbjegavaju proces dehidracije (gubitak vode). Takvu sposobnost biljke, da u uvjetima suše zadržava dovoljnu količinu vode, nazivamo osmotskom prilagodbom (OA - Osmotic adjustment) (Blum, 2005.). Genotipske varijacije u WUE obično nastaju uslijed razlike korištenja vode (WU - water use). Smanjeni WU utječe na povečanje WUE, što se postiže reakcijama biljke zavisno od okoliša, a što može rezultirati smanjenim prinosom.

Prinos u uvjetima sa ograničenom količinom vode, stresnim uvjetima, može se odrediti na osnovu genetskih faktora koji kontroliraju potencijal prinosa i/ili otpornost na sušu, i/ili WUE (Blum, 2005.). Pod pojmom učinkovito iskorištenje vode podrazumijevamo omjer dviju fizioloških (isparavanje i fotosinteze) ili agronomskih (prinos usjeva i korištenje voda) svojstava. Blum i Sullivan (1983) vršili su istraživanje u staklenicima, koristeći dva kultivara durum pšenice (*Triticum durum*): polupatuljasti kultivar (HYV) i landras (LR). Kultivari su sađeni na principu hidropona u PVC cijevima (dugim 1,5m), u kontroliranim uvjetima. Na osnovi dobivenih rezultata došli su do pretpostavke da je u uvjetima izazvanog stresa visoki potencijal prinosa (YP) uglavnom povezan sa smanjenim WUE (npr. Munoz i

suradnici 1998.) zbog visokog WU (korištenja vode). Indeks iskoristivosti vode može se tumačiti na više načina, može se odnositi na biomasu, zrno ili druge dijelove biljke koji imaju ekonomski značaj. Passioura (1977) definira prinos zrna kao umnožak količine evapotranspirirane vode (WU), indeksa učinkovitosti evapotranspirirane vode za produkciju nadzemnih dijelova biljke (WUE) i žetvenog indeksa (HI) (Izvorno: Grain yield (water limited) = WU × WUE × HI). Mnogi drugi autori definiraju WUE kao indeks učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju zrna ili drugih gospodarski značajnih biljnih produkata (Izvorno: WUE = Crop yield (usually the economic yield) / Water used) (Viets, 1962.; Brian i sur., 1999.; Ali i Talukder, 2008.; Boutra, 2010.). U istraživanju indeksa učinkovitosti vode (WUE) često se koristi izotop ugljika, a WUE se može prikazati i u odnosu sinteze organske tvari, odnosno količinom ugrađenog ugljika u biljnu organsku tvar. Iz tih razloga uvijek je potrebno točno navesti na što se indeks učinkovitosti odnosi jer kad se WUE odnosi na prinos zrna većina autora iznosi vrlo jake pozitivne korelacije indeksa učinkovitosti s prinosom zrna (Ali i Talukder, 2008.; Boutra, 2010.; Yong'an i sur., 2010.; Shamsi i sur., 2010). Veći broj autora ističe da racionalno korištenje vode od strane različitih kultivara (genotipova) može biti dobar indikator biljne proizvodnje u uvjetima ograničene količine biljkama raspoložive vode (Passioura, 1977.; Reynolds i sur., 1994., 2007.; Araus i sur., 2008.; Blum, 2009.; Yong´an i sur., 2010).

Ograničena visina (Martin i sur., 1999.) i zakržljalost biljke (Lopezcastaneda i Richards, 1994.) koje utječu na nizak potencijal prinosa (YP), mogu biti uzrok visokog WUE jer smanjuju potrošnju vode (nizak WU). Izbjegavanje dehidracije u usjevima riže (Kobata i sur., 1996.) i kod *Pinus ponderosa* Laws (Zhang i sur., 1997.) može se postići zadržavanjem vlage u zoni korijena, što je u direktnoj korelaciji sa niskim WUE. S druge strane smanjena transpiracija u usjevima riže (Kobata i sur., 1996.) i smanjena evapotranspiracija sirka (Tolk i Howell, 2003.) povezana je s visokim WUE. Na osnovu ovog istraživanja kao i brojnih drugih (npr. Condon i sur., 2002.), dolazimo do zaključka da su genotipske varijacije WUE uglavnom rezultat varijacija u korištenju vode. Također, u uvjetima gdje se sušno razdoblje može javiti u bilo kojoj fazi rasta bilje, savjetuje se uzgoj biljaka sa kraćim vegetativnim rastom kao i stabljike nižeg habitusa (Blum, 2005.).

4. AGROEKOLOŠKI UVJETI ZA UZGOJ JEČMA U HRVATSKOJ

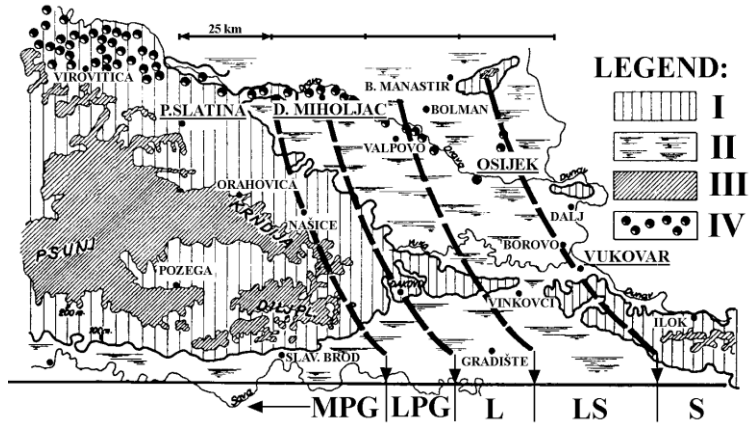
4.1. Tlo

Tla u Hrvatskoj su različitih svojstava i sukladno tome u pogledu plodnosti manje ili više pogodna za intenzivnu biljnu proizvodnju, kao i za uzgoj ječma.

Ječam ima relativno velike zahtjeve prema tlu, a osobito je osjetljiv na kiselost. S tim u vezi, treba ga uzgajati na neutralnim do slabo alkalnim tlima s vrijednošću pH između 6,5 i 7,2. Pogoduju mu ilovasta tla, dubokog i rahlog profila, dobro opskrbljena hranivima, kao što su črnozemna tla i euterična smeđa tla.

U najistočnijem dijelu Panonske regije prevladavaju najplodnija tla RH. To su duboke i plodne crnice (černozem), ritske crnice i smeđa eutrična tla (eutrični kambisol). U dolinama Save, Drave i Dunava prevladavaju mlađe riječne naplavine (aluvijalna tla) različite plodnosti.

Karakteristika černozema je da u površinskom sloju ima veći sadržaj organske tvari, visoku zasićenost bazama, mogućnost akumulacije vapna u plićem sloju, neutralnu do slabo alkalnu reakciju (pH) te manji ili veći sadržaj karbonata. Jedan od njegovih nedostataka je mogući stres izazvan sušom ili nedostatkom mikroelemenata (Zn, Mn, Fe). Ovaj tip tla raširen je na krajnjem istoku Hrvatske.



Tipovi tla

S = smeđe tlo

LS = lesivirano smeđe tlo

L = lesivirano tlo

PG = pseudoglej (lesivirani i mramorirani)

Slika 1. Zonalnost tla istočne Hrvatske (Janeković 1971): klimatogena zonalna tla (I), intrazonalna hidrmorfna tla (II), intrazonalna supstratogena tla brdsko-planinskog područja iznad 230 m nadmorske visine (III) I intrazonalna supstratogena tla na reliktnom pjeskovitom supstratu (IV).

Eutrični kambisol ili smeđe tlo je tlo prosječne do iznad prosječne plodnosti. Ova tla su pretežno srednje teška po mehaničkom sastavu. Obično su skeletna, pa su stoga dobro prozračna i propusna za vodu. Imaju neutralnu do slabo akalnu reakciju te visok kapacitet adsorpcije kationa. Ovaj tip tla je više zastupljen u istočnim dijelovima regije istočne Hrvatske, a idući prema zapadu, njihov se udjel smanjuje na račun tipova tla slabije plodnosti (lesivirana tla i psedoglej) – Slika 1. (Janeković, 1971.). U međurječju Save i Drave s Pokupljem, prevladavaju tla ispod prosječne plodnosti (pseudoglejna tla, livadska, močvarna i nešto plodnija aluvijalna tla). U Gorskom Kotaru, Lici i Kordunu prevladavaju slabija smeđa (distrična) tla na vapnencu i dolomitu te vapnenjačko-dolomitska crnica. Za ratarstvo (dominantne kulture: krumpir, zob i raž) kao i za voćarstvo pogodna su samo dublja tla, dok su ostale površine pod travnjacima.. Svojstva ovoga prostora određena su vlažnijom klimom, većim nagibom terena i vapnenjačko-dolomitskom podlogom.

U Mediteranskoj regiji prevladavaju tla tipa litosol (kamenjar i goli krš) s pjegama crvenice, kao i smeđa tla na vapnencu i dolomitu.

4.2. Klima

Klima je definirana kao prosječno stanje atmosfere, dok je vrijeme trenutno stanje atmosfere u određenom prostoru.

Na osnovu razlika u prirodnim obilježjima, prostor Republike Hrvatske je podijeljen u tri regije: Panonska regija, Planinska regija i Mediteranska regija. Sa stajališta biljne proizvodnje, posebno ratarstva, područje Panonske regije od najvećeg je značaja.

Panonska regija je najveći, najnaseljeniji i gospodarski najaktivniji dio Hrvatske i pripada području umjereno kontinentalne klime s tim da kontinentalni utjecaj raste od zapada prema istoku. Srednje mjesečne temperature zraka ljeti se kreću od 19 - 22 ^{o}C, u siječnju između 0 i -1 ^{o}C. Najtopliji mjesec je srpanj, a najhladniji siječanj (Tablica 3). Godišnja količina oborina kreće se od 650 do 950 mm. Više oborina padne u toploj polovici godine, a količina oborina raste od istoka prema zapadu, uz naglasak da s tim u vezi postoje određena odstupanja izazvana reljefom (Tablica 2). Ova regija se dijeli na istočno i zapadno panonsko područje. Sa stajališta uzgoja žitarica, najznačajnije je istočno područje (Slavonija i Baranja i zapadni Srijem ili Istočna Hrvatska), koje predstavlja žitnicu Hrvatske.

Istočna Hrvatska ima umjereno kontinentalni tip klime s malim horizontalnim promjenama temperature zraka. Srednje mjesečne temperature zraka ljeti se kreću od 22 - 23 ^{o}C, dok siječanjska izoterma iznosi od -1 do -2 ^{o}C (Tablica 3). Najveća količina oborina padne u toplom dijelu godine (travanj - rujan). Na ovom području sve je učestalija suša s odgovarajućim posljedicama po biljnu proizvodnju. Od 10 godina, obično tri su "vlažne", četiri "suhe" i tri "normalne" glede količine oborina s tim da u posljednje vrijeme postoji tendencija izraženijih suša i povećanje temperature zraka.

Planinska regija (Gorski Kotar i Lika) imaju drugačiju klimu od Panonske regije. Visoki lanci Kapele, Velebita i Plješivice odvajaju ovu regiju od Mediteranske regije (Primorje) panonskog prostora. U ljetnim mjesecima, srednje mjesečne temperature zraka kreću se do 19 ^{o}C, a u tri zimska mjeseca redovito ispod nule. Iako ovo područje ima godišnje između 1 600 i 2 500 mm oborina (Tablice 2 i 3), ono nije bogato vodom zbog propusnosti vapnenjačke podloge. Prevlagavaju pašnjaci, šikare i šume, ima nešto manje livada te vrlo malo oranica (pogodne osobito za uzgoj krumpira).

Mediteransku regiju (hrvatsko Primorje, otoci, niska Zagora) karakteriziraju topla ljeta (srednje mjesečne temperature zraka: srpanj 22 – 26 ^{o}C) i blage zime (4 – 9 ^{o}C), oborina ima relativno mnogo (900 – 1 200 mm/god.), ali nedostaju tijekom ljeta. Glavna poljoprivredna područja su polja dalmatinske Zagore, naplavine u delti Neretve te crvena Istra (vapnenjački ravnjaci pokriveni crvenicom).

Tablica 2 . Količina oborina po mjesecima (prosjek 1961.-1990.g) za 13 mjesta u Hrvatskoj

	Referentni višegodišnji prosjek (1961.-1990.) po mjesecima (I-XII: Zagreb = Zagreb-Maksimir)												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
	Količina oborina (mm)												∑
Bjelovar	50	47	54	63	79	96	78	82	65	55	85	61	813
Daruvar	55	50	59	77	86	99	86	91	65	64	82	66	878
D. Miholjac	54	43	50	58	64	82	72	72	49	44	63	58	709
Đurđevac	51	49	56	64	76	89	81	78	63	59	86	64	814
Gospić	107	108	104	108	107	92	66	101	118	136	179	142	1369
Karlovac	69	66	85	89	94	99	95	104	97	93	120	85	1094
Koprivnica	53	50	54	69	78	92	88	86	73	66	87	69	864
Ogulin	106	110	122	138	125	129	119	136	139	139	175	141	1577
Osijek	47	40	45	54	59	88	65	59	45	41	57	52	650
Sisak	52	50	58	73	82	91	77	85	76	64	91	68	867
Slav. Brod	50	43	50	58	73	86	83	73	62	54	61	58	750
Varaždin	45	45	55	70	84	98	92	98	81	69	83	58	879
Zagreb	46	42	56	64	79	100	83	95	79	69	81	58	852

Tablica 3. Srednje temperature zraka po mjesecima (prosjek 1961.-1990.g) za 13 mjesta u Hrvatskoj

	Referentni višegodišnji prosjek (1961.-1990. po mjesecima (I-XII Zagreb = Zagreb-Maksimir)												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
	Srednje mjesečne temperature zraka (^oC)												X
Bjelovar	-1,1	1,6	5,9	10,8	15,6	18,7	20,4	19,5	15,8	10,4	5,1	0,6	10,3
Daruvar	-0,4	2,1	6,2	11,0	15,7	18,9	20,6	19,7	16,1	10,9	5,8	1,4	10,7
Donji Miholjac	-1,0	1,7	6,1	11,2	16,1	19,3	21,1	20,4	16,7	11,2	5,5	1,0	10,8
Đurđevac	-1,5	1,1	5,2	10,0	14,9	18,2	19,6	18,7	15,1	9,8	4,8	0,5	9,7
Gospić	-1,7	0,2	3,6	8,1	12,8	16,0	18,1	17,3	13,6	9,0	4,2	-0,5	8,4
Karlovac	-0,6	2,2	6,5	11,2	15,9	19,2	21,1	20,1	16,4	11,1	5,6	0,9	10,8
Koprivnica	-1,1	1,5	5,8	10,6	15,3	18,5	20,0	19,2	15,6	10,3	5,1	0,8	10,1
Ogulin	-0,5	1,4	5,1	9,6	14,2	17,4	19,2	18,2	15,0	10,3	5,3	1,0	9,7
Osijek	-1,2	1,5	6,0	11,3	16,5	19,5	21,0	20,3	16,6	11,2	5,4	0,9	10,8
Sisak	-0,7	1,9	6,3	11,1	15,8	19,1	20,8	19,8	16,0	10,8	5,6	1,0	10,7
Slavonski Brod	-1,2	1,7	6,2	10,9	15,9	19,0	20,7	19,8	16,1	10,6	5,3	0,9	10,5
Varaždin	-1,3	1,3	5,4	10,3	15,1	18,3	19,8	18,9	15,3	10,1	4,9	0,5	9,9
Zagreb – Maks.	-0,8	1,8	5,9	10,6	15,3	18,5	20,1	19,3	15,8	10,5	5,3	0,9	10,3

4.3. Suša kao faktor ograničenja prinosa ječma i pšenice u Hrvatskoj

Povećana temperatura atmosfere i česta pojava sušnih razdoblja, prema svjetskim trendovima, smatraju se jednim od najvećih problema današnjice jer rezultiraju smanjenim prinosom te dugoročno gledano i na nemogućnost normalnog rasta i razvoja biljke. Prilagođavanje nastalim promjenama klime (ublažavanje posljedica suše) moguće je stvaranjem otpornijih kultivara, agrotehnikom, a značajnu ulogu ima i promjena strukture sjetve (povećanje udjela uzgoja biljnih vrsta tolerantnijih na sušu). Odgovor biljke na određeni stresni čimbenik razlikuju se ovisno o trajanju i jačini stresnog utjecaja (Mandre, 2002.; Kranner i sur., 2010.).

Zahvaljujući svojim mehanizmima otpornosti biljke opstaju na način da toleriraju ili izbjegavaju stres. Tolerancija je fiziološki odgovor u kojem biljke održavaju visoku metaboličku aktivnost u uvjetima umjerenog stresa i smanjenu aktivnost u uvjetima jačeg stresa (Antunović, 2013.). Pojava dormancije nastaje kao rezultat smanjene metaboličke aktivnosti uslijed djelovanja mehanizama za izbjegavanje stresa. Ovi mehanizmi u biljakama mogu biti aktivni pojedinačno ili kombinirano.

Najvažniji stresni čimbenici koji ograničavaju produktivnost biljaka su temperaturni ekstremi, promjene vodnog statusa, visoki intenzitet svjetlosti i različiti zagađivači (Lawlor, 2002.). Suša je produženi vremenski period u mjesecima ili čak godinama kada neka regija zabilježi nedostatak u opskrbi vodom, bila to podzemna ili površinska voda. To može imati

značajan utjecaj na ekosustav i poljoprivredna područja. Tijekom suše prvotno se zatvaraju puči i dolazi do inhibicije rasta. Na takav se način biljke štite od daljnjeg gubitka vode, koja bi u određenom periodu uzrokovala staničnu smrt biljke (Antunović, 2013.). Postoji nekoliko vrsta suša u biljnom svijetu: fiziološka suša (suša u biljci), atmosferska suša (visoka temperatura, niska relativna vlaga zraka, suh i vruć vjetar...) i zemljišna suša (javlja se kada atmosferska suša potraje duže).

Suša može imati ozbiljne posljedice (glad, bolest...) stoga je od velikog značaja njeno poznavanje i spriječavanje (navodnjavanje, obrada tla, stvaranje otpornijih kultivara, podizanje zaštitnih šumskih pojaseva....).

Kada proces transpiracije postane intenzivniji od procesa apsorpcije, zbog izlaženja vode opada turgor, smanjuje se volumen stanice i povećava se koncentracija otopljenih tvari u stanici (Lawlor i Cornic, 2002.). Relativni sadržaj vode u listu (engl. Relative Water Content, RWC) često je korišten kao indikator vodnog deficita, odnosno mjerilo stresa (Antunović, 2013.). Kovačević (2009.) i Kovačević i sur. (2011.) pokazali su da je kratkotrajni višekratni stres izazavan sušom prouzročio značajno smanjenje uroda zrna i drugih agronomskih svojstava ozimog ječma u odnosu na kontrolni tretman u kojem je dobra opskrbljenost vodom.

Vegetacija 2002./2003. smatra se jednom od najsušnijim na području Osječke regije sa samo 284 mm kiše u razdoblju od listopada do lipnja (Tablica 4). Upravo je iz tih razloga prinos ječma bio samo 2,5 t/ha, što je 26 % manje u odnosu na prinos zrna ječma u prethodnoj 2002. godini (3,4 t/ha). (Tablica 3.). Usporedimo li vremenske prilike u te dvije godine (2002. i 2003.) dobivamo prikaz jedne "loše" i jedne "dobre" godine za uzgoj ječma. U tromjesečnom razdoblju od ožujka do svibnja 2003. palo je samo 35 mm kiše, što je skoro pet puta manje od višegodišnjeg prosjeka (155 mm).

Prosječni prinosi pšenice u Hrvatskoj veći su od prosječnih prinosa ječma. Tako je u analiziranih 16 godina (1996.-2011.) prosječan prinos ječma u Hrvatskoj iznosio 3,36 t/ha, a pšenice 4,39 t/ha ili za 30 % veći. Najniži prinosi i ječma i pšenice ostvareni su 2003. godine, a razlog tome bi, pored suše, mogao biti i izuzetni hladni siječanj i veljača (Tablica 4). Na osnovu količine oborina i srednjih temperatura zraka tijekom vegetacije i ostvarenih prinosa ne možemo sa sigurnošću tvrditi da se ječam pokazao otpornijim na sušu od pšenice u našim agroekološkim uvjetima.

Tablica 4. Oborine i srednje temperature zraka u Osijeku tijekom vegetacije i prinosi zrna ozimog ječma i pšenice u Hrvatskoj (RH)

Godina žetve	Osijek: oborine (mm) i srednje temperature zraka (°C) po mjesecima										Prinos u RH (t/ha)	
	List.	Stud.	Pros.	Sij.	Velj.	Ožuj.	Trav.	Svib.	Lip.			
	Oborine (mm)									Ukupno	Ječam	Pšenica
1996.	6	54	104	31	51	42	82	78	30	478	2,8	3,7
1997.	61	99	67	44	43	23	59	38	86	520	3,2	4,0
1998.	100	42	92	91	0.7	21	54	49	26	476	3,4	4,2
1999.	97	69	30	36	61	29	45	89	150	606	2,8	3,3
2000.	22	124	98	18	15	41	28	26	10	382	3,3	4,7
2001.	10	42	37	75	23	83	72	60	240	642	3,2	4,4
2002.	5	74	34	11	48	10	64	135	37	418	3,4	4,6
2003.	59	40	24	66	16	5	12	18	44	284	2,5	3,2
2004.	132	45	27	50	50	41	137	7	77	566	-	4,9
2005.	94	115	42	36	66	34	55	46	112	600	3,2	4,1
2006.	4	16	111	33	50	53	87	79	91	524	3,6	4,6
2007.	31	33	6	25	47	76	3	56	33	310	3,8	4,6
2008.	30	48	41	33	5	85	50	67	76	435	4,3	5,5
2009.	55	68	101	60	29	27	19	39	63	461	4,1	5,2
2010.	67	56	73	84	59	22	71	121	234	787	3,3	4,0
2011.	29	1	69	24	18	37	20	81	50	329	4,0	5,2
Prosjek	50	58	60	45	36	39	54	62	85		3,36	4,39
	Srednje temperature zraka (°C)									Prosjek		
1996.	12,1	3,6	1,4	-1,2	-2,4	2,9	11,5	18,0	21,1	7,4	2,8	3,7
1997.	11,5	8,2	-0,3	-1,3	3,5	6,0	7,9	17,8	20,8	8,2	3,2	4,0
1998.	8,9	6,2	2,8	2,8	5,0	4,8	12,6	16,2	21,4	9,0	3,4	4,2
1999.	12,3	4,0	-3,3	0,4	1,1	8,2	12,6	17,3	20,3	8,1	2,8	3,3
2000.	11,7	4,0	0,7	-1,6	4,2	7,0	14,9	18,4	22,5	9,1	3,3	4,7
2001.	14,1	10,0	3,0	2,7	4,2	9,9	10,9	18,4	18,1	10,1	3,2	4,4
2002.	13,9	3,5	-3,8	-0,2	6,0	8,4	11,2	18,6	21,1	8,7	3,4	4,6
2003.	11,3	8,8	0,9	-2,4	-3,1	5,9	11,3	20,1	24,3	8,6	2,5	3,2
2004.	9,4	7,5	1,4	-1,4	2,3	5,8	11,7	14,6	19,2	7,8	-	4,9
2005.	13,2	6,2	1,9	0,0	-3,2	4,1	11,5	17,0	19,5	7,8	3,2	4,1
2006.	11,7	5,0	1,7	-1,6	1,1	5,3	12,7	16,2	20,1	8,0	3.6	4,6
2007.	13,9	7,8	3,0	5,8	6,1	8,5	13,3	18,2	22,3	10,9	3.8	4,6
2008.	13,0	7,5	3,8	1,5	4,9	7,5	12,5	18,1	21,5	10,0	4,3	5,5
2009.	11,5	8,2	3,1	-1,1	2,3	6,8	14,6	18,3	19,2	9,2	4,1	5,2
2010.	9,1	8,9	0,3	-0,8	1,4	6,8	12,4	16,5	20,4	8,3	3,3	4,0
2011.	10,6	2,3	3,4	1,1	0,7	6,4	13,2	16,7	20,8	8,4	4,0	5,2
Prosjek	11,8	6,4	1,3	3,1	2,1	6,5	15,0	17,5	20,8		3,36	4,39
	Referentni višegodišnji prosjek (1961.-1990.) za Osijek											
mm	41	57	52	47	40	45	54	58	88		∑	482
°C	11,2	5,4	0,9	-1,2	1,6	6,1	11,3	16,5	19,5		x	7,9

5. MATERIJAL I METODE RADA

U ovom radu izvedeni su pokusi u vegetacijskim loncima s 10 kultivara ozimog ječma (Barun, Bingo, Zlatko, Vanessa, Rex, Tiffany, Bravo, Lord, Favorit i Titan) u tri ponavljanja po slučajnom rasporedu kultivara i dvije varijante tretmana (dvofaktorijalni pokus: 10 kultivara ozimog ječma, dvije varijante tretmana B1 i B2). Varijante tretmana odnose se na režim vode u kontrolnoj varijanti pokusa koja je dobro opskrbljena vodom (B1) i u varijanti pokusa u kojoj je tri puta izazvan kratkotrajni stres uslijed nedovoljne snabdjevenosti vodom (B2). Rezultati koji su za kultivare ozimog ječma dobiveni u pokusu izvedenom u vegetacijskim loncima korelirani su s prinosom zrna istih kultivara ostvarenim u komparacijskim pokusima izvedenim na četiri lokacije, tijekom četiri godine i u dvije gustoće sklopa (Lalić i sur., 2009.).

5.1. Opis kultivara ječma korištenih u istraživanjima

U istraživanjima je bilo zastupljeno deset kultivara ozimog ječma: Lord, Bingo, Zlatko, Vanessa, Rex, Tiffany, Bravo, Lord, Favorit i Titan.

***Lord*:** kultivar ozimog višerednog ječma, priznat u Sloveniji, BiH, Makedoniji, i Turskoj Selekcioniran je na Poljoprivrednom institutu u Osijek iz križanja Osk.4.211/1–85*Plaisant. Barun je visokorodna kultivar s potencijalom rodnosti većim od 10 t/ha, koristi se isključivo za ishranu stoke. Stabljika mu je osrednje visine (oko 95 cm), čvrsta i elastična, dobre otpornosti na polijeganje, klas mu je višeredan, polurastresit, povijen u vrijeme formiranja zrna i pune zriobe. Zrno mu je vrlo krupno (masa 1000 zrna oko 42–44 grama), dobro formirano (hektolitarska masa zrna 64–68 kg) s fino navoranim pljevicama. Srednje kasni je kultivar koji ima visoku tolerantnost na rasprostranjene bolesti ječma, a vrlo dobro podnosi i zimske nepogode i sušu.

***Titan*:** kultivar ozimog višerednog ječma selekcioniran na Poljoprivrednom institutu Osijek. Visokog je potencijala prinosa zrna (11t/ha) namjenjenog za ishranu stoke. Stabljika mu je vrlo niska (oko 80 cm), vrlo čvrsta i elastična izvrsne otpornosti na polijeganje. Zrno mu je osrednje krupnoće (masa 1000 zrna je 40 do 45 g), dobro formirano i ujednačeno. Srednje rani je kultivar ozimog višerednog ječma, tolerantan na rasprostranjene bolesti ječma, a dobro podnosi sušu.

Rex: kultivar je ozimog dvorednog ječma, namjenjen potrebama industrije piva i slada i stočarstva. Selekcioniran je na Poljoprivrednom institutu u Osijeku iz križanja (Dorat*(Alpha*Mursa))*Osk.5.59/6–78, priznat je u Republici Mađarskoj i Republici Sloveniji. Vrlo je dobre otpornosti na polijeganje zbog niskog habitusa rasta (oko 85–90 cm), dvorednog je i rastresitog klasa, nutans tipa s 30–34 fertilna klasića, obuvenac mu završava osjem koje se u punoj zriobi lagano odvaja od zrna. Zrno mu je okruglasto (masa 1000 zrna od 45–50 grama), dobro formirano (hektolitarska masa zrna 67–70 kg) s fino navoranim pljevicama svijetlo žute boje. Ranozreli je kultivar vrlo dobre otpornosti na sušu i dobre tolerantnosti na najrasprostranjenije bolesti ječma, ima dobru otpornost prema niskim temperaturama.

Barun: ozimi dvoredni ranozreli ječam, priznat u Mađarskoj, Sloveniji, BiH, Makedoniji. Selekcioniran je na Poljoprivrednom institutu u Osijek iz križanja Osk.4.208/2–84*KB3–87. Ima potencijal rodnosti iznad 11 t/ha, vrlo visokog uroda zrna prve klase, a namjenjen je potrebama stočarstva i industrije slada. Vrlo je čvrste i elastične stabljike, izvrsne otpornosti na polijeganje, visine oko 80 cm.. Klas mu je dvoredan, polurastresit, erectum tipa lagano povijen u vrijeme formiranja zrna i pune zriobe, s osjem koje se lako odvaja od zrna. Zrno je vrlo krupno (masa 1000 zrna od 47 do 50 grama), okruglasto, dobro formirano (hektolitarska masa zrna 68–72 kg) s fino navoranim pljevicama, dobrih osobina pivarske kakvoće i ujednačene krupnoće, s više od 90 % zrna većeg od 2,5 mm. Visoke tolerancije je na rasprostranjene bolesti ječma, zimske nepogode i sušu.

***Zlatko*:** ozimi dvoredni ječam, osim u RH priznat u Republici Sloveniji i BiH. Selekcioniran je na Poljoprivrednom institutu u Osijeku iz križanja (Sladoran*KB 18–82)*Rex. Visokorodni kultivar s potencijalom rodnosti većim od 10,3 t/ha, vrlo visokog uroda zrna prve klase, namjenjen je potrebama stočarstva i industrije slada. Stabljika mu je niska (84–89 cm), čvrsta i elastična, vrlo dobre otpornosti na polijeganje, dvorednog je, polurastresitog i povijenog klasa sa 32–34 fertilna klasića, dugačkog je osja koje se lako odvaja od obuvenca u vrijeme žetve. Zrno mu je okruglasto, vrlo krupno (masa 1000 zrna od 46 do 50 grama), dobro formirano (hektolitarska masa zrna iznad 70 kg) s fino navoranim pljevicama svijetložute boje. Ranozreli je kultivar vrlo dobre otpornosti na sušu i dobre tolerancije na najrasprostranjenije bolesti ječma.

***Bingo*:** ozimi dvoredni ječam, kultivar priznat i u Mađarskoj, Sloveniji, BiH, Makedoniji. Selekcioniran je na Poljoprivrednom institutu u Osijeku iz križanja NS 331*Rex. Visokorodni je kultivar s potencijalom rodnosti iznad 11 t/ha, visokog uroda zrna namjenjen je potrebama stočarstva i industrije slada. Stabljika mu je niska (oko 83 cm), čvrsta i elastična, izvrsne otpornosti na polijeganje, dvorednog je, polurastresitog i povijenog klasa sa 32–34 fertilna klasića, dugačkog je osja koje se lako odvaja od obuvenca u vrijeme žetve. Zrno mu je okruglasto, vrlo krupno (masa 1000 zrna od 46–50 grama), dobro formirano (hektolitarska masa zrna i iznad 70 kg) s fino navoranim pljevicama svijetložute boje. Ranozreliji je kultivar vrlo dobre otpornosti na sušu, tolerantna na najrasprostranjenije bolesti ječma.

Bravo: kultivar ozimog dvorednog ječama selekcioniran na Poljoprivrednom institutu Osijek s potencijalom prinosa zrna od 11t/ha. Stabljika mu je srednje visine (95 do 100 cm), čvrsta i elastična, što mu daje vrlo dobru otpornost na polijeganje. Zrno mu je vrlo krupno, vrlo dobro formirano s fino navoranim pljevicama svjetlo žute boje. Tolerantan je na rasprostranjene bolesti ječma.

Favorit: ozimi višeredni ječam, srednje kasne vegetacije. Zrno je namijenjeno potrebi stočarstva. Selekcioniran je na BC Institutu u Zagrebu. Stabljika mu je visine 90-94 cm, izrazito tolerantan je na sušu, polijeganje i dobre je tolerantnosti na bolesti ječma.

Vanessa: kultivar ozimog dvorednog ječamaporijeklom je iz Njemačke. Namijenjen je potrebama industrije slada koji koristi pivarska industrija. Odlikuje se krupnim, ujednačenim, dobro formiranim zrnom, nižeg sadržaja bjelančevina. Zrno sorte Vanessa, ako je proizvedeno u povoljnom klimatu i na odgovarajućem tlu uz tehnologiju primjerenu proizvodnji pivarskog ječma, daje slad s ekstraktom preko 80% dobre razgrađenosti. U uvjetima proizvodnje u Republici Hrvatskoj kasnije dozrijeva u odnosu na domaće sorte ozimog dvorednog ječma.

Tiffany: kultivar ozimog dvorednog ječamaporijeklom je iz Njemačke. Kao i Vanessa, namijenjen je potrebama industrije slada i piva. Sličnih je zahtjeva u proizvodni i svojstava kakvoće zrna kao i sorta Vanessa. U uvjetima proizvodnje u Republici Hrvatskoj kasnije dozrijeva u odnosu na domaće sorte ozimog dvorednog ječma.

5.2. Pokus u vegetacijskim loncima

5.2.1. Opis pokusa u vegetacijskim loncima

Za pokus u vegetacijskim loncima uzeto je tlo s pokusne parcele Poljoprivrednog instituta Osijek mrvičaste do sitno orašaste strukture i stavljeno u posude bez zbijanja. Tip tla je humofluvisol černozemni, srednje duboko oglejeni, nekarbonatan, praškasto glinasto ilovast (Romić i sur., 2006.). Za pokus je korišten Ap horizont do dubine 30 cm, volumena pora 49 %, osrednjeg apsolutnog kapaciteta tla za vodu (39 %) i umjereno malog kapaciteta za zrak (10 %). Sadržaj humusa iznosio je 2,73 %, dušika 0,133 mg/100g tla, fosfora 16,40 mg/100g tla, kalija 36,21 mg/100g tla, a pH izmjeren u 1M KCl bio je 6,24. U mehaničkom sastavu tla sadržaj gline iznosi 29,2 %, praha 34,9 %, krupnog praha 34,7 %, sitnog pijeska 1,17 % i 0,30 % krupnog pijeska.

Tlo je natopljeno vodom do zasićenja (sadržaj vode je 39 % volumena tla ili 100 % apsolutnog kapaciteta tla za vodu), a nakon slijeganja volumen tla iznosio je oko 9 800 cm^3, što je kasnije poslužilo kao smjernica za određivanje gnojidbe i doze dodavanja vode na osnovu poznatog apsolutnog kapaciteta tla za vodu. Svaki je lonac na dnu imao četiri rupe koji su omogućavale procjeđivanje viška vode, ali i primanje vode uzlaznim putem. Lonci su postavljeni u plitke posude radi sprječavanja slobodnog otjecanja vode.

U svaki lonac posijana su 32 sjemena u 16 kućica, po dvije sjemenke pojedinog kultivara ozimog ječma (Slika 2. i 3). Sjetva je obavljena u pravilan krug promjera 20 cm laganim utiskivanjem po dva sjemena u kućicu na dubinu od oko 0,5 cm. Razmak između kućica iznosio je 3,9 cm, a udaljenosti svake kućice od ruba posude 5 cm. Sjeme je prekriveno slojem mješavine pijeska i tla u omjeru 1:2 debljine 3 cm. Tako se postiglo da sjeme bude na ujednačenoj dubini od 3 do 3,5 cm.

Od sjetve do zrelosti ječma temperatura zraka kretala se od -3,9 ^oC do 32,9 ^oC, relativna vlažnost zraka kretala se od 25,8 % do 99,0 %, a sadržaj vode u tlu u vegetacijskim loncima za varijantu pokusa s dobrom opskrbljenosti vodom (kontrolna varijanta - B1) bio je od 22,2 % do 39 % volumena tla (57 – 100 % apsolutnog kapaciteta tla za vodu), a za varijantu izazvanog kratkotrajnog stresa uslijed nedostatka vode od 16,4 % do 39,0 % volumena tla (B2) (Graf 1).

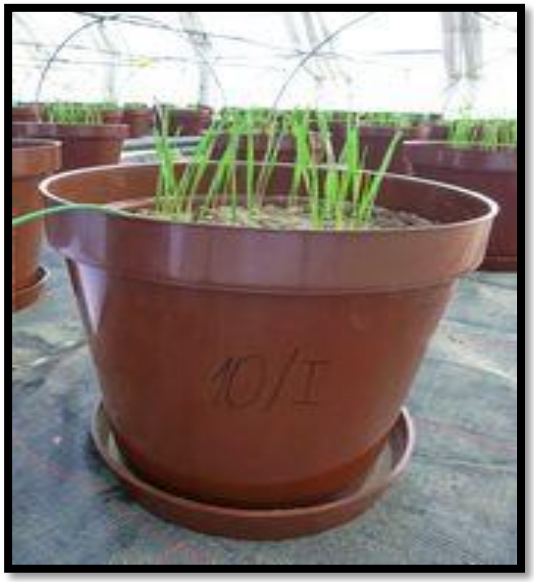
Podatak o apsolutnom kapacitetu tla za vodu (39 % volumena tla = 100 % apsolutnog kapaciteta tla za vodu) poslužio je kasnije kao smjernica za doze dodavanje vode u kontrolnoj varijanti (B1) i varijanti izazvanog kratkotrajnog stresa uslijed nedostatka vode u tri različite faze razvoja (kraj busanja, pojava lista zastavičara i početak klasanja, tijekom nalijevanja

zrna). To su prema Reiner-u (1962.) faze razvoja EC29 (sadržaj vode od 21,3 % do 28,7 % volumena tla) (Slika 4.), EC49/51 (sadržaj vode od 16,4 % do 20,0 % volumena tla) i EC75/85 (sadržaj vode od 20,8% do 24,2% volumena tla), što je prikazano Grafom 1.

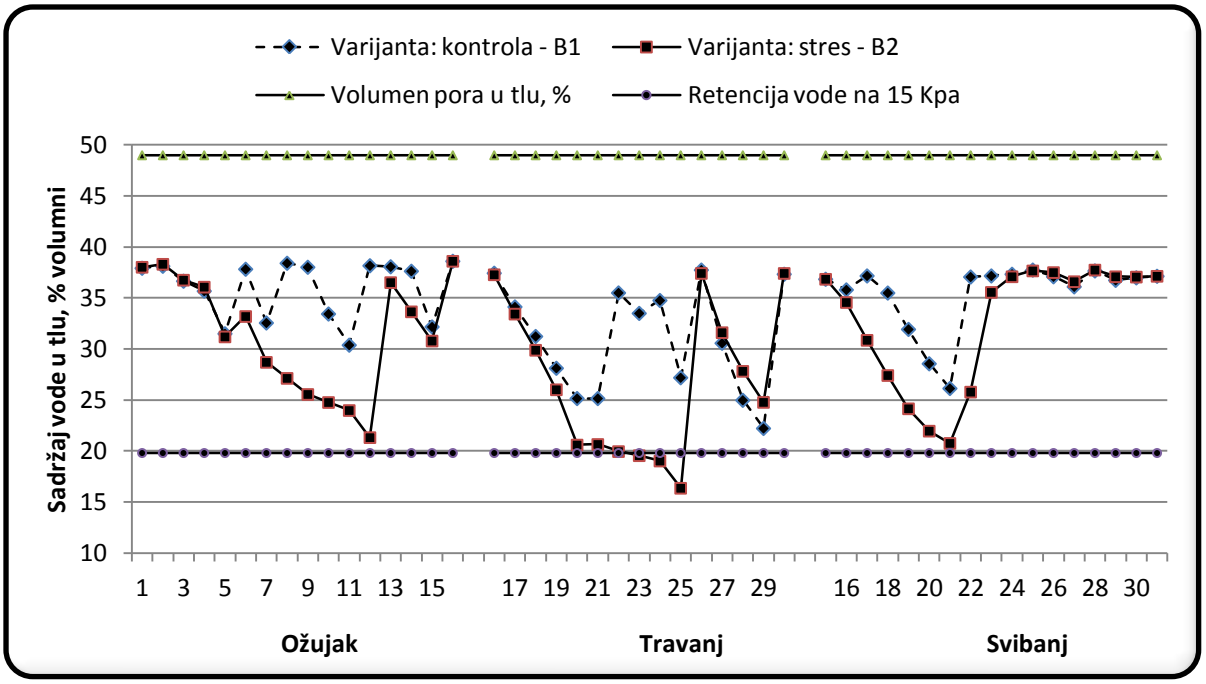
Kontrolna varijanta pokusa (B1) u vegetacijskim loncima podrazumijeva održavanje vlažnosti tla na razini između 60 % i 100 % apsolutnog vodnog kapaciteta, odnosno na 23,4 - 39,0 % volumena tla u vegetacijskom loncu, što se smatra dobrom opskrbljenošću biljaka ječma s vodom (Graf 1).

Pažljivo je mjerena količina dodane vode za svaki kultivar, a stanje vode u vegetacijskoj posudi određivala se povremenim vaganjem i mjerenjem, uređajem *WATERMARK-Soil Moisture Meter*.. Masa lonaca redovito je mjerena jednom dnevno u vremenskom razdoblju od 9 do 11 sati ujutro neposredno prije i za vrijeme namjerno izazvanog stresa.

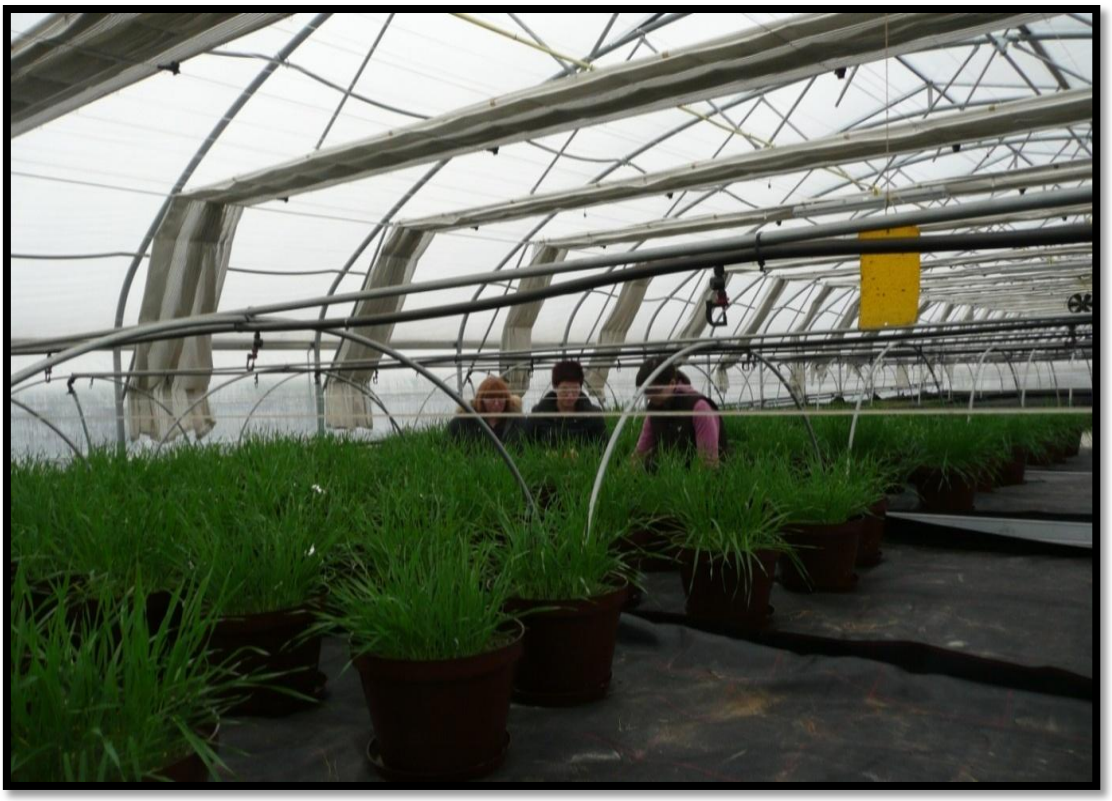
Slika 2. Vegetacijski lonac ispunjen tlom



Slika 3. Ječam u fazi 1 – 2 lista



Graf 1. Sadržaj vode u tlu u vegetacijskim posudama s kultivarima ozimog ječma od 1 do 16. ožujka, od 16. do 30. travnja i od 16. do 31. svibnja pri različitim režimima sadržaja vode u tlu (B1 – održavanje sadržaja vode u tlu na razini dobre opskrbljenosti biljaka ječma; B2- izazvani kratkotrajni umjereni stres uslijed nedostatka vode u tri faze razvoja ječma (EC29; EC49/51; EC75/85.



Slika 4. Pokus s ozimim ječmom u plasteniku (12. ožujak- razvojna faza EC29)

5.2.2. Njega ječma uzgajanog u vegetacijskim loncima

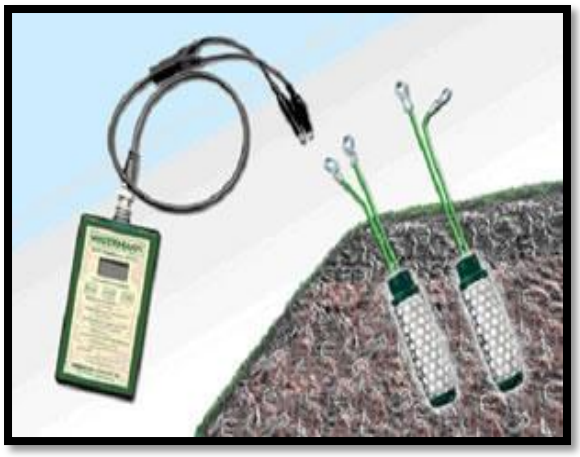
Usjev ječma u vegetacijskom loncima prihranjen je tekućim gnojivom Valentin (proizvođač: Terrasan GmbH&Co., Njemačka) i u vodi otopljenim dušikom u karbamidnom obliku (urea 46 % N). Prema deklaraciji na pakiranju tekuće gnojivo Valentin sadrži 8 % dušika (2 % NO_3-N + 1,2 % NH_4-N + 4,8 % NH_2-N), 3 % P_2O_5, 5 % K_2O, 0,01 % B, 0,002 % Cu (kelat EDTA), 0,02 % Fe (kelat EDTA), 0,01 % Mn (kelat EDTA), 0,001 % Mo i 0,002 % Zn (kelat EDTA).

Kultivarima ozimog ječma prihranom je dodano ukupno 5,75 ml tekućeg gnojiva Valentin i 0,17 g uree po vegetacijskom loncu, odnosno 0,54 g N, 0,17 g P_2O_5 i 0,29 g K_2O, što bi po hektaru do dubine tla od 30 cm iznosilo 165 kg N, 52 kg P_2O_5 i 89 kg K_2O (proračunato je na temelju podatka: volumen tla u pojedinom loncu = 9,8 l; volumen oraničnog sloja tla 3×10^6 l). Gnojidba s dušikom bila je za oko 50 % u većoj količini u odnosu na zahtjeve ozimog ječma u širokoj proizvodnji, dok je gnojidba s fosforom i kalijem bila u približnim granicama primjene u širokoj proizvodnji na plodnim tlima.

Zaštita ozimog ječma obavljana je prskanjem fungicidom Prosaro u dozi od 2,5 ml u 500 ml vode što je jednakomjerno raspoređeno na sve vegetacijske lonce s kultivarima ozimog ječma. Također je obavljeno suzbijanje štetnika tekućim insekticidom i akaricidom Bio Kill (proizvođač: Ilirija d.d., Slovenija) koji sadrži biocidnu tvar *permetrin* u količini 0,25 g/100 g.

5.2.3. Mjerenje vlažnosti tla u vegetacijskim loncima

U pokusima koje smo provodili za mjerenje apsolutnog kapaciteta tla za vodu koristili smo uređaj *Watermark – soil moisture sensor* (proizvođač: Spectrum) (Slika 5.). Na principu slučajnog rasporeda postavljene su 4 sonde za ozimi ječam, po dvije za svaku razinu dodavanja vode. Postavljene su na dubini od oko 15 cm (Slika 6.).



Slika 5. Uređaj Watermark – soil moisture sensor ***Slika 6.*** Postavljanje sonde u pokusne lonce

Apsolutni kapacitet tla za vodu svakodnevno se kontrolirao uređajem *Watermark– soil moisture sensor*. Uređaj je prethodno podešen na temperaturu zraka prostora u kojem se obavljalo mjerenje te je dodavana voda do 100 %-tnog kapaciteta tla za vodu.

Sadržaj vode u vegetacijskim loncima održavao se na području između 60 i 100 % od apsolutnog kapaciteta tla za vodu s izazivanjem suše u odnosu na kontrolnu varijantu pokusa u fazi busanja, pojave lista zastavičara i početka klasanja te u fazi nalijevanja zrna krajem mliječne i početkom voštane zriobe.

Količinu vode u tlu u loncima provjerili smo njihovim vaganjem prije i poslije zalijevanja do 100 %-tnog kapaciteta tla za vodu. Tlo u loncima u kojima smo koristili sonde smo provjeravali kroz nekoliko dana uređajem *Watermark – soil moisture sensor*. Sadržaj vode je izračunat kao postotni dio od apsolutnog kapaciteta tla za vodu, na osnovu poznatog kapaciteta za vodu i sadržaja pora u tlu.

Za zalijevanje pokusnih lonaca koristila se voda iz dubinskog bunara Poljoprivrednog instituta Osijek dobrih svojstava za navodnjavanje, koja je prethodno temperirana u spremniku smještenom u samom plasteniku. Preko plitke posude, koja se nalazila ispod pokusnog lonca, dodavali smo vodu i otopljene hranjive tvari.

5.2.4. Žetva pokusa u vegetacijskim loncima

Žetva usjeva obavljena je rezanjem vlati biljaka u ravnini samoga tla. Prebrojavanje klasova obavilo se za svaki vegetacijski lonac pojedničano, klasove smo zatim zatvorili u papirnate vrećice kako bi izbjegli mogući gubitak zrna. Svaku vrećicu smo označili oznakom kultivara, tretmana i ponavljanja.

Na principu slučajnog odabira izdvojeno je desetak biljaka za svako ponavljanje te smo izmjerili duljinu i visinu cijele biljke kao i broj zrna po klasu. Uz pomoć precizne vage odredili smo masu biljke, a vršidba pojedinih klasova je obavljena uz pomoć vršalica te je vaganjem određen prinos zrna. Žetveni indeks je izračunat na osnovi podataka o prinosu zrna i masi biljke. Brojačem *Contador* (proizvođač: Pfeuffer) izbrojeno je 500 zrna kultivara ozimog ječma. Zrna smo zatim izvagali i dobivenu vrijednost pomnožili sa dva kako bi dobili masu 1 000 zrna.

5.2.5. Analiza rezultata i obrada podataka pokusa u vegetacijskim loncima

Za potrebe istraživanja analizirana je masa zrakosuhe biljke bez korijena, prinos zrna i žetveni indeks (omjer prinosa zrna i mase zrele zrakosuhe biljke po loncu).

Jedan od vrlo dobrih pokazatelja tolerantnosti na sušu, odnosno stabilnosti prinosa zrna u uvjetima suše je indeks učinkovitosti iskorištenja vode (WUE - *water use efficiency*). Indeks učinkovitosti korištenja vode dobiven je u pokusima postavljenim u vegetacijskim loncima s 10 kultivara ozimog ječma u tri ponavljanja i dvije varijante tako što je točno izmjerena količina dodane vode od sjetve do žetve, izvagana ukupna biomasa zrakosuhih biljaka ječma i izvagan prinos zrna za svaku pokusnu posudu po sortama i varijantama tretmana (B1 i B2) u tri ponavljanja.

Indeks učinkovitosti iskorištenja vode utvrđen je:

1. Za ukupnu biomasu (WUE 1) na temelju slijedećeg izraza:

Prema Passioura, 1977, Reynolds, 2007., koristili smo sljedeći izraz:

Izvorno: Yield (water limited) = ***WU*** × ***WUE*** × ***HI***

2. Prinos zrna po vegetacijskom loncu = **WU** × **WUE** $_1$ × **HI**

WUE $_1$ **= Prinos zrna po vegetacijskom loncu/WU** ×**HI**

- WU- ukupna količina evapotranspirirane vode (water use)
- WUE $_1$- učinkovitost korištene vode za produkciju biomase (water use efficiency for biomass production)
- HI- žetveni indeks (harvest indeks)

Indeks učinkovitosti iskorištenja vode (WUE_1) koji se odnosi na produkciju ukupne nadzemne mase zrelih biljaka predstavlja više biološki pristup toj problematici, a u gospodarskom smislu kod ječma namijenjenog za proizvodnju zrna, prinos zrna ima daleko veći značaj. Stoga smo koristili i više gospodarski pristup utvrđivanja indeksa učinkovitosti iskorištenja vode (WUE_2) koji je predložio Viets (1962.), a u svojim radovima su ga koristili Ali i Talkuder (2008.), Boutraa (2010.), Brian i sur. (1999.), Yong'an i sur.(2010.), Shamsi i sur., 2010).

Izvorno: ***WUE_2 = Economical yield (usually grain yield)/WU***

- WUE_2 = Prinos zrna po vegetacijskom loncu/količina evapotranspirirane vode po vegetacijskom loncu.

Iz navedenih razloga, u ovom radu indeks učinkovitosti iskorištenja vode koji se odnosi na produkciju nadzemnog dijela zrakosuhe biomase označili smo s WUE_b, a indeks učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju zrna s WUE_y.

5.3. Pokusi ozimog ječma u polju

Pokusi u polju su izvedeni na četiri različite lokacije (Osijek, Tovarnik, Požega i Nova Gradiška) i na različitim tipovima tla tijekom četiri godine (2003/2004., 2004/2005., 2005/2006. i 2006/2007.) u tri ponavljanja i dvije gustoće sjetve (300 klijavih zrna/m^2 i 450 klijavih zrna/m^2) po metodi slučajnog blok rasporeda. Pojedina parcela bila je dužine 7 m, širine 1,08 m, odnosno površine 7,56 m^2. Sjetva pokusa obavljena je sijačicom za pokusne parcele HEGE 80 tijekom listopada što se smatra pogodnim rokom za sjetvu ozimog ječma. Priprema tla za sjetvu, gnojidba i zaštita usjeva bila je prilagođena potrebama ozimog ječma i dobrog gospodarenja.

Na Poljoprivrednom institutu Osijek poljski komparacijski pokusi s kultivarima ozimog ječma postavljeni su na eutričnom kambisolu (smeđe lesivirano tlo) (pH u KCl = 6,25, humus = 2,20 %.) (Slika 7.). Na području Tovarnika u Vukovarsko-srijemskoj županiji pokusi su postavljeni na crnici (pH u KCl = 7,42, humus = 2,96 %). Na lokaciji Nove Gradiške u Brodsko-Posavskoj županiji pokusi su postavljeni na aluvijalnom tlu (pH u KCl = 7,63, humus = 1,83 %), a na lokaciji Požega u Požeško-slavonskoj županiji pokusi su izvedeni na tlu tipa pseudoglej (pH u KCl = 4,46, humus = 1,80 %) (Lalić i sur. 2009.).

Slike 7. 8. i 9. Komparacijski pokusi ječma na Poljoprivrednom institutu Osijek u fazi busanja (lijevo); pokus u vegetacijskim loncima (sredina i desno)

Na Poljoprivrednom institutu u Osijeku primjenjuje se konvencionalna obrada i priprema tla za sjetvu (oranje na dubinu od 30 cm, po potrebi je obavljeno tanjuranje teškom tanjuračom, a potom je obavljena faza završne predsjetvene pripreme tla kombiniranim oruđima kao što su rotodrljača i sjetvospremač u jednom agregatu).

Gnojidba se određuje prema plodnosti tla, predusjevu i potrebama kultivara ozimog ječma. Kompleksna gnojiva (NPK) dodaju se prilikom osnovne i predsjetvene obrade uz dodatak dušika u karbamidnom obliku (urea 46 % N) zavisno o žetvenim ostacima i potrebama ječma. Prije sjetve gnoji se sa 70 do 80 kg N/ha, 60 do 90 kg P_2O_5/ha i 60 do 90 kg K_2O/ha, a pred kraj zime u fazi busanja ozimog ječma prihranjuje se s 30 - 40 kg N/ha najčešće u amonijačno-nitratnom obliku (KAN 27 % N).

Obavlja se zaštita od korova primjenom odgovarajućih herbicida u propisanim dozama zavisno o vrsti korova, vremenskim prilikama i razvojnoj fazi usjeva i korova. Suzbijaju se štetočinje kao što su poljski miševi i voluharice te eventualno štetni insekti kao što je žitni balac (*Oulema sp.* L.) (Slika 8. i 9.).

Za razliku od uobičajene proizvodnje na komparacijskim pokusima s kultivarima ozimog ječma ne primjenjuju se fungicidi iz razloga da se ne prikrije osjetljivost pojedinih genotipova na biljne bolesti. Primijenjena obrada tla, gnojidba i zaštita usjeva bila je prilagođena uvjetima proizvodnje i potrebama ozimog ječma, stoga je bila promjenjiva zavisno o plodnosti tla, vremenskim uvjetima, stanju usjeva ozimog ječma i drugim činiteljima koji utječu na proizvodnju. Uvijek se nastojalo primijeniti tehnologiju koju bi stručno primijenio dobar gospodar u cilju ostvarenja maksimalne ekonomske koristi i na

principima čuvanja okoliša. Na lokaciji oko Tovarnika, gdje su vrlo plodna tla, primjenjuju se slične agrotehničke mjere kao u Osijeku. Na manje plodnim tlima, kao što su tla oko Požege i Nove Gradiške, za ostvarenje zadovoljavajućih prinosa ječma (6 - 7 t/ha) potrebno je upotrijebiti veću dozu biljnih hranjiva i utrošiti više energije i rada u pripremi tla posebice ako je tlo tipa pseudoglej.

Rezultati tih pokusa objavljeni su u znanstvenom časopisu Poljoprivreda (Lalić i sur. 2009), a izvodio ih je Odjel za genetiku i sjemenarstvo strnih žitarica Poljoprivrednog instituta Osijek. U navedenim poljskim komparacijskim pokusima ispitano je 8 od ukupno 10 kultivara ozimog ječma koji su ispitani u vegetacijskim loncima. Rezultati 8 kultivara ozimog ječma dobiveni u vegetacijskim loncima korelirani su rezultatima prinosa zrna istih 8 kultivara koje su objavili Lalić i sur. (2009).

5.4. Obrada podataka

Dobivene podatke smo obradili i analizirali u programu za obradu statističkih podataka SAS 9,1, koristeći PROC GLM i PROC MEANS (SAS Institute Inc, 2007) i Microsoft excel 2010. Razlike između kultivara ozimog ječma i područja na kojem smo vršili istraživanja obrađeni su uz pomoć Duncan-ovog višefaktorijalnog testa i LSD-testa na razini pogreške p=0,05% i p=0,01%.

U poljskim pokusima u razdoblju od 2004. do 2007. godine nisu bili uključeni kultivari ozimog ječma Bravo i Titan, stoga su rezultati dobiveni u pokusu s vegetacijskim loncima korelirani s prinosom zrna osam kultivara ozimog ječma koji su ispitani u vegetacijskim loncima i u višeokolinskim poljskim komparacijskim pokusima.

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

Učinkovito iskorištenje vode (WUE) ima naglašeni pozitivni utjecaj na prinos zrna (Passioura, 1977; Reynolds et al, 2007;. Akhter et al, 2008;. Shamsi et al, 2010;. Boutraa, 2010), a to je ključni čimbenik u produktivnosti biljke u uvjetima ograničene opskrbe vodom (Amudha i Balasubramani, 2011). Jače pozitivne koeficijente korelacije između WUE i prinosa zrna, koji su dobiveni i u ovom radu, utvrdili su i Akhter i sur. (2008) i Shamsi i sur. (2010). Viši koeficijent WUE može biti posljedica smanjenja evapotranspiracije, odnosno manje potrebe biljaka za vodom u produkciji organske tvari, što bi dugoročno utjecalo na povećanje prinosa u biljnoj proizvodnji (Blum, 2005., 2009.).

Analiza varijance pokusa s 10 kultivara ozimog ječma i dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* pred kraj busanja, *b)* pojave lista zastavičara i početka klasanja, *c)* nalijevanja zrna) izvedenog u vegetacijskim loncima ukazujena vrlo značajne razlike($P \leq 0.001$) između kultivara ozimog ječma za prinos zrna po vegetacijskom loncu, biomasu po vegetacijskom loncu, žetveni indeks, evapotranspiriranu vodu (WU), indeks učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju biomase (WUE_b) i indeks učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) (Tablica 5). Također , utvrđene su vrlo značajne razlike između B1 i B2 varijante tretmana za prinos zrna, biomasu i evapotranspiriranu vodu (WU), ali tretmani nisu uzrokovali razlike u žetvenom indeksu i indeksu učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju biomase (WUEb) i prinosa zrna (WUE_y) (Tablica 5, Graf 2a, 2b,2c, Graf 3a, 3b, 3c). Interakcija između kultivara i varijanti tretmana nije bila značajna niti za jedno od ispitivanih svojstava ozimog ječma u ovom radu (Tablica 5).

Značajnos razlika srednjih vrijednosti ispitivanih svojstava i parametara kultivara ozimog ječma (evapotranspirirana voda – WU, produkcija nadzemnih dijelova biomase, žetveni indeks, prinos zrna, indeks iskoristivosti vode za produkciju biomase – WUE_b i prinosa zrna WUE_y) u pokusu izvedenom u vegetacijskim loncima obavljena je t- testom na razini značajnosti $P \leq 0,05$ i $P \leq 0,01$ ($LSD_{0,05}$ i $LSD_{0,01}$) u odnosu na prosječne vrijednosti svih kultivara u pokusu po varijantama tretmana (B1 i B2) i u prosjeku tretmana. Navedene najmanje značajne razlike prikazane su u Tablici 6.

Za kultivar ozimog ječma Bravo utvrđeno je značajno više ($P \leq 0,01$) evapotranspirirane vode u vegetacijskim loncima (WU) u odnosu na prosječne vrijednosti evapotranspirirane vode svih ispitivanih kultivara u obje varijante tretmana (B1 i B2) (Graf 2a). Zatim slijedi kultivar Rex za koji je utvrđeno značajno više ($P \leq 0,01$) evapotranspirirane vode u vegetacijskim

loncima (WU) u varijanti tretmana B2 (višekratni kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode) i u prosjeku tretmana ($P \leq 0,05$) (Graf 2a). Značajno manje ($P \leq 0,01$) evapotranspirirane vode (WU) utvrđeno je za kultivar Tiffany u obje varijante tretmana i za kultivar Lord u prosjeku tretmana (Graf 2a).

Produkcijom nadzemnih dijelova biomase značajno višom od prosječnih vrijednosti svih kultivara u pokusu odlikuju se kultivari Bravo u obje varijante tretmana ($P \leq 0,01$) i kultivar Zlatko ($P \leq 0,05$), odnosno u prosjeku tretmana i kultivar Zlatko odlikuje se većom produkcijom nadzemnog dijela biomase na razini značajnosti $P \leq 0,01$ (Graf 2b). Značajno manja produkcija nadzemnih dijelova biomaseutvrđena je za kultivar ozimog višerednog ječma Titan u obje varijante tretmana ($P \leq 0,01$), zatim za kultivar ozimog dvorednog ječma Tiffany ($P \leq 0,05$ za B1 i $P \leq 0,01$ za B2), odnosno u prosjeku tretmana spomenuti kultivari imali su značajno ($P \leq 0,01$) manju produkciju biomase u odnosu na prosječne vrijednosti svih kultivara u pokusu (Graf 2b).

Kultivar ozimog dvorednog ječma Bravo polučio je najveći indeks iskoristivosti vode za produkciju nadzemnih dijelova biomase, jer se značajno ($P \leq 0,01$) razlikuje u obje varijante tretmana od prosječnih vrijednosti svih kultivara u pokusu (Graf 2c), zatim slijedi kultivar ozimog dvorednog ječma Zlatko, koji se u tom parametru značajno ($P \leq 0,01$) razlikuje od prosjeka u B2 varijanti tretmana i u prosjeku tretmana (Graf 2c).Suprotno navedenom, značajno manji indeks učinkovitosti iskorištenja vode utvrđen je za kultivar ozimog dvorednog ječma Titan u obje varijante tretmana ($P \leq 0,01$), za kultivar ozimog dvorednog ječma Barun u B1 varijanti tretmana i u prosjeku tretmana ($P \leq 0,01$), te za kultivar ozimog dvorednog ječma Tiffany u B2 varijanti tretmana i u prosjeku tretmana ($P \leq 0,05$) (Graf 2c).

Zanimljivo je uočiti da je kultivar ozimog dvorednog ječma Bravo imao najviše vrijednosti evapotranspirirane vode (WU) (Graf 2a), najveću produkciju nadzemnih dijelova biomase (Graf 2b), ali i najveći indeks učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju biomase (Graf 2c) u odnosu na ostale ispitivane kultivare ozimog ječma.

Značaj indeksa učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju biomase vidljiv je u izrazu, koji je predložio Passioura (1977.): Prinos zrna = $WU \times WEU_b \times$ žetveni indeks

Međutim, iako gornji izraz predstavlja jednostavni umnožak promjenjiva tri navedena parametra, to ne znači da je WEU_b uvijek u pozitivnoj korelaciji s prinosom zrna na što je ukazao Blum (2005.). U ovom radu indeks učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju biomase kultivara ozimog ječma većinom je u pozitivnoj korelaciji s prinosom zrna po vegetacijskom loncu ($r = 0,26$ do $0,64$) koja je značajna ($P \leq 0,05$) samo u slučaju kad je WUE_b izračunat za kultivare u varijanti B2 tretmana (stres uslijed nedostatka vode), a prinos

zrna kultivara određen u varijanti B1 tretmana (dobra opskrbljenost vodom) (Tablica 7). Indeks učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju nadzemnog dijela biomase (WUE_b) u vrlo jakim (potpunim) pozitivnim korelacijskim vezama je s produkcijom biomase (r = 0,86 do 0,98), dok su korelacijski koeficijenti indeksa učinkovitosti iskorištenja vode sa žetvenim indeksom negativni (r = -0,16 do -0,58), čiju značajnost nije bilo moguće utvrditi zbog manjeg broja kultivara (n =10).

Tablica 5. Analiza varijance pokusa izvedenog u vegetacijskim loncima za prinos zrna, biomasu, žetveni indeks, evapotranspiriranu vodu (WU) i indeks iskoristivosti vode za prinos zrna (WUE) za 10 kultivara ozimog ječma u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna)

Izvori varijabiliteta	Sredina kvadrata (MS)				
	Pona-vljanje	Kultivar	Tretman	Interakcija Kultivar × Tretman	Pogreška
Stupnjevi slobode (df)	2	9	1	9	38
Prinos zrna po vegetacijskom loncu	5.454	92.495***	94.224***	5.111	5.878
Biomasa po vegetacijskom loncu	4.18	377.10***	504.25***	16.97	14.00
Žetveni indeks	0.00078	0.0119***	0.00000	0.00090	0.00089
Evapotranspirirana voda po vegetacijskom loncu - WU	0.1968	14.014***	45.917***	0.335	0.212
Indeks iskoristivosti vode po vegetacijskom loncu za produkciju biomase - WUEB	0.00842	0.2813***	0.0168	0.0170	0.0124
Indeks iskoristivosti vode po vegetacijskom loncu za produkciju zrna– WUE_Y	0.00804	0.0747***	0.0041	0.0054	0.00603

*** F – test is significant $P \leq 0.001$

Tablica 6. Najmanje značajne razlike između srednjih vrijednosti (LSD) u pokusu s 10 kultivara ozimog ječma izvedenom u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana(B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) za prinos zrna, biomasu, žetveni indeks, evapotranspiriranu vodu (WU), indeks iskoristivosti vode za prinos zrna (WUE_y) i indeks iskoristivosti vode za produkciju biomase (WUE_b)

Svojstvo	Za razlike između srednjih vrijednosti kultivara po varijantama tretmana i za razlike između tretmana za svaki kultivar		Za razlike između prosječnih vrijednosti kultivara u obje varijante tretmana	
	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$	$LSD_{0,05}$	$LSD_{0,01}$
Prinos zrna, g/lonac	4,16	5,70	2,83	3,79
Biomasa, g/lonac	6,42	8,80	4,37	5,84
Žetveni indeks	0,051	0,070	0,035	0,047
WU, l/lonac	0,79	1,08	0,56	0,77
WUEy, g/l/lonac	0,133	0,182	0,094	0,129
WUE_b, g/l/lonac	0,184	0,247	0,130	0,174

Žetveni indeks važan je parametar koji je u pozitivnoj korelaciji s prinosom zrna, a na značajnost žetvenog indeksa u oplemenjivanju na prinos zrna ukazali su mnogi autori (Reynolds i sur., 2007.). Veći žetveni indeks kod žitarica u svezi je s nižom stabljikom i većom produkcijom zrna po klasu, odnosno kultivari većeg žetvenog indeksa odlikuju se većinom većim urodom zrna ukoliko ekstremno velik žetveni indeks nije patološke prirode. Reynolds i sur.(2007) smatraju da je gornja granica za povećanje žetvenog indeksa kod pšenice 0,60. Između 10 ispitivanih kultivara ozimog ječma visokim žetvenim indeksom odlikuje se kultivar ozimog dvorednog ječma Barun i kultivar ozimog višerednog ječma Titan, kod kojih je udjel zrna u ukupnoj nadzemnoj biomasi približno 50% (žetveni indeks veći od 0,48 u svim varijantama tretmana (Graf 3a), što je i potvrđeno za kultivare Barun i Titan na razini $P \leq 0,01$ za prosjek tretmana, odnosno na razini $P \leq 0,05$ u obje varijante tretmana. Najmanji žetveni indeks utvrđen je za kultivar Tiffany u obje varijante tretmana ($P \leq 0,01$), a potom slijedi kultivar Bravo sa značajno nižim ($P \leq 0,05$) žetvenim indeksom kultivara u B2 varijanti tretmana i u prosjeku tretmanau odnosu na prosječne vrijednosti svih kultivara u pokusu (Graf 3a).

Tablica 7. Korelacijski koeficijenti količine evapotranspirirane vode (WU), indeksa učinkovitosti usvajanja vode za prinos zrna(WUE_y) i indeksa učinkovitosti usvajanja vode za a produkciju biomase (WUE_b) s produkcijom biomase, žetvenim indeksomi prinosom zrna za 10 kultivara ozimog ječma u dvije varijante tretmana u vegetacijskim loncima (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna)

Varijable korelacija	Biomasa po loncu			Žetveni indeks			Prinos zrna po loncu		
	B1	B2	Prosjek	B1	B2	Prosjek	B1	B2	Prosjek
WU –B1	0,65	0,74	0,71	0,37	0,17	0,28	0,81	0,79	0,82
WU- B2	0,53	0,69	0,62	0,20	-0,02	0,10	0,57	0,56	0,58
WU	0,61	0,75	0,70	0,29	0,07	0,19	0,72	0,70	0,73
WUE_y –B1	0,54	0,62	0,59	0,64	0,37	0,52	0,99	0,87	0,97
WUE_y- B2	0,32	0,46	0,40	0,70	0,62	0,68	0,88	0,98	0,96
WUE_y	0,45	0,56	0,52	0,69	0,50	0,62	0,97	0,94	0,99
WUE_b – B1	0,98	0,86	0,94	-0,41	-0,58	-0,51	0,47	0,26	0,38
WUE_b – B2	0,92	0,98	0,97	-0,16	-0,43	-0,30	0,64	0,51	0,59
WUE_b	0,98	0,94	0,98	-0,29	-0,52	-0,32	0,57	0,40	0,50

$r \geq 0.632$ $P \leq 0.05$; $r \geq 0.765$ $P \leq 0.01$; $r \geq 0.872$ $P \leq 0.001$

Indeks iskoristivosti vode za produkciju prinosa zrna kultivara ozimog ječma pokazao je istu tendenciju kao i prinos zrna, jer je kultivar Zlatko u odnosu na prosječne vrijednosti svih kultivara u pokusu polučio statistički opravdano veću učinkovitost iskorištenja vode za produkciju zrna u obje varijante tretmana (B1: $P \leq 0,05$; B2: $P \leq 0,01$; prosjek tretmana: $P \leq 0,01$), dok je kultivar Tiffany je polučio statistički opravdano ($P \leq 0,01$) manju učinkovitost

iskorištenja vodeza produkciju zrna u obje varijante tretmana (Graf 3c). To potvrđuju i korelacijski koeficijenti indeksa učinkovitosti vode za prinos zrna s prinosom zrna, koji su izrazito visoki i pozitivni (potpuni) (r = 0,88 do r = 0,99) (Tablica 7). Gotovo identične rezultate korelacija indeksa učinkovitosti iskorištenja vode u tvorbi prinosa zrna s prinosom zrna objavili suAli i Talkuder (2008.), Boutra (2010.), Yong'an i sur.(2010.), Shamsi i sur., 2010). Indeks iskoristivosti vode za tvorbu prinosa zrna u obje varijante tretmana bio je u pozitivnim korelacijskim odnosima i s produkcijom nadzemnih dijelova biomase u obje varijante tretmana, kao i u prosjeku tretmana (r = 0,32 do r = 0,62), ali ti koeficijenti se statistički značajno ne razlikuju od (r = 0) (Tablica 7). Koeficijent iskorištenja vode za produkciju prinosa zrna bio je u pozitivnim korelacijskim vezama s žetvenim indeksom (r = 0,37 do r = 0,70) među kojima ima korelacijskih koeficijenata značajno različitih od r = 0 na razini značajnosti $P \leq 0,05$ (WUE_y B1 vs. žetveni indeks B1: r = 0,64; WUE_y B2 vs. žetveni indeks B1: r = 0,70; WUE_y B2 vs. žetveni indeks u prosjeku tretmana: r = 0,68; WUE_y prosjeka tretmana vs. žetveni indeks B1: r = 0,69) (Tablica 7).

Kultivar ozimog dvorednog ječma Zlatko polučio je najveći prinos zrna po vegetacijskom loncu u obje varijante tretmana, što je u odnosu na prosjek svih kultivara u pokusu značajno na razini značajnosti za $P \leq 0,01$ u B1 tretmanu,$P \leq 0,05$ u B2 tretmanu i $P \leq 0,01$ u prosjeku tretmana (Graf 3b). Najmanji prinos zrna u vegetacijskom loncu polučio je kultivar ozimog dvorednog ječma Tiffany, što je značajno u obje varijante tretmana na razini značajnosti $P \leq 0,01$ (Graf 3b).

Zanimljivo je istači da je i količina evapotranspirirane vode po vegetacijskom loncu (WU) bila u pozitivnoj korelacijskoj vezi s produkcijom biomase (r = 0,53 do r = 0,75) i prinosa zrna (r = 0,56 do r = 0,82) po vegetacijskom loncu i to u svim kombinacijama tretmana (Tablica 7). U izračunavanju koeficijenta učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju biomase i prinosa zrna, koji su u brojniku razlomka, evapotranspirirana voda(WU) je u nazivniku razlomka, stoga navedene izrazito pozitivne korelacije između WU i produkcije biomase, te WU i produkcije prinosa zrna privlače posebnu pozornost. Vjerojatno je to posljedica izraženije fiziološke aktivnosti cijele biljke uključujući i korijenov sistem, što rezultira većim usvajanjem vode, vjerojatno i hranjiva, što ima za posljedicu veći prinos zrna i veću produkciju biomase.

Osam kultivara ozimog ječma od ukupno 10 kultivara ispitanih u vegetacijskim loncima ispitivani su u poljskim komparacijskim pokusima na 4 lokacije (Osijek, Nova Gradiška, Požega i Tovarnik) u 4 vegetacijske godine (2003/2004., 2004/2005., 2005/2006. i 2006/2007.) i dvije norme sjetve (300 zrna/m^2 i 450 zrna/m^2). Rezultate navedenih poljskih

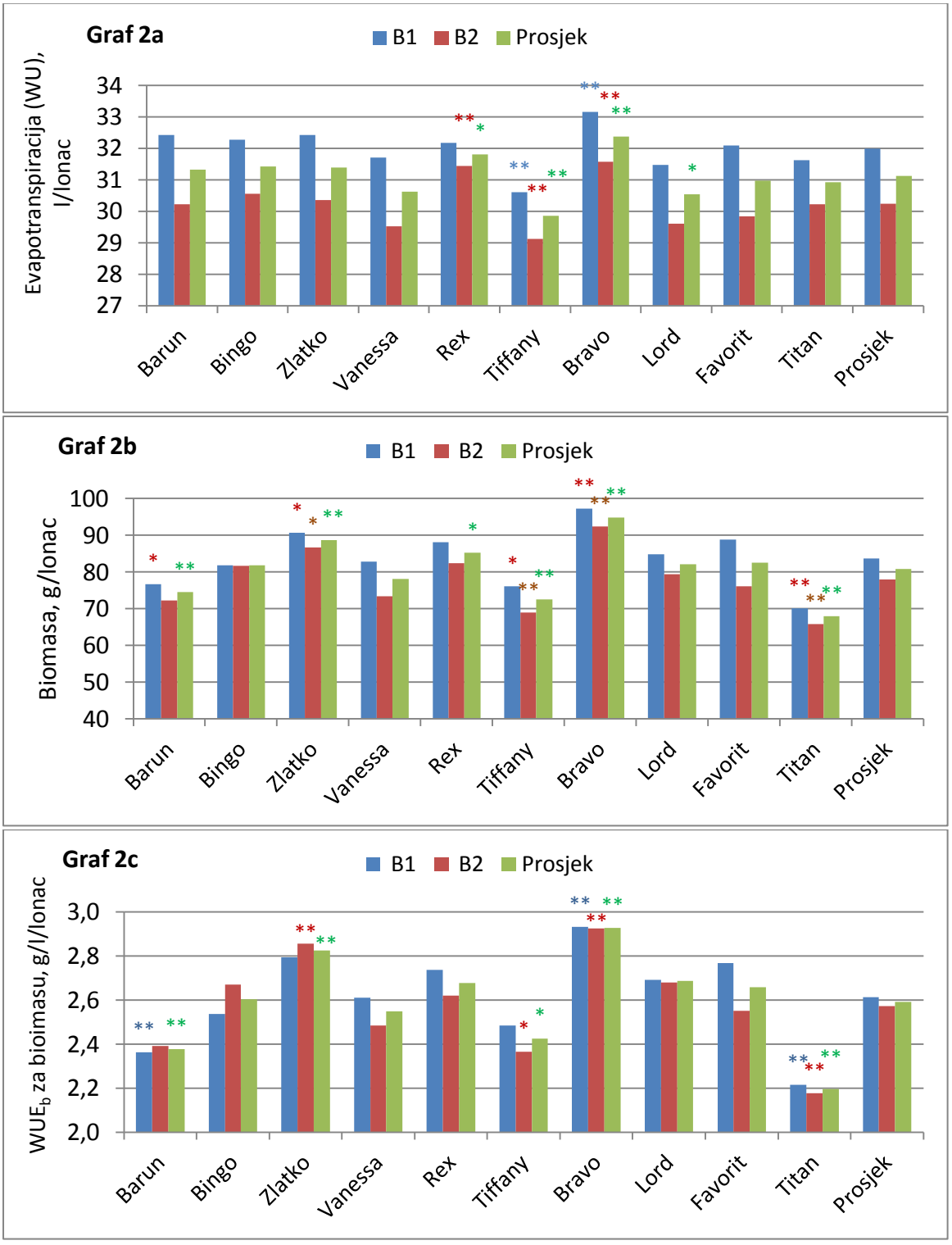
komparacijskih pokusa objavili su Lalić i sur. (2009.). U ovom radu izračunati su korelacijski koeficijenti indeksa učinkovitosti iskorištenja vode dobiveni temeljem podataka pokusa izvedenog u vegetacijskim loncima za 8 kultivara ozimog ječma (1A – Barun, 2A – Bingo, 3A – Zlatko, 4A – Vanessa, 5A – Rex, 6A – Tiffany, 7A – Lord i 8A – Favorit) i prinosa zrna istih kultivara u poljskim komparacijskim pokusima koje su objavili Lalić i sur. (2009.) (Graf 4a, 4b; Graf 5a, 5b; Graf 6a, 6b; Graf 7a, 7b i Graf 8a, 8b).

Utvrđeni su pozitivni korelacijski koeficijenti između indeksa učinkovitosti iskorištenja vode 8 kultivara ozimog ječma ispitivanih u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana(B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* i rezultata prinosa zrna postignutog u poljskim komparacijskim pokusima koje su objavili Lalić i sur. (2009.), što je prikazano Grafom 4a, 4b, Grafom 5a, 5b, Grafom 6a, 6b, Grafom 7a, 7b i Grafom 8a i 8b).

Koeficijenti učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna 8 kultivara ozimog ječma u obje varijante tretmana (B1 i B2) pozitivnoj su korelacijskoj vezi s prosječnim prinosom zrna postignutim u četverogodišnjim komparacijskim pokusima izvedenim u dvije gustoće sklopa na lokaciji Osijek (WUE_yB1 vs prinos: r = 0,701; WUE_yB2 vs prinos: r = 0,785) (Graf 4a), lokaciji Nova Gradiška (WUE_yB1 vs prinos: r = 0,557; WUE_yB2 vs prinos: r = 0,455) (Graf 4b), lokaciji Požega (WUE_yB1 vs prinos: r = 0,765; WUE_yB2 vs prinos: r = 0,906) (Graf 5a) i na lokaciji Tovarnik (WUE_yB1 vs prinos: r = 0,701; WUE_yB2 vs prinos: r = 0,785) (Graf 5b).

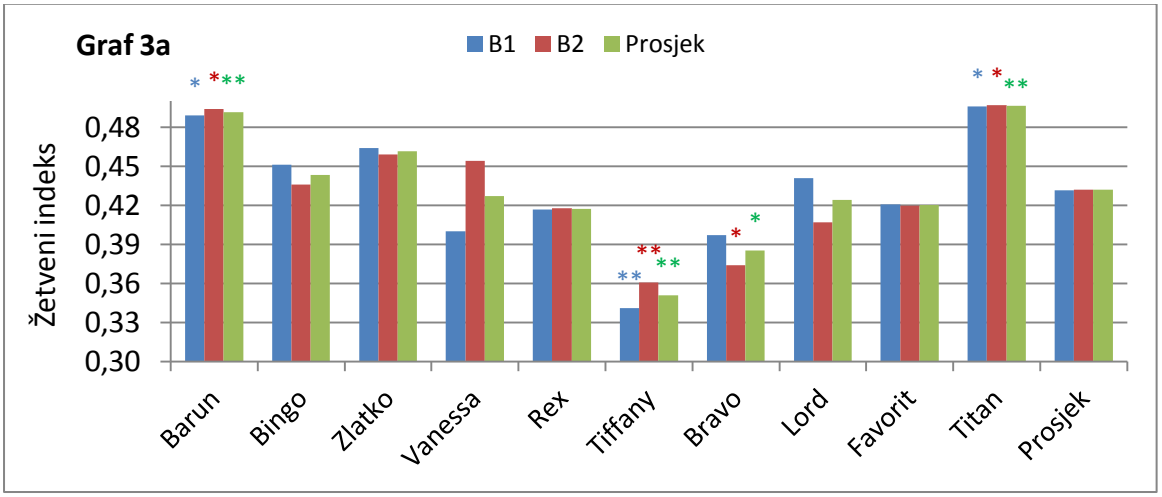
Također, koeficijenti učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) 8 kultivara ozimog ječma u obje varijante tretmana (B1 i B2) pozitivnoj su korelacijskoj vezi s prosječnim prinosom zrna postignutim na četiri navedene lokacije u komparacijskim pokusima izvedenim u dvije gustoće sklopa u 2004. godini (WUE_yB1 vs prinos: r = 0,823; WUE_yB2 vs prinos: r = 0,849) (Graf 6a), 2005. godini (WUE_yB1 vs prinos: r = 0,807; WUE_yB2 vs prinos: r = 0,877) (Graf 6b), 2006. godini (WUE_yB1 vs prinos: r = 0,622; WUE_yB2 vs prinos: r = 0,306) (Graf 7a) i 2007. godini (WUE_yB1 vs prinos: r = 0,469; WUE_yB2 vs prinos: r = 0,663) (Graf 7b).

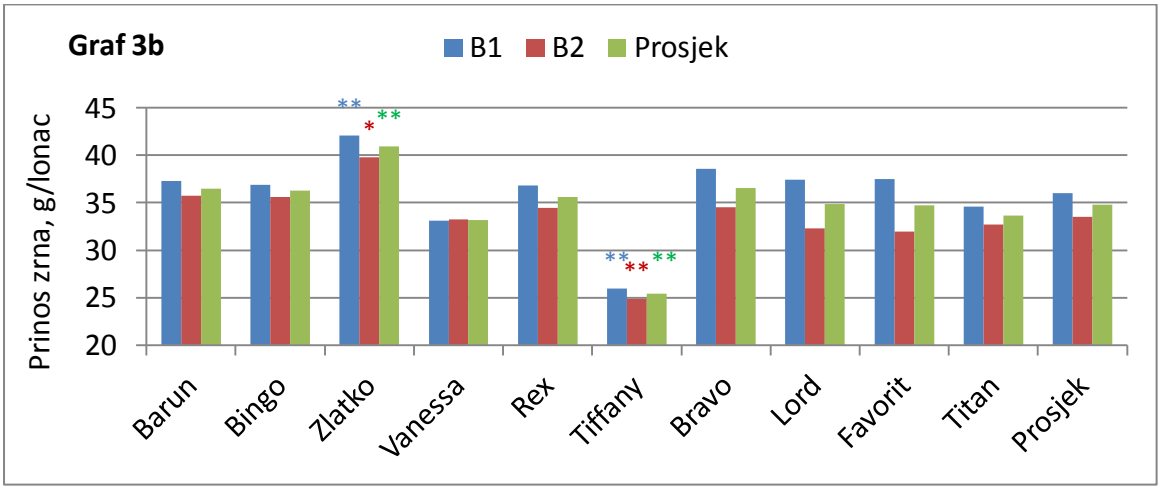
Koeficijenti učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) 8 kultivara ozimog ječma u obje varijante tretmana (B1 i B2) pozitivnoj su korelacijskoj vezi s prosječnim prinosom zrna postignutim na četiri lokacije i četiri godine s normom sjetve 300 zrna/m^2 (WUE_yB1 vs prinos: r = 0,776; WUE_yB2 vs prinos: r = 0,808) (Graf 8a) i s normom sjetve 450 zrna/m^2 (WUE_yB1 vs prinos: r = 0,791; WUE_yB2 vs prinos: r = 0,838) (Graf 8b).

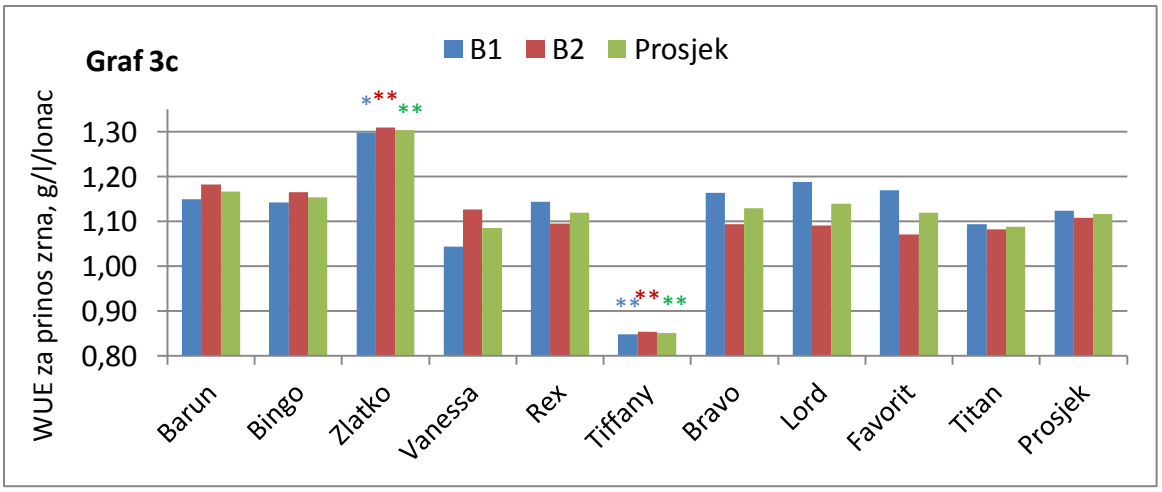


Značajnost razlika od prosjeka: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$

Graf 2. Srednje vrijednosti kultivara ozimog ječma izvedenom u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana(B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) za evapotranspiriranu vodu (WU) (Graf 2a), biomasu (Graf 2b) i indeks učinkovitosti vode za produkciju biomase (WUE_b)(Graf 3c)

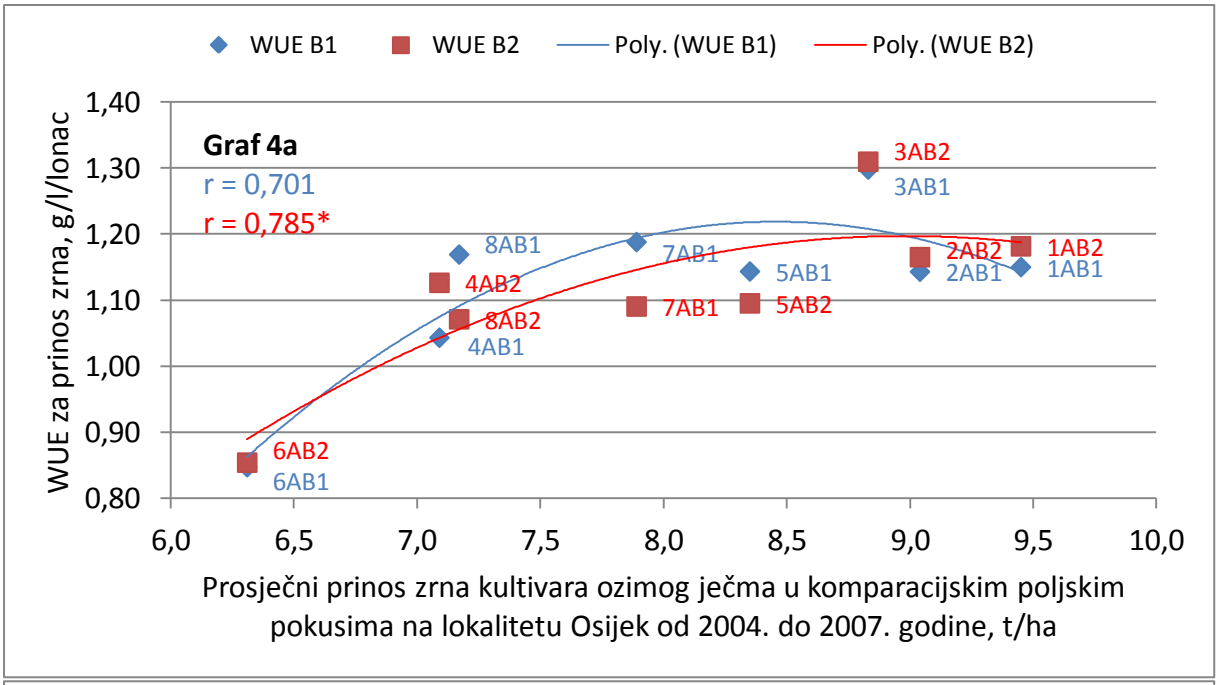


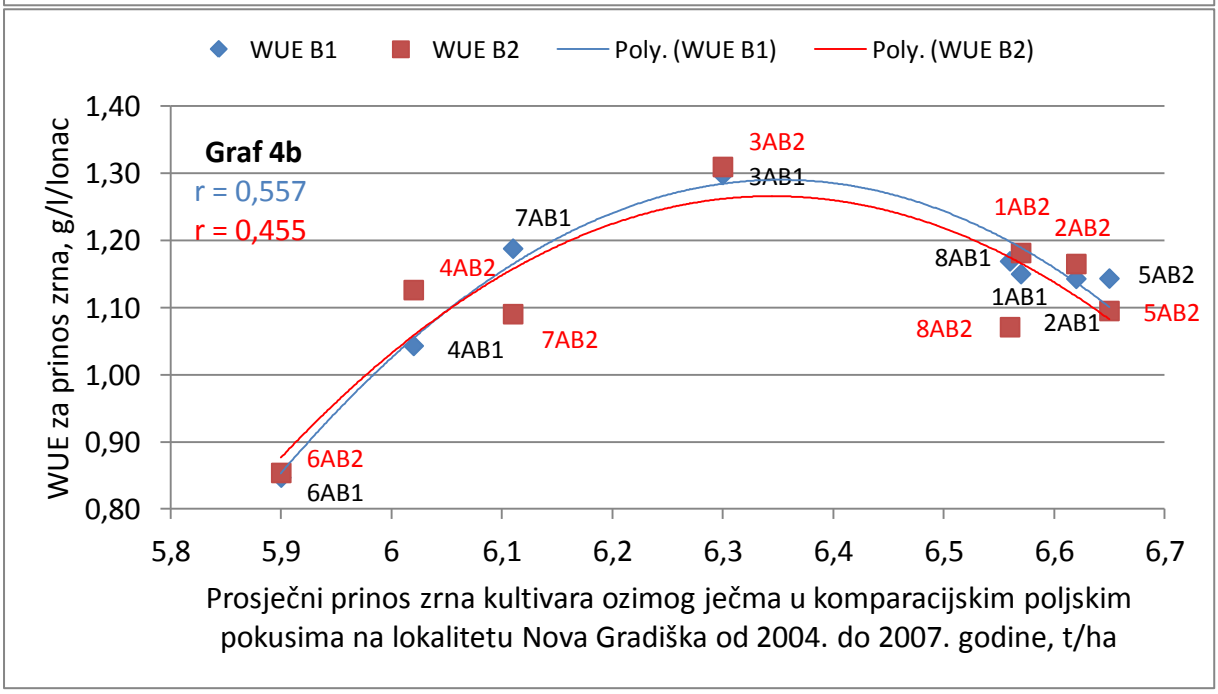




Graf 3. Srednje vrijednosti kultivara ozimog ječma izvedenom u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana(B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) za žetveni indeks (Graf 3a), prinos zrna (Graf 3b) i indeks učinkovitosti vode za prinos zrna (WUE_y)(Graf 3c)

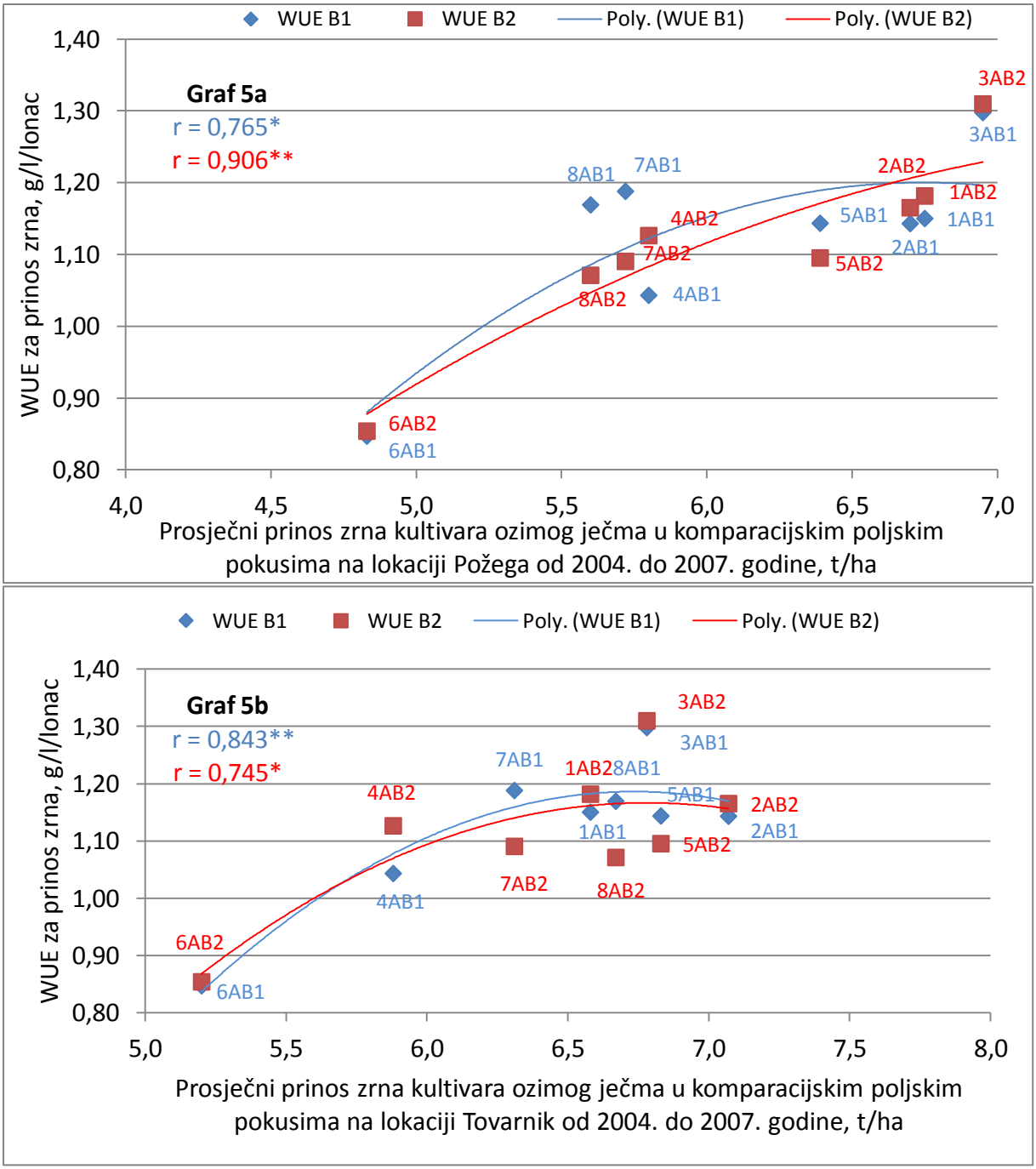
.





1A – Barun, 2A – Bingo, 3A – Zlatko, 4A – Vanessa, 5A – Rex, 6A – Tiffany, 7A – Lord, 8A – Favorit
Značajnost koeficijenta korelacije: * P ≤ 0,05

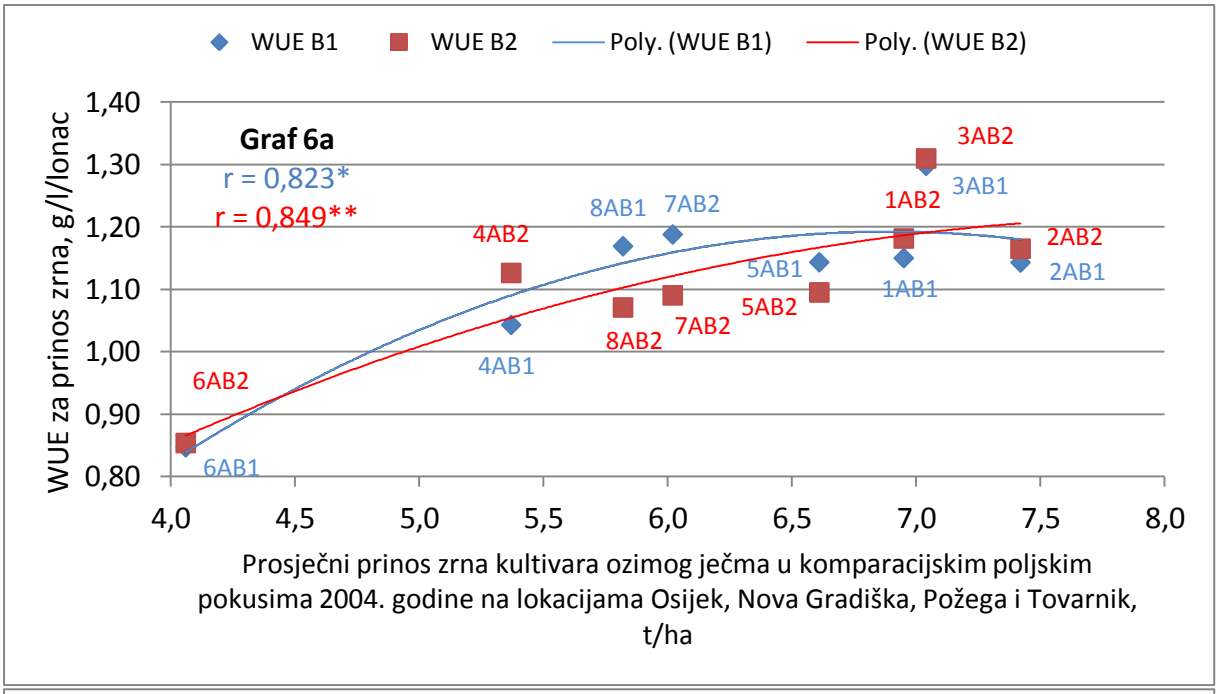
Graf 4. Indeks učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) utvrđen na temelju podataka za 8 kultivara ozimog ječma dobivenim u pokusu u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) u odnosu na prosječni prinos zrna istih kultivara u postignut u četverogodišnjim poljskim pokusima u Osijeku (Graf 4a) i Novoj Gradiški (Graf 4b) od 2004. do 2007. godine.

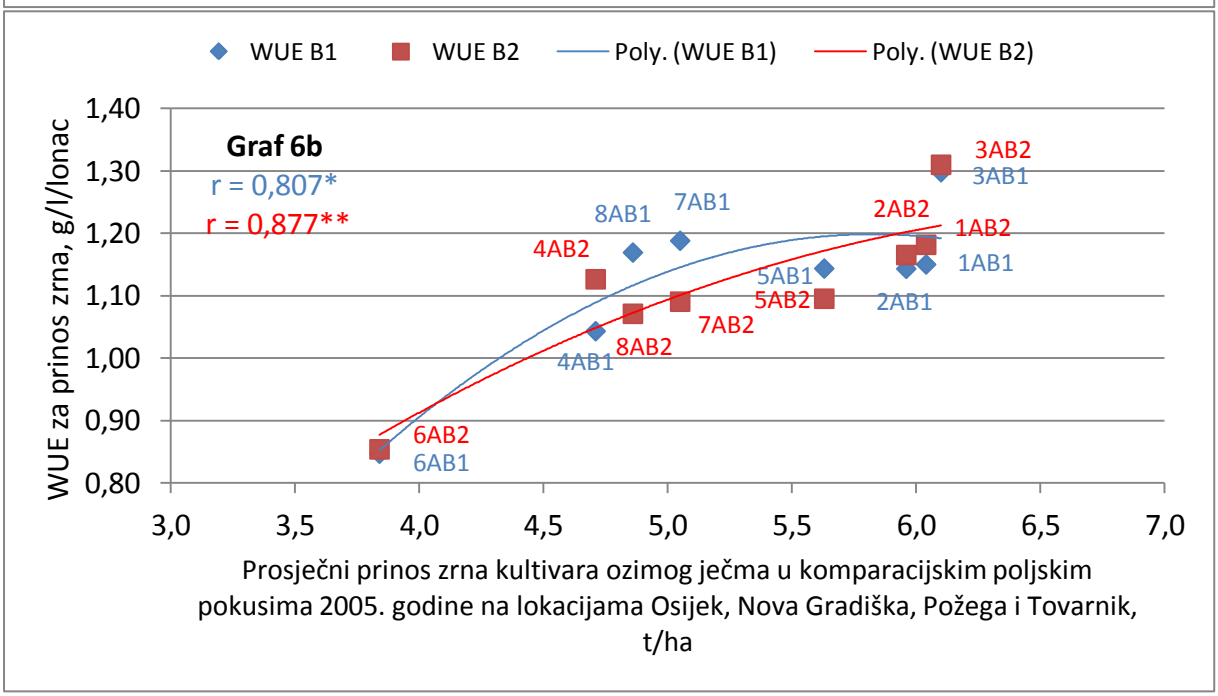


1A – Barun, 2A – Bingo, 3A – Zlatko, 4A – Vanessa, 5A – Rex, 6A – Tiffany, 7A – Lord, 8A – Favorit

Značajnost koeficijenta korelacije: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$

Graf 5. Indeks učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) utvrđen na temelju podataka za 8 kultivara ozimog ječma dobivenim u pokusu u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) u odnosu na prosječni prinos zrna istih kultivara u postignut u četverogodišnjim poljskim pokusima u Požegi (Graf 5a) i Tovarniku (Graf 5b) od 2004. do 2007. godine

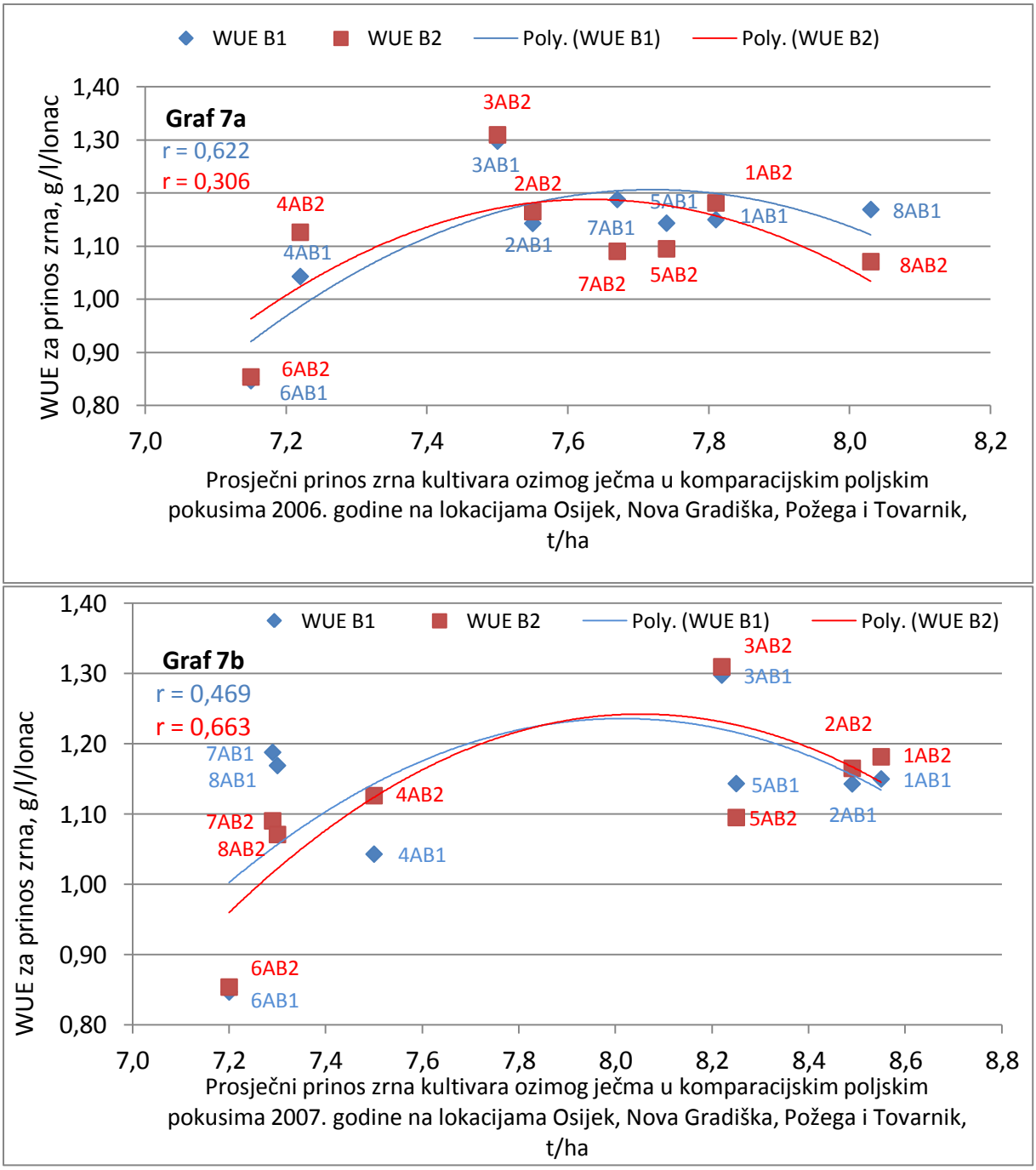




1A – Barun, 2A – Bingo, 3A – Zlatko, 4A – Vanessa, 5A – Rex, 6A – Tiffany, 7A – Lord, 8A – Favorit

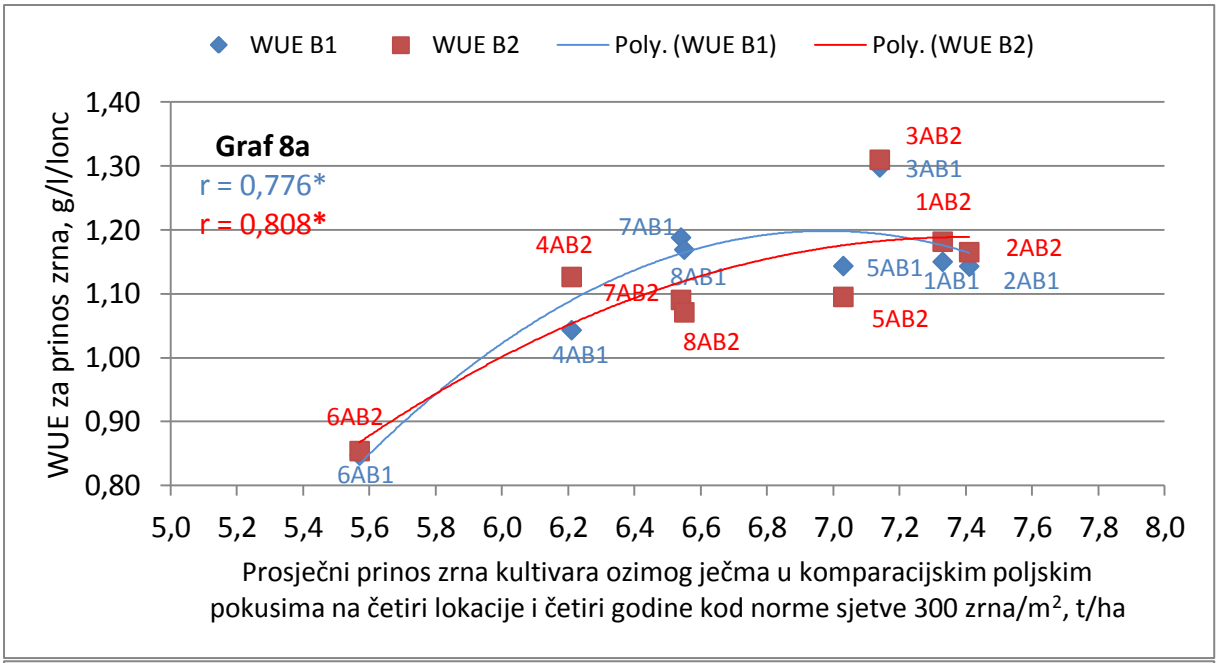
Značajnost koeficijenta korelacije: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$

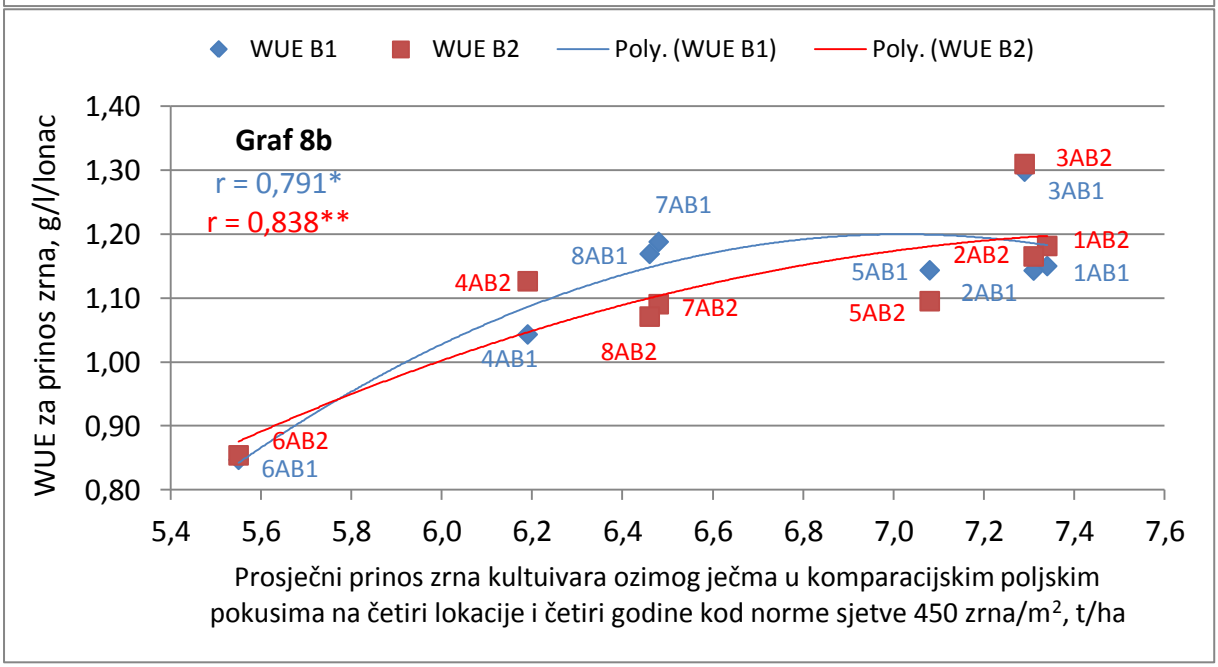
Graf 6. Indeks učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) utvrđen na temelju podataka za 8 kultivara ozimog ječma dobivenim u pokusu u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) u odnosu na prosječni prinos zrna istih kultivara u postignut u četverogodišnjim poljskim pokusima 2004. godine (Graf 6a) i 2005. godine (Graf 6b) na lokacijama Osijek, Nova Gradiška, Požega i Tovarnik



1A – Barun, 2A – Bingo, 3A – Zlatko, 4A – Vanessa, 5A – Rex, 6A – Tiffany, 7A – Lord, 8A – Favorit

Graf 7. Indeks učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) utvrđen na temelju podataka za 8 kultivara ozimog ječma dobivenim u pokusu u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) u odnosu na prosječni prinos zrna istih kultivara u postignut u četverogodišnjim poljskim pokusima 2006. godine (Graf 7a) i 2007. godine (Graf 7b) na lokacijama Osijek, Nova Gradiška, Požega i Tovarnik





1A – Barun, 2A – Bingo, 3A – Zlatko, 4A – Vanessa, 5A – Rex, 6A – Tiffany, 7A – Lord, 8A – Favorit
Značajnost koeficijenta korelacije: * P ≤ 0,05; ** P ≤ 0,01

Graf 8. Indeks učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) utvrđen na temelju podataka za 8 kultivara ozimog ječma dobivenim u pokusu u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) u odnosu na prosječni prinos zrna istih kultivara u postignut u četverogodišnjim poljskim pokusima od 2004. do 2007. godine 2006. godine na lokacijama Osijek, Nova Gradiška, Požega i Tovarnik s normom sjetve od 300 zrna/m^2 (Graf 8a) i 450 zrna/m^2(Graf 8b)

Većina korelacijskih koeficijenata između indeksa učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju prinosa zrna kultivara ozimog ječma, koji su dobiveni temeljem rezultata u vegetacijskim loncima, u značajnim su korelacijskim vezama s prinosom zrna postignutim u poljskim komparacijskim pokusima koje su objavili Lalić i sur. (2009.). To ukazuje na mogućnost korištenja rezultata dobivenih u pokusu u vegetacijskim loncima za procjenu važnih gospodarskih svojstava linija i kultivara ozimog ječma, što može imati značaja u preliminarnom izboru između različitih genotipova u postupku budućih ispitivanja u cilju razvoja rodnog i stabilnog kultivara posebice tolerantnog na sušu i visoke temperature. Evapotranspirirana voda pojedinih kultivara (genotipova), odnosno iskoristivost vode u tvorbi prinosa zrna (WUEy) može imati u tome posebno važan značaj na što su ukazali njihovi pozitivni korelacijski koeficijenti s prinosom zrna.

7. ZAKLJUČCI

Rezultati pokusa s 10 kultivara ozimog ječma (Barun, Bingo, Zlatko, Vanessa, Rex, Tiffany, Lord, Favorit, Bravo i Titan) i dvije varijante tretmana (B1 = dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* pred kraj busanja, *b)* pojave lista zastavičara i početka klasanja, *c)* nalijevanja zrna), izvedenog u vegetacijskim loncima ukazuje na vrlo značajne razlike između kultivara ozimog ječma za prinos zrna po vegetacijskom loncu, biomasu po vegetacijskom loncu, žetveni indeks, evapotranspiriranu vodu (WU), indeks učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju biomase (WUE_b) i indeks učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y).

Utvrđene su vrlo značajne razlike između B1 i B2 varijante tretmana za prinos zrna, biomasu i evapotranspiriranu vodu (WU). U varijanti tretmana u kojoj je višekratno izazvan stres uslijed nedostatka vode (B2) značajno je smanjen prinos zrna, biomasa i evapotranspirirana voda (WU).

Tretmani nisu uzrokovali razlike u žetvenom indeksu i indeksu učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju biomase (WUE_b) i prinosa zrna (WUE_y).

Utvrđeno je da interakcija između kultivara i varijanti tretmana nije bila značajna niti za jedno od ispitivanih svojstava ozimog ječma.

Kod kultivara ozimog dvorednog ječma Bravo i Rex utvrđeno je značajno više evapotranspirirane vode u vegetacijskim loncima (WU) u odnosu na prosječne vrijednosti evapotranspirirane vode svih ispitivanih kultivara ječma.

Značajno manja količina evapotranspirirane vode (WU) utvrđena je za kultivar ozimog dvorednog ječma Tiffany i za kultivar ozimog višerednog ječma Lord.

Većom produkcijom nadzemnih dijelova biomase značajno višom od prosječnih vrijednosti svih kultivara u pokusu odlikuju se kultivari ozimog dvorednog ječma Bravo i Zlatko. Značajno manja produkcija nadzemnih dijelova biomase od prosječnih vrijednosti svih kultivara u pokusu utvrđena je za kultivar ozimog višerednog ječma Titan i za kultivar ozimog dvorednog ječma Tiffany.

Kultivari ozimog dvorednog ječma Bravo i Zlatko polučili su najveći indeks iskoristivosti vode za produkciju nadzemnih dijelova biomase.

Značajno manji indeks učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju biomase (WUE_b) utvrđen je za kultivar ozimog višerednog ječma Titan i za kultivare ozimog dvorednog ječma Barun i Tiffany.

Kultivar ozimog dvorednog ječma Bravo imao je najviše vrijednosti evapotranspirirane vode (WU), najveću produkciju nadzemnih dijelova biomase, ali i najveći indeks učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju biomase u odnosu na ostale kultivare.

Indeks učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju biomase (WUE_b) kultivara ozimog ječma većinom je u pozitivnoj korelaciji s prinosom zrna po vegetacijskom loncu koja se većinom ne razlikuje značajno od r = 0.

Indeks učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju nadzemnog dijela biomase (WUE_b) je u vrlo jakim (potpunim) pozitivnim korelacijskim vezama s produkcijom biomase po vegetacijskom loncu (r = 0,86 do 0,98), dok su korelacijski koeficijenti indeksa učinkovitosti iskorištenja vode sa žetvenim indeksom većinom negativni (r = -0,16 do -0,58), ali koji se ne razlikuje značajno od r = 0. Žetveni indeks važan je parametar koji je u pozitivnoj korelaciji s prinosom zrna.

Kultivar ozimog dvorednog ječma Zlatko polučio je značajno veći prinos zrna po vegetacijskom loncu u obje varijante tretmana u odnosu na prosječne vrijednosti prinosa zrna svih kultivara, dok je kultivar ozimog dvorednog ječma Tiffany polučio značajno manji prinos zrna po vegetacijskom loncu u obje varijante tretmana.

Indeks iskoristivosti vode za produkciju prinosa zrna (WUE_y) kultivara ozimog ječma pokazao je istu tendenciju kao i prinos zrna jer je kultivar Zlatko u odnosu na prosječne vrijednosti svih kultivara u pokusu polučio statistički opravdano veću učinkovitost iskorištenja vode za produkciju zrna (WUE_b) u obje varijante tretmana, dok je kultivar Tiffany polučio statistički opravdano manju učinkovitost iskorištenja vode za produkciju zrna u obje varijante tretmana. To potvrđuju i korelacijski koeficijenti indeksa učinkovitosti vode za prinos zrna (WUE_y) s prinosom zrna po vegetacijskom loncu, koji su izrazito visoki i pozitivni (potpuni) (r = 0,88 do r = 0,99) (Tablica 7).

Indeks iskorištenja vode za tvorbu prinosa zrna (WUE_y) u obje varijante tretmana bio je u pozitivnim korelacijskim odnosima i s produkcijom nadzemnih dijelova biomase u obje varijante tretmana, kao i u prosjeku tretmana (r = 0,32 do r = 0,62), ali ti koeficijenti se statistički značajno ne razlikuju od r = 0.

Indeks iskorištenja vode za produkciju prinosa zrna (WUE_b) bio je u pozitivnim korelacijskim vezama s žetvenim indeksom (r = 0,37 do r = 0,70) među kojima ima korelacijskih koeficijenata značajno različitih od r = 0.

Količina evapotranspirirane vode po vegetacijskom loncu (WU) je bila u pozitivnoj korelacijskoj vezi s produkcijom biomase (r = 0,53 do r = 0,75) i prinosa zrna (r = 0,56 do r = 0,82) po vegetacijskom loncu i to u svim kombinacijama tretmana.

Indeksi učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) utvrđeni temeljem podataka pokusa izvedenog u vegetacijskim loncima za 8 kultivara ozimog ječma u obje varijante tretmana (B1 i B2) su većinom značajnoj pozitivnoj korelacijskoj vezi s prosječnim prinosom zrna postignutim u četverogodišnjim komparacijskim pokusima izvedenim u dvije gustoće sklopa na lokacijama Osijek, Nova Gradiška, Požega i Tovarnik (od r = 0,455 do r = 0,906).

Indeksi učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) utvrđeni temeljem podataka pokusa izvedenog u vegetacijskim loncima za 8 kultivara ozimog ječma u obje varijante tretmana (B1 i B2) su većinom značajnoj pozitivnoj korelacijskoj vezi s prosječnim prinosom zrna postignutim na četiri lokacije u komparacijskim pokusima izvedenim u dvije gustoće sklopa u 2004. godini, 2005. godini, 2006. godini i 2007. godini (od r = 0,306 do r = 0,877).

Indeksi učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) utvrđeni temeljem podataka pokusa izvedenog u vegetacijskim loncima za 8 kultivara ozimog ječma u obje varijante tretmana (B1 i B2) u značajnoj su pozitivnoj korelacijskoj vezi s prosječnim prinosom zrna postignutim na 4 lokacije i 4 godine s normom sjetve 300 zrna/m^2 (r = 0,776 za varijantu tretmana dobro opskrbljenu vodom - B1 i r = 0,808 za varijantu tretmana izazvanog višekratnog stresa uslijed nedostatka vode - B2) i s normom sjetve 450 zrna/m^2 (r = 0,791 za varijantu tretmana dobro opskrbljenu vodom - B1 i r = 0,838 za varijantu tretmana izazvanog višekratnog stresa uslijed nedostatka vode - B2).

Većina korelacijskih koeficijenata između indeksa učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju prinosa zrna (WUE_y) kultivara ozimog ječma, koji su dobiveni temeljem rezultata u vegetacijskim loncima, u značajnim su korelacijskim vezama s prinosom zrna postignutim u poljskim komparacijskim pokusima. To ukazuje na mogućnost korištenja rezultata dobivenih u pokusu u vegetacijskim loncima za procjenu važnih gospodarskih svojstava linija i kultivara ozimog ječma, što može imati značaja u preliminarnom izboru između različitih genotipova u postupku budućih ispitivanja u cilju razvoja rodnog i stabilnog kultivara posebice tolerantnog na sušu i visoke temperature. Evapotranspirirana voda pojedinih kultivara (genotipova), odnosno iskoristivost vode u tvorbi prinosa zrna (WUEy), može imati u tome posebno važan značaj na što su ukazali pozitivni korelacijski koeficijenti s prinosom zrna.

Rezultati ovih istraživanja uvelike zavise o uvjetima ispitivanja (intenzitet učestalosti trajanja stresa uslijed nedostatka vode i variranja temperature zraka) koji su promjenjivi zavisno o lokaciji, vremenskim prilikama tijekom vegetacijskih godina.

8. LITERATURA

Akhter, J., i sur., 2008.: Relationships between carbon isotope discrimination and grain yield, water-use efficiency and growth parameters in wheat (*Triticum aestivum* L.) under different water regimes. Pak. J. Bot., 40: 1441-1454

Ali, M.H. i Talukder, M.S.U., 2008. : Increasing water productivity in crop production-A synthesis. Agric. Water Manage., 95: 1201-1213.

Amudha, J. i Balasubraman, G., 2011.: Recent molecular advances to combat abiotic stress tolerance in crop plants, Central Institute for Cotton Research, Indian Council of Agricultural Research, Post Box 2, Shankar Nagar, Nagpur, Maharashtra-440 010, India

Antunović, J., 2013.: Utjecaj ekstremnog zasušivanja na biokemijske i fiziološke značajke klijanaca ječma (Hordeum vulgare L.) uzgojenih pri slabom i jakom osvjetljenju, doktorski rad, Osijek.

Araus, J.L., i sur., 2008.: Breeding for yield potential and stress adaptation in cereals. Critical Reviews in Plant Sciences 27(6): 377–412.

Bierhuizen, J. F. i Slatyer, R. O., 1965.: Effect of atmospheric concentration of water vapour fluxes over terrestrial ecosystems. Global Change Biology 2: 159-168.

Blum A, i sur., 1983: Chemical desiccation of wheat plants as a simulator of post-anthesis stress. I. Effects on translocation and kernel growth. Field Crops Research 6, 51–58. doi: 10.1016/0378-4290(83)90047-3

Blum, A., 2005.: "Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential—are they compatible, dissonant, or mutually exclusive?", Australian Journal of Agricultural Research 56, 1159–1168.

Blum, A., 2009.: Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress, Field Crops Research, Volume 112, Issues 2–3, 26 June 2009, Pages 119–123, Plantstress.com, P.O. Box 16246, Tel Aviv, Israel.

Bray, A. i sur., 2006.: Responses to abiotic stresses. In Biochemistry and molecular biology of plants (Buchanan B., Gruissem W., Jones R. Eds.) Sixth impression (paperback), Singapore, 1159.-1160.

Brian J. A., i sur., 1999.: Plants in action, Australian Society of Plant Scientists, New Zealand Society of Plant Biologists, and New Zealand Institute of Agricultural and Horticultural Science

Boutra, T., 2010.: Improvement of Water Use Efficiency in Irrigated Agriculture: A Review. Journal of Agronomy, 9: 1-8.

Ceccarelli S., i sur. 1998.: Choice of selection strategy in breeding barley for stress environments. Euphytica 103, 307.-318.

Ceccarelli, S., i sur., 2000.: A methodological study on participatory barley breeding. I . Selection phase. Euphytica 111: 91–104.

Condon AG, i sur., 2002: Improving intrinsic water-use efficiency and crop yield. Crop Science 42, 122–131

Cowan IR., 1986.: Economics of carbon ®xation in higher plants. In: Givnish TJ, ed. On the economy of plant form and function. Cambridge: Cambridge University Press, 133±170

Eagles, H.A. i sur., 1995: Cultivar and enviromental effects on malting quality in barley. Australian Journal of Agriculture Research, 46:831-844.

Edmeades G., i sur., 2006: Improving tolerance to abiotic streesses in staple crops: A random or planned process? Plant breeding: The Arnel R. Hallauer International Symposium (Lamkey K. R. and Lee M. Eds.), Blackwell Publishing Ltd, Ames, Iowa, USA, 2006., 293.-310.

Farquhar, G.D., i sur., 1989.: Carbon isotope fractionation and plant water-use efficiency. In: Rundel, P.W., Ehleringer, J.R., Nagy, K.A.(Eds.), Stable Isotopes in Ecological Research. Springer-Verlag, New York, pp. 21–40

Hatfield, L. J., 2001.: Managing Soils to Achieve Greater Water Use Efficiency, 10.2134/agronj2001.932271xVol. 93 No. 2, *p. 271-280*

Janeković, Đ., 1971.: Pedološke karakteristike Slavonije i Baranje. Zbornik Radova Prvog znanstvenog sabora Slavonije i Baranje, 17-19. svibanj 1970.

Kobata T., i sur.,1996.: Contributions of capacity for soil water extraction and water use efficiency to maintenance of dry matter production in rice subjected to drought. Nihon Sakumotsu Gakkai Kiji 65, 652–662.

Kovačević J, i sur., 2011.: Photosynthetic efficiency in juvenile stage and winter barley breeding for improved grain yield and stability. Poljoprivreda 17(1): 28-35

Kovačević, M., 2009.: Uloga sorte u otpornosti pšenice i ječma prema suši, diplomski rad, Osijek.

Kranner I, i sur., 2010.: What is stress? Concepts, definitions and applications in seed science. New Phytol 188: 655-673.

Lalić A., i sur., 2009.: Sadržaj bjelančevina i urod zrna kod ozimog ječma s obzirom na sinergiju genotipa i okoliša u Republici Hrvatskoj. Poljoprivreda 15(1), 11.-17.

Lawlor, DW., 2002.: Limitation to photosynthesis in water-stressed leaves: stomata vs. metabolism and the role of ATP. Ann Bot-London 89: 871-885

Lawlor, DW, i Cornic, G., 2002.: Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant Cell Environ 25: 275-294

Leuning R, i sur., 2004.: Spatial and temporal variation in fluxes of energy, water vapour and carbon dioxide during OASIS 1994 and 1995. Boundary Layer Meteorology. 110: 3-38.

Lopezcastaneda, C., i Richards, RA., 1994.: "Variation in temperate cereals in rainfed environments". 3. Water use and water-use efficiency.Field Crops Research39, 85–98. doi: 10.1016/0378-4290 (94)90011-6

Martin, B., i sur., 1999.: "Carbon isotope discrimination as a tool to improve water-use efficiency in tomato", Crop Science 39, 1775–1783.

Mandre, M., 2002.: Stress concepts and plants. - Forestry studies / Metsanduslikud uurimused 36: 9-16

Munoz, P., i sur., 1998.: "Changes over time in the adaptation of barley releases in North-eastern Spain", Plant Breeding 117, 531–535.

Passioura, J. B., 1977. i Angus, J. F., 2010.: Improving Productivity of Crops in Water-Limited Environment, Advances in Agronomy, Volume 106, CSIRO Plant Industry, GPO Box 1600, Canberra, Australia.

Reynolds MP, i sur. 1994.: Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. Australian Journal of Plant Physiology 21,717–730.

Reynolds, P.M., i sur., 2007.: Evaluating Potential Genetic Gains in Wheat Associated with Stress-Adaptive Trait Expression in Elite Genetic Resources under Drought and Heat Stress, doi: 10.2135/cropsci2007.10.0022IPBS Vol. 47 No. Supplement_3, p. S-172-S-189

Richards, R.A., i sur., 1991.: Effect of drought on residual transpiration and its relationship with water use of wheat. Can. J. Plant Sci., 71: 695-702.

Romić, D., i sur., 2006.: Hidropedološka studija s idejnim rješenjem navodnjavanja proizvodnih površina Poljoprivrednog instituta Osijek. Zagreb, pp. 1-87.

Savin, R.S., i Nicolas, M.E., 1996.: Effects of short periods of drought and high temperature on grain growth and starch accumulation of two malting barley cultivars. Aust. J. Pl. Physiol., 23:201-210.

Schelling, K., i sur., 2003.: Relationships between Yield and Quality Parameters of Malting Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Phenological and Meteorological Data. Journal of Agronomy and Crop Science, 189(2):113-122.

Shamsi, K., i sur., 2010.: Drought stress mitigation using supplemental irrigation in rainfed chickpea (Cicer arietinum L.) varieties in Kermanshah, Iran, Department of Agronomy, Islamic Azad University, Kermanshah Branch, P. O. Box 671 55 1774., Iran.

Sivamani, E., i sur., 2000.: Improved biomass productivity and water use efficiency under water deficit conditions in transgenic wheat constitutively expressing the barley HVA1 gene, Plant Science, Volume 155, Issue 1, 12 June 2000, Pages 1–9.

Tanner, C.B., i Sinclair, T.R., 1983.: Efficient water use in crop production: research or research. In: Taylor, H.M., et al. (Eds.), Limitations to Efficient Water Use in Crop Production. ASA, Madison, WI, pp. 1–27

Tanner, C.B., 1981.: Transpiration efficiency of potato. Agron. J. 73, 59–64.

Tolk, JA., i Howell, TA., 2003.: "Water use efficiencies of grain sorghum grown in three USA southern Great Plains soils", Agricultural Water Management 59, 97–111. doi: 10.1016/S0378-3774(02)00157-9

Viets, F.G., 1962.: Fertilizers and the efficient use of water. Adv. Agron., 14: 233-264.

Yong'an, L., i sur., 2010.: Effect of drought on water use efficiency, agronomic traits and yield of spring wheat landraces and modern varieties in Northwest China, Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, P. R. China, Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, P. R. China, Vol. 5(13), pp. 1598-1608

Zhang, JW., i sur., 1997.: "Carbon isotopic composition, gas exchange, and growth of three populations of ponderosa pine differing in drought tolerance", Tree Physiology 17, 461–466.

9. SAŽETAK

Deset kultivara ozimog ječma (Barun, Bingo, Zlatko, Vanessa, Rex, Tiffany, Bravo, Lord, Favorit i Titan) uzgajani su u vegetacijskim loncima u tri ponavljanja na Poljoprivrednom institutu Osijek. Tlo za pokus je uzeto s parcele Poljoprivrednog instituta (tip tla je humofluvisol černozemni). Analiziran je utjecaj stresa izazvanog sušom na prinos zrna i biomase, žetveni indeks, indeks učinkovitosti iskorištenaj vode i na količinu evapotranspirirane vode. Kontrolna varijanta bila je dobro opskrbljena vodom, a u stresnoj varijanti izostavljanjo je tri puta dodavanja vode (pred kraj busanja, početkom klasanja i u nalijevanju zrna). Ustanovljene su značajne razlike između kultivara za prinos zrna i biomase, žetveni indeks, evapotranspiranu vodu i indeks iskorištenja vode. Stres izazvan sušom je značajno utjecao na prinose zrna i biomase, te na transpiriranu vodu, dok su razlike u žetvenom indeksu i iskorištenju vode bile statistički beznačajne. Kultivari Bravo i Rex izdvajali su se od ostalih kultivara većom , a kultivari Tiffany i Lord manjom količinom evapotranspirirane vode. Kultivari Bravo i Zlatko imali su značajno veće prinose nadzemne biomase i veću iskoristivost vode za prinos nadzemne mase od kultivara Titan i Tiffany. Kultivar Bravo imao je najviše evapotranspirirane vode, najveću produkciju nadzemnih dijelova biomase, ali i najveći indeks učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju biomase. Najveći prinos zrna imao je kultivar Zlatko (42 g/lonac), a najmanji prinos kultivar Tiffany (25 g/lonac), a između ovih kultivara postojale su i značajne tazlike u indeksu iskoristivosti vode. Inače, korelacija indeksa iskoristivosti vode s prinosom zrna bila je vrlo visoka i u rasponu od r = 0,88 do r = 0,99.

U uvjetima stresa izazavnog sušom, kultivar Zlatko imao je prinos zrna manji za 2 g/lonac, kod kultivara Favorit i Lord prinos bio niži za 5 g/lonac, a kod Vanessa prinos je bio osrednji (33 g/lonac) i praktično jednak na obje varaijante ponude vode. Rezultati dobiveni i loncima su uspoređivani s onima u poljskim uvjetima. Pri tome su dobivene uglavnom visoke korelacije, što ukazuje na činjenicu da se pokusima u vegetacijskim loncima mogu biti pouzdana zamjena za one u polju.

10. SUMMARY

Divegency of water use efficiency and important agronomic characteristics of winter barley cultivars

Ten cultivars of winter barley (*Barun, Bingo, Zlatko, Vanessa, Rex, Tiffany, Bravo, Lord, Favorit i Titan*) were grown in the vegetative pot experiment on the Agricultural Institute Osijek. The soil was taken from Institute arable land (soil type humofluvisol chernozemic).
Impacts of drought stress (before end of tillering, beginning of earing, grain filling) on grain and biomass yields, the harvest index, water use efficiency and quantity of the evapotranspirated water, were tested. The water regime of the control treatment was normal.
The considerable differences among the culivars were found in the tested parameters.
Under drought stress conditions considerable differences in comparison with the normal water regime were found for grain and biomass yields and evapotranspirated water, while differences for the harvest index and water use efficiency were low and the statistically insignificant. Bravo and Rex stand out from the remaining cultivars by the higher and Tiffany and Lord by the lower quantities of evapotranspirated water. Bravo and Zlatko cultivars had considerably higher yields of biomass and water use efficiency in comparison with Titan i Tiffany. The cultivar Bravo had the highest values of evapotranspirated water, biomass yield and water use efficiency and water use efficiency for biomass production.
The differences of grain yields among the cultivars were in range from 25 g/pot (Tiffany) to 42 g/pot (Zlatko), and between these two cultivars considerable differences of water use efficiency were found. In general, the correlations (r) of water use efficiency and grain yields were very high and in the range from 0.88 to 0.99. Under drought stress conditions, grain yield of Zlatko cultivars was lower for 2 g/pot compared to normal water regime, the cultivars Favorit and Lord were more susceptible (yield difference 5 g/pot), while Vanessa was relative tolerant (about 33 g/pot for both treatments) to drought stress. The results of the pot experiment were compared by those under field conditions. In general, high correlations of tested parameters were found. Based on these findings, the vegetative pot experiment could be sucesfull used as substitution of the more expensive field experiments.

11. PRILOZI

Prilog 1. Popis tablica

Tablica 1 **.** Požete površine i prinosi glavnih ratarskih kultura u Republici Hrvatskoj (RH) – podaci Državnog zavoda za statistiku Zagreb (DSZ, 2012.).....**1**

Tablica 2 **.** Količina oborina po mjesecima (prosjek 1961.-1990.g) za 13 mjesta u Hrvatskoj.....**10**

Tablica 3. Srednje temperature zraka po mjesecima (prosjek 1961.-1990.g) za 13 mjesta u Hrvatskoj.....**11**

Tablica 4. Oborine i srednje temperature zraka u Osijeku tijekom vegetacije i prinosi zrna ozimog ječma i pšenice u Hrvatskoj (RH).....**13**

Tablica 5. Analiza varijance pokusa izvedenog u vegetacijskim loncima za prinos zrna, biomasu, žetveni indeks, evapotranspiriranu vodu (WU) i indeks iskoristivosti vode za prinos zrna (WUE) za 10 kultivara ozimog ječma u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama a) kraj busanja, b) pojava lista zastavičara i početak klasanja, c) nalijevanje zrna)....**28**

Tablica 6. Najmanje značajne razlike između srednjih vrijednosti (LSD) u pokusu s 10 kultivara ozimog ječma izvedenom u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama a) kraj busanja, b) pojava lista zastavičara i početak klasanja, c) nalijevanje zrna) za prinos zrna, biomasu, žetveni indeks, evapotranspiriranu vodu (WU), indeks iskoristivosti vode za prinos zrna (WUEy) i indeks iskoristivosti vode za produkciju biomase (WUEb) **28**

Tablica 7. Korelacijski koeficijenti količine evapotranspirirane vode (WU), indeksa učinkovitosti usvajanja vode za prinos zrna (WUEy) i indeksa učinkovitosti usvajanja vode za a produkciju biomase (WUEb) s produkcijom biomase, žetvenim indeksom i prinosom zrna za 10 kultivara ozimog ječma u dvije varijante tretmana u vegetacijskim loncima (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama a) kraj busanja, b) pojava lista zastavičara i početak klasanja, c) nalijevanje zrna).....**29**

Prilog 2. Popis grafova

Graf 1. Sadržaj vode u tlu u vegetacijskim posudama s kultivarima ozimog ječma od 1 do 16. ožujka, od 16. do 30. travnja i od 16. do 31. svibnja pri različitim režimima sadržaja vode u tlu (B1 – održavanje sadržaja vode u tlu na razini dobre opskrbljenosti biljaka ječma; B2- izazvani kratkotrajni umjereni stres uslijed nedostatka vode u tri faze razvoja ječma (EC29; EC49/51; EC75/85).....**19**

Graf 2a. Srednje vrijednosti kultivara ozimog ječma izvedenom u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) za evapotranspiriranu vodu (WU).....**32**

Graf 2b. Srednje vrijednosti kultivara ozimog ječma izvedenom u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) za biomasu.....**32**

Graf 2c. Srednje vrijednosti kultivara ozimog ječma izvedenom u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) za indeks učinkovitosti vode za produkciju biomase (WUE_b).....**32**

Graf 3a. Srednje vrijednosti kultivara ozimog ječma izvedenom u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) za žetveni indeks.....**33**

Graf 3b. Srednje vrijednosti kultivara ozimog ječma izvedenom u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) za prinos zrna.....**33**

Graf 3c. Srednje vrijednosti kultivara ozimog ječma izvedenom u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) za indeks učinkovitosti vode za prinos zrna (WUE_y)...**33**

Graf 4a. Indeks učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) utvrđen na temelju podataka za 8 kultivara ozimog ječma dobivenim u pokusu u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) u odnosu na prosječni prinos zrna istih kultivara u postignut u četverogodišnjim poljskim pokusima u Osijeku od 2004. do 2007. godine.....**34**

Graf 4b. Indeks učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) utvrđen na temelju podataka za 8 kultivara ozimog ječma dobivenim u pokusu u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) u odnosu na prosječni prinos zrna istih kultivara u postignut u četverogodišnjim poljskim pokusima u Novoj Gradiški od 2004. do 2007. godine.....**34**

Graf 5a. Indeks učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) utvrđen na temelju podataka za 8 kultivara ozimog ječma dobivenim u pokusu u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) u odnosu na prosječni prinos zrna istih kultivara u postignut u četverogodišnjim poljskim pokusima u Požegi od 2004. do 2007. godine.....**35**

Graf 5b. Indeks učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) utvrđen na temelju podataka za 8 kultivara ozimog ječma dobivenim u pokusu u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) u odnosu na prosječni prinos zrna istih kultivara u postignut u četverogodišnjim poljskim pokusima u Tovarniku od 2004. do 2007. godine.....**35**

Graf 6a. Indeks učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) utvrđen na temelju podataka za 8 kultivara ozimog ječma dobivenim u pokusu u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed

nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) u odnosu na prosječni prinos zrna istih kultivara u postignut u četverogodišnjim poljskim pokusima 2004. godine na lokacijama Osijek, Nova Gradiška, Požega i Tovarnik.....**36**

Graf 6b. Indeks učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) utvrđen na temelju podataka za 8 kultivara ozimog ječma dobivenim u pokusu u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) u odnosu na prosječni prinos zrna istih kultivara u postignut u četverogodišnjim poljskim pokusima 2005. godine na lokacijama Osijek, Nova Gradiška, Požega i Tovarnik.....**36**

Graf 7a. Indeks učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) utvrđen na temelju podataka za 8 kultivara ozimog ječma dobivenim u pokusu u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) u odnosu na prosječni prinos zrna istih kultivara u postignut u komparacijskim pokusima 2006. godine.....**37**

Graf 7b. Indeks učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) utvrđen na temelju podataka za 8 kultivara ozimog ječma dobivenim u pokusu u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) u odnosu na prosječni prinos zrna istih kultivara u postignut u komparacijskim pokusima 2007. godine.....**37**

Graf 8a. Indeks učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) utvrđen na temelju podataka za 8 kultivara ozimog ječma dobivenim u pokusu u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) u odnosu na prosječni prinos zrna istih kultivara u postignut u četverogodišnjim poljskim pokusima od 2004. do 2007. godine 2006. godine na lokacijama Osijek, Nova Gradiška, Požega i Tovarnik s normom sjetve od 300 zrna/m^2 .....**38**

Graf 8b. Indeks učinkovitosti iskorištenja vode za prinos zrna (WUE_y) utvrđen na temelju podataka za 8 kultivara ozimog ječma dobivenim u pokusu u vegetacijskim loncima u dvije varijante tretmana (B1= dobra opskrbljenost vodom i B2 = izazvan kratkotrajni stres uslijed nedostatka vode u razvojnim fazama *a)* kraj busanja, *b)* pojava lista zastavičara i početak klasanja, *c)* nalijevanje zrna) u odnosu na prosječni prinos zrna istih kultivara u postignut u četverogodišnjim poljskim pokusima od 2004. do 2007. godine 2006. godine na lokacijama Osijek, Nova Gradiška, Požega i Tovarnik s normom sjetve od 450 zrna/m^2 .....**38**

Prilog 3. Popis slika

Slika 1. Zonalnost tla istočne Hrvatske (Janeković 1971): klimatogena zonalna tla (I), intrazonalna hidrmorfna tla (II), intrazonalna supstratogena tla brdsko-planinskog područja iznad 230 m nadmorske visine (III) I intrazonalna supstratogena tla na reliktnom pjeskovitom supstratu (IV).....**8**

Slika 2. Vegetacijski lonac ispunjen tlom.....**18**

Slika 3. Ječam u fazi 1-2 lista.....**18**

Slika 4. Pokus s ozimim ječmom u plasteniku (12. ožujak- razvojna faza EC29).....**19**

Slika 5. Uređaj Watermark – soil moisture sensor.....**21**

Slika 6. Postavljanje sonde u pokusne lonce.....**21**

Slika 7. Komparacijski pokusi ozimog ječma na pokusnom polju Poljoprivrednog instituta Osijek (u razvojnoj fazi busanja).....**24**

Slika 8. Pokusi u vegetacijskim loncima s ozimim ječmom u vanjskom zaštićenom prostoru od ptica (treća dekada svibnja).....**24**

Slika 9. Pokus u vegetacijskim loncima (detalj).....**24**

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Diplomski rad**
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Oplemenjivanje bilja i sjemenarsvo

Divergentnost učinkovitosti iskorištenja vode i važna gospodarska svojstva kultivara ozimog ječma

Magdalena Markasović

Sažetak

Deset kultivara ozimog ječma (Barun, Bingo, Zlatko, Vanessa, Rex, Tiffany, Bravo, Lord, Favorit i Titan) uzgajani su u vegetacijskim loncima u tri ponavljanja na Poljoprivrednom institutu Osijek. Tlo za pokus je uzeto s parcele Instituta (tip tla je humofluvisol černozemni). Analiziran je utjecaj stresa izazvanog sušom na prinos zrna i biomase, žetveni indeks, indeks učinkovitosti iskorištenaj vode i na količinu evapotranspirirane vode. Kontrolna varijanta bila je dobro opskrbljena vodom, a u stresnoj varijanti izostavljanjo je tri puta dodavanja vode (pred kraj busanja, početkom klasanja i u nalijevanju zrna). Ustanovljene su značajne razlike između kultivara za prinos zrna i biomase, žetveni indeks, evapotranspiranu vodu i indeks iskorištenja vode. Stres izazvan sušom je značajno utjecao na prinose zrna i biomase, te na transpiriranu vodu, dok su razlike u žetvenom indeksu i iskorištenju vode bile statistički beznačajne. Kultivari Bravo i Rex izdvajali su se od ostalih kultivara većom , a kultivari Tiffany i Lord manjom količinom evapotranspirirane vode.Kultivari Bravo i Zlatko imali su značajno veće prinose nadzemne biomase i veću iskoristivost vode za prinos nadzemne mase od kultivara Titan i Tiffany. Kultivar Bravo imao je najviše evapotranspirirane vode, najveću produkciju nadzemnih dijelova biomase, ali i najveći indeks učinkovitosti iskorištenja vode za produkciju biomase. Najveći prinos zrna imao je kultivar Zlatko (42 g/lonac), a najmanji prinos kultivar Tiffany (25 g/lonac), a između ovih kultivara postojale su i značajne tazlike u indeksu iskoristivosti vode. Inače, korelacija indeksa iskoristivosti vode s prinosom zrna bila je vrlo visoka i u rasponu od r = 0,88 do r = 0,99. U uvjetima stresa izazavnog sušom, kultivar Zlatko imao je prinos zrna manji za 2 g/lonac, kod kultivara Favorit i Lord prinos bio niži za 5 g/lonac, a kod Vanessa prinos je bio osrednji (33 g/lonac) i praktično jednak na obje varaijante ponude vode.Rezultati dobiveni i loncima su uspoređivani s onima u poljskim uvjetima. Pri tome su dobivene uglavnom visoke korelacije, što ukazuje na činjenicu da se pokusima u vegetacijskim loncima mogu biti pouzdana zamjena za one u polju.

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Mentor: prof. dr. sc. Vlado Kovačević

Broj stranica: 57
Broj grafikona i slika: 17
Broj tablica: 7
Broj literaturnih navoda: 48
Broj priloga: 3
Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: ozimi ječam, kultivar, pokus u vegetacijskim loncima, suša, prinos, iskorištenje vode

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. Prof. dr. sc. Vlado Kovačević
2. Prof. dr. sc. Mirta Rastija
3. Prof. dr. sc. Domagoj Rastija

Rad je pohranjen u: Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku**,** Sveučilištu u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d

BASIC DOCUMENTATION CARD

JosipJurajStrossmayerUniversity of Osijek **Graduate thesis**
Faculty of Agriculture
University Graduate Studies, Plant production, course Plant breeding and seed production

Divegency of water use efficiency and important agronomic characteristics of winter barley cultivars

Magdalena Markasović

Abstract:
Ten cultivars of winter barley (*Barun, Bingo, Zlatko, Vanessa, Rex, Tiffany, Bravo, Lord, Favorit i Titan*) were grown in the vegetative pot experiment on the Agricultural Institute Osijek. The soil was taken from Institute arable land (soil type humofluvisol chernozemic). Impacts of drought stress (before end of tillering, beginning of earing, grain filling) on grain and biomass yields, the harvest index, water use efficiency and quantity of the evapotranspirated water, were tested. The water regime of the control treatment was normal. The considerable differences among the culivars were found in the tested parameters. Under drought stress conditions considerable differences in comparison with the normal water regime were found for grain and biomass yields and evapotranspirated water, while differences for the harvest index and water use efficiency were low and the statistically insignificant. Bravo and Rex stand out from the remaining cultivars by the higher and Tiffany and Lord by the lower quantities of evapotranspirated water. Bravo and Zlatko cultivars had considerably higher yields of biomass and water use efficiency in comparison with Titan i Tiffany. The cultivar Bravo had the highest values of evapotranspirated water, biomass yield and water use efficiency and water use efficiency for biomass production.The differences of grain yields among the cultivars were in range from 25 g/pot (Tiffany) to 42 g/pot (Zlatko), and between these two cultivars considerable differences of water use efficiency were found. In general, the correlations (r) of water use efficiency and grain yields were very high and in the range from 0.88 to 0.99. Under drought stress grain yield of Zlatko cultivars was lower for 2 g/pot compared to normal water regime, the cultivars Favorit and Lord were more susceptible (yield difference 5 g/pot), while Vanessa was relative tolerant (about 33 g/pot for both treatments) to drought stress. The results of the pot experiment were compared by those under field conditions. In general, high correlations of tested parameters were found. Based on these findings, the vegetative pot experiment could be sucesfull used as substitution of the field experiments.

Thesis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek

Mentor: prof. dr. sc. Vlado Kovačević

Number of pages: 57
Number of figures: 17
Number of tables: 7
Number of references: 48
Number of appendices: 3
Original in: Croatian

Key words:
ozimi ječam, kultivar, pokus u vegetacijskim loncima, suša, prinos, iskorištenje vode

Thesis defended on date:

Reviewers:
1. Prof. dr. sc. Vlado Kovačević
2.Prof. dr. sc. Mirta Rastija
3.Prof. dr. sc. Domagoj Rastija

Thesis deposited at: Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.