

UTJECAJ REDUCIRANIH I KONVENCIONALNIH SUSTAVA OBRADJE TLA I MALČA NA PRINOS I AGRONOMSKA SVOJSTVA JARE PŠENICE

IMPACT OF REDUCED AND CONVENTIONAL TILLAGE WITH MULCH MANAGEMENT ON YIELD AND AGRONOMIC TRAITS OF SPRING WHEAT

**L. Brezinščak, I. Bogunović, Ivana Plavšin, L. Drenjančević,
Zoe Andrijančić**

SAŽETAK

Istraživan je utjecaj različitih sustava obrade tla i korištenja slame kao malča te njihove interakcije na prinos i agronomska svojstva jare pšenice. Pokus je postavljen u sjeverozapadnoj Hrvatskoj na fluvioslu u humidnim uvjetima 2021. godine s tri sustava obrade tla (glavni faktor): konvencionalna obrada s oranjem do 20 cm u jesen i tanjuranjem u proljeće (CT), primjena kombiniranog oruđa do 15 cm u proljeće (MT), podrivanje na dubinu 35-40 cm u jesen te rahljenje kombiniranim oruđem do 15 cm u proljeće (RT). Svaki sustav obrade podijeljen je na parcele sa i bez slame kao podfaktorom pokusa. Obrada tla imala je značajan učinak ($p < 0,05$) samo za hektolitarsku masu, dok je značajan učinak korištenja malča zabilježen za masu 1000 zrna i sedimentacijsku vrijednost. Interakcija obrade i slame pokazala je značajan učinak na sva istraživana svojstva (prinos, masa 1000 zrna, hektolitarska masa, sadržaj proteina, sadržaj vlažnog lijepka, sedimentacijska vrijednost). Prema dobivenim rezultatima može se zaključiti da se plitkom obradom (MT) ostvaruje zadovoljavajući prinos u odnosu na konvencionalnu obradu, ali je za optimizaciju kemijskih karakteristika prinosa jare pšenice potrebno testirati i druge agrotehničke mjere.

Ključne riječi: gospodarenje tla, jara pšenica, slama, prinos

ABSTRACT

This paper presents the influence of different tillage systems and the use of straw as mulch and their interaction on yield and yield components (physical and chemical) of spring wheat. The experiment was established in northwestern

Croatia on alluvial soils under humid conditions with three tillage systems (main factor): conventional tillage with plowing up to 20 cm in autumn and disc harrowing in spring (CT), use of multitiller up to 15 cm in spring (MT); subsoiling to a depth of 35-40 cm in autumn and loosening with multitiller up to 15 cm in spring (RT). Each tillage system has subplots with and without straw. The tillage factor had a significant effect ($p < 0.05$) only on hectolitre mass, while a significant effect of mulch use was observed on 1000-kernel weight and sedimentation value. The interaction of these factors had a significant effect on all the components studied (yield, 1000-kernel weight, hectolitre mass, protein content, wet gluten content, sedimentation value). From the short-term results obtained, it can be concluded that shallow tillage (MT) gives satisfactory yield compared to conventional tillage, but further optimization of the agrotechnical system is required to improve the chemical properties.

Keywords: soil management; spring wheat; straw; grain yield;

UVOD

Održivost poljoprivredne proizvodnje i očuvanje plodnosti tla glavni su preduvjeti za moguće osiguranje dovoljnih količina proizvedene hrane za kontinuirani rast svjetskog stanovništva. Prema procjenama UN-a do 2050. godine očekuje se populacija od 9,7 milijardi ljudi, što će dramatično povećati potražnju za žitaricama (Sadiq i sur., 2021.). Pšenica je najrasprostranjenija žitarica u svijetu, a upotrebljava se pretežno u obliku brašna koje služi za izradu kruha i tjestenina, čime zadovoljava većinsku dnevnu potrebu za ugljikohidratima (Pedrotti, 2003.; Pospišil, 2010.). Odlikuje se dobrom prilagodbom na klimu i tlo, a dijeli se na dva osnovna tipa: jaru i ozimu pšenicu. Jara pšenica se uzgaja u sjevernim područjima u kojima ozima pšenica ne uspijeva zbog niskih temperatura, u sušnim područjima i općenito u predjelima izvan optimalnog uzgojnog područja ozime pšenice. Jara pšenica ima kraću vegetaciju, bolje podnosi sušu i visoke temperature, ali se uzgaja na ograničenom području. U Hrvatskoj, kao i u srednjoj i zapadnoj Europi, u uzgoju dominira ozima pšenica (Kovačević i Rastija, 2014.). Ozima pšenica ima dužu vegetaciju jer se sije u jesen, jače busa i daje više i stabilnije prinose, ali je manje otporna na sušu i visokim temperaturama te ima slabiju kvalitetu zrna i brašna u odnosu na jaru pšenicu (Baker i Townley-Smith, 1986.). Godine 2018. na području Hrvatske deklarirano je svega 80 t sjemenske jare pšenice, dok je za ozimu formu deklarirano 30.000 t sjemena (HAPIH, 2018.).

Postizanje prinosa kojim bi se zadovoljile rastuće potrebe tržišta za pšenicom, na način da se povećava gnojidba mineralnim dušičnim gnojivima uz primjenu intenzivnih mjera obrade tla, nije rezultiralo očekivanim povećanjem prinosa, već naprotiv, dovelo je do smanjenja plodnosti tla i onečišćenja istog (Guo i sur., 2010.; Pittelkow i sur., 2015.). Stoga je nužno optimizirati inpute u sklopu optimiziranja ishrane pšenice, ali i čuvanja tla i voda kao resursa, bitnih ciljeva održivog razvoja Ujedinjenih naroda (Bouma i sur., 2019.). Budući da je poznato da je oranje energetski najzahtjevnija agrotehnička mjera koja dovodi do višestrukih degradacijskih procesa (Pereira i sur., 2018.), nužno je naći alternativu prilagođenu klimi, tlu i biljci. Obrada rahljenjem pokazuje se kao obećavajuća alternativa, a inozemna iskustva ukazuju da se rahljenjem smanjuje pulverzacija strukture tla, održava razina organske tvari u tlu, te smanjuju troškovi (Cooper i sur., 2020.). Uvođenjem sustava obrade kojim minimalno narušavamo strukturu te sjetvom u strnište, uz čestu izmjenu kultura, možemo pozitivno utjecati na prinos jare pšenice, ali istovremeno osigurati i dugoročnu plodnost tla (Birkas i sur., 2008.; Dekemati et al., 2020.). Prethodno navedena načela temelj su konzervacijske obrade tla koja se provodi na svim kontinentima, na preko 120 milijuna hektara, uz kontinuirani porast od oko 6 milijuna hektara godišnje (Jug i sur., 2017.).

Iako postoje mnogobrojna istraživanja o utjecaju obrade tla na prinose pšenice, ona se većinom ne odnose na ostala agronomska svojstva. Halvorson i sur. (2000.) navode da prinos i komponente prinosa jare pšenice značajno variraju ovisno o sustavu obrade tla, mineralnoj gnojidbi, sorti i agroklimatskim uvjetima, kao i o njihovim kompleksnim interakcijama. Prema Pravilniku o ugovornim odnosima pri otkupu pšenice (NN 62/2019.) najvažniji parametar kvalitete pšenice je sadržaj proteina u zrnu, na osnovi kojeg se pšenica razvrstava u različite kvalitativne klase. Osim toga, istraživanja su pokazala da su za najveći dio fenotipske varijance sadržaja proteina odgovorni negenetski čimbenici, među kojima je utjecaj okoliša iznimno dobro dokumentiran (ista sorta uzgajana u sušnim klimatskim uvjetima pokazuje veći sadržaj proteina u usporedbi s uzgojem u vlažnim uvjetima) (Groos i sur., 2003.). Uobičajena je i pojava negativne korelacije između sadržaja proteina u zrnu pšenice i prinosa, uzrokovana stresnim uvjetima ili izdašnom gnojidbom kojom se potiče akumulacija škroba i rast biljaka (Brllek i sur., 2018.). Sastav proteina u zrnu prvenstveno ovisi o genotipu, a na njega značajno utječu okolišni čimbenici te postojanje interakcije genotip-okolina (Graybosch i sur., 1996.). Stoga je nužno testirati produktivnost i komponente prinosa jare pšenice u specifičnim

okolišnim uvjetima klime i tla, te agrotehničkih praksi koje imaju presudan utjecaj na stanje tla. Stoga je cilj ovoga rada prikazati utjecaj različitih sustava obrade tla na prinos i agronomska svojstva jare pšenice, kulture koja je nedovoljno zastupljena u plodoredu u agroekološkim uvjetima sjeverozapadne Hrvatske.

MATERIJAL I METODE

Istraživanje je provedeno na površinama pokušališta Šašincev Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta (45° 50' N, 16° 11' E) na području Grada Zagreba tijekom 2021. godine. Istraživano područje pripada Zapadnoj panonskoj regiji (Bašić, 2014.) koja je pod utjecajem umjerene kontinentalne klime (Zaninović i sur., 2008.). Tlo na pokusu je praškasto glinaste ilovaste teksture klasificirano kao fluvisol (Husnjak, 2014.; IUSS, 2015.). Ima neutralnu pH reakciju tla (7,28 u H₂O), vrlo bogatu opskrbljenost P₂O₅ (249 mg/kg) i K₂O (214 mg/kg) i slabu humoznost (2,1 %). Humidnost klime određena je prema vrijednostima mjesečnih kišnih faktora (Gračanin, 1950.).

Pokus je postavljen na površini od 10 600 m². Širina zaštitnog pojasa između pojedinih blokova pokusa iznosi 2 m, a širina uvratina na kraju blokova iznosi 10 m. Osnovna veličina bloka je 1000 m² (100 m x 10 m), prema split-plot dizajnu (dvofaktorijelan pokus) s 3 ponavljanja gdje je glavni faktor obrada tla: konvencionalna obrada – jesensko oranje plugom i tanjuranje u proljeće (CT); minimalna obrada – korištenje kombiniranog oruđa u proljeće (MT); reducirana obrada – podrivanje u jesen i korištenje kombiniranog oruđa u proljeće (RT). Provedene mjere uz opis korištenog oruđa navedene su u Tablici 1. Podfaktor pokusa (50 m x 10 m po tretmanu i ponavljanju) je mrtvi malč (pšenična slama mase 2,75 t/ha aplicirana nakon sjetve kulture) ili bez njega.

Tablica 1. Zahvati obrade tla i mehanizacija korištena u pokusu tijekom 2021.

Table 1 Tillage operations and equipment used in the experiment during 2021.

Zahvat obrade tla	Mehanizacija	Tretmani		
		CT	MT	RT
Podrivanje	Mandan MGW 5 3000; dubina obrade 35-40 cm; širina zahvata 300 cm	-	-	15. Prosinac 2020.
Oranje	Kuhn Varimaster 151; dubina obrade 18-20 cm; širina zahvata 150 cm	18. Prosinac 2020.	-	-
Tanjuranje harrowing	OLT 36 Drava; dubina obrade 10-14 cm; širina zahvata 395 cm	18. Ožujak 2021.	-	-
Kombiniran o orude	Dexwal Grunt; dubina obrade 10-15 cm; širina zahvata 300 cm	-	19. Ožujak 2021.	19. Ožujak 2021.
Roto-drljača	Maschio ASI 2; dubina obrade 1-4 cm; širina zahvata 185 cm	20. Ožujak 2021.	20. Ožujak 2021.	20. Ožujak 2021.

CT - konvencionalna obrada; MT - minimalna obrada; RT - reducirana obrada / CT - conventional tillage; MT - minimal tillage; RT - reduced tillage

Predkultura jaroj pšenici je bio kukuruz. Na temelju gnojdbene preporuke provedena je predstjetvena gnojdba mineralnim gnojivom NPK 7-20-30 u količini od 400 kg/ha. Prihrana je provedena u fazi busanja s 200 kg/ha KAN-a (18.5.2021). Jara pšenica posijana je 20.3.2021. žitnom sijačicom Kvernerland Accord DL300 u količini od 200 kg/ha. Zaštita usjeva od korova obavljena je 21.5.2021. preparatom Lancelot 450 WG (aminopirialid 300 g/kg + florasulam 150 g/kg) u količini od 33 g/ha. Žetva je obavljena 2.8.2021. žitnim kombajnom Wintersteiger Quantum. Površina obračunske parcele u žetvi iznosila je 10 m² (1,25 m zahvat kombajna x 8 m dužine), te je prikupljeno ukupno 54 uzorka (18 parcela x 3 uzorka).

Hektolitarska masa određena je Schopper-ovom vagom (0,5 L) prema standardnoj metodi ISO 7971-2, a masa tisuću zrna sukladno Pravilniku o metodama uzorkovanja i ispitivanja kvalitete sjemena (NN 99/2008.). Sadržaj proteina, vlažnog lijepka i sedimentacijska vrijednost (po Zeleny-u) određeni su korištenjem uređaja PERTEN DA NIR 7250 na Poljoprivrednom institutu u Osijeku. Rezultati fenotipske analize pokusa preračunati su na standard vlage od 14 %.

Statistička obrada podataka provedena je korištenjem programa SAS 13.5 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) te programa Microsoft Office Excel 2016. Analiza varijance (ANOVA) provedena je za sva promatrana svojstva. Značajnost razlika između istraživanih parametara utvrđena je Fisherovim testom ($p < 0,05$).

REZULTATI I RASPRAVA

Srednje mjesečne temperature zraka i mjesečne količine oborina tijekom vegetacije jare pšenice u 2021. godini i višegodišnji prosjek za meteorološku postaju Zagreb – Maksimir prikazane su u Tablici 2. Tijekom vegetacijske sezone 2021. godine prosječna srednja mjesečna temperatura zraka bila je viša u odnosu na višegodišnji prosjek za 0,3. Srednja mjesečna temperatura u ožujku iznosila je 6,8 °C i prema Han-u i sur. (2017.) bila je dovoljna za nicanje. Osobito visoke srednje mjesečne temperature zraka zabilježene su u lipnju (+3,6 °C) i srpnju (+2,3 °C) u odnosu na višegodišnji prosjek. Unatoč činjenici da je tijekom vegetacije u 2021. godini palo dovoljno oborina za nesmetan uzgoj (Bocianowski i Majchrzak, 2019.), njihov raspored nije bio ravnomjeran. Višak oborina u svibnju pozitivno je utjecao na vlatanje i klasanje, dok je u srpnju zabilježen negativan utjecaj nedostatka oborina u fazi nalijevanja zrna.

Tablica 2. Klimatski pokazatelji za 2021. u usporedbi s razdobljem 1983.-2012.

Table 2 Weather data for 2021 in comparison with referent period 1983-2012

Mjesec	Oborine (mm)		Temperatura (°C)		Kfm, Gračanin		Humidnost	
	1983.-2012.	2021.	1983.-2012.	2021.	1983.-2012.	2021.	1983.-2012.	2021.
Ožujak	51,7	36,1	6,8	6,8	7,6	5,3	h	sh
Travanj	60,2	68,7	11,6	9,8	5,2	7,0	sh	h
Svibanj	67,5	124	16,6	14,7	4,1	8,4	sa	h
Lipanj	95,1	13,2	19,7	23,3	4,8	0,6	sa	pa
Srpanj	71,8	74,5	21,7	24,0	3,3	3,1	a	a
Kolovoz	89,1	62,7	21,1	21,4	4,2	2,9	sa	a
Prosjek	435,4	379,2	16,3	16,6	4,9	4,5	sa	sa

ph – perhumidna (> 13,3), h – humidna (6,7 – 13,3), sh – semihumidna (5,1 – 6,6), sa – semiardina (3,4 – 5,0), a – aridna (1,7 – 3,3), pa – peraridna (< 1,6)

Analizom varijance (Tablica 3.) utvrđen je značajan utjecaj interakcije obrade tla i korištenja malča na sve istraživane komponente prinosa, kao i na sam prinos. Pojedinačni utjecaj obrade bio je značajan za svojstvo hektolitarske mase, dok je korištenje malča značajno utjecalo na masu 1000 zrna i sedimentacijsku vrijednost.

Tablica 3. Rezultati ANOVA analize za prinos i komponente prinosa

Table 3 Results of ANOVA analysis for crop yield and yield components

	Prinos (t/ha)	Masa 1000 zrna (g)	Hektolitarska masa (kg/hl)	Sadržaj vlažnog lijepka (%)	Sadržaj proteina (%)	Sedimentacija (ml)
Obrada (T)	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
Pokrov (C)	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	*
T × C	*	*	*	*	*	*

značajno kod $p < 0,05$, n.s. nije statistički značajno / significant at $p < 0,05$, n.s. not statistically significant

Prinos predstavlja najvažniju stavku poljoprivredne proizvodnje, za koju je zabilježen značajan utjecaj okoline, Sama obrada nije imala značajan utjecaj na prinos, ali je zabilježeno povećanje prinosa od 29 % na MT tretmanu i 37 % na RT tretmanu u odnosu na CT tretman. Promatrajući samo utjecaj pokrova zabilježen je prosječni prinos od 2,27 t/ha s malčem, dok je na onima bez malča prinos iznosio 3,23 t/ha. Prema Woźniak-u i Gos-u (2014.) u uvjetima kada padaline prelaze 300 mm u vegetacijskom razdoblju, konvencionalna primjena pluga daje nešto bolje prinose (9 %), ali ne i signifikantne razlike u odnosu na reducirane oblike obrade. Rezultati u ovoj studiji slični su inozemnim. U humidnim uvjetima na ilovači plitka obrada tanjuračom u proljeće (2,8 t/ha) nije dala značajne razlike u odnosu na konvencionalni sustav obrade (3,2 t/ha) (Miyazawa i sur., 2004.). *Post hoc* test interakcije obrade i malča (Tablica 4.) ukazao je na značajno najniži prinos kod MT tretmana bez pokrova, dok kod ostalih tretmana nije bilo značajnih razlika. U godini u kojoj je zabilježena optimalna količina padalina, slama kao malč imala je negativan utjecaj na prinos, bez obzira na primijenjeni način obrade tla, u odnosu na druge tretmane s malčem bolje rezultate pokazao je RT tretman (2,85 t/ha). U dvogodišnjem pokusu (2013.-2014.) na glinastom tlu Rial-Lover i sur., (2016.) uspoređuju tri sustava obrade (konvencionalni (do 20 cm) oranjem - A; 2 prolaska kombiniranim oruđem (do 25 cm) - B; 1 prolazak kombiniranim oruđem (do 25 cm) - C. Prinos je varirao između 2,53 - 6,08 t/ha, te je pod značajnim utjecajem ($P < 0,001$) obrade. Tijekom 2013. godine zabilježeni su semiaridni uvjeti koji su uzrokovali značajno veći prinos C (6,0 t/ha) sustavom obrade u odnosu na B (5,3 t/ha) i A (5,6 t/ha). U 2014. zabilježeni su humidni uvjeti koji su pogodovali značajno većem prinosu sustavom A (5,4 t/ha) u odnosu na preostale sustave (B-2,5 t/ha; C-3,2 t/ha). Prema meta analizi koju su na

području Švedske proveli Arvidsson i sur., (2014.) u humidnim uvjetima, zaključuju da no-till bilježi prosječno oko 10 % niže prinose nego plitka kultivacija (5-12 cm).

Hektolitarska masa jedan je od najstarijih pokazatelja kvalitete pšenice, koja je pod utjecajem više različitih čimbenika, uključujući i agrotehnički zahvat (Varga i sur., 2000.). Prema rezultatima ovog istraživanja, obrada tla imala je značajan utjecaj na smanjenje hektolitarske mase kod MT tretmana (75,7 kg/hl) u odnosu na CT tretman (77,4 kg/hl). Primjena različitih reduciranih sustava obrade tla na pjeskovitoj ilovači u aridnim uvjetima nije dala značajne razlike hektolitarske mase jare pšenice u odnosu na konvencionalne sustave (Maali i Agenbag, 2006.), a iste rezultate zabilježili su i López-Bellido i sur. (2001.) u humidnim uvjetima na smolnici (engl, Vertisol). Interakcijski utjecaj signifikantno je djelovao na parcelama s malčom, Na svima je malč relativno povećao hektolitarsku masu, dok je kod MT-u zabilježeno značajno povećanje (Tablica 4.),

Masa zrna je nasljedno svojstvo pod manjim utjecajem vanjskih čimbenika (Koppel i Ingver, 2008.), Što je veći broj zrna u klasu, veće je variranje u masi pojedinog zrna (Martinčić i Marić, 1996.), Najčešće se promatra masa 1000 zrna, koja ovisi o trajanju i intenzitetu nalijevanja zrna (najintenzivnije od 10. do 25. dana nakon cvatnje). Vrijednost mase 1000 zrna od 50 g pokazatelj je visokog prinosa zrna (Kovačević i Rastija, 2014.), dok je prosječna vrijednost za jaru pšenicu oko 35 g (Jelača, 1972.; Kirk i sur., 2012.; Usman i sur., 2014.). Prosječna masa 1000 zrna po svim tretmanima iznosi 31,06 g, Značajna razlika zabilježena je samo kod MT tretmana, gdje je na parceli bez pokrova (34,1 g) veća vrijednost nego na parceli s malčem (27,5 g) (Tablica 4). Ipak treba naglasiti da uvjetima nepravilne raspodjele padalina parametar mase zrna više rezultat sorte karakteristike nego agrotehničkih zahvata (Plyčevaitienė, 2002.). U humidnim uvjetima Sibira Kühling i sur. (2017.) istražuju dvogodišnji utjecaj obrade, sjetvene norme i dubine sjetve, Uspoređujući utjecaj obrade nisu zabilježene značajne razlike između no-till i konvencionalne obrade tla, signifikantne razlike vidljive su unutar tipa obrade u kombinaciji s ostalim podfaktorima, Vrijednosti mase 1000 zrna nalaze se između 32,21 – 34,54 g (2014.) i 40,57 – 42,86 g (2015.). U navedenim uvjetima za visoke prinose smatraju se prosječne vrijednosti mase 1000 zrna oko 40 – 50 g (Gamzikov i Nosov, 2010.).

Tablica 4. Srednje vrijednosti fizikalnih svojstava pšenice i prinosa

Table 4 Mean values for yield and physical characteristics

Obrada tla	Prinos (t/ha)		Hektolitarska masa (kg/hl)		Masa 1000 zrna (g)	
	Bez malča	Malč	Bez malča	Malč	Bez malča	Malč
CT	2,43 aA	2,22 aA	77,3 aA	77,5 aA	31,6 aA	28,8 aA
MT	3,83 aA	1,75 aB	75,2 bA	76,2 aA	34,1 aA	27,5 aB
RT	3,44 aA	2,85 aA	76,5 aA	76,7 aA	33,1 aA	31,3 aA

Srednje vrijednosti u redu koje sadrže različitu slovnju oznaku statistički su značajno različite ($p < 0,05$) između obrade (mala slova) i pokrova (velika slova)

CT - konvencionalna obrada; MT - minimalna obrada; RT - reducirana obrada

Mean values with different letters are statistically significant between tillage (lower case) and mulch (upper case); CT - conventional tillage; MT - minimal tillage; RT - reduced tillage

Sadržaj proteina važan je parametar za određivanje konačne kvalitete pšenice. U pekarskoj industriji i sastav i sadržaj proteina značajno utječu na kvalitetu brašna (Brlek i sur., 2018.). Sastav proteina primarno je određen genotipom, ali i interakcijom genotipa i okoline (Graybosch i sur., 1996.). Prema Woźniak-u i Gos-u (2014.) te Maali-u i Agenbag-u (2006.), dušična gnojidba predstavlja najznačajniji faktor koji utječe na sadržaj proteina, dok prema Sulek i sur. (2019.) sama obrada tla nema značajan utjecaj na sadržaj proteina, već je on rezultat isključivo utjecaja genotipa. Ipak, kombinacijom obrade tla i rotacijom usjeva (s ugarom i leguminozama) može se utjecati na sadržaj proteina kroz djelovanje na vlažnost tla i količinu dušika u tlu (Borghini i sur., 1995.; López-Bellido i sur., 1998.). Na osnovi prosječnih vrijednosti promatranih svojstava te prema važećem Pravilniku (NN 62/2019), istraživana sorta jare pšenice pripadala bi u III, kvalitativni razred. Prema rezultatima prikazanim u Tablici 5, MT tretman s malčem pokazao je značajno veći sadržaj proteina u odnosu na MT tretman bez malča. To je u suprotnosti s drugim studijama, Izrazito plitka obrada kultivatorom (7,5 cm) na pjeskovitoj ilovači (udio skeleta - 44 %) ostvarila je značajno manje vrijednosti sadržaja proteina (14,4 %) u odnosu na konvencionalni pristup (14,7 %) s plugom (20 cm) (Maali i Agenbag, 2006.). Na području humidne mediteranske klime Španjolske konvencionalni pristup također bilježi veće vrijednosti proteina u odnosu na no-till, što autori pripisuju većem sadržaju dušika u tlu na tom području (López-Bellido i sur., 2001.).

Albumini i globulini čine fiziološki aktivnu frakciju proteina topivu u vodi (15 %), dok drugu frakciju čine rezervni proteini netopivi u vodi (glijadin i glutenin). Glutenini i glijadini kao netopiva frakcija proteina miješanjem uz prisutnost vode formiraju gluten, a kvalitetan i snažan gluten osnova je za dobivanje kvalitetnog tijesta, Ispiranjem škroba iz tijesta nastalog miješanjem brašna i vode, u uzorku ostaje samo gumasta i elastična masa – vlažni gluten (Đaković, 1980.). Većina autora navodi vodni stres kao primarni razlog povećanja vlažnog glutena u zrnju (Konopka i sur., 2007.; Hellemans i sur., 2018.). Kao i u slučaju sadržaja proteina, rezultati ovog istraživanja su pokazali da obrada tla nije značajno utjecala na sadržaj vlažnog glutena, što je u skladu s rezultatima Woźniak-a i Gos-a (2014.), te Kraska i sur. (2014.). No, interakcijski utjecaj ukazuje na značajno veći sadržaj glutena na MT parceli s malčem, nego na onoj bez malča (Tablica 5), Anuliranje vodnog stresa malčem pokazalo je pozitivan utjecaj na sadržaj vlažnog glutena. Nužna su daljnja istraživanja da se utvrdi radi čega isti učinak nije potvrđen na drugim sustavima obrade.

Kvaliteta proteina bitno utječe na reološka svojstva tijesta, a može se odrediti i testom sedimentacije po Zeleny-u (Zeleny i sur., 1960.). Sedimentacijska vrijednost je parametar kojim se brzo određuje pekarska kvaliteta pšenice, a na njega utječu količina glutena i njegova kvaliteta (Strelec i sur., 2010.; Kibar, 2015.). Istraživanja su pokazala da je navedeni parametar pod snažim utjecajem genotipa (Studnicki i sur., 2016.; Studnicki i sur., 2018.). Pospišil i Pospišil (2013.) razlikuju tri kvalitativna razreda pšenice, određena na osnovi sadržaja bjelančevina i sedimentacijske vrijednosti, Sukladno dobivenim rezultatima sorta korištena u ovom istraživanju pripada III. razredu. Prema istraživanju Peigné-a i sur. (2014.) minimalna sedimentacijska vrijednost potrebna za postizanje zadovoljavajuće kvalitete iznosi 20 ml, a rezultati ovog istraživanja pokazali su da jedino uz tretman MT s malčom korištena sorta jare pšenice zadovoljava navedene kriterije. Obrada tla kao pojedinačni faktor nije imala značajan utjecaj na sedimentacijsku vrijednost, što je u skladu s rezultatima istraživanja Kwiatkowski-ja i Misztal-Majewska-a (2014.), te Gawęda i Haliniarz-a (2021.). Prema rezultatima ovog istraživanja, primjena plitke obrade (MT) s korištenjem malča, zabilježila je značajno povećanje sedimentacijske vrijednosti u odnosu na isti tip obrade bez malča (Tablica 5.).

Tablica 5. Srednje vrijednosti kemijskih svojstava pšenice

Table 5 Mean values for chemical characteristics of wheat

Obrada tla	Sadržaj vlažnog lijepka (%)		Sadržaj proteina (%)		Sedimentacija (ml)	
	Bez malča	Malč	Bez malča	Malč	Bez malča	Malč
CT	16,1 aA	15,8 aA	10,2 aA	9,9 aA	13,6 aA	13,8 aA
MT	13,5 aB	19,1 aA	9,5 aB	11 aA	9,4 aB	24 bA
RT	14,7 aA	15,1 aA	9,6 aA	9,7 aA	12,2 aA	13,9 aA

Srednje vrijednosti u redu koje sadrže različitu slovnju oznaku statistički su značajno različite ($p < 0,05$) između obrade (mala slova) i pokrova (velika slova)

CT - konvencionalna obrada; MT - minimalna obrada; RT - reducirana obrada

Mean values with different letters are statistically significant between tillage (lower case) and mulch (upper case); CT - conventional tillage; MT - minimal tillage; RT - reduced tillage

ZAKLJUČAK

Prema rezultatima ovog istraživanja, moguće je ostvariti zadovoljavajuće prinose uz primjenu reduciranih metoda obrade tla koji ne okreću tlo. S druge strane, primjena mrtvog malča u humidnim uvjetima nije zabilježila pozitivan utjecaj na prinose. Najviše vrijednosti hektolitarske mase dobivene su uz primjenu konvencionalne obrade, dok primjena malča nije imala značajan utjecaj na hektolitarsku masu. Za svojstvo mase 1000 zrna reducirani oblici obrade tla pokazali su bolje rezultate u odnosu na konvencionalnu obradu, a također je zabilježen i značajan negativan utjecaj primjene malča na svojstvo mase 1000 zrna uz primjenu minimalne obrade. Sami sustavi obrade tla nisu značajno utjecali na vrijednosti kemijskih pokazatelja, što je očekivano s obzirom na činjenicu da je riječ o svojstvima pod značajnim utjecajem genotipa. Ali, kombiniranom primjenom malča i različitih sustava obrade tla dobiveni su rezultati koji ukazuju na potencijal primjene konzervacijskih sustava s jednako dobrim rezultatima kao i u slučaju primjene konvencionalne obrade tla. Ostvareni zadovoljavajući prinos uz primjenu reduciranih metoda obrade tla omogućuje i frekventnije uključivanje jare pšenice i u domaće plodorede. Rezultati proizašli iz ovog istraživanja pokazuju da jara pšenica nema zadovoljavajuću kvalitetu za pekarsku industriju. Nužno je nastaviti istraživanja u različitim pedoklimatskim uvjetima s proširenom lepezom drugačijih agrotehničkih praksa, što istovremeno uključuje i dugoročnija istraživanja o učincima obrade tla na kvalitetu sjemena.

LITERATURA

1. Arvidsson, J., Etana, A., Rydberg, T. (2014.): Crop yield in Swedish experiments with shallow tillage and no-tillage 1983–2012, *European Journal of Agronomy*, 52, 307–315. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.08.002>
2. Baker, R. J., Townley-Smith, T. F. (1986.): Breeding wheat for yield. In *Wheat Production in Canada – a Review. Proceedings of the Canadian Wheat Production Symposium, Saskatoon, SK, Canada* (Eds A. E. Slinkard & D. B. Fowler) (443–452), University of Saskatchewan.
3. Bašić, F. (2014.): Regionalizacija hrvatske poljoprivrede za skladno uključivanje u zajedničku poljoprivrednu politiku EU. *Civitas Crisiensis: radovi Zavoda za znanstvenoistraživački i umjetnički rad Koprivničko-križevačke županije u Križevcima*, 1(1), 143-176.
4. Birkás, M., Szemók, A., Antos, G., Neményi, M. (2008.): Environmentally-sound adaptable tillage, *Akadémiai Kiadó, Gödöllő*.
5. Bocianowski, J., Majchrzak, L. (2019.): Analysis of effects of cover crop and tillage method combinations on the phenotypic traits of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) using multivariate methods. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6), 15267-15276, http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1706_1526715276
6. Bouma, J., Montanarella, L., Evanylo, G. (2019.): The challenge for the soil science community to contribute to the implementation of the UN Sustainable Development Goals. *Soil Use and Management*, 35(4), 538-546.
7. Borghi, B., Giordani, G., Corbellini, M., Vaccino, P., Guermandi, M., Toderi, G. (1995.): Influence of crop rotation, manure and fertilizers on bread making quality of wheat *Triticum aestivum* L. *European Journal of Agronomy*, 4: 37-45.
8. Brlek, T., Jukić, Ž., Matković, A. (2018.): Procesi tijekom nalijevanja zrna i njihov utjecaj na kakvoću zrna pšenice namijenjenog za mlinsko-pekarsku industriju. *Agronomski glasnik*, 80(3), 173-186.
9. Cooper, R. J., Hama-Aziz, Z. Q., Hiscock, K. M., Lovett, A. A., Vrain, E., Dugdale, S. J., Sünnerberg, G., Dockerty, T., Hovesen, P., Noble, L. (2020.): Conservation tillage and soil health: Lessons from a 5-year UK farm trial (2013–2018). *Soil and Tillage Research*, 202, 104648.
10. Dekemati, I., Simon, B., Bogunovic, I., Vinogradov, S., Modiba, M. M., Gyuricza, C., Birkás, M. (2021.): Three-year investigation of tillage management on the soil physical environment, earthworm populations and crop yields in Croatia, *Agronomy*, 11(5), 825. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050825>
11. Đaković, L.J. (1980.): Pšenično brašno, Naučna knjiga, Novi Sad.

12. Gamzikov, G., Nosov, V. (2010.): Role of crop nutrition in narrowing the yield gap for spring wheat in Siberia, *Better Crop*, 4, 5-8.
13. Gawęda, D., Haliniarz, M. (2021.): Grain Yield and Quality of Winter Wheat Depending on Previous Crop and Tillage System, *Agriculture*, 11(2), 133. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020133>
14. Gračanin, M. (1950.): Mjesečni kišni faktori i njihovo značenje u pedološkim istraživanjima, *Poljoprivredna znanstvena smotra*, 12, 51.
15. Graybosch, R. A., Peterson, C. J., Shelton, D. R., Baenziger, P. S. (1996.): Genotypic and environmental modification of wheat flour protein composition in relation to end-use quality. *Crop Science*, 36, 296-300. <https://doi.org/10.2135/cropsci1996.0011183X003600020014x>
16. Groos, C., Robert, N., Bervas, E., Charmet, G. (2003.): Genetic analysis of grain protein-content, grain yield and thousand-kernel weight in bread wheat. *Theoretical and Applied Genetics*, 106, 1032–1040.
17. Guo, J., Liu, X., Zhang, Y., Shen, J., Han, W., Zhang, W., Christie, P., Goulding, K., Vitousek, P., Zhang, F. (2010.): Significant acidification in major Chinese croplands. *Science*, 327, 1008-1010. <https://doi.org/10.1126/science.1182570>
18. Halvorson, A. D., Black, A. L., Krupinsky, J. M., Merrill, S. D., Wienhold, B. J., Tanaka, D. L., (2000.): Spring wheat response to tillage and nitrogen fertilization in rotation with sunflower and winter wheat. *Agronomy Journal*, 92(1), 136-144. <https://doi.org/10.2134/agronj2000.921136x>
19. Han, D., Yan, D., Xu, X., Gao, Y. U. (2017.): Effects of climate change on spring wheat phenophase and water requirement in Heihe River basin, China. *Journal of Earth System Science*, 126(1), 16. <https://doi.org/10.1007/s12040-016-0787-6>
20. Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu (2018.): <https://www.hcphs.hr/wp-content/uploads/2018/08/Deklarirane-kolicine-2017-2018-SORTE.pdf> (2.10.2021.)
21. Hellemans, T., Landschoot, S., Dewitte, K., Van Bockstaele, F., Vermeir, P., Eeckhout, M., Haesaert, G. (2018.): Impact of crop husbandry practices and environmental conditions on wheat composition and quality: a review. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(11), 2491-2509. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05450>
22. Husnjak, S. (2014.): *Sistematika tala Hrvatske, Hrvatska sveučilišna naknada, Zagreb.*

23. IUSS Working Group WRB (2015.): World reference base for soil resources 2014, update 2015, International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports Nr. 106, FAO, Rome, Italy.
24. Jelača, S. L. (1972.): Hemija i tehnologija pšenice. Jugoslovenski institut za prehrambenu industriju, Zavod za tehnologiju žita i brašna, Novi Sad.
25. Jug, D., Jug, I., Vukadinović, V., Đurđević, B., Stipešević, B., Brozović, B. (2017.): Konzervacijska obrada tla kao mjera ublažavanja klimatskih promjena. Sveučilišni udžbenik, Croatian Soil Tillage Research Organization, Osijek.
26. Kibar, H. (2015.): Influence of the storage conditions on quality properties of wheat varieties. *Journal of Stored Products Research*, 62, 8-15. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2015.03.001>
27. Kirk, A. P., Fox, S. L., Entz, M. H. (2012.): Comparison of organic and conventional selection environments for spring wheat, *Plant Breeding*, 131(6), 687-694. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2012.02006.x>
28. Koppel, R., Ingver, A. (2008.): A comparison of the yield and quality traits of winter and spring wheat. *Latvian Journal of Agronomy*, 11, 83-89.
29. Konopka, I., Tańska, M., Pszczółkowska, A., Frodoński, G., Kozirok, W., Oszewaki, J., (2007.): The effect of water stress on wheat kernel size, color and protein composition. *Polish Journal of Natural Science* 22(2): 157-171.
30. Kovačević, V., Rastija, M. (2014.): *Žitarice*. Sveučilišni udžbenik, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Croatia.
31. Kraska, P., Andruszczak, S., Kwiecinska-Poppe, E., Palys, E. (2014.): The effect of tillage systems and catch crops on the yield, grain quality and health of spring wheat. *Acta Scientiarum Polonorum, Agricultura*, 13(1), 21-38.
32. Kühling, I., Redozubov, D., Broll, G., Trautz, D. (2017.): Impact of tillage, seeding rate and seeding depth on soil moisture and dryland spring wheat yield in Western Siberia. *Soil and Tillage Research*, 170, 43-52. <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.02.009>
33. Kwiatkowski, C. A., Misztal-Majewska, B. (2014.): Effect of stubble crops and tillage system on spring wheat grain quality in short-lived monoculture. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sectio E, Agricultura*, 69(2), 1-10.
34. López-Bellido, L., Fuentes, M., Castillo, J. E., López-Garrido, F. J. (1998.): Effects of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on wheat-grain quality grown under rainfed Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, 57(3), 265-276.

35. López-Bellido, L., López-Bellido, R. J., Castillo, J. E., López-Bellido, F. J. (2001.): Effects of long-term tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on bread-making quality of hard red spring wheat. *Field Crops Research*, 72(3), 197-210. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(01\)00177-0](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(01)00177-0)
36. Maali, S. H., Agenbag, G. A. (2006.): Effect of soil tillage, crop rotation and nitrogen application rates on bread-baking quality of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) in the Swartland wheat producing area of South Africa. *South African Journal of Plant and Soil*, 23(3), 163-168. <https://doi.org/10.1080/02571862.2006.10634749>
37. Martinčić, J., Marić, S. (1996.): Oplemenjivanje bilja – teorija i metode, ratarske kulture, Sveučilišni udžbenik, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
38. Miyazawa, K., Tsuji, H., Yamagata, M., Nakano, H., Nakamoto, T. (2004.): Response of Soybean, Sugar Beet and Spring Wheat to the Combination of Reduced Tillage and Fertilization Practices. *Plant Production Science*, 7(1), 77-87. <https://doi.org/10.1626/pp.s.7.77>
39. Peigné, J., Messmer, M., Aveline, A., Berner, A., Mäder, P., Carcea, M., Narducci, V., Samson, M.-F., Thomsen, I. K., Celette, F., David, C. (2014.): Wheat yield and quality as influenced by reduced tillage in organic farming. *Organic agriculture*, 4(1), 1-13, <https://doi.org/10.1007/s13165-013-0055-x>
40. Pedrotti, W. (2003.): Cereal properties, application and action. Book, *Natural medicine*, Zagreb, 1-125.
41. Pereira, P., Bogunovic, I., Muñoz-Rojas, M., Brevik, E. C. (2018.): Soil ecosystem services, sustainability, valuation and management. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 5, 7-13, <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.12.003>
42. Pittelkow, C. M., Liang, X., Linnquist, B. A., Van Groenigen, K. J., Lee, J., Lundy, M. E., van Gestel, N., Six, J., Venterea, R. T., Van Kessel, C. (2015.): Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature*, 517(7534), 365-368.
43. Plyčevaitienė, V. (2002.): Žieminių rugių linija LŽI 347, *Žemdirbyste* 77, 162–169.
44. Pospišil, A. (2010.): Ratarstvo I. dio, Zrinski, Čakovec.
45. Pospišil, A., Pospišil, M. (2013.): Ratarstvo-praktikum, Sveučilišni udžbenik, Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet.

46. Rial-Lovera, K., Davies, W. P., Cannon, N. D., Conway, J. S. (2016.): Influence of tillage systems and nitrogen management on grain yield, grain protein and nitrogen-use efficiency in UK spring wheat. *The Journal of Agricultural Science*, 154(08), 1437–1452, <https://doi.org/10.1017/s0021859616000058>
47. Sadiq, M., Li, G., Rahim, N., Tahir, M. M. (2021.): Effect of conservation tillage on yield of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) and soil mineral nitrogen and carbon content. *International Agrophysics*, 35(1), 83-95, <https://doi.org/10.31545/intagr/132363>
48. SAS Institute (2018.): *TIBCO Statistics SAS/STAT User's guide, Version 13.5*, Cary (NC): SAS Institute, USA.
49. Sulek, A., Wyzinska, M., Cacak-Pietrzak, G. (2019.): Impact of tillage on yield and quality traits of grains of spring wheat cultivars. *Engineering for Rural Development*, 18, 600-606.
50. Strelec, I., Koceva Komlenić, D., Jurković, V., Jurković, Z., Ugarčić-Hardi, Ž., Sabo, M. (2010.): Quality parameter changes in wheat varieties during storage at four different storage conditions. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 75(3), 105-111.
51. Studnicki, M., Wijata, M., Sobczyński, G., Samborski, S., Gozdowski, D., Rozbicki, J. (2016.): Effect of genotype, environment and crop management on yield and quality traits in spring wheat. *Journal of Cereal Science*, 72, 30-37.
52. Studnicki, M., Wijata, M., Sobczyński, G., Samborski, S., Rozbicki, J. (2018.): Assessing grain yield and quality traits stability of spring wheat cultivars at different crop management levels. *Cereal Research Communications*, 46(1), 180-190. <https://doi.org/10.1556/0806.45.2017.066>
53. Usman, K., Khan, E. A., Yazdan, F., Khan, N., Rashid, A., Din, S. U. (2014.): Short response of spring wheat to tillage, residue management and split nitrogen application in a rice-wheat system. *Journal of Integrative Agriculture*, 13(12), 2625-2633, [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60737-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60737-6)
54. Varga, B., Svečnjak, Z., Pospíšil, A., Vinter, J. (2000.): Promjene nekih agronomskih svojstava sorata ozime pšenice u ovisnosti o razini agrotehnike. *Poljoprivredna znanstvena smotra*, 65(1), 37–44.
55. Woźniak, A., Gos, M. (2014.): Yield and quality of spring wheat and soil properties as affected by tillage system. *Plant, Soil and Environment*, 60(4), 141-145, <https://doi.org/10.17221/7330-PSE>
56. Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M. (2008.): *Climate atlas of Croatia 1961–1990, 1971–2000.*, Zagreb, Državni hidrometeorološki zavod.

57. Zeleny, L., Greenaway, W. T., Gurney, G. M., Fifield, C. C., Lebsack, K. (1960.): Sedimentation value as an index of dough-mixing characteristics in early-generation wheat selections. *Cereal Chemistry*, 37, 673-678.

Adresa autora – Author's adress:

Luka Brezinščak, mag. ing. agr.
e-mail: lbrezinscak@agr.hr
doc. dr. sc. Igor Bogunović
Zoe Andrijanić, mag. ing. agr.
Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet
Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb

Ivana Plavšin, mag. biol.
Poljoprivredni institut Osijek,
Južno predgrađe 17, 31000 Osijek

Luka Drenjančević, mag. ing. agr.
Hrvatska agencija za poljoprivredu i hranu
Centar za sjemenarstvo i rasadničarstvo,
Usorska 19, 31000 Osijek

Primljeno – received:

26.04.2022.

