



Efekti dugotrajnog zaoravanja žetvenih ostataka na prinos pšenice i agrohemijska svojstva zemljišta

Vladimir Aćin^{a*}, Milan Miroslavljević^a, Goran Jaćimović^b, Bojan Jocković^a, Dragan Živančev^a, Tanja Dražić^a, Ljiljana Brbaklić^a

^aInstitut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Srbija

^bUniverzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Srbija

*Autor za kontakt: vladimir.acin@ifvcns.ns.ac.rs

SAŽETAK

Problematika zaoravanja žetvenih ostataka posebno je izražena poslednjih decenija usled nedovoljne upotrebe stajnjaka, te učestalog spaljivanja ili iznošenja žetvenih ostataka (ŽO) useva sa parcela. Cilj istraživanja bio je da se ispita efekat dugogodišnjeg zaoravanja ŽO kukuruza, soje i pšenice, u kombinaciji sa rastućim dozama azota na prinos zrna pšenice; te uticaj na promene agrohemijskih svojstava zemljišta. U proseku za sve varijante N-đubrenja i tri sorte, prinos zrna dobijen na tretmanu sa zaoravanjem ŽO bio je za 640 kg ha⁻¹ (9%) veći u odnosu na prosek varijanti đubrenja na tretmanu bez zaoravanja ŽO. Kod sorte NS Obala, prosečan prinos zrna pri zaoravanju ŽO bio je za 8,7% veći, kod NS Igre za 9,8%, a kod sorte NS Epoha za 8,9% veći u odnosu na tretman bez zaoravanja ŽO. Na osnovu regresione analize, utvrđeno je da su sorte NS Igra i Obala znatno bolje reagovala na primenu rastućih količina azota pri zaoravanju ŽO u odnosu na Epohu. U proseku sorti, na tretmanu sa zaoravanjem ŽO regresiono uprosečeni maksimalni prinos zrna mogao bi se ostvariti primenom 123 kg N ha⁻¹; dok je na tretmanu bez zaoravanja ŽO za znatno manji maksimalni prinos bila potrebna veća količina azota. Potencijalni nivo prinosa na varijantama bez zaoravanja ŽO bio je znatno niži u odnosu na varijante ogleđa na kojima su ŽO biljnih vrsta u plodoređu zaoravani u dužem vremenskom periodu, pri čemu ni povećane količine azota nisu mogle značajno uticati na povećanje prinosa. Na osnovu uporedne analize osobina zemljišta na ogleđu u vreme njegovog zasnivanja (1971.) i u 2020. godini, može se zaključiti da dugoročno zaoravanje ŽO uz istovremenu primenu N-đubriva nije uticalo na značajnije promene sadržaja humusa i ukupnog N; što se može smatrati pozitivnim efektom s obzirom na značajno smanjenje sadržaja humusa u našim zemljištima koje su utvrdili brojni autori.

KLJUČNE REČI: Pšenica, žetveni ostaci, azot, agrohemijska svojstva zemljišta

Uvod

Poslednjih decenija, usled intenzifikacije poljoprivrede, uz kontinuirani porast prinosa useva povećana je i količina njihovih žetvenih ostataka (ŽO). Poljoprivrednici su godinama unazad spaljivali ŽO direktno na njivama kako bi smanjili materijalne troškove, ili usled nedostatka adekvatne mehanizacije i visokih troškova njihovog zaoravanja (Kastori et al., 2012; Cui et al., 2022). Spaljivanje ŽO ne samo da predstavlja značajan gubitak izuzetno vrednih prirodnih resursa i vrši veliki pritisak na ekosistem zemljišta (Bellamy et al., 2009), već direktno ugrožava i zdravlje ljudi kroz ozbiljno zagađenje životne sredine (Fu et al., 2021). Kontinuirano uništavanje žetvenih ostataka spaljivanjem i uklanjanjem sa njiva, a bez redovne primene organskih đubriva, dugoročno može biti veoma štetno sa aspekta očuvanja plodnosti zemljišta (Kastori et al., 2012; Jaćimović et al., 2016).

Problem zaoravanja ŽO u Srbiji je posebno izražen poslednjih decenija usled smanjenja stočnog fonda i nedovoljne proizvodnje i korišćenja stajnjaka i drugih vrsta organskih đubriva. Još krajem prošlog veka u zemljištima Vojvodine je postojao opšti trend gubitka sadržaja organske materije (OM). Upoređujući rezultate dve studije koje pokrivaju periode 1970-1975. i 1990-1991. godine, Bogdanović i sar. (1993) su utvrdili gubitak sadržaja OM u zemljištu od 0,20 do 0,81%; pre svega usled delovanja antropogenog faktora. Prema Sekulić i sar. (2010), na osnovu analize preko 77.000 uzoraka zemljišta pod oranicama Vojvodine, utvrđeno je da čak 39% uzoraka pripada klasi slabo humusnog zemljišta, sa sadržajem OM od 1 do 3%; dok su Šeremešić et al. (2020) utvrdili da je proizvodni kapacitet plodnog černo zemnog zemljišta postepeno opadao kao rezultat gubitka organskog ugljenika u zemljištu (SOC) i pogoršanja strukture zemljišta. Stoga, ukoliko gazdinstva ne raspolažu stočnim fondom, a ŽO ne mogu da se iskoriste za stočnu hranu ili prostirku i vrate u zemljište putem stajnjaka, zaoravanje žetvenih ostataka ima značajne prednosti u odnosu na druge načine korišćenja (Jaćimović et al., 2016).

Odnosnje biljnih ostataka sa njiva nakon žetve useva ima za posledicu opadanje plodnosti zemljišta, u prvom redu sadržaja OM, odnosno humusa (Manojlović et al., 2008). Smatra se da je OM

najvažniji izvor hranljivih materija za biljke. U površinskom sloju zemljišta, OM sadrži 3-8 t azota po ha, dok zemljišta bogata humusom sadrže i preko 20 t N ha⁻¹ (Manojlović, 2008). Osim što biljke snabdeva azotom i drugim hranivima i čuva ih od ispiranja iz zemljišta, OM pozitivno utiče i na boju i vodno-fizička svojstva zemljišta. Žetveni ostaci useva predstavljaju biomasu bogatu ugljenikom, kao i makro- i mikroelementima neophodnim za rast useva (Bentsen et al., 2014; Wang et al., 2020), te stoga mogu značajno dopuniti nedostatke hranljivih materija u poljoprivrednim zemljištima. Zaoravanje ŽO generalno se smatra korisnim i za održavanje i/ili poboljšanje fizičko-hemijskih svojstava zemljišta (Zhao et al., 2020). Povećanje prinosa useva usled vraćanja ŽO u zemljište je usko povezano sa poboljšanjem sadržaja SOC, strukture zemljišta i sadržaja i dostupnosti hranljivih materija (Guan et al., 2020; Islam et al., 2022).

Vraćanje ŽO u zemljište, kao održiva poljoprivredna praksa, ima široku primenu za poboljšanje prinosa useva i kvaliteta zemljišta (Zhang et al., 2017; Zhao et al., 2020), a može doprineti i povećanju stabilnosti prinosa (Macholdt et al., 2020). Efekti vraćanja ŽO u zemljište na prinose useva, zalihe SOC i ukupnog azota, značajno variraju u zavisnosti od vrste i količine primenjenih ostataka, načina inkorporacije, načina i intenziteta obrade zemljišta, đubrenja, klimatskih uslova, početnih fizičko-hemijskih svojstava zemljišta i dr. (Zhang et al., 2016; Hijbeek et al., 2019; Fu et al., 2021).

U uslovima vojvođanskog černozema zabeleženi su pozitivni efekti zaoravanja žetvenih ostataka uz primenu rastućih količina azota na prinose pšenice i kukuruza (Jaćimović et al., 2016; Jaćimović et al., 2017; Latković et al., 2019).

Kako je stočni fond u našoj zemlji znatno smanjen, a samim tim i količine stajnjaka, ovom važnom organskom đubrivu se mora naći odgovarajuća alternativa. Žetveni ostaci biljaka predstavljaju značajnu količinu biomase koja ima važnu ulogu u kruženju materija agroekosistema, posebno u uslovima nedovoljne upotrebe organskih đubriva. Stoga, zaoravanje, a ne odnošenje ili spaljivanje žetvenih ostataka, uz kombinovanu primenu sa organskim i mineralnim đubrivima, utiče na značajno povećanje sadržaja i pristupačnosti hraniva, očuvanje i/ili povećanje sadržaja humusa u zemljištu, a time i njegove opšte plodnosti i povećanja prinosa gajenih biljaka (Manojlović i Jaćimović, 2014; Jaćimović et al., 2016).

Materijal i metod rada

Ispitivanje efekata zaoravanja žetvenih ostataka (ŽO) pri đubrenju rastućim dozama azota (N) na prinos tri sorte ozime pšenice izvedeno je na međunarodnom višegodišnjem stacionarnom poljskom ogledu (ISDV - *Internationale Stickstoff Dauer Versuche*). Ogled je zasnovan 1971. godine, u okviru serije ogleda Međunarodne komisije za proučavanje plodnosti zemljišta, na oglednom polju Instituta za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad, na Rimskim šančevima, i traje do danas.

Dizajn ogleda, ispitivani faktori i primenjena agrotehnika

U ogledu je zastupljen tropoljni plodored (kukuruz - soja - pšenica), a izveden kao dvofaktorijalni, po *Split-plot* dizajnu, sa potpuno slučajnim rasporedom varijanti, u 4 ponavljanja. Ogled je obuhvatao sledeće tretmane upravljanja (načina korišćenja) žetvenim ostacima, u kombinaciji sa varijantama đubrenja azotom (Faktor A):

- (1) na tretmanu sa zaoravanjem ŽO biljnih vrsta u plodoredu, varijante N-đubrenja su: 0 (Ø-kontrolna varijanta), 60, 90, 120, 150 i 180 kg N ha⁻¹. Pod ovih šest varijanti se zaorava apsolutno suva slama pšenice (pod kukuruz), uz dodavanje 10 kg N iz mineralnih đubriva (KAN, 27% N) po 1 toni slame, radi sprečavanja azotne depresije. Slama se najpre pomeša sa svih varijanti đubrenja azotom, a zatim ravnomerno raspoređuje po parcelicama i zaorava raoničnim plugom.
- (2) na tretmanu bez zaoravanja ŽO primenjuje se: 0 (Ø-kontrolna varijanta), 90 i 150 kg N ha⁻¹.

U ogledu se, zavisno od perioda gajenja, ispituje veći broj sorti pšenice (Faktor B). U ovom radu su analizirani rezultati prinosa ozime pšenice u proizvodnoj 2019/20. godini, a kao objekat ispitivanja odabrane su tri novije sorte novosadskog Instituta za ratarstvo i povrtarstvo: NS Obala, NS Igra i NS Epoha. Ozima pšenica je odabrana za ovu analizu kao široko rasprostranjena i najvažnija, osnovna kultura za obezbeđivanje nacionalne prehrambene sigurnosti, ali i „strateška kultura“ za Srbiju sa značajnim izvoznim potencijalom.

Primena predviđenih količina azota u ogledu vrši se u 2 navrata: 1/2 u jesen, pod osnovnu obradu oranjem, dok se druga polovina primenjuje u jednom prihranjivanju (početkom marta meseca). Na svim tretmanima, u svim godinama trajanja ogleda primenjuje se ista količina fosfora i kalijuma - po 80 kg P₂O₅ i K₂O ha⁻¹ pod osnovnu obradu za kukuruz i pšenicu; pri čemu se soja ne đubri mineralnim đubrivima, odnosno služi kao „test kultura“.

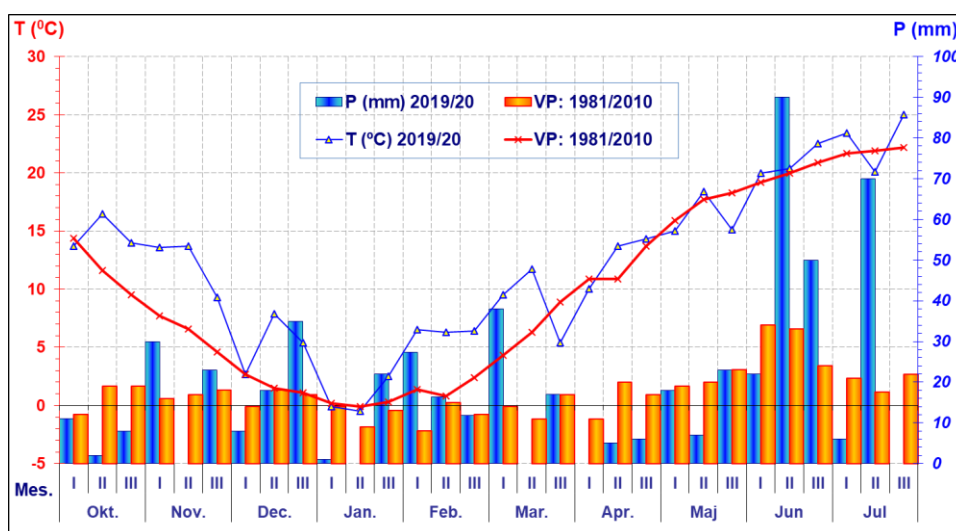
Osnovna parcela za primenu đubriva iznosi 57 m² (6 x 9,5 m), a za žetvu 32 m²; čime je obezbeđen dovoljan zaštitni pojas između parcelica.

Setva pšenice izvedena je mašinski, samohodnom sejalicom za setvu ogleđa, na rastojanje između redova od 10 cm, sa setvenom normom od 550 klijavih zrna po 1 m² kod svake sorte. Setva se u svim godinama, počev od postavljanja ogleđa, obavlja u optimalnom agrotehničkom roku za uslove Vojvodine. U analiziranoj 2019/20. godini setva je izvršena 11. oktobra 2019., a žetva je obavljena 03. jula 2020. godine.

Efekte analiziranih faktora (A - kombinacija tretmana sa i bez zaoravanja ŽO i đubrenja azotom; B - sorte pšenice) i njihove interakcije (A×B) na prinos suvog zrna (sveden na 13% vlage), obrađeni su analizom varijanse dvofaktorijalnog ogleđa izvedenog po *Split-plot* dizajnu sa slučajnim rasporedom varijanti, pomoću softvera „GenStat for Windows 12th edition”. Statistička značajnost razlika sredina ispitivanih tretmana određena je testom najmanje značajne razlike - Fisher's Least Significant Difference (LSD test) na pragovima značajnosti od 1 i 5%. Regresiona analiza uticaja rastućih količina azota na prinos zrna analiziranih sorti pšenice na tretmanima sa i bez zaoravanja ŽO obrađena je softverom „OriginPro v.8.“; a u cilju određivanja optimalne doze N iz đubriva za svaku sortu.

Vremenski uslovi u proizvodnoj godini

Osnovni meteorološki faktori u toku izvođenja ogleđa (lokalitet Rimski šančevi) prikazani su na Graf. 1. Proizvodna 2019/2020. godina karakterisala se relativno povoljnim uslovima za proizvodnju pšenice. Naime, u oktobru, novembru i decembru 2019. godine, srednje dekadne temperature su bile znatno više od višegodišnjih prosečnih vrednosti, što je povoljno uticalo na klijanje i nicanje. U oktobru je zabeležen manjak padavina, ali je stanje vlage u zemljištu znatno popravljeno njihovim povećanjem u novembru i decembru, kada su bile nešto iznad višegodišnjeg proseka i obezbedile dovoljno vlage za početne faze rasta i razvika i uspešan ulazak pšenice u zimski period. Početak 2020. godine odlikovao se srednjim dekadnim temperaturama na nivou višegodišnjeg proseka sa trendom porasta, i većim količinama padavina samo u III dekadi januara. Februar i mart su bili znatno topliji u odnosu na prosek, sa dovoljnim količinama padavina, što je povoljno uticalo na nastavak prolećne vegetacije biljaka. U aprilu i maju pojavio se umereni nedostatak padavina, sa temperaturama na nivou prosečnih vrednosti. Početkom leta, u fazi voštane i pune zrelosti došlo je do pojave obilnijih kiša u II i III dekadi juna, što je produžilo period sazrevanja. U prvoj dekadi jula (period žetve) temperature se bile iznad prosečnih vrednosti, što je uz povremene manje količine padavina omogućilo uspešnu žetvu pšenice.



Grafikon 1. Vremenski uslovi tokom vegetacije ozime pšenice u 2019/20. godini (meteorološka stanica Rimski šančevi).

Figure 1. Weather conditions during the winter wheat vegetation period (meteorological station Rimski šančevi).

Zemljišni uslovi u vreme zasnivanja ogleđa

Ogled je zasnovan 1971. godine na zemljištu tipa černozem (automorfno zemljište), podtip černozem na lesu i lesolikim sedimentima, varijetet karbonatni, forma srednje dubok. Osnovne agrohemijske osobine zemljišta pred zasnivanje ogleđa date su u Tabeli 1 (preuzeto iz Malešević, 1989). Na osnovu podataka prikazanih u tabeli, uočava se da je sadržaj CaCO₃ povećavao se sa povećavanjem dubine profila, pri čemu je reakcija zemljišta bila neutralna do blago alkalna. U prelaznom AC horizontu pH

vrednost se povećavala. Sadržaj humusa sa 3,14% u površinskom (oraničnom) sloju zemljišta opadao je sa dubinom profila, pri čemu se uporedo menjao i sadržaj ukupnog azota. Humusno-akumulativni oranični sloj sadržao je 0,184% ukupnog N, a njegov sadržaj se znatno smanjio u dubljim slojevima zemljišta. U sloju od 0-35 cm zemljište je bilo srednje obezbeđeno lakopristupačnim fosforom (13,2 mg na 100 g zemljišta), dok je sadržaj kalijuma bio optimalan (19,5 mg/100 g), odnosno na nivou dobre obezbeđenosti (Manojlović i Čabilovski, 2020). Sa povećanjem dubine intenzivnije je opadao sadržaj fosfora nego kalijuma. Po mehaničkom sastavu, černoze na ispitivanom lokalitetu, se može svrstati u grupu ilovastih glina.

Tabela 1

Agrohemijske osobine černoze na kome je zasnovan ISDV ogled (Rimski šančevi; 1971. godina)*

Table 1

Agrochemical properties of chernozem (ISDV experiment, Rimski šančevi, 1971)

Dubina (cm)	pH		CaCO ₃ (%)	Humus (%)	Ukupan N (%)	AL-P ₂ O ₅ (mg/100 g zemljišta)	AL-K ₂ O
	u KCl	u H ₂ O					
0-35	7,00	7,35	2,1	3,14	0,184	13,2	19,5
35-70	7,20	7,40	4,5	2,90	0,179	9,7	20,0
70-95	7,40	7,80	8,5	1,88	0,108	3,8	13,5
>95	7,40	7,91	27,9	1,06	0,080	3,8	9,0

* Izvor: prof. dr Miroslav Malešević (1989), Doktorska disertacija

Rezultati i diskusija

Na varijabilnost prinosa zrna pšenice u ogledu (Tab. 2), statistički visoko značajan efekat na osnovu F-testa ispoljili su način korišćenja žetvenih ostataka kombinovan sa đubrenjem azotom ($\pm\text{ŽO}\pm\text{N}$) i sorte ($p < 0,001$), dok njihova interakcija (A×B) nije imala statistički značajan efekat; ukazujući na slično ponašanje sorti pri različitim kombinacijama tretmana sa i bez zaoravanja ŽO i N-đubrenja.

Na osnovu procentualnog udela suma kvadrata pojedinih izvora varijacije u sumi kvadrata totala, može se zaključiti da je na ukupnu varijaciju prinosa zrna u ogledu način korišćenja ŽO uz đubrenje azotom uticao sa 60%, dok je uticaj sorti bio znatno manji (17%), ali statistički takođe visoko značajan.

Tabela 2

Analiza varijanse prinosa zrna pšenice

Table 2

Variance analysis of wheat grain yield

Izvori varijacije	Stepeni slobode	Suma kvadrata	Suma kvadrata (%)	Sredina kvadrata	F-test	Značajnost F-testa (p)
Ponavljanja	3	4,012	5	1,337	9,65	/
$\pm\text{ŽO}\pm\text{N}$ (A)	8	51,081	60	6,385	46,08	<0,001**
Pogreška	24	3,326	4	0,139	0,90	/
Sorte (B)	2	13,998	17	6,999	45,38	<0,001**
Interakcija (A×B)	16	4,052	5	0,253	1,64	0,089 ^{nz}
Pogreška po B	54	8,328	10	0,154	/	/
Total	107	84,796	100	/	/	/

** statistički visoko značajno; ^{nz} nije statistički značajno

Prinos pšenice na tretmanima sa i bez zaoravanja žetvenih ostataka

U proseku za ceo ogled, u analiziranoj godini ostvaren je prinos zrna pšenice od 7,51 t ha⁻¹ (Tab. 3). Međutim, prinos zrna dobijen na tretmanu sa zaoravanjem ŽO iznosio je 7,72 t ha⁻¹ (prosečno za sve varijante N-đubrenja i sve tri sorte), i bio je za 640 kg ha⁻¹ (odnosno za 9%) veći u odnosu na prosek varijanti đubrenja na tretmanu bez zaoravanja ŽO (7,08 t ha⁻¹).

Kod sorte NS Obala, prosečan prinos zrna na tretmanu sa zaoravanjem ŽO (7,97 t ha⁻¹) bio je za 8,7% veći; kod NS Igre (8,10 t ha⁻¹) za 9,8%, a kod NS Epohe (7,09 t ha⁻¹) za 8,9% veći u odnosu na tretman bez zaoravanja ŽO (7,33; 7,38 odnosno 6,51 t ha⁻¹). Razlike u prinosu zrna u korist zaoravanja ŽO iznosile su 640 kg ha⁻¹ (NS Obala), 720 kg ha⁻¹ (NS Igra) i 580 kg ha⁻¹ (NS Epoha).

Na tretmanu sa zaoravanjem ŽO, najmanji prinosi zrna, kako po sortama (6,18 t ha⁻¹ kod Obale i Igre, odnosno 6,10 t ha⁻¹ kod Epohe), tako i u proseku sorti (6,15 t ha⁻¹) dobijeni su na kontrolnoj, odnosno varijanti bez primene azota; dok se njegovim dodavanjem prinos zrna značajno povećavao do varijante sa 120 kg N ha⁻¹ (Tab. 3). U proseku sorti, prinos zrna na ovoj varijanti đubrenja (8,51 t ha⁻¹) bio je statistički značajno veći u odnosu na kontrolu i varijante sa 60 i 90 kg N ha⁻¹; dok je pri daljem povećanju količina azota na 150 i 180 kg ha⁻¹ došlo do blagog opadanja prinosa, s tim da nisu dobijene značajna razlike između varijanti sa primenom 120 i 150 kg N ha⁻¹.

Prinos zrna na najprinosnijoj varijanti ogleđa (120 kg N ha⁻¹ sa zaoravanjem ŽO), kao i prinosi koji su ostvareni na varijantama N90 i N150, bili su statistički značajno veći u odnosu na sve varijante đubrenja na kojima žetveni ostaci nisu bili zaoravani.

Tabela 3

Prinos zrna sorti ozime pšenice (t ha⁻¹) pri različitim dozama azota na tretmanima sa i bez zaoravanja žetvenih ostataka (ŽO)

Table 3

Grain yield of winter wheat varieties (t ha⁻¹) at different nitrogen doses, on treatments with and without crop residue incorporation

Način korišćenja ŽO i đubrenje azotom (A)		Sorta (B)			Prosek (A)	
ŽO	Doza N (kg ha ⁻¹)	NS Obala	NS Igra	NS Epoha		
Sa zaoravanjem ŽO	1	0	6,18	6,18	6,10	6,15
	2	60	7,76	8,19	6,76	7,57
	3	90	8,44	8,45	7,43	8,10
	4	120	8,91	8,83	7,78	8,51
	5	150	8,63	8,91	7,15	8,23
	6	180	7,91	8,03	7,34	7,76
Prosek:			7,97	8,10	7,09	7,72
Bez zaorav. ŽO	7	0	6,06	6,26	5,82	6,05
	8	90	7,74	7,97	6,69	7,47
	9	150	8,20	7,91	7,03	7,72
	Prosek:			7,33	7,38	6,51
Prosek (B)			7,76	7,86	6,90	7,51

LSD	A	B	BxA	AxB
5%	0,35	0,21	0,60	0,63
1%	0,47	0,27	0,81	0,83

Na tretmanu bez zaoravanja ŽO, najmanji prinos, kako kod svih sorti pojedinačno, tako i u njihovom proseku (6,05 t ha⁻¹), dobijen je na varijanti bez đubrenja azotom, dok je dodavanjem 90 i 150 kg N ha⁻¹ prinos zrna značajno povećan - za 1,42; odnosno 1,67 t ha⁻¹; pri čemu između varijanti sa 90 i 150 kg N ha⁻¹ nisu utvrđene statistički značajne razlike (Tab. 3).

Pozitivan efekat dugogodišnjeg zaoravanja ŽO na prinos zrna pšenice kod uporedivih varijanti ogleđa (0, 90 i 150 kg N ha⁻¹) prikazan je u Tabeli 4, a kretao se u zavisnosti od ispitivane sorte i količine primenjenog azota u rasponu od 120 kg zrna ha⁻¹ (kod sorte NS Obala na kontrolnoj varijanti i sorte NS Epoha na varijanti sa 150 kg N ha⁻¹), do čak 1.000 kg ha⁻¹ (kod sorte NS Igra pri đubrenju sa 150 kg N ha⁻¹). Jedini negativan, međutim statistički neznačajan uticaj zaoravanja ŽO, zabeležen je kod sorte NS Igra na varijanti bez primene azota, gde je prinos na tretmanu sa zaoravanjem ŽO bio manji za 80 kg zrna ha⁻¹ u odnosu na tretman bez zaoravanja ŽO.

Posmatrano u proseku za sve tri sorte; na kontrolnoj varijanti (N0) dugogodišnje zaoravanje ŽO povećalo je prinos zrna za svega 100 kg ha⁻¹; na varijanti sa 90 kg N ha⁻¹ za 630 kg ha⁻¹, dok je na varijanti sa najintenzivnijim đubrenjem azotom (150 kg N ha⁻¹) zaoravanje ŽO dovelo do povećanja prinosa zrna od 510 kg ha⁻¹ (Tab. 4).

Prosečno povećanje prinosa zrna u ogledu postignuto zaoravanjem ŽO (prosek za sve sorte i sve tri primenjene količine azota) iznosilo je 420 kg zrna ha⁻¹, odnosno 5,9% (Tab. 4); pri čemu je po pojedinim sortama iznosilo 420 kg zrna ha⁻¹ (odnosno 5,7%) kod sorte NS Obala; 470 kg ha⁻¹ (6,3%) kod sorte NS Igra i 380 kg zrna ha⁻¹ (5,8%), kod sorte NS Epoha.

Generalno, može se zaključiti da je, u proseku za sve tri primenjene doze azota, sorta NS Igra najbolje odreagovala na dugogodišnje zaoravanje ŽO, zatim sledi sorta Obala, dok je efekat zaoravanja ŽO kod sorte Epoha bio neznatno manji, ali statistički takođe značajan.

Tabela 4

Efekat zaoravanja žetvenih ostataka kod uporedivih varijanti ogleda na prinos zrna pšenice (t ha⁻¹)

Table 4

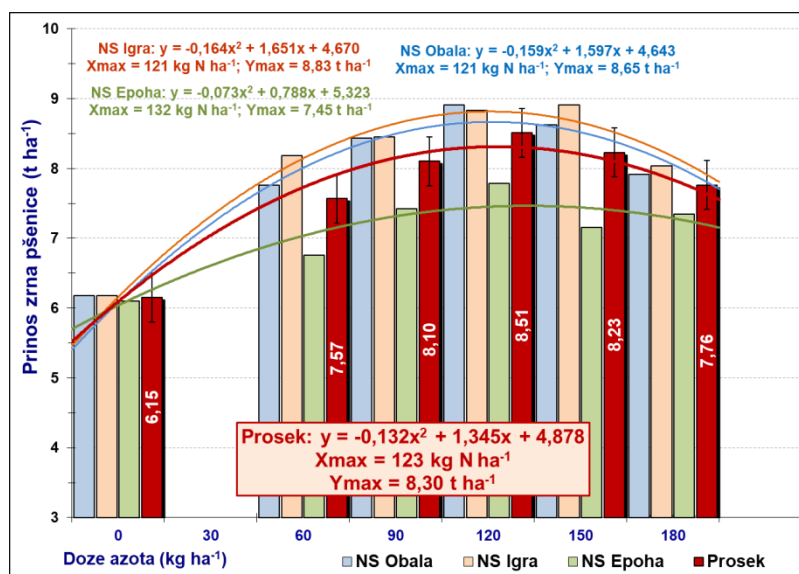
The effect of crop residue incorporation in comparable variants on wheat grain yield (t ha⁻¹)

Doza azota (kg ha ⁻¹)	Tretman ŽO	Sorta			Prosek
		NS Obala	NS Igra	NS Epoha	
0	Sa zaoravanjem ŽO	6,18	6,18	6,10	6,15
	Bez zaoravanja ŽO	6,06	6,26	5,82	6,05
	Razlika:	0,12	-0,08	0,28	0,10
90	Sa zaoravanjem ŽO	8,44	8,45	7,43	8,10
	Bez zaoravanja ŽO	7,74	7,97	6,69	7,47
	Razlika:	0,70	0,48	0,74	0,63
150	Sa zaoravanjem ŽO	8,63	8,91	7,15	8,23
	Bez zaoravanja ŽO	8,20	7,91	7,03	7,72
	Razlika:	0,43	1,00	0,12	0,51
Prosečno za sve 3 doze N:	Sa zaoravanjem ŽO	7,75	7,85	6,89	7,50
	Bez zaoravanja ŽO	7,33	7,38	6,51	7,08
	Razlika:	0,42	0,47	0,38	0,42

Regresiona analiza prinosa zrna pšenice na tretmanima sa i bez zaoravanja žetvenih ostataka

Promena prinosa zrna pri rastućim dozama azota na tretmanu sa zaoravanjem ŽO, kako kod sve tri ispitivane sorte tako i u njihovom proseku, pratila je oblik krive kvadratne regresije (Graf. 2). Na osnovu prikazanih jednačina regresije, teoretski, regresiono uprosečeni maksimalni prinos zrna kod sorte NS Igra (8,83 t ha⁻¹), može se ostvariti pri đubrenju sa 121 kg N ha⁻¹. Primenom identične količine azota, nešto manji regresioni prinos (8,65 t ha⁻¹) može se ostvariti kod sorte NS Obala. Za razliku od prethodnih, kod sorte NS Epoha za postizanje znatno nižeg regresiono uprosečenog maksimalnog prinosa (7,45 t ha⁻¹) istovremeno je bila potrebna veća količina azota (132 kg N ha⁻¹). Na osnovu navedenog, može se konstatovati da su sorte NS Igra i Obala znatno bolje reagovale na primenu rastućih količina azota pri dugogodišnjem zaoravanju ŽO, s obzirom da su pri nižem nivou đubrenja (121 kg N ha⁻¹) ostvarile značajno veći prinos zrna u odnosu na sortu NS Epoha. Dobijeni rezultati mogu se pripisati sortnoj specifičnosti u pogledu mineralne (azotne) ishrane pšenice.

U proseku za sve tri ispitivane sorte, a na osnovu jednačine regresije prikazane na Graf. 2, teoretski regresioni maksimalni prinos zrna od 8,30 t ha⁻¹, mogao bi se ostvariti primenom prosečne količine azota od 123 kg ha⁻¹.

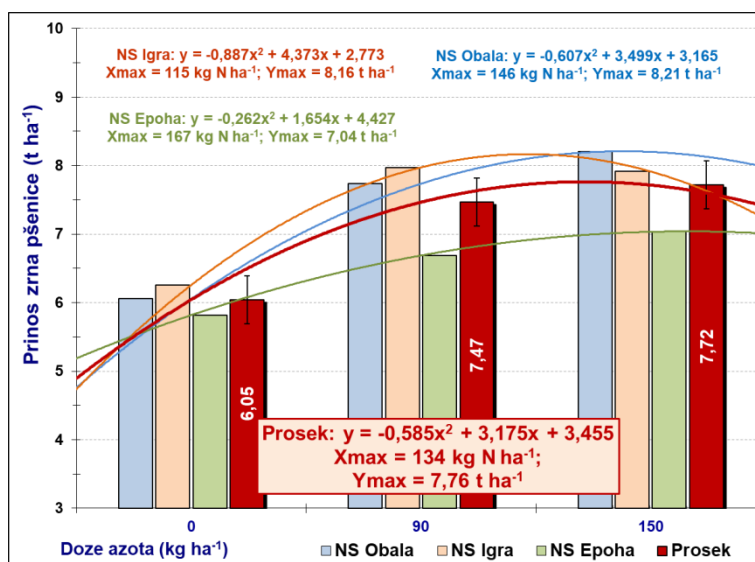


Grafikon 2. Uticaj rastućih količina azota na prinos zrna pšenice na tretmanu sa zaoravanjem žetvenih ostataka.

Figure 2. The effect of increasing amounts of nitrogen on the wheat grain yield in the treatment with crop residue incorporation.

Kao i u prethodnom slučaju, na tretmanu bez zaoravanja žetvenih ostataka (Graf. 3), prinos zrna pri rastućim dozama N pratio je oblik krive kvadratne regresije. Kod sorte NS Igra, regresiono uprosečeni maksimalni prinos zrna od 8,16 t ha⁻¹, može se ostvariti pri đubrenju sa 115 kg N ha⁻¹, dok se kod NS Obale, gotovo identičan prinos ostvaruje sa znatno većom količinom azota (146 kg ha⁻¹). Kod sorte NS Epoha, za značajno manji prinos zrna u odnosu na prethodne sorte (7,04 t ha⁻¹) bila je potrebna znatno veća količina azota; izvan opsega ispitivanih N-doza (167 kg N ha⁻¹).

U proseku za sve tri analizirane sorte, na osnovu dobijene jednačine regresije, teoretski regresiono uprosečeni maksimalni prinos zrna od 7,76 t ha⁻¹, mogao bi se ostvariti pri đubrenju sa 134 kg N ha⁻¹.



Grafikon 3: Uticaj rastućih količina azota na prinos zrna pšenice na tretmanu bez zaoravanja žetvenih ostataka.

Figure 3. The effect of increasing amounts of nitrogen on the wheat grain yield in the treatment without incorporation of crop residues.

Na osnovu rezultata oglada prikazanih na Grafikonima 2 i 3, može se zaključiti da je potencijalni nivo prinosa na varijantama bez zaoravanja žetvenih ostataka (kako kod pojedinačnih sorti, tako i u njihovom proseku) bio znatno niži u odnosu na varijante oglada na kojima su ŽO biljnih vrsta u plodoredu zaoravani u dužem vremenskom periodu; te da ni povećane količine azota nisu mogle značajno uticati na povećanje prinosa zrna.

Promene osnovnih agrohemijskih svojstava zemljišta u odnosu na početno stanje

U podsekciji „Zemljišni uslovi u vreme zasnivanja ogleđa“ prikazane su i analizirane agrohemijske osobine černoze na kome je davne 1971. godine osnovan ISDV ogleđ (Tab. 1). Agrohemijske analize zemljišta vršene su u više navrata i nakon ove prvobitne (okvirno na svakih 5-6 godina), pri čemu u prvih 15-tak godina nisu dobijane značajne razlike koje bi se mogle pripisati delovanju ispitivanih tretmana. Ovo je potpuno razumljivo, s obzirom da se promene u zemljištu odvijaju veoma sporo, a zavise, pored primenjenih tretmana, i od mnogobrojnih drugih faktora, prvenstveno klimatskih; odnosno uslova za mineralizaciju inkorporiranih žetvenih ostataka biljnih vrsta u plodoredu.

Poslednja analiza zemljišta izvršena je krajem 2020. godine, a radi poređenja dobijenih podataka, u Tab. 5 uporedo su prikazani rezultati analiza samo oraničnog sloja zemljišta, pri čemu je u 2020. godini formiran prosek svih varijanti ogleđa.

Tabela 5

Uporedni prikaz agrohemijskih osobina zemljišta na ISDV ogleđu u vreme njegovog zasnivanja i u 2020. godini

Table 5

Comparative overview of agrochemical soil properties in the ISDV trial at the time of its establishment and in 2020

1971. god. (zasnivanje ogleđa)	Dubina (cm)	pH		CaCO ₃ (%)	Humus (%)	Ukupan N (%)	AL-P ₂ O ₅ (mg/100 g zemljišta)	AL-K ₂ O
		u KCl	u H ₂ O					
	0-35	7,00	7,35	2,1	3,14	0,184	13,2	19,5
15.12.2020.	0-30	7,25	7,85	4,65	3,11	0,178	31,77	28,42

Na osnovu prikazanih podataka, uočava se da je u oraničnom sloju zemljišta (0-30 cm) u 2020. godini u odnosu na početno stanje povećana pH vrednost zemljišta, međutim ono se i dalje može kategorisati kao slabo alkalno. Sadržaj CaCO₃ povećan je za više od dva puta, međutim zemljište i dalje pripada kategoriji srednje karbonatnog. Nakon 50 godina trajanja ogleđa, nije došlo do značajnijih promena u sadržaju humusa i ukupnog azota, koji su se održali na gotovo identičnom nivou; te se zemljište može svrstati u kategoriju umereno (prema Scheffer/Schachtschabel), odnosno dosta humoznog (po Gračaninu) (Manojlović i Čabilovski, 2020), i pripada klasi srednje obezbeđenosti ukupnim azotom.

Može se konstatovati da dugoročno zaoravanje žetvenih ostataka uz istovremenu primenu precizno određenih količina N-đubriva nije uticalo na promene sadržaja humusa i ukupnog azota u zemljištu; što se može smatrati pozitivnim ishodom ovog eksperimenta, s obzirom na visoko značajno smanjenje sadržaja organske materije u našim zemljištima koje su utvrdili brojni autori.

Značajnije razlike u odnosu na prvobitnu analizu zemljišta (1971. god.) mogu se uočiti u pogledu nivoa obezbeđenosti fosforom i kalijumom. Sadržaj lakopristupačnog fosfora do 2020. godine povećao se za 18,75, a kalijuma za 8,92 mg/100 g zemljišta. Time je prvobitni nivo obezbeđenosti lakopristupačnim fosforom povećan sa srednjeg na visok, a lakopristupačnim kalijumom sa optimalnog na visok (Manojlović i Čabilovski, 2020).

U naučnoj literaturi ima mnogo primera koji ukazuju da dugogodišnje zaoravanje ŽO može dati slične ili čak i iste rezultate kao i primena stajnjaka u održavanju ili i poboljšanju svojstava zemljišta, te povećanju prinosa. U ogleđima koji su izvođeni u svetu i u našim uslovima dokazano je povoljno dejstvo zaoravanja žetvenih ostataka na prinos (Jaćimović i sar., 2009; Latković et al., 2015; Jaćimović et al., 2016), zatim na povećanje sadržaja ukupnog azota i ugljenika, poboljšanje plodnosti zemljišta ili smanjenje ispiranja azota (Manojlović et al., 2008).

U dvogodišnjem istraživanju izvedenom na ISDV ogleđu, Jaćimović et al. (2016) su utvrdili da je, u proseku za sve varijante N-đubrenja, prinos pšenice dobijen na tretmanu sa zaoravanjem ŽO bio za 540 kg ha⁻¹ veći u poređenju sa uklanjanjem slame. U zavisnosti od analiziranih sorti i količine primenjenog N, povećanje prinosa pšenice na tretmanu sa inkorporacijom ŽO iznosilo je 370-930 kg ha⁻¹; odnosno u četvorogodišnjem proseku oko 11% (Jaćimović i sar., 2017); dok Latković et al. (2019) izveštavaju o povećanju prinosa kukuruza za 12,5% na tretmanu sa zaoravanjem ŽO u odnosu na njihovo uklanjanje.

Zaključci

U proseku za sve varijante đubrenja azotom i analizirane sorte, prinos zrna dobijen na tretmanu sa zaoravanjem žetvenih ostataka (ŽO) bio je za 640 kg ha⁻¹ (odnosno za 9%) veći u odnosu na prosek

varijanti đubrenja na tretmanu bez zaoravanja ŽO. Kod sorte NS Obala, prosečan prinos zrna na tretmanu sa zaoravanjem ŽO bio je za 8,7% veći; kod sorte NS Igra za 9,8%, a kod sorte NS Epoha za 8,9% veći u odnosu na tretman bez zaoravanja ŽO.

Na osnovu regresione analize prinosa, moglo se zaključiti da su sorte NS Igra i Obala znatno bolje reagovale na primenu rastućih količina azota pri dugogodišnjem zaoravanju ŽO u odnosu na sortu NS Epoha. U proseku za sve tri ispitivane sorte, na tretmanu sa zaoravanjem ŽO teoretski regresiono uprosečeni maksimalni prinos zrna od 8,30 t ha⁻¹ mogao bi se ostvariti primenom prosečne količine azota od 123 kg ha⁻¹; dok je na tretmanu bez zaoravanja ŽO, za znatno manji maksimalni prinos zrna (7,76 t ha⁻¹) potrebno primeniti veću količinu azota (134 kg ha⁻¹).

Potencijalni nivo prinosa na varijantama bez zaoravanja žetvenih ostataka bio je znatno niži u odnosu na varijante ogleđa na kojima su ŽO biljnih vrsta u plodoređu zaoravani u dužem vremenskom periodu, pri čemu ni povećane količine azota nisu mogle značajno uticati na povećanje prinosa.

Na osnovu uporedne analize agrohemijskih osobina zemljišta na ISDV ogleđu u vreme njegovog zasnivanja (1971. god.) i u 2020. godini, može se zaključiti da dugoročno zaoravanje žetvenih ostataka uz istovremenu primenu mineralnih đubriva nije uticalo na značajnije promene sadržaja humusa i ukupnog azota u zemljištu. Međutim, ovo se može smatrati pozitivnim rezultatom, s obzirom na značajno smanjenje sadržaja humusa u našim zemljištima koje su utvrdili brojni autori.

Zahvalnica

Sredstva za realizaciju istraživanja obezbeđena su od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Ugovori 451-03-9/2022-14/200032 i 451-03-68/2022-14/200117) i Pokrajinskog sekretarijata za visoko obrazovanje i naučnoistraživačku delatnost Autonomne pokrajine Vojvodine (Br. projekta: 142-451-3152/2022-01/2)

Literatura

- Bellamy, P.H., Loveland, P.J., Bradley, R.I., Lark, R.M., Kirk, G.J.D. 2005. Carbon losses from all soils across England and Wales 1978-2003. *Nature*, 437: 245-248.
- Bentsen, N.S., Felby, C., Thorsen, B.J. 2014. Agricultural residue production and potentials for energy and materials services. *Prog. Energy Combust. Sci.*, 40: 59-73.
- Bogdanović, D., Ubavić, M., Dozet, D. 1993. Hemijski sastav i obezbeđenost zemljišta Vojvodine neophodnim elementima. U: Kastori, R. (ur.): Teški metali i pesticidi u zemljištu - Teški metali i pesticidi u zemljištima Vojvodine. Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 197-215.
- Cui, H., Luo, Y., Chen, J., Jin, M., Li, Y., Wang, Z. 2022. Straw return strategies to improve soil properties and crop productivity in a winter wheat-summer maize cropping system. *Eur. J. Agron.*, 133: 126436.
- Fu, B., Chen, L., Huang, H., Qu, P., Wei, Z. 2021. Impacts of crop residues on soil health: a review. *Environ. Pollut. Bioavailab.*, 33: 164-173.
- Guan, X.K., Wei, L., Turner, N.C., Ma, S.C., Yang, M.D., Wang, T.C. 2020. Improved straw management practices promote in situ straw decomposition and nutrient release, and increase crop production. *J. Clean. Prod.*, 250.
- Hijbeek, R., Pronk, A.A., van Ittersum, M.K., Verhagen, A., Ruyschaert, G., Bittetbier, J., Zavattaro, L., Bechini, L., Schlatter, N., ten Berge, H.F.M. 2019. Use of organic inputs by arable farmers in six agro-ecological zones across Europe: Drivers and barriers. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 275: 42-53.
- Islam, M.U.I., Guo, Z., Jiang, F., Peng, X. 2022. Does straw return increase crop yield in the wheat-maize cropping system in China? A meta-analysis. *Field Crops Res.*, 279: 108447.
- Jaćimović, G., Ćin, V., Crnobarac, J., Latković, D., Manojlović, M. (2017): Efekti zaoravanja žetvenih ostataka na prinos pšenice u dugotrajnom poljskom ogleđu. *Letopis naučnih radova, Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Novom Sadu*, 41 (1): 1-8.
- Jaćimović, G., Ćin, V., Mirosavljević, M., Crnobarac, J., Marinković, B., Latković, D. 2016. Long-term effects of straw incorporation and increasing doses of nitrogen on the wheat yield. VII International Scientific Agriculture Symposium "Agrosym 2016", Jahorina, University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina. *Book of Proceedings*, 644-649.
- Jaćimović, G., Malešević, M., Bogdanović, D., Marinković, B., Crnobarac, J., Latković, D., Ćin, V. 2009. Prinos pšenice u zavisnosti od dugogodišnjeg zaoravanja žetvenih ostataka. *Letopis naučnih radova*, 33: 85-92.
- Kastori, R., Maksimović, I., Putnik D.M. 2012. Environmental aspects of burning field residues for use as an alternative fuel. *Field Veg. Crop Res.*, 49: 313-319.
- Latković, D., Marinković, B., Crnobarac, J., Berenji, J., Sikora, V., Jaćimović, G. 2015. Long-term effects of incorporation of crop residues and increasing doses of nitrogen on the maize yield. Sixth International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2015", Jahorina, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina. *Book of proceedings*, 395-400.
- Latković, D., Crnobarac, J., Jaćimović, G., Visković, J., Dunderski, D. 2019. The importance of harvest residues in corn production. *Zemljiste i Biljka / Soil and Plant*, 68: 33-43.
- Malešević, M. (1989): Značaj temperatura i padavina za određivanje optimalne količine azota i njihov uticaj na visinu prinosa ozime pšenice (*Triticum aestivum* L.). Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, 1-211.

- Manojlovic, M., Acin, V., Seremesic, S. 2008. Long-term effects of agronomic practices on the soil organic carbon sequestration in Chernozem. *Arch. Agron. Soil Sci.*, 54(4): 353-367.
- Manojlović, M. 2008. Primena đubriva u organskoj poljoprivredi. U: *Đubrenje u održivoj poljoprivredi* (Ur. Manojlović, M.), Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 168-186.
- Macholdt, J., Piepho, H.P., Honermeier, B., Perryman, S., Macdonald, A., Poulton, P. 2020. The effects of cropping sequence, fertilization and straw management on the yield stability of winter wheat (1986-2017) in the Broadbalk Wheat Experiment, Rothamsted, UK. *J. Agric. Sci.*, 158: 65-79.
- Manojlović, M., Čabilovski, R. 2020. Praktikum iz agrohemije. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Manojlović, M., Jaćimović, G. 2014. Značaj zaoravanja žetvenih ostataka za kvalitet zemljišta, produktivnost i prilagođavanje klimatskim promenama. *Naučno-stručno savetovanje „Dobar dan domaćine“*, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Departman za ratarstvo i povrtarstvo. *Tematski zbornik radova*, 27-33.
- Sekulić, P., Ninkov, J., Hristov, N., Vasin, J., Šeremešić, S., Zeremski, Š.T. 2010. Sadržaj organske materije u zemljištima AP Vojvodine i mogućnost korišćenja žetvenih ostataka kao obnovljivog izvora energije. *Ratarstvo i Povrtarstvo / Field Veg. Crop Res.*, 47: 591-598.
- Šeremešić, S., Ćirić, V., Djalović, I., Vasin, J., Zeremski, T., Siddique, K.H., Farooq, M. 2020. Long-term winter wheat cropping influenced soil organic carbon pools in different aggregate fractions of Chernozem soil. *Arch. Agron. Soil Sci.*, 66: 2055-2066.
- Wang, X., Yang, Z., Liu, X., Huang, G., Xiao, W., Han, L. 2020. The composition characteristics of different crop straw types and their multivariate analysis and comparison. *Waste Manage.*, 110: 87-97.
- Zhao, X., Liu, B., Liu, S., Qi, J., Wang, X., Pu, C., Li, S., Zhang, X., Yang, X., Lal, R., Chen, F., Zhang, H. 2020. Sustaining crop production in China's cropland by crop residue retention: A meta-analysis. *Land Degrad. Dev.*, 31: 694-709.

The effects of long-term incorporation of crop residues on wheat yield and agrochemical soil properties

Vladimir Ćin^{a*}, Milan Miroslavljević^a, Goran Jaćimović^b, Bojan Jocković^a, Dragan Živančev^a, Tanja Dražić^a, Ljiljana Brbaklić^a

^aInstitute of Field and Vegetable Crops Novi Sad, Maksima Gorkog 30, 21000 Novi Sad, Serbia

^bUniversity of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Department of Field and Vegetable Crops, Novi Sad, Serbia

*Corresponding author: vladimir.acin@ifvcns.ns.ac.rs

ABSTRACT

The issue of plowing of crop residues has been particularly pronounced in recent decades due to insufficient use of manure, and frequent burning or removal of crop residues (CR) from the fields. The aim of the research was to examine the effect of long-term plowing of CR of corn, soybean and wheat, in combination with increasing N-doses on the wheat grain yield (GY); as well as the influence on changes in basic soil properties. On average for all variants of N-fertilization and three wheat varieties, GY obtained in the treatment with plowing of CR was by 640 kg ha⁻¹ (i.e. 9%) higher compared to the average of the variants of fertilization in the treatment without plowing of CR. In the case of NS Obala variety, the average GY when plowing CR was by 8.7% higher, in NS Igra by 9.8%, and in NS Epoha variety by 8.9% higher compared to the treatment without plowing of CR. Based on the regression analysis, it was determined that the NS Igra and Obala varieties reacted much better to the application of increasing amounts of nitrogen at plowing of CR compared to NS Epoha. In the average of all varieties, in the treatment with plowing of CR, the regression averaged maximum GY could be achieved by applying 123 kg N ha⁻¹; while in the treatment without plowing of CR, a higher amount of N was needed for a significantly lower maximum yield. The potential level of yield on the variants without plowing of CR was significantly lower compared to the variants of the trial where the CR of crops in the rotation were incorporated for a longer period of time, where even increased amounts of N could not significantly affect the increase in yield. Based on a comparative analysis of soil properties in the trial at its establishment (1971) and in 2020, it can be concluded that long-term plowing of CR with the simultaneous application of N-fertilizers did not affect significant changes in the content of humus and total N; which can be considered a positive effect; considering the significant reduction of humus content in our soils, which was determined by numerous authors.

KEY WORDS: Wheat, harvest residues, nitrogen, basic soil properties

PRIMLJEN: 08.12.2022.

PRIHVACEN: 24.12.2022.