Biblid:0350-2953 (2018) 44(3): 93-98;
UDK: 631.3:62-7

Originalni naučni rad
Original scientific paper

**UTICAJ MEHANIZACIJE NA SABIJANJE
ZEMLJIŠTA U PROIZVODNJI KROMPIRA
THE EFFECTS OF MACHINERY ON SOIL
COMPACTION IN POTATO PRODUCTION**

**Simikić Mirko, Šeremešić Srdan, Savin Lazar, Ćirić Vladimir,
Belić Milivoje, Vojnov Bojan, Radovanović D.**

Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Trg D. Obradovića 8 21000 Novi Sad
email: simikic@polj.uns.ac.rs

SAŽETAK

Cilj ovog rada bio je ispitivanje uticaja mehanizacije na sabijenost zemljišta u intenzivnoj proizvodnji krompira, na poljoprivrednom gazdinstvu AD Zobnatica kod Bačke Topole u navodnjavanju. Primenjena tehnologija proizvodnje i prekomerne padavine dovele su do promena u fizičkim svojstvima zemljišta. Zapreminska masa zemljišta u površinskom sloju (0-20 cm) na mestu prolaska prskalice je iznosila $1,68 \text{ g cm}^{-3}$ što je značajno veće u poređenju sa vrednostima koje su dobijene na kontroli, bez prolaska prskalice ($1,53 \text{ g cm}^{-3}$). Utvrđeno je da je zapreminska masa zemljišta nakon prolaska kombajna iznosila $1,48 \text{ g cm}^{-3}$ dok su vrednosti izvan te zone iznosile $1,43 \text{ g cm}^{-3}$. Specifičan otpor zemljišta prodiranju konusa je na mestima prolaska prskalice iznosio maksimalnih 3,91 MPa na dubini od 5 cm, dok je zbijenost zemljišta nakon prolaska kombajna iznosila maksimalno 4,22 MPa na dubini od 15 cm. Utvrđeno je intenzivnije sabijanje zemljišta nakon kombajna na dubini 10-20 cm dok je na tragovima prskalice veća zbijenost na dubini od 5 cm. Dobijeni rezultati ukazuju na značajno sabijanje zemljišta u proizvodnji krompira koje zahteva prilagođavanje obrade i vremena izvođenja operacija. Dobijeni rezultati će dati značajan doprinos kod planiranja i odabira tehnologije proizvodnje krompira u sklopu sistema za navodnjavanje.

Ključne reči: krompir, sabijanje zemljišta, agrotehničke mere, sadržaj vlage,

1. UVOD

Zemljište je dinamička tvorevina koja se menja promenom faktora pedogeneze. Korišćenjem zemljišta u intenzivnoj biljnoj proizvodnji često dolazi do poremećaja ravnoteže između pojedinih činilaca stvaranja zemljišta, koji određuju pravac i intenzitet pojedinih pedogenetskih procesa. Pod degradacijom zemljišta podrazumeva se pojava koja može da dovede do smanjenja sadašnjeg i budućeg proizvodnog potencijala zemljišta, (Hadžić et al, 1996). Degradacija zemljišta, bilo da je uzrokovana prirodnim procesima ili ljudskom aktivnošću, može se definisati kao smanjenje sposobnosti zemljišta da izvrši svoju ulogu, prvo kao sredina pogodna za gajenje biljaka, zatim kao regulator vodnog režima, i najzad kao filter značajan za očuvanje životne sredine, (Nikolić et al, 2002). Zemljište je polifazni sistem, sastoji se iz čvrste, tečne i gasovite faze. Sabijanje zemljišta je proces koji dovodi do promene odnosa čvrste, tečne i gasovite faze na štetu gasovite i tečne faze (Nikolić et al, 2002). Sabijanje zemljišta javlja se kao posledica prirodnih procesa (uticaj atmosferskih padavina) i delovanja čoveka (antropogeni faktor). Sabijanjem zemljišta dolazi do povećanja zapremske mase zemljišta, što vodi većem otporu mašina pri obradi zemljišta i otporu pri rastu korenovog sistema, koji slabije usvaja hranu i vodu, što se negativno odražava na prinos (Simikić et al, 2005). Nikolić et al (2016) navode da u odnosu na čvrstu i tečnu, gasovita faza je podložnija sabijanju. Na primer, za vreme jakih kiša (pljuskova), izvesna količina vazduha u zemljištu može da bude zarobljena u izolovanim porama i da može da se nađe pod pritiskom. Osim sabijanja zemljišta koje se javlja kao posledica prirodnih procesa, kompakcija zemljišta može da se odvija i pod uticajem

mehaničkih sila primenjenih na površini zemljišta, (Nikolić et al, 2016). Čovek uvođenjem novih tehnologija u poljoprivrednoj proizvodnji, gajenjem useva u monokulturi, korišćenjem mašina sve veće snage i mase povećava mogućnost degradacije zemljišta usled sabijanja, posebno njegovih fizičkih svojstava (Nikolić et al, 2002). U savremenoj poljoprivrednoj proizvodnji najveći uticaj na sabijanje zemljišta, usled velikog broja prohoda i gaženja, imaju poljoprivredne mašine (Savin et al, 2009). Sabijanje zemljišta bilo da je prirodna ili antropogena pojava, odražava se vrlo nepovoljno na biljku, biljnu proizvodnju, a s tim u vezi i na poljoprivrednu proizvodnju u celini. Sabijanje zemljišta dešava se i prilikom ubiranja i transporta poljoprivrednih proizvoda, naročito ako je povećan sadržaj vlage u zemljištu (Nikolić et al, 2008). Vadalice krompira spadaju među najsloženije poljoprivredne mašine. Obzirom na raznovrsne operacije koje obavljaju, vadalice za krompir sastoje se iz velikog broja složenih mašinskih elementa, transportera i prenosnika snage, za čiji pogon je potrebno obezbediti dovoljno snage bilo iz sopstvenog motora ili od pogonskog traktora. Osim toga, u toku rada zajedno sa izvađenim krompirom prolazi velika količina zemlje, što dodatno povećava masu vadalice. U toku mehanizovanog vađenja krompira, ukupno se prevrne 9.000—25.000 mc/ha krtola i zemlje zajedno, pri čemu samo oko 1% od navedene težine čine krtole krompira, (Jakovljević, 1994). Velika masa vadalice uzrokuje gaženje i nekontrolisano sabijanje zemljišta. U ovom radu istražen je intenzitet sabijanja zemljišta koji je nastao kao posledica prirodnih delovanja velike količine padavina ali i kao posledica korišćenja teških mašina u operaciji mehanizovanog vađenja krompira.

2. MATERIJAL I METOD RADA

Ispitivanja uticaja mehanizacije na sabijanje zemljišta obavljeno je na poljoprivrednom gazdinstvu AD Zobnatica kod Bačke Topole, na dve parcele (parceta 1 i 2) pod zasadom krompira. Na parceli 1 izmerena je sabijenost zemljišta između bankova i između bankova na tragu traktorskog sistema za prskanje i prihranu. Tokom vegetacije po dva puta su izvođene agrotehničke mere zaštite i prihrane krompira, pri čemu je radni zahvat mašina tako podešen da su se traktor i priključna mašina kretali po istim tragovima. Agrotehnička mera zaštite urađena je sa vučenom prskalicom Hardi Commander 3300 Twin Force 34 koja je radila u agregatu sa traktorom John Deere 6930, slika 1. Masa traktora je oko 8.000 kg, dok je ukupna masa pune prskalice oko 7.500 kg. Za obavljanje prihrane korišćen je nošeni rasipač Amazone ZA-V, koji takođe radio u agregatu sa traktorom John Deere 6930. Ukupna masa punog rasipača je oko 2.100 kg.

Sl. 1. Prskalica Hardi Commander 3300
Fig. 1. Hardy Commander 3300 sprayer

Sl. 2. Vadalica krompira Grimme SV 260
Fig. 2. Potato harvester Grimme SV 260

Na parceli 2 ispitivan je uticaj vadalice krompira na sabijenost zemljišta, pri čemu je merena sabijenost zemljišta pre i posle prolaska vadalice krompira, slika 2. Vađenje krompira obavljeno je sa vučenom vadalicom Grimme SV 260, koja potpuno automatski obavlja vađenje, čišćenje, sortiranje i skupljanje krompira u bunker. Ukupna bruto masa vadalice (neto masa oko 12.000 kg) sa punim bunkerom (oko 6.000 kg) iznosi oko 18.000 kg, ova vrednost može da bude i veća u zavisnosti od količine zemlje u izvađenom krompiru. Za vuču i pogon vadalice korišćen je traktor John Deere 8320R ukupne mase oko 13.000 kg.

Sl. 3. Penetrolođer
Fig.3. Penetrologger

Sl. 4. Prosečna količina padavina u 2018. god
Fig.4. Average precipitation in 2018.

Sabijenost zemljišta analizirana je na osnovu prikupljenih podataka o otporu prodiranju konusa u zemljište, zapreminskoj masi zemljišta i momentalnoj vlažnosti zemljišta, (Molnar et al, 2015, Čirić et al, 2012, Čirić et al, 2015). Otpor prodiranja konusa u zemljište određeno je pomoću električnog penetrometra Eijkelkamp Penetrologger (Eijkelkamp, Giesbeek, Holandija) sa konusom prečnika 11,28 mm čiji je vrh pod uglom od 60° i brzinom utiskivanja od 2 cm/s, slika 3. Snimanje otpora obavljeno je do dubine od 80 cm na svakih 1 cm. Otpor konusa meren je u 10 ponavljanja oko mesta uzimanja uzoraka zemljišta. Vrednosti otpora prodiranja konusa kroz zemljišta dato je u MPa. Zapreminska masa i momentalna vlažnost zemljišta izmereni su pomoću cilindra po Kopeckom i to uzimanjem uzoraka u oraničnom sloju od 0-20 cm i 20-40cm. Momentalna vlažnost zemljišta je određena gravimetrijski i izražena je u masenim procentima (%). Za obradu podataka dobijenog otpora prodiranja konusa korišćeni su softveri „Penetroviewer 6.03“ i Microsoft Office Excel 2007. Na slici 4 data je srednja količina padavina po mesecima za 2018. godinu.

3. REZULTATI ISTRAŽIVANJA SA DISKUSIJOM

U uslovima intenzivnog navodnjavanja, kao i velike količine atmosferskih padavina i dužeg zadržavanja vode, zemljište je izloženo dejstvu vode, te se može javiti destrukcija strukture zemljišta, njegovo sleganje i sabijanje u oraničnom sloju, (Vučić, 1992). Usled sabijanja zemljišta dolazi do kvarenja strukture zemljišta, koja predodređuje ukupnu i diferencijalnu poroznost, a s tim i vodni, vazdušni, toplotni, biološki i hranidbeni režim zemljišta. Povećanje sabijenosti zemljišta u navodnjavanju, posebno sloja koji je izložen obradi, indirektno je uzrokovano navodnjavanjem, a istovremeno kao posledica smanjenja udela strukturnih agregata stabilnih prema rasplinjavanju u vodi, zemljište postaje više podložno sabijanju. Nikolić i sar. (2002) smatraju da se pri degradaciji zemljišta, kao posledici kretanja mehanizacije, rada elementa za obradu zemljišta, navodnjavanja pa i delovanju kišnih kapi odvijaju sledeći procesi: pritisak na zemljište, klizanje pogonskih elemenata, stvaranje tragova, usitnjavanje frakcija zemljišta i ispiranje sitnih frakcija u dublje slojeve. Kao posledica javlja se lokalno sabijanje zemljišta, duboko sabijene zone, smanjenje zapremine pora za vodu i vazduh, sitnije frakcije zemljišta i anaerobna sredina. Sabijanje se oseća i do dubine od 1 m, a najintenzivnije je u oraničnom sloju do 30 cm. Analizom pokazatelja zbijenosti zemljišta utvrđeno je značajno povećanje zapreminske mase zemljišta na delovima parcele nakon prolaska prskalice odnosno kombajna za krompir (Tabela 1). Takođe je konstatovana zbijenost zemljišta i u podoraničnom sloju (20-40 cm) što može da predstavlja poseban problem, jer se za razliku od oraničnog sloja koji se svake godine rastresa, podoranični sloj teže može da povрати optimalne vrednosti zampreminske mase (Milošev et al., 2007).

Tab. 1. Pregled pokazatelja zbijenosti zemljišta

Tab. 1. Review of soil compaction parameters

Parcele/Table		Zapreminska masa zemljišta g/cm ³		Zemljišna vlaga Vol%		Cone index	Specifičan otpor zemljišta (MPa)	
Dubina zemljišta		0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	0-80 cm	0-80 cm	0-20 cm	20-40 cm
Prskalice	Po tragu prskalice	1,68	1,56	32,0%	32,7%	2,8	3,26±0,82	2,99±0,28
	Izvan traga prskalice	1,53	1,44	29,5%	29,6%	2,0	1,58±0,3	2,54±0,46
Kombajni	Nakon prolaska kombajna	1,48	1,50	21,0%	21,0%	3,0	3,01±0,38	3,56±0,29
	Pre prolaska kombajna	1,43	1,52	18,1%	17,9%	1,8	1,13±0,96	2,54±0,95

Veći broj prohoda i povećan sadržaj vlage u zemljištu dovodi do većeg intenziteta sabijanja točkovima traktora i prskalice u poređenju sa kombajnom. Smatra se da proizvodnja njivskih biljaka, kada je zbijenost zemljišta veća od 1,5 g cm⁻³, može da bude kompromitovana u značajnoj meri jer se javljaju nepovoljni uslovi za razvoj korenovog sistema. Sadržaj vlage u zemljištu ne utiče na zapreminsku masu zemljišta, ali zato utiče na smanjenje otpora konusa. Ako se pogleda zavisnost između otpora konusa i vlažnosti zemljišta vidi se da trend ima pad, odnosno sa padom vlažnosti raste otpor konusa. Zapreminska masa zemljišta menja se sa promenom otpora konusa i to tako da sa porastom otpora konusa raste i zapreminska masa za obe posmatrane dubine, (Savin et al, 2011).

Sl. 5. Specifičan otpor zemljišta:

(A) uticaja kretanja prskalice — trag prskalice — izvan traga prskalice,

(B) uticaj rada kombajna — posle kombajna — pre prelaska kombajna.

Fig. 5. Specific cone resistance:

(A) effects of sprayer's passing — sprayer's tracks — outside the sprayer's tracks,

(B) effects of harvester — after passing with harvester — before passing with harvester.

Poređenjem vrednosti sadržaja vlage u zemljištu utvrđeno je da zemljište koje je jače zbijeno ima veći sadržaj vode. Iz toga proizilazi da je veća zbijenost omogućila stvaranje jačih sila kojima se drži voda u zemljištu (otopna voda). Veće vrednosti sadržaja vode na parceli na kojoj su merene vrednosti sabijenosti tragova kretanja prskalice se mogu objasniti time da je zemljište bilo kompaktno i delimično zakorovljeno. Na parceli na kojoj je analiziran uticaj kombajna prethodio je prolazak tarupa usled čega je došlo do gubitaka vlage isparavanjem. Specifičan otpor zemljišta prodiranju konusa na mestima prolaska prskalice povećava se na površini zemljišta i najveći je na dubini od 5 cm (3,91 MPa). Na dubini 30-60 cm približna je vrednostima kontrole (Slika 5). Specifični otpori zemljišta nakon prolaska kombajna značajno se povećavaju od 7 cm i na 15 cm dubine i dostižu naveće vrednosti 4,22 MPa, povećana zbijenost opada tek ispod 30 cm. Utvrđene su razlike u zbijenosti zemljišta između prohoda traktora i prskalice i nakon rada kombajna.

4. ZAKLJUČAK

Primena teške mehanizacije, navodnjavanja i povećana količina vodenog taloga delovala je negativno na stanje zbijenosti zemljišta u proizvodnji krompira. Na tragovima prskalice došlo je do sabijanja u površinskom sloju zemljišta dok je sabijanje nakon prolaska kombajna bilo intenzivnije i zahvatilo je veću dubinu profila. Vrednosti zapreminske mase ukazuju na veoma zbijeno zemljište što se može odraziti na otežan razvoj korenovog sistema ili formiranje krtoła. Analiza pokazatelja zbijenosti indikator je promena fizičkih svojstava koje dovode do degradacije zemljišta i posledično utiču na smanjenje prinosa. Promene u fizičkim svojstvima nedvosmisleno dovode i do promena u vodno-vazдушnim, hemijskim i mikrobiloškim svojstvima. Dobijeni rezultati mogu poslužiti prilagođavanju tehnologije gajenja krompira i razumevanju interakcije agrotehničkih mera sa klimatskim činiocima u proizvodnji krompira.

5. LITERATURA

- [1] ASAE Standards (2004) S313.3. Soil Cone Penetrometer. 50th ed., ASAE, St. Joseph, MI.
- [2] Ćirić V, Nešić LJ, Belić M, Savin L, Simikić M. (2012). Stanje sabijenosti černoze u proizvodnji kukuruza. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 38(1): 21-30.
- [3] Ćirić V, Nešić LJ, Belić M, Savin L, Simikić M, Molnar T, Višacki V. (2015). Uticaj organske proizvodnje na parametre sabijenosti zemljišta. *Savremena poljoprivredna tehnika*, 41(2): 77-84.
- [4] Hadžić V. Nešić Ljiljana, Belić M. (1996). Problemi sabijanja zemljišta kod nas i u svetu, *Savremena poljoprivredna tehnika*, 22 (7), 388-395
- [5] Jakovljević M. (1994). *Savremena proizvodnja krompira*, Nolit, Beograd, 228.
- [6] Modolo, A.J., Trogello, E., Nunes, A.L., (2011): Effect of soil compaction upon the seed on the development of bean culture. *Acta Scientiarum—Agronomy* 33, 89–95.
- [7] Molnar T, Ćirić V, Simikić M, Nešić LJ, Belić M, Savin L, Tomić M. (2015): Sabijenost zemljišta pod prirodnom vegetacijom i u konvencionalnoj poljoprivrednoj proizvodnji, *Traktori i pogonske mašine*, 25(5):46-52.
- [8] Nikolić R. Hadžić V. Marinković B. Ćirović M. Molnar I. Govedarica M. Jarak Mirjana, Đukić D. Bajla J. Furman T. Gligorić Radojka, Milošević D. Milošević Nada, Kuprešanin I. Ivančević S. Nešić Ljiljana, Belić M. Crnobarac J. Savin L. Hristov S. Kurjački I. Tomić M. (2002). Monografija "Istraživanje uzroka, posledica i mera za smanjenje i kontrolu sabijanja zemljišta", Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 198.
- [9] Nikolić R, Malinović N, Savin L, Simikić M. Furman T, Gligorić Radojka, Tomić M. (2008). *Traktori i mobilni sistemi u organskoj proizvodnji, Organska poljoprivreda - Tom II, Institut za ratarstvo i povrtarstvo*, Novi Sad, 633-666.
- [10] Nikolić R, Savin L, Simikić M, Stjelja Ž, Kostić M, Tomić M, Nešić Ljiljana, Belić M, Ćirić V, Molnar T. (2016). Monografija "Zemljište i poljoprivredna tehnika", Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 377.

- [11] Savin L, Nikolić R, Simikić M, Furman T, Tomić M, Gligorić Radojka, Jarak Mirjana Đurić Simonida, Sekulić P, Vasin J. (2009). Uticaj sabijenosti zemljišta na promene u zemljištu i prinos suncokreta, Savremena poljoprivredna tehnika, 35 (1-2), 26-32
- [12] Savin L, Simikić M, Gligorić Radojka, Belić M, Nešić Ljiljana, Ćirić V, Tomić M, Dedović N. (2011). Stanje sabijenosti zemljišta u organskoj poljoprivredi, Savremena poljoprivredna tehnika, 37 (4), 335-344.
- [13] Simikić M, Nikolić R, Savin L, Hadžić V, Sekulić P, Jarak Mirjana, Furman T, Tomić M, Vasin J. (2005). Uticaj traktora i mobilnih sistema na sadržaj hraniva u zemljištu, Traktori i pogonske mašine, 10(1), 21-29.
- [14] Vučić N.V, Marić V. (1992). Higijena zemljišta. Vojvodanska akademija nauka i umetnosti, Novi Sad.
- [15] Milošev, D., Šeremešić, S., Kurjački, I., Jaćimović, G. (2007). Smanjenje sabijanja zemljišta primenom nekih agrotehničkih mera. Traktori i pogonske mašine, 12(3), 35-41.
- [16] Šeremešić, S., Milošev, D. (2006): Stanje zbijenosti zemljišta nakon gajenja pšenice i kukuruza. Agronomski fakultet u Čačku, XI savetovanje o biotehnologiji, Zbornik radova, Vol. 11 (11-12), knjiga I, str. 261-270.

THE EFFECTS OF MACHINERY ON SOIL COMPACTION IN POTATO PRODUCTION

Simikić Mirko, Šeremešić Srdan, Savin Lazar, Ćirić Vladimir,
Belić Milivoje, Vojnov Bojan, Radovanović D.

Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Trg D. Obradovića 8 21000 Novi Sad,
email: simikic@polj.uns.ac.rs

SUMMARY

The aim of this paper was to determine the influence of machinery on soil compaction in intense irrigated potato production, on the agricultural farm AD Zobnatica near Bačka Topola. Soil compaction leads to increased soil moisture. Bulk density in surface layer (0-20 cm), in the reach of a sprayer, was 1.68 g cm^{-3} which is considerably more compared to values recorded at points out of the sprayer's coverage (1.53 g cm^{-3}). Furthermore, bulk density of 1.48 g cm^{-3} was determined at points of harvester tracks, while the values obtained outside that zone were 1.43 g cm^{-3} . The cone resistance at points of sprayer's pass was 3.91 Mpa maximum at 5 cm depth, while the compaction with harvester was max. 4.22 at 15 cm depth. Higher compaction was determined with harvester at 10-20 cm depth, while the sprayer caused higher compaction at 5cm depth. The obtained results have shown that there are considerable changes in soil physical properties in potato production and this requires adjustment of tillage and duration of performed operations. From the aspect of irrigation system, the results of this research will contribute significantly to the planning and selection of technology for potato production.

Key words: potato, soil compaction, machinery, moisture content

Napomena: Rad predstavlja deo istraživanja na projektu „Organska poljoprivreda: Unapređenje proizvodnje primenom đubriva, biopreparata i bioloških mera“, evidencioni broj TR – 31027, koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Primljeno: 03. 08. 2018. god.

Prihvaćeno: 15. 08. 2018. god.