



UDK: 631.43.431:631.6

## UZROCI I POSLEDICE ZBIJANJA NJIVSKIH ZEMLJIŠTA

**Boško Gajić***Poljoprivredni fakultet - Beograd*

**Sadržaj:** Sabijanje (kompakcija) zemljišta je jedan od osnovnih problema savremene poljoprivrede. Prekomerno korišćenje teške mehanizacije za obradu, žetvu i transport na prevlaženim zemljištima, intenzivno ratarenje, neodgovarajući plodoredi i nepodesno korišćenje zemljišta izaziva njegovo pojačano sabijanje.

Sabijanjem se povećava čvrstoća zemljišta i smanjuje njegova fizička plodnost usled smanjenja zaliha i dostupnosti vode i hranljivih materija biljkama. Za obradu jako sabijenih zemljišta potrebni su znatno veći utrošci energenata, a prinos i kvalitet gajenih biljaka na njima se smanjuje. Pored toga, pri obradi jako sabijenih zemljišta dolazi do povećanog habanja i oštećenja poljoprivrednih mašina. Sve to ima za posledicu povećanje cene proizvodnje na takvim zemljištima. Sabijena zemljišta nisu pogodna ni kao staništa za mnogobrojnu zemljišnu floru i faunu.

S obzirom da je proces sabijanja zemljišta i njegovi efekti na fizičke karakteristike, rast biljaka, fizičke, hemijske i ekološke procese još uvek prilično nerazumljivi ovaj rad je fokusiran na uzroke i posledice sabijanja njivskih zemljišta, kao i na moguća rešenja tog problema.

**Ključne reči:** *sabijanje zemljišta, oranica, poljoprivredna mehanizacija, fizičke osobine zemljišta, fizička plodnost zemljišta.*

### UVOD

Većina ljudi misli da je zemljište čvrsta materija. Međutim, ono se sastoji od mešavine čestica različite veličine, oblika i sastava. Između njih nalaze se pore. Sa biološke tačke gledišta, poroznost je veoma značajna karakteristika čvrste faze zemljišta jer pore drže vodu neophodnu za rast biljaka i vazduh potreban za disanje korena biljaka i živih organizama kojima je ono stanište.

Sabijanje (kompakcija) zemljišta je proces smanjenja poroznog prostora, odnosno mnogo važnije, smanjenja veličine pora, pod uticajem prirodnih ili antropogenih faktora. Posledica toga je obrazovanje zbijenih slojeva na određenoj dubini zemljišta, uglavnom ispod oraničnog horizonta, tj. ispod rizosferne zone.

Proces sabijanja najviše utiče na fizičke osobine zemljišta, jer uzrokuje povećanje gustine zemljišta (zapreminske mase) i njegove čvrstoće, smanjenje parametara drenažnih osobina (vodopro-pustljivosti), vodnog kapaciteta i aeracije. Navedene fizičke

karakteristike izazivaju degradaciju bioloških i hemijskih osobina zemljišta. Ograničena razmena gasova i vode redukuje rast korena i podstiče patogene organizme na račun korisnih mikroorganizama. Nakon dužeg perioda sabijanja, u slabo aerisanim zemljištima može doći do smanjenja usvajana mineralnih materija od strane gajenih biljaka. Samostalno ili u kombinaciji sa drugim izmenjenim faktorima zemljišta sabijanje može oslabiti rast voćnih i šumskih sadnica.

Sve biljne vrste su u manjem ili većem stepenu osetljive na jako sabijanje zemljišta. Sabijanje zemljišta utiče na funkcije korena i njihov rast u svima fenofazama njihovog razvića.

Kratki rotacioni periodi biljaka i teška mehanizacija dovode do povećanja sabijenosti zemljišta (Poesse, 1992). Procenjuje se da je širom sveta sabijeno oko 68 miliona ha poljoprivrednih zemljišta samo usled gaženja točkovima pri transportu (Flowers i Lal, 1998). Akker i Cararache, (2001) smatraju da je sabijanje uzrok degradacije 33 miliona ha poljoprivrednih zemljišta u Evropi i oko 30% (oko 4 miliona ha) u kukuruznom pojasu Zapadne Australije (Carder i Grasby, 1986). Slični problemi povezani sa sabijanjem zemljišta saopšteni su za veliki broj zemalja: Tardieu (1994) - Francuska; Mwendera i Saleem (1997) - Etiopija; Suhayda et al. (1997) - Kina; Bondarev i Kuznecova (1999) - Rusija; Aliev (2001) - Azerbejdžan; Ohtomo i Tan (2001) - Japan; Russell et al. (2001) - Novi Zeland; Hamza i Anderson, 2003 - Australija.

Bez obzira što su novi sistemi ratarenja značajno poboljšali borbu sa novim pritiskom u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji, struktura mnogih zdravih zemljišta u velikom stepenu je oštećena usled čega dolazi do znatnog smanjenja prinosa gajenih biljaka. Priroda i stepen tih oštećenja koji mogu biti preveličani usled gubitka organske materije prepoznatljivi su širom sveta. Sabijanje, prema podacima koje navode Neve i Hofman (2000), utiče na mineralizaciju organskog ugljenika i azota, kao i na koncentraciju ugljen dioksida u zemljištu (Conlin i Driessche, 2000).

Mada se proces sabijanja smatra kao veoma ozbiljan problem životne sredine uzrokovan konvencionalnom ratarskom proizvodnjom (McGarry, 2001), ono je veoma nezgodan tip degradacije zemljišta u pogledu njegovog pronalaženja, naročito ako nepostoje vidljivi znaci na površini zemljišta. Za razliku od erozije i zaslanjivanja koji daju jasne površinske dokaze prisustva degradacije zemljišta, degradacija njegove strukture zahteva fizički monitoring i istraživanje pre nego što se otkrije njen stepen, priroda i uzroci.

Prikrivene prirode, degradacija strukture zemljišta (DSZ) dovodi do specifičnih problema, kao što su: slab porast biljaka ili slaba infiltracija vode zašta mogu biti okrivljeni drugi uzroci. Pored toga, DSZ se često okrivljuje za slabe karakteristike useva kada ona stvarno nije prisutna. Često se povezuje tehnologija korišćenja zemljišta sa posledicama DSZ (McGarry i Sharp, 2001).

Prema podacima koje navode Akker i Canarache (2001), podpovršinsko sabijanje zemljišta se u Evropskoj uniji smatra ozbiljnim oblikom degradacije zemljišta.

Uticaji sabijanja zemljišta na gajene biljke i osobine zemljišta su kompleksni (Batey, 1990).

Stoga je stanje sabijenosti značajna karakteristika zemljišta. Iz tih razloga potrebno je utvrditi parametare za njegovu karakterizaciju (Håkansson i Lipiec, 2000). Najčešće korišćeni parametar u te svrhe je zapreminska masa, tj. gustina suvog zemljišta (Panayiotopoulos et al., 1994). Pored nje koristi se i veličina tvrdoće zemljišta jer

reflektuje otpor zemljišta pri prodiranju korena kroz njega (Hamza i Anderson, 2003). Infiltracija vode u zemljište se takođe može koristiti za monitoring stanja zbijenosti zemljišta, naročito u površinskom sloju zemljišta (Hamza i Anderson, 2003).

### SIMPTOMI SABIJENOSTI ZEMLJIŠTA

Sabijanje se može utvrditi posmatranjem simptoma na biljkama i ispitivanjem, tj. analiziranjem zemljišta. S obzirom da sabijanje prvenstveno utiče na korenov sistem gajenih biljaka, mnogi inicijalni simptomi su skriveni ispod površine zemljišta. Problemi sa smanjenom bujnošću biljaka i brzinom rasta brzo se pojavljuju, međutim, mnogi vidljivi simptomi mogu se pojaviti ranije pre nego što se uoče problemi vezani za koren biljaka. Specifični simptomi sabijenosti su:

- slab razvoj korena, posebno sitnijih korenčića,
- izumrli i oboleli korenčići,
- hloroza i
- prisustvo zakržljalih biljaka.

*Slab razvoj biljaka.* Sabijanje povećava čvrstoću zemljišta. Usled toga koren otežano prodire kroz zbijeno zemljište. Biljke koje rastu u zbijenom zemljištu imaju uglavnom slabo razvijen ili oštećen korenov sistem. Njima često nedostaju sitni korenčići a zapremina njihovog korena je uglavnom manja nego onih biljaka iz susednih rastresitih površina. Tako, na primer, prema podacima koje navode Rosolem i Takahashi (1998), rast korena soje smanjen je za 10% kada je penetracioni otpor zemljišta bio 0.52 MPa (zapreminska masa  $1.45 \text{ Mgm}^{-3}$ ), odnosno za 50%, pri otporu od 1.45 MPa (zapreminska masa  $1.69 \text{ Mgm}^{-3}$ )

*Izumrli i oboleli korenčići.* Koreni koji izumru usled velike sabijenosti zemljišta su tamno sive ili crne boje i često se nalaze na uniformnoj dubini u zemljištu. Ovaj zonalni šablon uzrokuje sabijeni proslojak zemljišta koji sprečava drenažu, usled čega je zemljišni sloj iznad njega uglavnom stalno zasićen vodom. U tako obrazovanoj anaerobnoj sredini opstanak i rast korena gajenih biljaka je nemoguć. Bolesni koreni često ukazuju na problem sabijenosti zemljišta. Uzočnici bolesti korena, kao što su, na primer, *Pythium* i *Phytophthora* bujaju u vodom saturisanom zemljištu obrazovanom usled sabijanja. Ovaj problem je naročito izražen kod nas u malinjacima ariljsko-požeškog malinogorja (Gajić et al., 2004).

*Hloroza i zakržljale biljke.* Biljke koje rastu u zbijenom zemljištu često postaju hlorotične i zakržljale u svom rastu na početku vegetacione sezone. U ekstremnim slučajevima mlado lišćice na granama izgleda kao da je spaljeno.

Postoji više načina da se utvrdi zbijenost zemljišta u polju. Neki od njih zahtevaju specijalnu opremu i obuku.

### FAKTORI KOJI UTIČU NA SABIJANJE NJIVSKIH ZEMLJIŠTA

Sabijanje u poljoprivrednim zemljištima je uglavnom u funkciji tipa zemljišta, vlažnosti i korišćenih poljoprivrednih mašina i uređaja. Reakcija zemljišta na sile sabijanja zavisi od mineraloškog sastava, teksture, količine i tipa organskih materija (humusa) u zemljištu. Mineraloški sastav i tekstura su veoma značajni faktori. Zemljišta fine teksture (praškasta i glinovita) su mnogo sklonija procesu sabijanja nego zemljišta

grube teksture (peskovi i peskuše). Organska materija poboljšava strukturu zemljišta. Zbog toga su zemljišta sa višim sadržajem humusa elastičnija i otpornija na sabijanje, nego ona sa nižim sadržajem.

*Uticaoj vlažnosti zemljišta na sabijanje.* Vlažnost je jedan od najvažnijih faktora koji utiče na sabijanje zemljišta (Soane i Van Ouwerkerk, 1994). U zemljištu iste teksturne klase sabijanje se povećava sa povećanjem vlažnosti. Upoređivanje zbijenosti i vlažnosti značajno je samo kada se vrši na istoj dubinu zemljišta (Quiroga et al., 1999).

Utvrđivanje zavisnosti izmene sabijenosti od promene vlažnosti zemljišta omogućava izradu plana izvođenja poljedinih agrotehničkih operacija i obavljanja transporta pri odgovarajućem sadržaju vode (Ohu et al., 1989).

*Mehanizacija i sabijanje zemljišta.* Mnogi problemi sabijanja rezultiraju korišćenjem traktora i drugih uređaja za vreme suviše vlažnih perioda, naročito za vreme zimsko-prolećne sezone. Obrada, žetva i rasturanje hemikalija ili đubriva su uobičajene agrotehničke operacije na većini oranica. Većina njih se obavlja pomoću teške mehanizacije čiji su pogoni preko točkova. Sabijanje zemljišta točkovima smanjuje poroznost lokalno, u zoni ispod točka i dovodi do obrazovanja brazda po površini zemljišta.

Njivska zemljišta najviše sabijaju teški traktori sa točkovima, mašine za žetvu i transportna sredstava kada se kreću po rastresitom prevlaženom zemljištu. Sabijanje je najviše povezano sa:

- težinom poljoprivrednih mašina i oruđa,
- kontaktnim pritiskom na zemljište (isto kao i pritiskom u pneumatiku),
- klizanjem točkova,
- dimenzijom i konstrukcijom pneumatika,
- brzinom kretanja poljoprivrednih mašina i
- brojem prohoda (90% sabijanja javlja se pri prvom prolazu).

Od sredine šezdesetih godina prošlog veka snaga traktora i njihova težina povećani su za 60-80%, dok je kontaktna površina pneumatika sa zemljištem u proseku povećana samo za 20%. Usled toga sabijanje se javlja ne samo u podoraničnom horizontu već i u znatno dubljim slojevima zemljišnog profila. Zbog toga se ono mnogo teže odstranjuje kada se jednom pojavi. U dubljim delovima zemljišnog profila do sabijanja može doći usled pritiska gornjih slojeva na donje.

Stepen sabijanja zavisi od: čvrstoće zemljišta, koja je uslovljena mehaničkim sastavom sadržajem organske materije (Hettiaratchi, 1987); strukture oraničnog horizonta, i njegove vlažnosti (Guérif, 1984); osovinskog opterećenja, dimenzija pneumatika i brzine izvođenja agrotehničkih operacija, kao i od interakcije zemljište-pneumatik (Lebert et al., 1998).

Prema navodima Horn-a et al. (2001) točkovi, tip pneumatika i pritisak njihovog punjenja povećavaju zapreminsku masu zemljišta, i igraju značajnu ulogu u zbijanju zemljišta.

Uticaoj višegodišnje obrade na zbijenost i sadržaj organske materije (humusa) izučavao je i Gajić (1997) u glinom bogatim livadskim crnicama dolini reke Kolubare (tab. 1). On je utvrdio da je u oranicama znatno manji sadržaj organske materije (humusa) i biljkama dostupne vode nego u devičanskim, šumskim zemljištima. Sabijanje, tj. vrednosti zapreminske mase i ukupne poroznosti znatno su veće u oraničnom (0-10 i 10-20 cm) horizontu nego u istoj dubiskoj zoni humusnog horizonta istraženih zemljišta pod prirodnom listopadnom šumskom vegetacijom.

Tab. 1. Uticaj višegodišnje obrade na sadržaj humusa, vlažnost i sabijenost zemljišta

Dubina, cm	Humus		Zapreminska masa, Mgm <sup>-3</sup>	Ukupna poroznost, % zap.	Biljkama dostupna voda	
	%	Mgha <sup>-1</sup>			% zap.	mm
	<i>Šuma</i>					
0-10	7.67	116	1.01	61	25.47	38
10-20	3.27	65	1.32	55	21.06	32
20-30	1.98	4	1.47	52	16.28	24
	<i>Oranica</i>					
0-10	2.89	57	1.31	49	21.91	33
10-20	2.59	56	1.44	47	19.90	30
20-30	1.76	53	1.50	46	16.71	26

Intenzitet saobraćaja, tj. broj prohoda igra značajnu ulogu u zbijanju zemljišta jer se deformacije mogu povećati sa brojem prolaza (Bakker i Davis, 1995). Balbuena et al. (2000) sopštavaju da 10 prolaza traktorom značajno utiče na osobine zemljišta u površinskom sloju do 50 cm dubine u poređenju sa 1 prolazom i kontrolom bez gaženja.

### PRINOS BILJAKA I SABIJANJE ZEMLJIŠTA

Sabijanje retko kad direktno izaziva uginuće biljaka, ali njegovi efekti mogu jako smanjiti broj biljaka po jedinici zasejane površine. Povećanje gubitka usled sabijanja rezultat je većeg škarta plodova i lošijeg kvaliteta prinosa, naročito korenasto-krtolastih biljaka. Prema podacima koje navode Nikolić et al. (1999), finansijski gubici, kao posledica prekomernog sabijanja poljoprivrednog zemljišta, dostižu godišnje iznos od 250 do 300 američkih dolara po hektaru.

### NAČINI REŠENJA PROBLEMA PREKOMERNOG SABIJANJA ZEMLJIŠTA

Pošto sabijanje zemljišta uglavnom smanjuje njegovu poroznost, tj. povećava zapreminsku masu, to znači da je povećanje poroznosti, odnosno, smanjenje zapreminske mase glavni način redukovanja ili eliminisanja prekomernog sabijanja zemljišta. Kontrola sabijanja zemljišta može se ostvariti odgovarajućom primenom nekih ili svih sledećih mera:

- dodavanjem organske materije,
- kontrolom saobraćaja,
- izborom hodnih sistema, gde prednost imaju nova rešenja gumenih gusenica
- rastresanjem zemljišta,
- plodoredom u koji su uključene višegodišnje livadske trave čiji su glavni koreni sposobni da prodru i rastresu zbijeni sloj.

Adekvatna količina organske materije u zemljištu stabilizuje strukturu zemljišta i čini je mnogo otpornijom na degradaciju (Carter, 2002).

Kontrola saobraćaja, tj. smanjenje broja prelaza preko površine vlažnog zemljišta može pomoći održavanju mnogo povoljnije sredine za rast biljaka. I pored velikog stepena smanjenja sabijanja kontrola saobraćaja ne može u potpunosti da ga eliminiše.

Duboko rastresanje ili obrada zemljišta je značajna mera za eliminisanje zbijenosti zemljišta, jer njome se rastresa zbijeni sloj (Hamza i Anderson, 2003). Ono je jedini način da se zdrobe zbijeni podpovršinski horizonti zemljišta koji sprečavaju proceđivanje vode i penetraciju korena biljaka (Bateman i Chanasyk, 2001).

Sposobnost korena biljaka da prodire kroz zemljište ograničava se pri povećanju čvrstoće zemljišta (Mason et al., 1988), a potpuno se obustavlja pri čvrstoći od 2.5 kPa (Taylor, 1971). Biljne vrste sposobne da prodiru kroz jako zbijeno zemljište, poseduju dublji glavni korenov sistem. Prema podacima koje navode Ishaq et al. (2001), uključivanje tih vrsta u plodored je poželjno jer one smanjuju opasnost podpovršinskog sabijanja zemljišta.

### ZAKLJUČAK

Intenziviranje zemljoradnje dovodi do sabijanja zemljišta i oštećenja njegovih fizičko-mehaničkih osobina i plodnosti. Sabijanje zemljišta negativno deluje na fizičko-mehaničke osobine i plodnost zemljišta, naročito na zalihe i obezbeđenost biljka vodom i hranljivim materijama. Pored toga ono povećava zapreminsku masu zemljišta, smanjuje poroznost, povećava tvrdoću, smanjuje upijanje vode i vododrživu sposobnost zemljišta. Navedene štetne posledice smanjuju pozitivno dejstvo đubriva i prinos gajenih biljaka. Takođe, povećavaju zabarivanje, oticanje atmosferskih voda, eroziju zemljišta i zagađenje životne sredine.

### LITERATURA

- [1] Akker, J.J. H., Canarache, A. (2001): Twu European concerted actions on subsoil compaction. *Landnutzung und Landentwicklung* 42, p.15-22.
- [2] Aliev, K. (2001): Curent problems with regard to mechanization and greening of farming in Azerbaijan. *Medjunarodniy Selskokhozyaistvennyi Žurnal* 5, p. 57-61.
- [3] Bakker, D.M., Davis, R.J. (1995): Soil deformation observations in a vertisol under field traffic. *Aust. J. Soil Res.* 33, p. 817-832.
- [4] Balbuena, R.H., Terminiello, A.M., Claverie, J.A., Casado, J.P., Marlats, R. (2000): Soil compaction by forestry harvester operation. Evolution of physical properties. *Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental* 4, p. 453-459.
- [5] Bateman, J.C., Chanasky, D.S. (2001): Effects of deep ripping and organic matter amendments on Ap horizons of soil reconstructed after coal strip-mining. *Can. J. Soil Sci.* 8, p. 113-120.
- [6] Batey, T. (1990): Control of compaction on the farm. A personal view. *Soil Technol.* 3, p. 225-229.
- [7] Bondarev, A.G., Kuznecova, I.V. (1999): Problema degradacii fizičkih svojstv počv Rossii i puti ee rešeniya. *Počvovedenie*, 9, p. 1126-1131.
- [8] Carder, J., Grasby, J. (1986): A framework for regional soil conservation tretmants in the medium and low rainfall agricultural district. Department of Agriculture, Western Australia, Research Report 1/86, p. 120.
- [9] Carter, M.R. (2002): Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agronomy J.* 94, p. 38-47.
- [10] Conlin, T.S.S., Driessche, R. (2000): Response of soil CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> concentrations to forest soil compaction at the long-term soil productivitz sites in central British Columbia. *Can. J. Soil Sci.* 80, p. 625-632.
- [11] Flowers, M., Lal, R. (1998): Axle load and tillage effect on soil physical properties and soybean grain yield on a mollic ochra-qualf in northwest Ohio. *Soil Tillage Res.* 48, p. 21-35.
- [12] Gajić, B. (1997): Uperedna istraživanja fizičkih osobina u različitim varijetetima livadskih crnica doline Kolubare. Doktorska disertacija. oljoprivredni fakultet Beograd.
- [13] Gajić, B., Milivojević, J., Cupać Svijetlana, Matović Gordana, Bošnjaković Gorica, Cecić Nataša (2004): Hemijske osobine zemljišta pod zasadima maline zahvaćenih truljenjem korena i prizemnog dela izdanka. *Jugoslovensko voćarstvo*, Vol. 38, No 147-148, p. 155-161.

- [14] Guérif, J. (1984): The influence of water-content gradient and structure anisotropy on soil compressibility. *J. Agric. Eng. Res.* 29, p. 367-374.
- [15] Håkansson, I., Lipiec, J. (2000): A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. *Soil Tillage Res.* 53, p. 71-85.
- [16] Hamza, M.A., Anderson, W.K. (2003): Responses of soil properties and grain yields to deep ripping and gypsum application in a compacted loamy sand soil contrasted with a sandy clay loam soil in Western Australia. *Aust. J. Agric. Res.*, 54, p. 273-282.
- [17] Hettiaratchi, D.R.P. (1987): A critical state soil mechanics model for agricultural soils. *Soil use manage.* 3, p. 94-105.
- [18] Horn, R., Way, T., Rostek, J. (2001): Effect of repeated wheeling on stress/strain properties and ecological consequences in structured arable soils. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutricion Vegetal* 1, p. 34-40.
- [19] Ishaq, M., Ibrahim, M., Hassan, A., Saeed, M., Lal, R. (2001): Subsoil compaction effects on crops in Punjab, Pakistan. II. Root growth and nutrient uptake of wheat and sorghum. *Soil Tillage Res.* 60, p. 153-161.
- [20] Lebert, M., Burger, N., Horn, R. (1998): Effect of dynamic and static loading on compaction of structured soils. In: Larson, W.E. Blake, G.R., Allmaras, R.P., Voorhees, W.B., Gupta, S. (Eds.), *Mechanics and related processes in structured agricultural soils*. NATO ASI series, Applied science. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Netherland, p. 73-80.
- [21] Mason, E.G., Cullen, A.W.J., Rijkse, W.C. (1988): Growth of two *pinus radiata* stock types on ripped and ripped/bedded plots at Karioi forest. *N. Zeal. J. Forestry Sci.* 18, p. 287-296.
- [22] Taylor, H.M. (1971): Effect of soil strength on seedling emergence, root growth and crop yield. *Compaction of agricultural soils*, American Society of Agricultural Engineering, p. 292-305.
- [23] McGarry, D., Sharp, G. (2001): A rapid, immediate, farmer-usable method of assessing soil structure condition to support conservation. In: Garcia-Torres, L., Benites, J., Martinez-Vilela, A. (Eds.), *First world Congress on conservation agriculture*, 1-5 October 2001, Madrid, Spain, *Natural Resource Sciences*. p. 209-214.
- [24] Mwendera, E.J., Saleem, M.A.M. (1997): Hidrologic respons to cattle grazing in the Ethiopian highlands. *Agric. Ecosyst. Environ.* 64, p. 33-41.
- [25] Neve, S., Hofman, G. (2000): Influence of soil compaction on carbon and nitrogen mineralization of soil organic matter and crop residues. *Biol. Fertil. Soils.* 30, p. 544-549.
- [26] Nikolić, R., Hadžić, V., Marinković, B., Čirović, M., Molnar, I., Govedarica, M., Jarak Mirjana, Đukić, D., Bajla, J., Furman, T., Gligorić Radojka, Milošev, D., Milošević Nada, Kuprešanin, I., Ivančević, S., Nešić Ljiljana, Belić, M., Balešević Svetlana, Savin, L., Hristov, S., Kurjački, I. (1999): *Sabijanje zemljišta*. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- [27] Ohtomo, K., Tan, C.C.A. (2001): Direct measurement of soil deformation using the bead-grid method. *J. Agric. Eng. Res.* 78, p. 325-332.
- [28] Ohu, J.U., Folunso, O.A., Aeiniji, F.A., Raghavan, G.S. V. (1989): Critical moisture content as an index of compactibility of agricultural soils in Borno State of Nigeria. *Soil Technol.* 2, p. 211-219.
- [29] Panayiotopoulos, K.P., Papadopoulou, C.P., Hatjioannidou, A. (1994): Compaction and penetration resistance of an alfisol and entisol and their influence on root growth of maize seedlings. *Soil Tillage Res.* 31, p. 323-337.
- [30] Poesse, G.J. (1992): Soil compaction and new traffic systems. In: Pellizzi, G., Bodria, L., Bosma, A.H., Cera, M., Baerdemarker, J. de, Jahns, G., Knight, A.C., Patterson, D.E., Poesse, G.J., Vitlox, O. (Eds.), *Possibilities offered by new mechanization systems to reduce agricultural production costs*. The Netherlands, p. 79-91.
- [31] Quiroga, A.R., Buschiazzo, D.E., Peinemann, N. (1999): Soil compaction is related to management practices in the semi-arid Argentine pampas. *Soil Tillage Res.* 52, p. 21-28.

- [32] Rosolem, C.A., Takahashi, M. (1998): Soil compaction and soybean root growth. In: Box, J.E. (Ed.), Root demographics and their efficiencies in sustainable agriculture, grasslands and forest ecosystems. Proceedings of the 5th Symposium of the International society of root research, Clemson, South Carolina, USA, p. 295-304.
- [33] Russell, J.R., Betteridge, K., Costall, D.A., Mackay, A.D. (2001): Cattle treading effects on sediment loss and water infiltration. *J. Range Manage.* 54, p. 184-190.
- [34] Soane, B.D., Van Ouwerkerk, C. (Eds.), (1994): Soil compaction in crop production. Developments in agricultural Engineering series, vol. 11. Elsevier science, Amsterdam, The Netherlands, p. 662.
- [35] Tardieu, F. (1994): Growth and functioning of roots and of root systems subjected to soil compaction. Towards a system with multiple signalling. *Soil Tillage Res.* 30, p. 217-243.
- [36] Uhayda, C.G., Yin LiJuang, Redmann, R.E., Li Jiandong (1997): Gypsum amendment improves native grass establishment on saline-alkali soils in Northeast China. *Soil use and management* 13, p. 43-47.

## CAUSES AND CONSEQUENCES OF ARABLE SOIL COMPACTION

**Boško Gajić**

*Faculty of Agriculture - Belgrade*

**Abstract:** Soil compaction is one of the major problems facing modern agriculture. Over use of machinery, intensive cropping, short crop rotations and inappropriate soil management leads to compaction. Soil compaction increases soil strength and decreases soil physical fertility through decreasing storage and supply of water and nutrients, which leads to additional fertiliser requirement and increasing production cost. A detrimental sequence then occurs of reduced plant growth leading to lower inputs of fresh organic matter to the soil, reduced nutrient recycling and mineralisation, reduced activities of micro-organisms and increased wear and tear on cultivation machinery.

In this review we discuss the nature and causes of soil compaction and possible solutions suggested in the literature.

**Key words:** *soil compaction, arable land, agricultural mechanisations, physical characteristics of a soil, soil physical fertility.*