



UDK: 631.41:631.147

UTICAJ GENETSKI MODIFIKOVANIH BILJAKA NA KVALITET ZEMLJIŠTA

Boško Gajić, Zorica Sredojević, Nevenka Đurović
Poljoprivredni fakultet - Beograd

Sadržaj: Zemljište je kompleksan i jako heterogen sistem zbog svojih fizičkih, hemijskih i bioloških karakteristika koje značajno variraju u prostoru i vremenu. Biljke su glavni pokretači procesa u zemljištu, i deluju na njega preko niza interakcija. One svojom aktivnošću (preko korenovih izlučevina i izumrlih ostataka, razmenom vode, vazduha i hranljivih materija, itd.) modifikuju fizičke, hemijske i biološke osobine zemljišta.

Gajenjem genetski modifikovanih biljaka (tolerantnih na sušu, soli, toplotu itd.) mogu se očekivati neke posledice na kvalitet zemljišta i životnu sredinu. Promene u kvalitetu zemljišta pri gajenju takvih biljaka posledica su njihovih neposrednih bioloških karakteristika ili agronomske prakse potrebne za njihovo gajenje.

S obzirom na činjenicu da su zemljište, voda i vazduh osnovni prirodni resursi koji obavljaju značajne uloge u ekosistemu neophodno je uspostaviti i obavljati monitoring kvaliteta zemljišta na kojima se gaje genetski modifikovane biljke. Iz tih razloga u ovom radu dat je pregled uticaja genetskih modifikovanih biljaka na zemljišne osobine i različite metode koje su dostupne za analizu takvog uticaja.

Ključne reči: *genetski modifikovane biljke, kvalitet zemljišta, zemljišni indikatori, fizičke, hemijske i biološke osobine zemljišta.*

UVOD

Cilj ovog rada je da prikaže potencijalni uticaj genetski modifikovanih biljaka zajedno sa agronomskom praksom na zemljište, tj. njegov ekosistem. Postoje značajne razlike između pojedinih uticaja. Oni se uglavnom odnose na:

- funkcionisanje zemljišta kao održive celine,
- elastičnost zemljišta, tj. sposobnost njegovog samoobnavljanja, i
- brojnost prisutnih organizama u zemljištu.

Uticaj genetski modifikovanih organizama može se izmeriti i oceniti na svakom nivou. Međutim, saglasno stručnoj naučnoj literaturi funkcionisanje i elastičnost zemljišnih ekosistema su ključne karakteristike koje se ocenjuju. Izmene ma koje od njih rezultira u nepovratnom gubitku funkcije zemljišta (Atkins, 2004a).

Genetski modifikovane biljke ne deluju samo na biološku komponentu zemljišta već i na njegove abiotičke karakteristike koje su takođe značajne za obezbeđenje pravilnog funkcionisanja zemljišnog ekosistema. Te funkcije obuhvataju proizvodnju biomase, regulisanje količine i kvaliteta vode i vazduha, prevođenje biljnih hraniva u dostupne forme, sekvstriranje ugljenika i obezbeđivanje potpore za biljke. Sposobnost zemljišta da obezbedi navedene funkcije definisana je kao kvalitet zemljišta. Zemljišta koja su u stanju da obezbede takve uslove označena su kao zemljišta dobrog ili visokog kvaliteta.

Genetski modifikovane biljke imaju sposobnost da utiču na kvalitet zemljišta putem:

- izmene sklopa, tj. arhitekture korenovog sistema koji utiče na mnoge fizičke, fizičko-mehaničke i vodno-vazdune osobine zemljišta;
- izmene truljenja biljnih ostataka, ili na primer,
- izmenom korenovih izlučevina.

UTICAJ TRANSGENIH BILJAKA NA ZEMLJIŠTE

Studije uticaja transgenih biljaka razvijaju se u tesnoj vezi sa studijama ekološke interakcije između zemljišta i biljaka. Njima se želi utvrditi:

- uticaji izazvani izmenom agronomске prakse koja se javlja kao posledica gajenja genetski modifikovanih biljaka. U načelu, poljoprivredna praksa izaziva ogromne poremećaje u funkcionisanju zemljišta, koji predstavlja jako složen sistem. Usled toga dolazi do ozbiljnih i dugotrajnih posledica po fizičke, hemijske i biološke osobine zemljišta, a posebno po mikrobne zajednice (Buckley i Schmidt, 2001; Clegg et al., 2003); i

- uticaji izazvani isključivo genetski modifikovanim biljkama. U mnogim primerima je opisana modifikacija biljaka za posebne namene, tj. za smanjenje sastava zemljišnog ekosistema. To se ostvaruje na račun povećanog korenovog izlučivanja raznih jedinjenja u rizosferni sloj ili potiskivanjem zemljišne flore i faune. Prema podacima koje navode Siciliano i Germida (1999), kao i Dunfield i Germida (2001), studije koje su se bavile izučavanjem promena izazvanih genetski modifikovanim biljkama, sa komercijalno-relevantnog gledišta, kao što je tolerancija na pesticide ili herbicide, su mnogo ograničene, mada su neka istraživanja realizovana (Donega et al., 1995; Donegan et al., 1997; Gyamfi, 2002).

- Prema navodima Kowaluchuk-a et al. (2003) njihova istraživanja uticaja genetski modifikovanih biljaka na zemljišni ekosistem su pokazala značajno neodređeni efekat. Mnoge studije pokazuju samo beznačajno neodređene efekte (Donegan et al., 1995; Siciliano i Germida, 1999; Dunfield i Germida, 2001).

Genetski modifikovane biljne vrste koje imaju sposobnost da penetriraju zemljište sa velikom čvrstoćom poseduju uglavnom dubok glavni korenov sistem. Uvođenjem takvih vrsta u plodored je poželjno jer se smanjuje opasnost od podpovršinskog zbijanja zemljišta (Ishaq et al., 2001). Na primer, u zemljištima kao što su vertisoli (smonice) sa visokim potencijalom bubrenja i skupljanja, jak korenov sistem biljaka kao što je *Carthamus* spp. može se koristiti za biološko rastresanje duboko isušenog zemljišnog profila (Jayawardane i Chan, 1994). Cochrane i Aylmore (1994) su istraživanjima došli do zaključka da gajenje istih biljnih vrsta deluje različito na strukturno stanje raznih zemljišta i da ono zavisi od njihove početne ostrukturenosti. Oni su utvrdili da u određenim kombinacijama biljka/zemljište koreni mogu stabilizovati neke frakcije zemljišta a istovremeno destabilizovati druge frakcije. Busscher et al. (2000) saopštavaju da koren soje (*Soja* spp.) CV PI 416937 poseduje izvanrednu genetsku sposobnost, preko

CV Essex, da mnogo brže raste i proizvodi veću masu u zemljištima sa većim penetracionim otporom. Shodno tome, oni smatraju da genetski modifikovan (poboljšan) rast korena u zemljištima sa zbijenim prosljocima može redukovati njihovu zbijenost nezavisno od obrade.

Međutim, načini gajenja biljaka, obrada, korišćenje teške poljoprivredne mehanizacije i plodored mogu takođe uticati na rast korena genetski modifikovanih biljaka izmenom fizičkih i morfoloških karakteristika zemljišta.

POSLEDICE IZAZVANE PROMENOM AGRONOMSKE PRAKSE

Posledice izazvane promenom agronomske prakse, u pogledu kvaliteta zemljišta, nisu direktno povezane sa genetski modifikovanim biljkama, ali se mogu javiti zbog promena u agronomskoj praksi koju one zahtevaju. Posledice izazvane na ovaj način su po zemljište značajnije i veće od onih koje su izazvane genetskim modifikacijama biljaka. Do promena može doći usled:

- izmena u nivou mehanizacije. One obuhvataju promene zahteva za obradom, potreba za pesticidima ili herbicidima i frekvencija ubiranja plodova. Potrebe za smanjenjem mehanizacije mogu se javiti, na primer, kod genetski modifikovanih biljaka tolerantnih na herbicide ili štetočine, koje zahtevaju eventualno nekoliko hemijskih aplikacija, ili biljaka koje su više tolerantne na sušu i zbog toga potrebe za navodnjavanjem su manje, i

- gajenja genetski modifikovanih biljaka sa izmenjenim karakteristikama rasta, naročito tolerantnih na povećan sadržaj soli, sušu ili temperaturu.

Izmene na nivou mehanizacije. Promene na nivou mehanizacije zemljišta javljaju se usled uvođenje nulte obrade ili obrade manjeg intenziteta, primenom nekoliko doza herbicida ili pesticida. Bilo kakve redukcije u mehanizaciji podrazumevaju manji broj prohoda po površini zemljišta a samim tim i manje zbijanje zemljišta, smanjenje nepovoljnih efekta na zapreminsku masu zemljišta ili sadržaj vodrživih pora (Tebrugge i During, 1999; Schjonning et al., 2002). Sve izmene u obradi, plodoredu ili poslešetvenim tretmanima biljnih ostataka utiču na količinu i kvalitet organske materije koja se vraća u zemljište (Bailey i Lazarovits, 2003; Feng et al., 2003). Ove promene verovatno deluju na karakteristike zemljišnog ekosistema, uključujući životnu sposobnost i distribuciju patogena. Prema podacima koje navode Bailey i Lazarovits (2003), dodavanjem dodatnih količina organskih materija dolazi do smanjenja zemljišno-prenosivih bolesti. Redukovanjem nivoa mehanizacije smanjuje se stepen intenzifikacije zemljoradnje. To ima uticaja na brojnost i raznovrsnost populacije beskičmenjaka u zemljištu (Stevenson et al., 2002).

Chan (2001) navodi da se pri korišćenju izmenjenog načina obrade (konvencionalna, redukovana ili nulta obrada) menja brojnost (2-9 puta) i sastav (raznovrsnost) populacija kišnih glista. Sadržaj ugljenika u mikrobnoj biomasi pri nultoj obradi bio je za 60-140% veći nego pri konvencionalnoj obradi (Feng et al., 2003).

Gajenje biljaka sa modifikovanim karakteristikama rasta. Korišćenje genetski modifikovanih tehnika u izmeni tolerancija biljaka na sušu, soli ili temperaturu pokazuju direktan uticaj na ekosistem zemljišta (Atkins, 2004). Takođe, i genetski modifikovane biljke za fitoremedijaciju zagađenih zemljišta imaju veliki uticaj na izmene njegovih osobina. Na prime, zemljišta u aridnim područjima su uglavnom sposobna da održavaju rast kserofitnih ili kserotolerantnih biljaka.

Gajenje nekserotolerantnih biljaka koje su genetički modifikovane za toleranciju aridnih uslova posledica je korenovih izlučevina u zemljište koje su različite po količini i sastavu.

S obzirom na činjenicu da je zemljište prirodni neobnovljivi resurs koji obavlja značajne uloge u ekosistemu neophodno je uspostaviti i obavljati monitoring kvaliteta zemljišta na kojima se gaje genetski modifikovane biljke.

U većini studija koje se bave kvalitetom zemljišta predležen je minimalni skup podataka, tj. indikatora koji se mogu koristiti za određivanje kvaliteta zemljišta (Doran et al., 1996; Schoenholtz et al., 2000; Aon et al., 2001; Loveland i Thompson, 2002). Kao indikator kvaliteta zemljišta koriste se fizičke, hemijske i biološke osobine zemljišta. U tab. 1 dat je prikaz minimalnog skupa zemljišnih indikatora za ocenu njegovog kvaliteta, koji je adaptiran prema Doran-u et al. (1996), Karlen-u et al. (1997) i Arshad-u i Martin-u (2002).

Tab. 1. Predlog minimalnog skupa indikatora za ocenu kvaliteta zemljišta

Indikatori zemljišta	Povezanost zemljišnih funkcija	Ekološki relevantne vrednosti mernih jedinica	Ostali indikatori kvaliteta zemljišta koji utiču na odabrani indikator
F i z i č k i			
Zapreminska masa	Indikator potencijala za penetraciju korena biljaka, za sadržaj vododrživih i vazdušnih pora, kao i za nivo biološke aktivnosti. Zbog toga je predviđeno određivanje strukture i penetracionog otpora.	g cm ⁻³	Sadržaj organskih materija, agregacija, dubina površinskog sloja, biološka aktivnost procenat razmenljivog natrijuma (ESP).
Tekstura	Pokazatelj prisustva čestica različite veličine u zemljištu. Daje informacije o zadržavanju i kretanju vode i hemikalija.	% -ni sadržaj peska, praha i gline.	
Infiltracija	Indikator oticanja vode, ispiranja materija i erozije.	min/2.5 cm vode.	Sadržaj organskih materija, električni konduktivitet, ESP
Vodni kapacitet	Daje informacije o zadržavanju vode u zemljištu, njenom kretanju kroz zemljište i intezitetu erozije.	% (cm ³ /cm ⁻³)	Zapreminska masa, tekstura i organske materije.
Agregiranost	Daje informacije o strukturi zemljišta, erozionoj otpornosti, nicanju biljaka i infiltraciji.		
Dubina površinskog sloja	Daje podatke o zapremini korena, dostupnosti vode i hranljivih materija. Može da omogući procenu produktivnog potencijala i stepen erozije.	cm ili m	Sadržaj organskih materija, mikrobiološka aktivnost, tekstura.

H e m i j s k i pH	Indikator dostupnosti biljnih hraniva, absorpcije pesticida i mobilnosti.		
Sadržaj organskih materija	Ukazuje na kruženje hranljivih materija, zadržavanje vode i pesticida, stabilnost zemljišne strukture, količinu biljkama dostupne vode i eroziju.	kg C ha ⁻¹ do 30 cm dubine.	Sadržaj organskih materija utiče na agregaciju, stabilnost zemljišne strukture, vododrživost i stepen obezbeđenosti hranljivim materijama.
Forme azota	Dostupnost biljkama, potencijal ispiranja, brzina mineralizacije i imobilizacije.		
Konduktivitet ili salinitet	Infiltracija, rast biljaka, struktura zemljišta.		
Dostupna hraniva	Sposobnost da omogući rast biljaka, opasnost po životnu sredinu.		Sadržaj organska materije, pH, dubina površinskog sloja, tekstura, mikrobiološki parametri (brzina mineralizacije i imobilizacije).
B i o l o š k i			
Mikrobna biomasa	Biološka aktivnost, ciklus hranljivih materija, sposobnost degradacije pesticida		Sadržaj organskih materija, agregacija, zapreminska masa, pH, tekstura, ESP.
Disanje zemljišta	Pokazatelj mikrobiološke aktivnosti, ali nije neophodan za veliku količinu biomase. Zagađena zemljišta mogu imati povećanu brzinu disanja.		
Potencijal mineralizacije azota	Produktivnost zemljišta i potencijal obezbeđenosti azotom.		

LITERATURA

- [1] Aon, M.A., Sarena, D.E., Burgos, J.L., Cortassa, S. (2001): (Micro)biological, chemical and physical properties of soils subjected to conventional or no-till management: an assessment of their quality status. *Soil & Tillage Research*, 60(3-4), p. 173-186.
- [2] Arshad, M.A. i Martin, S. (2002): Identifying critical limits for soil quality indicators in agroecosystems. *Agriculture Ecosystems & Environmental*, 88(2), p. 153-160.
- [3] Atkins, Effect of compositional traits on the survivability and persistence of GM crops. 2004, Defra, London.
- [4] Atkins, Mechanisms for investigating changes in soil ecology due to GMO releases. 2004a, Defra, London.
- [5] Bailey, K.L., Lazarovits, G. (2003): Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments. *Soil & Tillage Research*, 72(2), p. 169-180.

- [6] Buckley, D.H., Schmidt, T.M. (2001): The structure of microbial communities in soil and the lasting impact of cultivation, *Microbial Ecology*, 42, p. 11-21.
- [7] Chan, K.Y. (2001): An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity - implications for functioning in soils. *Soil & Tillage Research*, 57(4), p. 179-191.
- [8] Clegg, C.D., Lovell, R.D. L., Hobbs, P.J. (2003): The impact of grassland management regime on the community structure of selected bacterial groups in soils. *FEMS Mikrobiology Ecology*, 43, p. 263-270.
- [9] Cochrane, H.R., Aylmore, L.A.G. (1994): The effects of plant roots on soil structure In: *Proceedings of 3rd Triennial Conference "Soils 94"*, p. 207-212.
- [10] Donegan, K.K., Palm, C.J., Fieland, V.J., Porteous, L.A., Ganio, L.M., Schaller, D.L., Bucalo, L.Q., Seidler, R.J. (1995): Changes in Levels, Species and DNA Fingerprints of soil-microorganisms associated with cotton expressing the *Bacillus thuringiensis* Var Kurstaki Endotoxin. *Applied Soil Ecology*, 2(2), p. 111-124.
- [11] Donegan, K.K., Seidler, R.J., Fieland, V.J., Schaller, D.L., Palm, C.J., Ganio, L.M., Cardwell, D.M., Steinberger, Y. (1997): Decomposition of genetically engineered tobacco under field conditions: Persistence of the proteinase inhibitor I product and effects on soil microbial respiration and protozoa, nematode and microarthropod populations. *Journal of Applied Ecology*, 34(3), p. 767-777.
- [12] Doran, J.W., Sarrantonio, M., Liebig, M.A. (1996): Soil health and sustainability. *Advances in Agronomy*, 56, p. 1-54.
- [13] Dunfield, K.E., Germida, J.J. (2001): Diversity of bacterial communities in the rhizosphere and root interior of field-grown genetically modified *Brassica napus*. *FEMS Mikrobiology Ecology*, 38(1), p. 1-9.
- [14] Dunfield, K.E., Germida, J.J. (2004): Impact of genetically modified crops on soil- and plant-associated microbial communities. *Journal of Environmental Quality*, 33, p. 806-815.
- [15] Feng, Y. Motta, A.C., Reeves, D.W., Burmester, C.H., van Santen, E., Osborne, J.A. (2003): Soil microbial communities under conventional-till and no-till continuous cotton systems. *Soil Biology & Biochemistry*, 35(12), p. 1693-1703.
- [16] Gyamfi, S., Pfeifer, U., Stierschneider, M., Sessitsch, A. (2002): Effects of transgenic glufosinate-tolerant oilseed rape (*Brassica napus*) and the associated herbicide application on eubacterial and pseudomonas communities in the rhizosphere. *FEMS Microbiology Ecology*, 41(3), p. 181-190.
- [17] Ishaq, M., Ibrahim, M., Hasan, 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.
- [18] Jayawardane, N.S., Chan, K.Y. (1994): The management of soil physical properties limiting crop production in Australian sodic soils-a review. *Aust J. Soil Res.* 32, p. 13-44.
- [19] Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F., Schuman, G.E. (1997): Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Science Society of America Journal*, 61(1), p. 4-10.
- [20] Kowalchuk, G.A., Bruinsma, M., van Veen, J.A. (2003): Assessing responses of soil microorganisms to GM plants. *Trend in Ecology & Evolution*, 18(8), p. 403-410.
- [21] Loveland, P.J. i Thompson, T.R.E. (2002): Identification and development of a set of national indicators for soil quality - R&D Project Record P5-053/PR/02. Bristol: Environment agency, 170.
- [22] Schjonning, P., Elmholt, S., Munkholm, L.J., Deboz, K. (2002): Soil quality aspects of humid sandy loams as influenced by organic and conventional long-term management. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 88(3), p. 195-214.
- [23] Schoenholtz, S.H., Van Miegroet, H., Burger, J.A. (2002): A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, 138(1-3), p. 335-356.

- [24] Siciliano, S.D., Germida, J.J. (1999): Taxonomic diversity of bacteria associated with the roots of field-grown transgenic *Brassica napus* cv. Quest, compared to the non-transgenic *B. napus* cv. Excel and *B. rapa* cv. Parkland. FEMS Microbiology Ecology, 29(3), p. 263-272.
- [25] Stevenson, K., Anderson, R.V., Vigue, G. (2002): The density and diversity of soil invertebrates in conventional and pesticide free corn. Transactions of the Illinois State Academy of Science, 95(1), p. 1-9.
- [26] Tebrugge, F., Daring, R.A. (1999): Reducing tillage intensity - a review of results from a long-term study in Germany. Soil & Tillage Research, 53(1), p. 15-28.

IMPACT OF GENETICALLY MODIFIED CROPS ON SOIL QUALITY

Boško Gajić, Zorica Sredojević, Nevenka Đurović

Faculty of Agriculture - Belgrade

Abstract: The soil is a complex and highly heterogeneous system with its chemical, physical and biological properties varying significantly with location and time. Plants are a key driver of soil processes and influence soil systems through a range of interactions in which the activities of the plants modify the physical, compositional and biological properties of the soil.

The cultivation of genetically modified crops may be expected to have some effects on the soil ecosystems, i.e. soil quality, either as a direct result of the characteristics of the crop, or because of the agronomic practice required to grow it.

Soil quality cannot be measured *per se*, and therefore in order to determine the quality of a soil, a number of indicators or properties are used with which its function can be evaluated.

Key words: *genetically modified crops, soil quality, soil indicators, physical, chemical and biological properties of soil.*