

## МОНИТОРИНГ КВАЛИТЕТА ЗЕМЉИШТА У ОДРЖИВОЈ ЗЕМЉОРАДЊИ

Б. Гајић<sup>1</sup>, Ј. Миливојевић<sup>1</sup>, Невенка Ђуровић<sup>1</sup>

**Абстракт:** Многе људске активности, директно или индиректно, доводе до, углавном негативних промена у земљишту (деградације и загађења). Те промене обично остају притајене дужи временски период и не могу се поништити за време човековог живота. Насупрот томе, нове методе одрживог пољопривредног земљишног менаџмента су способне да заштите, а и да поврате пређашњи квалитет земљишта. Релевантна земљишна политика захтева познавање промена које се јављају у његовом квалитету да би била способна да предвиди будуће трендове у складу са различитим сценаријима земљишног менаџмента. Велики број наших земљорадника је јако свестан значаја одрживог земљишног менаџмента. Међутим, садашњи економски положај пољопривреде код нас повећава притисак на земљораднике да интензивно користе земљиште, често преко граница које су заиста одрживе. Као последица тога, они данас траже све више информација и боља средства за мониторинг одрживости њиховог пољопривредног менаџмента. Рад је фокусиран на оцену неких особина земљишта у вези са његовим квалитетом за гајење биљака и дефинисање индикатора квалитета земљишта.

**Кључне речи:** квалитет земљишта, одрживи развој, индикатори, мониторинг земљишта, пољопривредна продуктивност

### Увод

Међународне обавезе према Агенди 21, Глава 10, уговора Конференције Уједињених нација о Животној средини и развоју од 1992. године захтевају од нас да поспешујемо одрживи развој и повећавамо заштиту природних ресурса (Радуловић и сар., 1997).

---

<sup>1</sup> Проф. др Бошко Гајић, проф. др Јордан Миливојевић, др Невенка Ђуровић, Пољопривредни факултет, Београд.

Међународна организација за стандардизацију (ISO) развила је међународне стандарде за еколошки менаџмент (ISO 14000). Услед повећања глобалног значаја еколошких тема, као што су очување здравља животне околине за будуће генерације и одрживо коришћење природних ресурса, ти нови стандарди ће без сумње утицати на светску трговину. Очигледно је да ће због тога и наши фармери и пољопривредна пракса морати удовољити обавезним ISO 14000 стандардима за производњу.

Велики број фармера у нашој земљи, нарочито оних који се баве производњом малине и другог јагодичастиг воћа, које се извози на инострано тржиште, веома је свестан али и недовољно обавештен о значају одрживог коришћења земљишта, будући да њихов непосредни извор средстава за живот директно зависи од тога. Међутим, садашњи економски положај пољопривреде код нас повећава притисак на фармере да интензивно користе земљиште, често преко граница које су заиста одрживе. Као последица тога они данас траже све више информација и боља средства за мониторинг одрживости њиховог пољопривредног менаџмента. Оцена квалитета земљишта је основа за оцену одрживог пољопривредног менаџмента у овом веку (Chen, 1999).

Из тих разлога циљ овог рада је фокусиран на значај квалитета земљишта у одрживој пољопривредној производњи и обавези увођења његовог мониторинга, с обзиром да у нашој земљи то још увек није урађено.

### **Човек и земљишни ресурси**

Живот на Земљи зависи првенствено од земљишта као необновљивог природног ресурса. При томе, земљиште није важно само као средина за раст биљака, него као и филтер за очување квалитета воде и ваздуха. Оно има кључну улогу као компонента у регулисању глобалног биохемијског циклуса и медијума за одлагање и разградњу отпадног материјала (Beare et al., 1997). И поред великог значаја наведених улога људи се често с непоштовањем односе према земљишту, поистовећују га са прљавштином, гаде се када се њиме упрљају итд.

Међутим, ако се вратимо у дубоку историјску прошлост, она нас учи, да квалитет наших земљишта морамо заштитити. Пример за то су цивилизације старе Месопотамије (асирска и сумерска) које су се развијале и бујале и свој економски, социјални и културни процват достигле баш захваљујући богатству земљишним ресурсима и наводњавању. Међутим, проблем саланизације земљишта и замуљивања иригационих канала довео је до напуштања пољопривредних система и та цивилизација је коначно пропала (Hillel, 1992). Такође, и земљишта Медитеранског региона су успешно хранила древне цивилизације Феничана, Грка, Римљана, који су

дефорестизацијом, прекомерном испашом и обрадом проузроковали ширење ерозије и напуштање оголелих неплодних брежуљака, који и данас постоје у многим деловима тог региона.

Игнорисањем лекција из прошлости човек се излаже сличној опасности, будући да проблем деградације земљишта угрожава данас многе делове света. Процењује се да је од 1945. године до данас деградирано око 11% обрадивих површина у свету, што одговара укупној површини Кине и Индије (Hammond, 1992). Поред тога, годишње се са копна изгуби 24 билиона тона површинског дела земљишта (Bakker, 1990), што је еквивалентно површини од око 9.6 милиона хектара, или 1/3 укупне површине Новог Зеланда. На супрот томе, процес образовања земљишта је веома спор. Годишње се под утицајем природног распадања стена образује свега 0.1 мм дебљине земљишта (Lal, 1984).

Обрадива земљишта су одиста дефицитарни ресурс, будући да се, према подацима које наводи Lal (1991), обрадива површина по становнику прогресивно смањује. Прогнозира се да ће се она са садашњих 0.23 хектара по становнику смањити на око 0.15 хектара до 2050. године, односно на 0.14 хектара до 2150.

### **Мониторинг квалитета земљишта**

Земљиште је фундаментални ресурс за пољопривредну производњу, живот и животну околину. Због тога се његове функције и квалитет морају контролисати мониторингом, чувати и очувати у одрживом стању. При томе, мониторинг земљишта, подразумева систематску контролу и праћење карактеристика земљишта, и евидентирање привремених или трајних промена у њему. Тај процес је битан за рано откривање промена квалитета земљишта, у функцији процеса који су повезани са његовом конзервацијом и заштитом, одрживим коришћењем и свеопштом контролом животне околине.

Стога, фундаментални задатак савременог мониторинга земљишта, је његова улога инструмента за управљање земљиштем у одрживом развоју. Тај задатак је заједнички за све државе света. Међутим, упркос томе, још увек постоје велике разлике у методологијама мониторинга, које произилазе из националних приоритета, с тим што је у многим државама мониторинг земљишта признат као значајан инструмент дугорочног развоја људског друштва (Petruš et al., 1998).

Зато треба створити свеобухватни систем мониторинга, који обезбеђује одговарајућу интерпретацију резултата и доприноси развоју методологије за ограничавање деградације земљишног простора, као и примену стандарда одрживе земљорадње у развоју стратегије заштите и конзервације земљишта

(Barth и L'Hermite, 1987). Поред тога, мониторингом се може побољшати провера нових аналитичких метода, пратити промена у земљишним карактеристикама и обезбедити подаци за карту мониторинга.

### Дефиниција квалитета земљишта

Већина становништва зна да су чиста вода и чист ваздух услов да би човек био здрав и очувало здравље животне околине. Међутим, добро здравље и благостање зависи и од здравља других компонената животне околине, као што је пре свега висок квалитет земљишта.

Квалитет земљишта или здравље земљишта најчешће се дефинише као капацитет његових специфичних функција унутар природног или делимично уређеног екосистема, који подржава биолошку (биљну и анималну) продукцију, чува квалитет животне околине, поспешује здравље биљака и животиња, одржава или повећава квалитет воде и ваздуха и потпомаже здравље и становање људи (Doran и Parkin, 1994; Doran et al., 1996; Beare et al., 1997). Оба термина се равноправно користе за опис способности земљишта да обезбеђује раст биљака без деградације или других штета по човекову животну околину. Термин "здравље земљишта" је много прикладнији, нарочито за фармере, јер омогућава директно доношење важног мишљења о земљишном ресурсу (здрavo или болесно). Њиме се јасно осликава земљиште као жив, биолошки динамични систем, који функционише на холастички начин, зависно од његовог стања или положаја (Roming et al., 1995).

Многи истраживачи су мишљења, да дефиницију квалитета земљишта треба посматрати кроз његову функцију у екосистему (Acton и Gregorich, 1995; Kennedy и Papendick, 1995; Warkentin, 1995, Doran et al., 1996; Johnson et al., 1997). Према томе, све дефиниције су засноване на мониторингу квалитета земљишта (Doran и Parkin, 1994) у смислу:

- продуктивности (способност земљишта да повећа биљну и биолошку продуктивност);
- квалитета животне околине (способност земљишта да смањи контаминацију животне околине, узрочнике болести и друга оштећења); и
- здравља животиња (међусобни однос између квалитета земљишта и биљака, животиња и човечијег здравља).

Због тога Doran et al. (1996) квалитет земљишта поистовећују са "здрављем земљишта".

Међу најважније функције земљишта у екосистему, које утичу на његов квалитет, према Larsony и Piercy (1991), Karlen et al. (1997), убрајају се следеће способности земљишта: (1) да прима, задржава и отпушта хранљиве материје и друге хемијске састојке; (2) да врши прерасподелу водених талога отицањем и инфилтрацијом; (3) да прима, задржава и одаје воду биљкама и обнавља површинске и подземне водне ресурсе; (4) да потпомаже и одржава раст корена биљака; (5) да пружа отпор еолској и водној ерозији као и осталим начинима његове деградације; (6) да се супроставља акумулацији потенцијално токсичних материја. С тим у вези, одржавање или поправка квалитета земљишта обезбеђује већу продуктивност, успешније коришћење хранљивих материја и пестицида, побољшање квалитета воде и ваздуха и на крају већу економску корист (USDA-Economic Research Service, 1997).

Поред наведеног, са друштвено-економског и еколошког становишта, квантитативна оцена квалитета земљишта, је обавезна и због одрживости система управљања земљиштем, будући да повезује пољопривредну продукцију и помаже државним агенцијама у формулисању и решавању политике одрживе пољопривреде и коришћења земљишта (Dogan и Parkin, 1996). Међутим, квалитет земљишта се не може директно измерити, већ само донети закључак на основу индикатора квалитета земљишта (Brejda et al., 2000), с тим што су ти индикатори, мерљиве карактеристике земљишта које утичу на његову способност да обезбеди продуктивност биљака, или функционисање животне околине, која је осетљива на промене при коришћењу земљишта, менаџмент или спровођење мера конзервације.

Органска земљорадња користи систем управљања фокусиран на побољшање квалитета земљишта. У принципу органска земљорадња је више него једноставна замена "органског" пакета правила управљања и улагања уместо конвенционалног пакета експлоатације. Према томе, органска земљорадња није само систем управљања, већ је методологија земљорадње која настоји да опонаша природне екосистеме онолико колико је то могуће. У ствари, један од многих захтева за сертификацију органске земљорадње је утврђивање плана за побољшање квалитета и здравља земљишта (USDA, 2000).

### **Промене квалитета земљишта**

Квалитет такозваних девичанских, нетакнути земљишта, зависи од матичног супстрата и педогенетских процеса под чијим утицајем су она образована. Карактеристике природних земљишта се мењају под утицајем човекове активности, укључујући начин њиховог коришћења и пољопривредну праксу.

У пољопривредним системима висок квалитет земљишта предвиђа дуготрајан и обилан пораст биљака са минималним утицајем на ширу животну околину. У начелу, пољопривредна земљишта високог квалитета добро су аерисана и обезбеђена хранљивим материјама у биљкама доступним формама. Поред тога она имају добру инфилтрациону способност, добро задржавају влагу, структурни агрегати су им водоотпорни и обезбеђују висок ниво биолошке активности.

Сматра се да интензивна пољопривредна производња углавном доводи до смањења квалитета земљишта. Промене у квалитету земљишта дешавају се услед ерозије, смањења органске материје, збијања, дезертификације, саланизације и других процеса деградације.

Погоршање квалитета земљишта може се одиграти веома брзо, али обнављање оштећеног земљишта је спор и скуп процес. Због тога је неопходно да се спроводи мониторинг квалитета земљишта у циљу спречавања његове деградације. Чинећи то сачуваће се продуктивна способност земљишта и заштитиће се шири животна околина за генерације које долазе.

Зато, релевантна земљишна политика захтева познавање промена које се догађају у квалитету земљишта да би била у стању да предвиди будуће трендове с обзиром на различите сценарије управљања земљиштем (Martin et al., 1998).

### **Критеријуми за оцену квалитета земљишта**

Larson и Pierce (1994) су предложили "минимални скуп података" земљишних параметара неопходних за оцену "здравља земљишта" у свету, као и методологију и процедуру за процену измена у квалитету тих параметара. Минимални скуп података може варирати од локације до локације зависно од начина коришћења земљишта, његове функције или фактора његовог образовања. Ти индикатори, према подацима које наводе Lal (1994), Doran и Parkin (1996), су погодни у области еколошких и социоекономски прилика.

Стога, према истим ауторима, индикатори квалитета земљишта треба да буду:

- научно валидни;
- релативно тачни и јасни;
- осетљиви на промене у земљишном менаџменту или клими;
- у доброј корелацији са природним процесима у екосистему;

- повезани са биљном и животињском продуктивношћу;
- релативно лаки и практично применљиви за коришћење од стране фармера, њихових консултаната као и научника;
- релативно профитабилни приликом њиховог мерења;
- једноставни за интерпретацију;
- компоненте постојеће земљишне базе података ако је то могуће.

Мада многи потенцијални индикатори квалитета земљишта задовољавају наведене критеријуме, Веаре et al. (1997), сматрају да, релативно мали број њих одговара строгим "on-farm" критеријумима.

### Индикатори квалитета земљишта

Не постоје поуздани, практични методи за оцену или процену квалитета, мада су у неким научним рефератима утврђени концептуални оквири за њихову оцену (Karlen et al., 1997). Стога су Doran и Parkin (1994) сачинили листу основних особина земљишта или индикатора за оцену квалитета земљишта, односно његовог здравља. Међутим, и поред тога, Petruš et al. (1998) сматрају да данас не постоји јединствен систем мониторинга и индикатора квалитета земљишта. С тога свака држава, посебно индустријски развијене, развијају сопствене системе мониторинга.

Из тих разлога слободни смо да овде предлажимо следеће физичке, хемијске и биолошке индикаторе за оцену квалитета земљишта, које сматрамо подесним за услове наше земље:

- Физички индикатори: (1) дубина земљишта, хумусног хоризонта или ризосфере, (2) текстура земљишта, (3) агрегатни састав, (4) стабилност структурних агрегата, (5) порозност, (6) брзина инфилтрације, (7) хидраулички кондуктивитет, (8) густина земљишта (запреминска маса), (9) збијеност земљишта – пенетрациони отпор, и (10) водни капацитети.
- Хемијски индикатори: (1) органска материја (хумус) или органски угљеник и азот, (2) реакција земљишта (pH), (3) капацитет адсорпције катјона, (4) електрични кондуктивитет, (5) биљкама доступна хранива (P, K, S, Mg), (6) разменљиви доступни микроелементи (Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Co, и Cr), и (7) радионуклиди (гама емитери).
- Биолошки индикатори: (1) бројност кишних глиста, (2) микробиолошки угљеник и азот, (3) потенцијал минерализације азота, (4) аерација земљишта, и (5) принос гајених биљака

Због тога што су адаптирани у складу са препорукама које наводе Doran and Parkin (1994), Cameron et al. (1996), Hseu et al., 199), горе наведени индикатори се свакако могу укључити у европске и светске системе мониторинга квалитета земљишта.

Њихово дефинисање и прихватање као одрживих индикатора који описују "здравље" земљишних ресурса наше државе, важно је са становишта обезбеђивања доказа да наша пољопривредна пракса задовољава стандарде производње ISO 14000.

### Литература

1. Acton, D. F., and Gregorich, L. J. (1995): Understanding soil health. In: The Health of our Soils: Toward Sustainable Agriculture in Canada, D. F. Acton and L. J. Gregorich (Eds.). Centre for Land and Biological Resources Research, Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Ontario, Canada, pp. 5–10.
2. Arrouays, D., Vogel, H., Eckelmann, W., Armstrong–Brown, Loveland, P., Coulter, B. (1998): Soil monitoring in Europe: a review. Symposium No. 25, 16<sup>th</sup> WCSS, Montpellier, France.
3. Bakker, H. J. I. (ed) (1990): The world food crisis: Food security in comparative perspective. Canadian scholars press, Toronto. 530 p.
4. Barth, H., L'Hermite, P. L. (1987): Soil protection in the European Community. Elsevier Applied Science Publishers, London. 630 pp.
5. Brejda, J. J., Karlen, D. L., Smith, J. L., Allan, D. L. (2000): Identification of Regional Soil Quality Factors and Indicators: II. Northern Mississippi Loess Hills and Palouse Prairie. Soil Sci. Soc. Am. J. 64, 2125–2135.
6. Beare, M. H., Cameron, K. C., Williams, P. H., Doscher, C (1997): Soil quality monitoring for sustainable agriculture. Proceedings 50<sup>th</sup> Conference of the New Zealand Plant Protection Society Incorporated. Wellington, New Zealand.
7. Cameron, K. C., Cornforth, I. S., McLaren, R. G., Beare, M. H., Basher, L. R., Metherell, A. K., and Kerr, L. E. (1996): Soil Quality Indicators for Sustainable Agriculture in New Zealand: Proceedings of a Workshop. Lincoln Soil Quality Research Centre, Lincoln University, New Zealand.
8. Chen, Z. S. (1999): Selecting indicators to evaluate soil quality. Food & Fertilizer Tehnology Center. An International Information Center for Farmers in the Asia Pacific Region. pp. 1–20.



9. Doran, J. W., Parkin, T. B. (1994): Defining and assessing soil quality. *In: Defining soil quality for a sustainable environment.* J. W. Doran, D. C. Coleman, D. F. Beydiecek, and B. A. Stewart (Eds.). Soil Sci. Soc. Am. Special Publication No. 35, Madison, Wisconsin, USA. pp. 3–21.
10. Doran, J. W., Parkin, T. B. (1996): Quantitative indicators of soil quality: A minimum data set. *In: Methods for assessing soil quality.* J. W. Doran, D. C. Coleman, D. F. Beydiecek, and B. A. Stewart (Eds.). Soil Sci. Soc. Am. Special Publication No. 49, Madison, Wisconsin, USA. pp. 25–37.
11. Doran, J. W., Sarrantonio, M., Liebig, M. A. (1996): Soil health and sustainability. *Advances in Agronomy*, 56, 1–54.
12. Hammond, A. L. (ed) (1992): *World resources 1992-3.* Oxford University Press, Oxford.
13. Hillel, D. (1992): *Out of the Earth: Civilisation and the Life of the Soil.* The Free press, New York. 321 p.
14. Hseu, Z. Y., Chen, Z. S., and Tsai, C. C. (1999): Selected indicators and conceptual framework for assessment methods of soil quality in arable soils of Taiwan. *Soil and Environment*. 2: 77–88. (In Chinese, with English abstract and tables).
15. Johnson, D. L., Ambrosce, S. H., Bassett, T. J., Bowen, M. L., Crummey, D. E., Isaaxson, J. S., Johnson, D. N., Lamb, P., Saul, M., and Winter-Nelson, A. E. (1997): Meanings of environmental terms. *J. Environ. Quality* 26: 581–589.
16. Karlen, D. L., Mausbach, M. J., Doran, J. W., Cline, R. G., Harris, R. F., and Schuman, G. E. (1997): Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. *Soil Science Society of America Journal*. 61: 4–10.
17. Kennedy, A. C., and Papendick, R. I. (1995): Microbial characteristics of soil quality. *J. of Soil and Water Conservation* 50: 243–248.
18. Lal, R. (1991): Soil research for agricultural sustainability in the Tropics. *In: Toward Sustainability: A plan for collaborative research on agricultura and natural resource management (1991).* Board on Agriculture (BOA), National Academy Press, Washington, D. C., pp. 66–75.
19. Lal, R. (1994): Data analysis and interpretation. *In: Methods and Guidelines for Assessing Sustainable Use of Soil and Water Resources in the Tropics*, R. Lal (Ed.). Soil Management Support Services Technical. Monograph. No. 21. SMSS/SCS/USDA, Washington, D. C., pp. 59–64.
20. Larson, W. E., and Pierce, F. J. (1991): Conservation and enhancment of soil quality. *In: Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World.* Int. Board for Soil Res. and Management. Bangkok, Thailand.

UDC: 631.422

## **SOIL QUALITY MONITORING FOR SUSTAINABLE AGRICULTURE**

Boško Gajić<sup>1</sup>, Jordan Milivojević<sup>1</sup>, Nevenka Đurović<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, 11080 Belgrade, Serbia and Montenegro

### **Abstract**

Soil and crop management practices may have impacts on the natural environment and induce changes in soil. A fundamental task of soil monitoring systems is to serve as a tool for land management in sense of sustainable development. In spite of the fact, that this task is common to all countries nowadays, there are still differences in methodologies and indicators of soil quality. Diversity of soil types may hinder identification of soil quality factors and indicators at a national scale. Assessment of soil quality is the basis for assessing sustainable soil management in this century.

The objective of this paper was to identify some soil physical, chemical and biological indicators for soil quality monitoring in sustainable agricultural management at national level.

In many ways, soil quality is one measure of ecosystem health. Conserving soil quality means protecting the full range of ecological services high-quality soils provide.

**Keywords:** Soil quality, sustainability in agricultural production, indicators