

ЗЕМЉИШНИ ИНДИКАТОРИ У ОДРЖИВОЈ ПОЉОПРИВРЕДНОЈ ПРОИЗВОДЊИ

Б. Гајић¹, Зорица Средојевић¹, Г. Дугалић²

Абстракт: Земљиште је необновљиви природни ресурс који омогућава гајење биљака за исхрану људи и индустријску прераду. Стога је његова продуктивност у нашој земљи, а и у многим другим развијенијим земљама света, важан фактор економије. Осим тога оно има много ширу глобалну функцију. Земљиште делује као филтер који пречишћава воду и ваздух. Оно размењује гасове са атмосфером и тако утиче на глобалну климу. Земљиште је важан медијум у којем се депонују и разграђују различити отпади. Због тога што игра кључну улогу у светском здрављу, економији и стабилности животне средине, морамо га чувати и користити на одрживи начин. Пољопривредни земљишни ресурси су код нас и у свету ограничени и неравномерно распоређени. Поред тога, све већи демографски притисак додатно захтева очување постојећих земљишних ресурса. Зато је потребно одредити индикаторе за оцену одрживог коришћења земљишта за различите људске активности. Индикатори су одређени на националном нивоу и интернационално су прихватљиви. При избору индикатора водило се рачуна да они треба да дају одговор у разумном временском периоду, вероватно мањем од 3 године.

Кључне речи: одржива пољопривредна производња, земљишни екосистем, земљишни индикатори

Увод

Пољопривредна производња користи све природне ресурсе. Управљање тим ресурсима на одржив начин је најзначајније за будућност.

¹ Др Бошко Гајић, варед. проф.; др Зорица Средојевић, доцент; Пољопривредни факултет Београд, тел. 0641833757, e-mail: bonna@agrifaculty.bg.ac.yu

² Др Горан Дугалић, Агрономски факултет, Чачак

Земљиште је необновљиви, више функционални природни ресурс који омогућава гајење биљака за исхрану људи, животиња и индустријску прераду. Стога је његова продуктивност у нашој земљи, а и у многим другим развијеним државама света, важан фактор економије. Поред тога земљиште делује као филтер који пречишћава воду и ваздух, размењује гасове са атмосфером и тако утиче на глобалну климу. Оно је важно станиште многим живим бићима и медиј у којем се депонују и разграђују разни отпадни материјали. Због тога што игра кључну улогу у светском здрављу, економији и стабилности животне околине мора се чувати и користити на одрживи начин. Пољопривредни земљишни ресурси код нас а и у свету ограничени су и неравномерно аспоређени. Поред тога, све већи демографски притисак додатно захтева очување постојећих земљишних ресурса. Због тога је потребно одредити индикаторе за оцену одрживог коришћења земљишта за различите људске активности. Његов квалитет је дефинисан као способност да функционише у границама екосистема одржавајући биолошку продуктивност, чува квалитет животне околине и да потпомаже здрављу биљака и животиња (Soil Science Society of America, SSSA 1998).

Притисак на природне ресурсе ће се повећавати у будућности због све веће популације, док ће потребе за задовољењем хране убрзати економски развој путем индустријализације (De Kimpe and Prasittiketh, 2002).

У многим деловима света земљишни ресурси су изложени јаким деградационим процесима који доводе до неповратних губитака земљишта или редукције њихових функција. У извештају Европске агенције за животну средину (ЕЕА, 2000) напомиње се да су ерозија, клизишта, непрестана контаминација и ацидификација, главни проблеми земљишта у Европи.

Према наводима Huber-а и Freudenschuss-а (2002), за добијање кључних објашњења у развоју стратегије одрживог коришћења земљишта, креатори политике у Европској унији и други заинтересовани у политици развоја и заштите животне средине, све више користе земљишне индикаторе на националном нивоу. Ти индикатори су неопходни и за обезбеђивање информација о стању деградираности земљишта, као и за предвиђање даљих трендова.

У вези са тим три међународне организације, и то: Комисија за одрживи развој (Commission on Sustainable Development – CSD) уједињених нација (UN-CSD, 1996), Организација за економску сарадњу и развој (Organisation for Economic Cooperation and Development – OECD) и Европска агенција за животну средину (European Environment Agency – EEA), су одредиле и примењују земљишне индикаторе.

Seybold et al. (1997) су мишљења да је за оцену квалитета земљишта у одрживој пољопривредној производњи потребно одредити специфичне

параметре или индикаторе који се могу квантитативно мерити и упоређивати са референтним стањем или оценити на основу општих стандарда. Одређену групу индикатора која служи за оцену квалитета земљишта, Larson и Pierce (1994) дефинишу као минималан скуп података. Тај скуп варира од локације до локације зависно од начина коришћења земљишта (планински венац, мочвара, пољопривредно земљишта), његове функције или педогенетских фактора.

Земљишни индикатори, према Pieri-у et al. (1995), служе као средство у процесу одлучивања о начину коришћења земљишта, за очување његовог квалитета и вода, као и за процену опасности од деградације. Као такви они се користе у многим земљама, а прихваћени су и од међународних организација, као што су: OECD, FAO и светска банка (OECD, 2001).

Циљ овог рада је да прикаже и у веома кратким цртама продискутује неке физичке, хемијске и биолошке индикатори земљишта који су погодни за наше техничко-технолошке и економске услове, о којима би експерти требало да се изјасне путем дискусије.

Избор индикатора

Избор индикатора треба да буде заснован на научним основама, те због тога стручњаци који се баве изучавањем земљишта треба да са другим стручњацима (географима, економистима, и др.) учествују у процесу њиховог одређивања и коришћења. Индикатори се могу користити за:

- оцену стања природног ресурса,
- оцену нивоа коришћења ресурса, и
- оцену утицаја коришћења ресурса.

Наведене тезе су значајне за одрживо коришћење земљишта, и могу допринети ефикаснијем управљању овим природним ресурсом. Klevtsov (2002) сматра да индикатори земљишта треба да дају одговор на питања у вези са:

- поузданошћу (колико често систем неће имати успеха),
- флексибилношћу (којом брзином ће се систем оповратити), и
- осетљивошћу (колико су значајни ефекти неуспеха).

Према наводима McRae et al. (2000), индикатори се све више разматрају као планско средство за оцену карактеристика нових програма о коришћењу земљишта у одрживој пољопривредној производњи.

Одрживи начин коришћења земљишта се може посматрати на два начина (Shaxson, 1998): (1) са еколошког гледишт, (очување свега земљиште на одређеној територији у подесном стању за дугогодишњу продуктивност и еколошку стабилност); или (2) са социо–економског гледишт (где потпомаже појединачно коришћење земљишта на појединим деловим територије, на пример, за производњу здравствено безбедне хране и стицање добити. Фармери имају сопствену представу и дефиницију одрживог коришћења земљишта.

Земљишни индикатори се, према Harris-у and Bezdicek-у (1994), могу поделити у две групе, и то: аналитичке и дескриптивне. Експерти предност дају аналитичким индикаторима јер су квантитативно дефинисани, док фармери и јавност чешће користе дескриптивне индикаторе.

Употребљивост индикатора зависи од одређених фактора, пре свега од тога да ли се промене увек могу измерити, од осетљивости индикатора на промене које се контролишу, од значаја информација за локалне околности и статистичких поступака који се могу употребити за обраду информација.

У свету данас не постоји јединствен скуп земљишних индикатора који би се користио за оцену квалитета земљишта, односно степена његове деградације и загађености у одрживој пољопривредној производњи.

Према наводима De Kimpе-a и Prasittiketh-a (2002) потребни су већи напори да би се постигао договор о минималном скупу индикатора, не само у агро-прехрамбеном сектору, подесних и за друге људске активности, да би се сачувала одрживост природних ресурса.

Стога су Larson и Pierce (1994) предложили минимални скуп података земљишних индикатора за оцену квалитета земљишта. Такође, истовремено су Doran и Parkin (1994) сачинили листу основних физичких, хемијских и биолошких особина земљишта или индикатора за оцену њиховог квалитета коју су многи истраживачи у модификованим облицима прихватили (Hseu et al., 1999).

Одабрани скуп параметара треба да покаже да ли је квалитет земљишта побољшан или смањен, а нарочито фактори који могу утицати на одрживи развој и здравље људи. Armstrong-Brown et al. (1998) индикаторе групишу на:

- релативно стабилне параметре (механички састав, стабилност структурних агрегата, запреминска маса, земљишне водне карактеристике, капацитет разменљивих катјона, минерологија земљишта);
- потенцијалне загађиваче (уобичајени тешки метали, као што су: Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, органске хемикалије, и остали елементи, тј. As, Se, Hg, F;

- "интензивне" параметре који се веома брзо мењају (на пример садржај органског угљеника (хумус), салинитет, биљкама доступна вода);
- специјане параметре (радионуклиди);
- биолошке параметре (индикаторске врсте); и
- физичке параметре (ерозија, отицање).

Сви наведени параметри не морају да се контролишу у истим временским размацима.

Huber и Freudenschuss (2002) сматрају да је избор одрживих индикатора земљишта чест тежак због просторне варијабилности и различитих особина земљишта. Према њиховим наводима, у неким Европским земљама започети су национални пројекти за развој и разматрање индикатора, који су често засновани на предложеним индикаторима од стране организације за економску сарадњу и развој (OECD) или Европске агенције за животну средину (EEA). Због тога би и наша држава требала хитно да одреди поуздане и за наше техничко-економске услове применљиве индикаторе за оцену квалитета земљишта у одрживој пољопривредној производњи, с обзиром да то, према нашим сазнањима, до сада није урађено. Из тих разлога у таб. 1 је предложен минимални скуп индикатора за наше услове.

Физички индикатори земљишта

Табела 1. Минимални скуп земљишних индикатора

Физички индикатори	Хемијски индикатори	Биолошки индикатори
- текстура земљишта - дубина Ah хоризонта или ризосфере - запреминска маса - порозност - пенетрациони отпор - инфилтрација - филтрација - биљкама доступна вода - водоотпорност структурних агрегата до 30 цм дубине	- хумус (органски С) - рН земљишта - електрични кондуктивитет - доступни Р, К и Mg - капацитет разменљивих катјона - микроелементи (В, Мо, Mn, Zn, Cu) - тешки метали (Pb, Cr, Cd, Hg, Ni, Be, V) - радионуклиди	- микробни С и N - потенцијал минерализације N - дисање земљишта - број кишних глиста - принос биљака

Физичке особине земљишта утичу на однос земљиште–биљка–вода. Одређивањем запреминске масе, порозности, текстуре и пенетрационог отпора земљишта добијају се корисни показатељи о стању његове збијеноти, кретању воде и ваздуха, продирању корена биљака, а самим тим и о њиховом здрављу. Подаци о брзини инфилтрације и хидрауличком кондуктивитету су такође веома корисни, али су често непоуздани због великих варирања која се јављају код природних земљишта (Cameron et al., 1998).

Према наводима Pulleman-a et al. (2005), структура представља значајан индикатор квалитета пољопривредних земљишта и кључни фактор за његово одрживо коришћење.

Водоотпорност структурних агрегата је значајна због тога што контролише многе функције у екосистему. Кварење земљишне структуре је по мишљењу Warkentin-a (1995) главни фактор деградације земљишта.

Хемијски индикатори земљишта

Cameron et al. (1998) наводе да многе државе имају упутства за оцену квалитета земљишта, међутим међу њима постоје велике разлике. Оне су резултат различитих филозофија коришћених за одређивање упутстава, а многи од коришћених критерија немају ослонац у стручној литератури .

Основни индикатори плодности земљишта, (на пример рН, органски угљеник, доступни N, P и K) есенцијални су показатељи за раст и здравље биљака, њихову продуктивност и микробиолошке процесе (Cameron et al., 1998). Као што се зна, ови индикатори су јако осетљиви на управљање земљиштем, а критичне вредности за здравље биљака и њихову продуктивност већ су утврђене.

Биолошку продуктивност земљишта могу ограничити и микроелементи као и други загађивачи, а према наводима Larson-a и Pierce-a (1991) и угљеник (C) може бити укључен за оцену његовог квалитета.

Биолошки индикатори земљишта

Биолошки параметри су веома осетљиви индикатори и брзо се мењају услед деградације или контаминације земљишта. На здравим земљиштима биљке успешније усвајају хранљиве материје, конкурентније су коровима, отпорније су на болести и пригушавају ерозионе процесе помоћу развијеног кореновог система.

Директно или индиректно земљишни организми су одговорни за многе кључне особине земљишта и процесе који се у њему одвијају. Ту пре свега

спада разлагање биљних и животињских остатака, трансформација и чување хранљивих материја, инфилтрација воде и размена гасова, образовање и стабилизација структуре, синтеза хумусних једињења, биодеградација пестицида и других токсичних материја, биолошка фиксација азота, биолошка контрола биљних болести, нематода, инсеката и корова (Kennedy и Papendick, 1995; Dick, 1997).

Микробна биомаса и микробна активност су два најважнија биолошка индикатора у одрживој пољопривредној производњи и због тога их Gregorich et al. (1994) препоручују као саставни део минималног скупа података. По мишљењу Sparling-a (1992) и Weigand-a et al. (1995), микробна биомаса је осетљив индикатор дугогодишњег смањења укупног садржаја органске материје у земљишту, услед интензификације пољопривредне производње или кварења земљишта.

Кишне глисте су погодан индикатор квалитета земљишта у одрживој пољопривредној производњи, јер њихова популација указује на структурни (Roth и Joschko, 1990), микроклиматски, хранидбени и токсични статус земљишта (Christens, 1988), као и на његов водно-ваздушни режим (House и Brust, 1989).

Литература

1. Armstrong-Brown, S., Loveland, P., Holman, I., Arrouays, D., Eckelmann, W. and Vogel, H. (1998): A proposal for a European soil monitoring network: content, coverage and users. Symposium No. 25. 16th WCSS, Montpellier, France.
2. Cameron, K., Beare, M. H., McLaren, R. P. and Di, H. (1998): Selecting physical, chemical, and biological indicators of soil quality for degraded or polluted soils. Scientific registration No. 2516. Symposium No. 37. Proceedings of 16th WCSS, Montpellier, France.
3. Christens, O. (1988): The direct effects of earthworms on nitrogen turnover in cultivated soils. Ecology Bulltein. 39: 41–44.
4. Dick, R. P. (1997): Soil enzyme activities as integrative indicators of soil health. In: Biological indicators of soil health. Pankhurst, C. (Eds.). CAB International, New York. pp. 121–156.
5. De Kimpe, C. R., and Prasittiketh, J. (2002): Soil indicators for sustainable land use. Symposium no. 32, 17th WCSS, Bangkok, Thailand, pp. 2285-1–10.
6. 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. Beydicek, and B. A. Stewart (Eds.). Soil Sci. Soc. Am. Special Publication No. 35, Madison, Wisconsin, USA. pp. 3–21.
7. Dumanski, J. (Ed.) (1994): Proceedings of the international workshop on sustainable land management for the 21st century. Vol. 1: Workshop summary. Agricultural institute of Canada. Ottawa.
 8. EEA (2000): Down to earth: Soil degradation and sustainable development in Europe. Environmental issue series No. 16, European Environmental Agency, Copenhagen, Denmark.
 9. EEA (2001): Proposal for a soil monitoring and assessment framework. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark.
 10. Gregorich, E. G., Carter, M.R., Angers, D. A., Monreal, C. M. and Ellert, B. H. (1994): Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soil Sci.* 74, 367–385.
 11. Harris, R. F. and Bezdicek, D. F. (1994): Descriptive aspects of soil quality/health. In: *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Doran, J. W., Coleman, D. C., Bezdicek, D. F. and Stewart, B. A. (Eds.). Soil Sci. Soc. Am. Special Publication No. 35. Madison, Wisconsin, USA, pp. 23–35.
 12. House, G. J. and Brust, G. E. (1989): Ecology of low-input, no-tillage agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 27: 331–345.
 13. 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).
 14. Huber, S. and Freudenschuss, A. (2002): Development of indicators for soil quality at the European level. Symposium no. 32, 17th WCSS, Bangkok, Thailand, pp. 607-1–10. OECD (1997): Environmental indicators for agriculture. Paris.
 15. Kennedy, A. C., and Papendick, R. I. (1995): Microbial characteristics of soil quality. *J. of Soil and Water Conservation* 50: 243–248.
 16. Klevtzov, A. V. (2002): Reliability of the soil system – main criterion for sustainable land use and land management. Symposium no. 32, 17th WCSS, Bangkok, Thailand.
 17. Larson, W. E., and Pierce, F. J. (1991): Conservation and enhancement of soil quality. In: *Evaluation for sustainable land management in the developing world*. Int. Board for Soil Res. and Management. Bangkok, Thailand. pp. 175–203.

18. Larson, W. E., and Pierce, F. J. (1994): The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. 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. 37–51.
19. McRae, T., Smith, C. A. S., and Gregorich, L. J. eds. (2000): *Environmental sustainability of Canadian agriculture: Report of the agri-environmental indicator project*. Minister of public works and government of Canada services, Ottawa, Ontario, Canada.
20. OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) (2001): *Environmental indicators for agriculture. Methods and Results. Vol. 3*, OECD Publication, Paris, France.
21. Pieri, C., Dumanski, J., Hamblin, A. S., and Young, A. (1995): *Land quality indicators*. World bank discussion paper 315, Washington D. C., USA.
22. Pulleman, M. M., Six, J., Uyl, A., Marinissen, J. C. Y. and Jongmans, A. G. (2005): Earthworms and management affect organic matter incorporation and microaggregate formation in agricultural soils. *Applied Soil Ecology*, 29, 1–15.
23. Roth, C. H. and Joschko, M. (1990): A note on the reduction of runoff from crusted soils by earthworm burrows and artificial channels. *Journal of Soil and Plant Nutrition*. 154: 101–105.
24. Seybold, C. A., Mausbach, M. J., Karlen, D. L., and Rogers, H. H. (1997): Quantification of soil quality. In: *Advances in Agronomy* Stewart, B. A. and Lal, R. (Eds.). Proceedings from an International Symposium on Carbon Sequestration in Soil. Lewis Publishing.
25. Shaxson, T. F. (1998): Concepts and indicators for assessment of sustainable land use. *Adv. Geocology* 31: 11–19.
26. Sparling, G. P. (1992): Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. *Aust. J. Soil Res.* 30: 195–207.
27. SSSA (1998): *Internet glossary of soil science terms*. Soil Science Society of America.
28. UN-CSD (1996): *Indicators for sustainable development: Framework and methodologies*. United Nations, New York.
29. Warkentin, B. P. (1995): The changing concept of soil quality. *Journal of Soil and Water Conservation*. 50, 226–228.
30. Weigand, S., Auerwld, K., and Beck, T. (1995): Microbial biomass in agricultural topsoils after 6 years of bare fallow. *Biol. Fert. Soils* 19: 129–134.

UDC: 631.41:631.147

**SOIL INDICATORS IN SUSTAINABLE
AGRICULTURE PRODUCTION**

Boško Gajić¹, Ph.D., Zorica Sredojević¹, Ph.D., Goran Dugalić², Ph.D.

¹Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, 11080 Belgrade, Serbia and Montenegro

²The Faculty of Agronomy, Čačak, Serbia and Montenegro

Abstract

The purpose of this paper is to present and discuss soil physical, chemical and biological indicators at the national level, as well as the progress made in their use for sustainable development assessment.

The population pressure adds to the need to protect the existing soil resources. There is therefore a need for developing soil indicators in order to measure the sustainability of land use and management for different human activities. Efforts are made towards a better understanding of the factors that may affect the soil resource, and these factors are then translated into indicators. Only an integrated approach combining several relevant indicators can give answers to the complex questions of soil quality and sustainable soil use.

Key words: Physical, chemical and biological indicators, sustainable agriculture production, soil ecosystem