

STUDIA I RAPORTY IUNG-PIB

ZESZYT 58(12): 47-55

2018

Jacek Niedźwiecki, Artur Łopatka*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

FIZYCZNA JAKOŚĆ GLEB UŻYTKÓW ROLNYCH POLSKI*

Słowa kluczowe: wskaźniki S, funkcje pedotransferu, retencja wodna gleb**Wstęp**

Jakość gleby jest stałym przedmiotem zainteresowania wielu badaczy zajmujących się ochroną gleby, szczególnie w aspekcie zrównoważonej gospodarki rolnej. Właściwości fizyczne odgrywają ważną rolę w określaniu przydatności gleby do różnych funkcji, takich jak, produkcyjne (rolnicze), środowiskowe czy też związane inżynierią lądową.

Właściwości fizyczne gleb decydują m.in. o retencji oraz dostępności wody i składników odżywczych dla roślin, ruchu wody w glebie, wpływają na łatwość penetracji korzeni roślin i przepływu ciepła oraz powietrza glebowego. Właściwości fizyczne także mają wpływ na właściwości chemiczne i biologiczne gleb.

W gleboznawstwie stosowane są różne podejścia do pojęcia jakości gleb, zwykle są oparte o kombinację fizycznych, chemicznych i biologicznych właściwości, które zapewniają warunki zarówno do produkcji roślinnej i zwierzęcej, wpływają na przepływ wody w środowisku czy też decydują o ograniczaniu degradacji środowiska glebowego (14, 33). Cechy fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby określają również zdolność gleby do kształtowania obiegu składników odżywczych, czy filtracji bądź retencji wody (8 10). Z kolei inni autorzy wspominają o jakości gleb w kontekście różnorodności biologicznej i sekwestracji węgla (12, 26). Właściwości chemiczne, biologiczne i fizyczne decydujące o jakości gleb mogą ulec niekorzystnym zmianom w wyniku np. nadmiernego zagęszczenia (28, 31), erozji (21, 22, 27) lub strat węgla organicznego w glebie (SOC) (9).

W ostatnich latach coraz bardziej rośnie zainteresowanie pomiarami jakości gleby w oparciu o funkcje glebowe (17, 24).

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.2 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

Gleby w środowisku spełniają szereg funkcji m.in. produkcyjnych (rolniczych), jak i ekologicznych np. związanych z sekwestracją węgla czy bioróżnorodnością. Funkcje glebowe określają zdolność gleby do dostarczania i wspierania usług ekosystemowych często w powiązaniu z aspektami zdrowotnymi człowieka, jednak funkcje te nie są zazwyczaj skwantyfikowane.

Gleby również wchodzą w interakcje z innymi elementami środowiskami przyrodniczego takimi jak (powietrze i woda), stanowiąc również mogą podstawę dla rozwoju infrastruktury. Lepsze zrozumienie właściwości gleby i związanych z nią funkcji może dostarczyć informacji dla lepszej wyceny usług ekosystemowych dostarczanych przez glebę. Jednak zdolność gleby do pełnienia określonych funkcji i dostarczania usług ekosystemowych może być zagrożona poprzez procesy degradacji gleb. Procesy te obejmują erozję gleb, zagęszczenie, utrata zawartości materii organicznej, utrata różnorodności biologicznej, zasklepienie gleb, zakwaszanie i zasolenie (7). Te procesy mogą być zarówno naturalne lub powodowane przez działalność człowieka. Degradacja gleby powoduje zmiany właściwości fizycznych, biologicznych i chemicznych, które mają wpływ na funkcje gleb i jej jakość.

Aby zmierzyć jakość gleby i jej funkcje, stosuje się różnego rodzaju wskaźniki. Wskaźniki jakości gleby są wymagane m.in. do monitorowania i raportowania stanu środowiska glebowego czy też do oceny skuteczności prowadzonej polityki rolnej (20, 2). Wskaźniki jakości gleb pomagają ocenić antropogeniczne lub naturalne oddziaływania na gleby, w tym procesy degradacji procesy oraz określenie skuteczności praktyk zrównoważonego gospodarowania gruntami (11, 25).

Fizyczne wskaźniki jakości gleb powinny odzwierciedlić zmianę stanu jakości gleby w dowolnym miejscu i czasie (1, 17, 23).

Wskaźnik S

Jednym ze wskaźników fizycznej jakości, gleb integrującym różne właściwości glebowe jest zaproponowany przez Dextera (4, 5, 6) wskaźnik fizycznej jakości gleby (S). Wskaźnik jakości S został zdefiniowany przez autora jako tangens kąta nachylenia krzywej retencji wodnej gleby w punkcie jej przegięcia do osi potencjału wody glebowej. Jest łatwo mierzalny przy pomocy standardowego wyposażenia laboratoryjnego. Zgodnie z tą teorią, wskaźnik S jest miarą mikrostruktury gleby, która ma wpływ na wiele fizycznych właściwości gleby, w tym na zmiany stanu zagęszczenia gleb, zawartości materii organicznej (6).

Dexter przyjął następujące kategorie jakości fizycznej gleby według obliczonej wartości wskaźnika S: $<0,020$ – jakość bardzo słaba, $0,020-0,035$ – jakość słaba, $0,035-0,050$ – jakość dobra, $>0,050$ – jakość bardzo dobra (4). W celu oszacowania krzywych powszechnie korzysta się z równania opisującego zależność zawartości wody od potencjału wodnego gleby równania van Genuchtena (29). Parametry do tego równania mogą być obliczane na podstawie dostępnych i stosowanych w warunkach klimatu umiarkowanego funkcje pedotransferu (PTF) (34,35).

Wskaźnik S , posłużył m. in ocenie fizycznej jakości poziomów powierzchniowych i podpowierzchniowych w glebach płowych wytworzonych z glin zwałowych (19). Dzięki swojej uniwersalności wskaźnik S jest stale używany w ocenie fizycznej jakości gleb w różnych warunkach glebowo klimatycznych (2, 15, 32).

Głównym celem opracowania jest przedstawienie aktualnego stanu fizycznej jakości gleb, ocenionej na podstawie wskaźnika S .

Metodyka przestrzennego wyznaczenia wskaźnika S

Wartość bezwzględną indeksu S obliczono ze wzoru (4) zapisanego dla wilgotności objętościowych (15):

$$S = \frac{D_a}{D_b} n (\theta_s - \theta_r) \left(\frac{2n-1}{n-1} \right)^{\frac{1}{n}-2}$$

gdzie D_b (Mg m^{-3}) jest gęstością objętościową gleby, $D_a \approx 1 \text{ Mg m}^{-3}$ jest gęstością wody, θ_s ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) jest wilgotnością odpowiadającą pełnemu nasyceniu gleby wodą, θ_r ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) wilgotnością odpowiadającą zawartości wody związanej siłami niekapilarnymi a n jest parametrem równania retencji van Genuchtena (29).

Podjęto próbę znalezienia empirycznych relacji pomiędzy parametrami gleb z powyższego równania: D_b , θ_s , θ_r i n a udziałami frakcji ilastej *clay* i materii organicznej *OM*. Wykorzystano w tym celu dane pochodzące z trzech opublikowanych baz danych gleb Polski. Pierwszą z nich była baza zawierająca 522 próbki pobrane z różnych poziomów profilu glebowego na obszarze Niżu Polskiego (13), z której do dalszych analiz wybrano 99 próbek z warstwy ornej gleby (górny poziom próbki maksymalnie na głębokości 10cm, dolny poziom maksymalnie na 30cm). Drugą była baza zawierająca 90 próbek z trzech poziomów profilu glebowego (16), z której do dalszych analiz wybrano 31 próbek pochodzących z warstwy ornej. Trzecia baza danych zawierała 16 próbek pobranych z warstwy ornej (18). Właściwości gleb z warstwy ornej wymienionych trzech baz (łącznie 146 próbek) wykorzystano do estymacji zależności pomiędzy parametrami równania a udziałami *clay* i *OM*.

Na potrzeby wyznaczenia D_b dokonano próby estymacji parametrów równania postaci (3):

$$1/D_b = a + bOM + c \text{clay}$$

Okazało się jednak że parametr c związany z ilłem koloidalnym jest statystycznie nieistotny. Istotne statystycznie ($p < 0,05$) okazały się parametry ograniczonego równania:

$$1/D_b = 0.64 + 0.024OM$$

gdzie $R^2=0,23$.

W celu wyznaczenia θ_s estymowano je jako zależne od porowatości ϕ i frakcji ilastej *clay* przy ustalonej zerowej wartości stałej (30). Przyjęto że porowatość ϕ zależy od stosunku gęstości objętościowej gleby D_b (Mg m^{-3}) do gęstości fazy stałej gleby D_p ustalonej na typowym poziomie $2,65 \text{ Mg m}^{-3}$:

$$\phi = 1 - \frac{D_b}{D_p}$$

Zależność od udziału frakcji ilastej okazała się być nieistotna statystycznie i ostatecznie uzyskano następujące równanie:

$$\theta_s = 0.9\phi$$

gdzie $R^2=0,36$.

Przyjęto często stosowane założenie że $\theta_r=0$ (30) które było przyjmowane na etapie wyznaczania parametrów równania retencji (13).

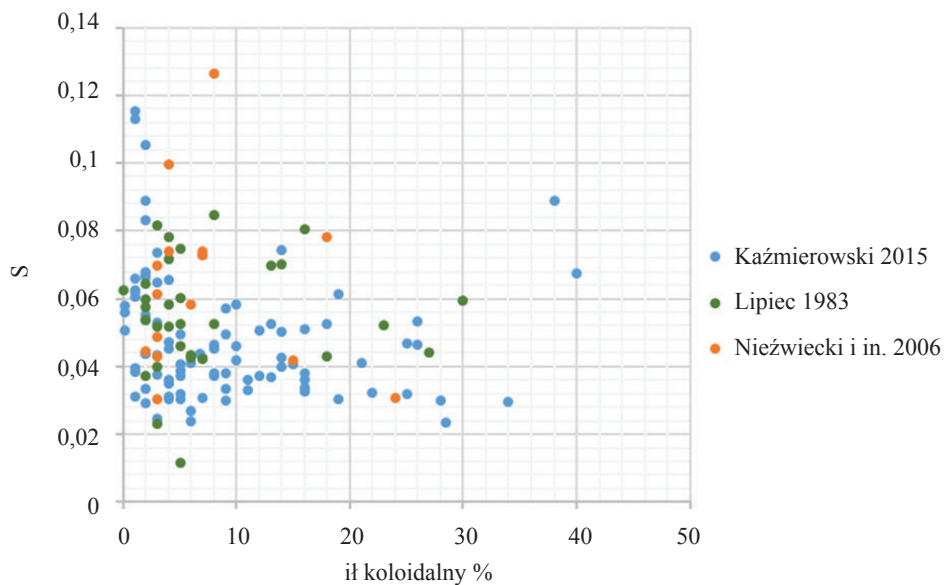
Zależności współczynnika n występującego we wzorze na indeks S i charakteryzującego kształt krzywej retencji w równaniu van Genuchtena od zawartości frakcji ilastej i materii organicznej poszukiwano w formie zależności liniowej po zlogarytmowaniu wartości $n-1$ uzyskując równanie:

$$\ln(n-1) = -0.89 - 0.04OM - 0.016clay$$

gdzie $R^2=0,14$.

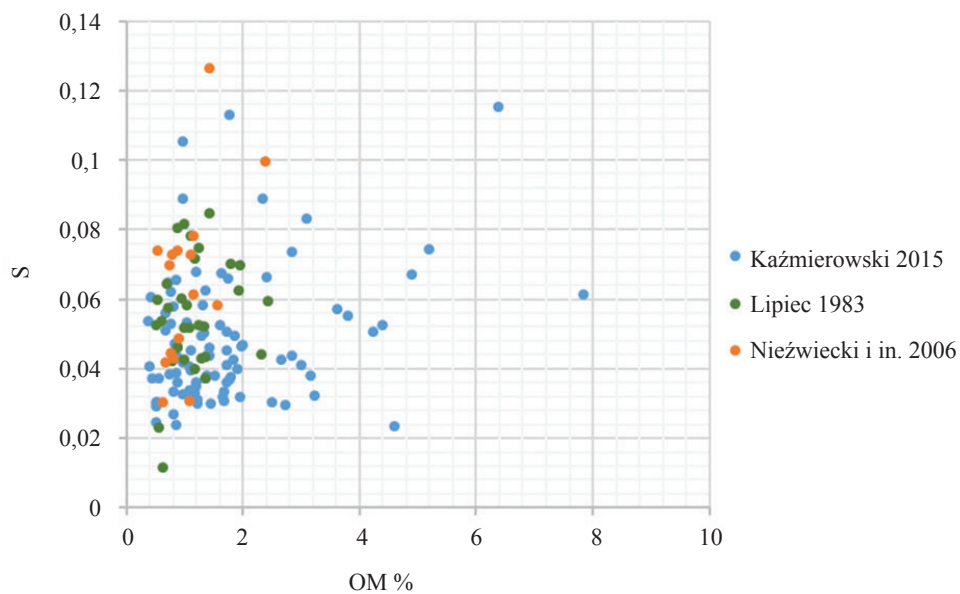
Wartość wskaźnika S w glebach Polski

Na poniższych wykresach przedstawiono zależność wartości bezwzględnej S obliczonej bezpośrednio w oparciu o mierzone wartości D_b , θ_s i n od zawartości ładu koloidalnego i materii organicznej:



Rys. 1. Zależność między indeksem S i zawartością frakcji koloidalnej

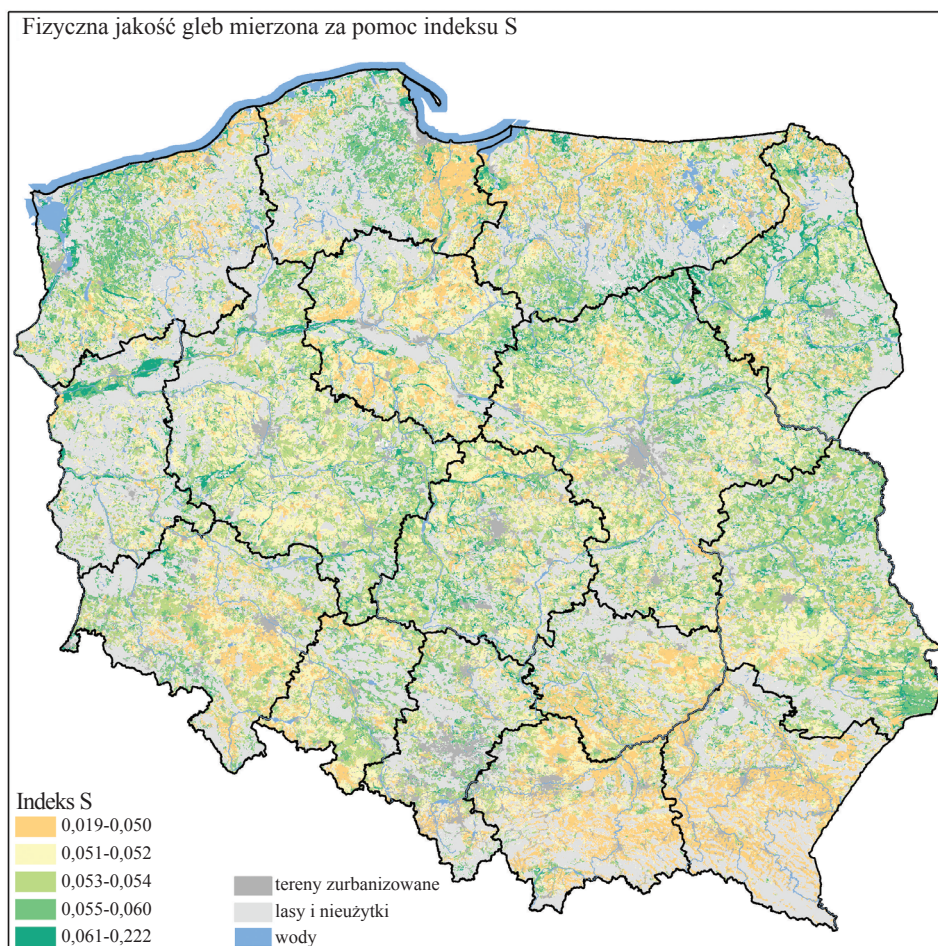
Źródło: opracowanie własne



Rys. 2. Zależność między indeksem S i zawartością materii organicznej

Źródło: opracowanie własne

Na podstawie otrzymanych wartości indeksu S można stwierdzić, bardzo korzystny wpływ materii organicznej na fizyczną jakość gleb. Co jest również zgodne z teorią zaproponowaną przez Dextera (4, 5, 6) odnośnie indeksu S. Uzyskane wartości indeksu S (tab. 1.) wskazują, że największym udziałem gleb o najlepszej fizycznej jakości gleb charakteryzują się województwa podlaskie i lubuskie (rys. 3). Można to tłumaczyć stosunkowo dużym odsetkiem występowania gleb organicznych w tych województwach. W pozostałych województwach stwierdzono nieco mniejszy udział gleb o najwyższej fizycznej jakości. Województwa małopolskie i podkarpackie charakteryzowały się najniższym udziałem gleb o najwyższej fizycznej jakości (rys. 3).



Rys. 3. Mapa fizycznej jakości gleb Polski

Źródło: opracowanie własne

Tabela 1

Średnie wartości bezwzględne indeksu S dla województw

Województwo	Indeks S
dolnośląskie	0,052
kujawsko-pomorskie	0,053
lubelskie	0,053
lubuskie	0,056
łódzkie	0,054
małopolskie	0,049
mazowieckie	0,054
opolskie	0,052
podkarpackie	0,048
podlaskie	0,058
pomorskie	0,054
śląskie	0,053
świętokrzyskie	0,051
warmińsko-mazurskie	0,054
wielkopolskie	0,054
zachodniopomorskie	0,055
Polska	0,053

Źródło: opracowanie własne

Podsumowanie

Stwierdzona w toku przeprowadzonych badań zależność funkcyjna pomiędzy wskaźnikiem S, a materią organiczną jest niezwykle istotna z punktu widzenia planowania działań zapobiegających procesom degradacyjnym gleb np. związanych z ubytkiem materii organicznej w glebie. Wskaźnik fizycznej jakości S może być pomocny przy ocenie kluczowych funkcji glebowych, związanych ze zmianami zawartości glebowej materii organicznej, co jest zgodne z aktualną polityką środowiskową. Wycofanie unijnej dyrektywy ramowej w sprawie gleb, w połączeniu z odnowionym zobowiązaniem państw członkowskich do ochrony gleby pod względem ich jakości, oznacza, że obecnie istnieje przestrzeń dla rozwoju wskaźników jakościowych gleb. Wskaźnik S mógłby potencjalnie ułatwić ocenę ogólnego stanu jakościowego gleb, szczególnie pod kątem oceny wpływu zmian zawartości materii organicznej w glebach.

Literatura

1. Burger J. A., Ketling D. L.: Using soil quality indicators to assess forest stand management, *Forest Ecol. Manage.*, 1999, **122**: 155-166.
2. Corstanje R., Mercer T. G., Rickson J. R., Deeks L. K., Newell-Price P., Holman I., Kechavarzi C., Waite T. W.: Physical soil quality indicators for monitoring British soils. *Solid Earth*, 2017, **8**: 1003-1016.
3. Czyż E.A., Dexter A.R., Siebielec G., Stanek-Tarkowska J., Reszkowska A.: Materia organiczna w glebie, w: *Wademekum Klasyfikatora Gleb*, red. Woch F., IUNG-PIB, 2015: 135-161.

4. Dexter A.R. Soil physical quality: Part II. Friability, tillage, tilth and hard-setting. *Geoderma*, v.120, 2004b: 215-225.
5. Dexter A.R. Soil physical quality: Part III. Unsaturated hydraulic conductivity and general conclusions about S-theory. *Geoderma*, v.120, 2004c: 227-239.
6. Dexter A.R.: Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density and organic matter, and effects on root growth. *Geoderma*, v.120, 2004a: 201-214.
7. European Commission (EC). Thematic Strategy for Soil Protection COM(2006)231 Final". European Commission, Brussels, 2006.
8. Fenton O., Healy M.G., Henry T., Khalil M.I., Grant J., Baily A., Richards K.G.: Exploring the relationship between groundwater geochemical factors and denitrification potentials on a dairy farm in southeast Ireland. *Ecological Engineering*, 2011, **37**: 1304-1313.
9. Grandy A.S., Robertson G.P.: Land-use intensity effects on soil organic carbon accumulation rates and mechanisms. *Ecosystems*, 2007, **10**: 58-73.
10. Jahangir M.M.R., Johnston P., Barrett M., Khalil M.I., Groffman P.M., Boeckx P., Fenton O., Murphy J.B. Richards K.: Denitrification and indirect N₂O emissions in groundwater: Hydrologic and biogeochemical influences. *Journal of Contaminant Hydrology*, 2013, **152**: 72-80.
11. Karlen D., Stott D.: A Framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality, in: *Defining soil quality for a sustainable environment*; Proceedings of a symposium, Doran, J., Leman, D., Bezdicek, D., and Stewart, B., Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, 1994: 53-72.
12. Karlen D.L., Maausbach M.J., Doran J.W., Cline R.G., Harris R.F., Schuman G.E.: Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1997, **61**: 4-10.
13. Kaźmierowski C.: Estymacja właściwości hydraulicznych gleb Nizy Polskiego, uiam w Poznaniu, *Seria Geografia*, 2015, **96**: ss. 224.
14. Larson W. E., Pierce F. J.: The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. W: J. W. Doran, D. C. Coleman, D. F. Bezdicek, & B. A. Stewart (Eds.), *Defining soil quality for the sustainable environment*. Soil Science Society of America (Publication Special, 35). Madison: American Society of Agronomy, 1994.
15. Lier Q. De Jong: Revisiting the S-index for soil physical quality and its use in Brazil. *R. Bras. Ci. Solo*, 2014, **38**: 1-10.
16. Lipiec J.: Możliwości oceny przewodnictwa wodnego gleb na podstawie ich niektórych właściwości. *Probl. Agrofiz.*, 1983, **40**: 5-64.
17. Loveland P., Thompson T.: Identification and development of a set of national indicators for soil quality, Environment Agency, randd Project Report P5-053/PR/02, 2002.
18. Niedźwiecki J., Czyż E.A., Dexter A.R. : Przewodność hydrauliczna warstwy ornej w zależności od parametrów fazy stałej gleby, *Pam. Puł.*, 2006, **142**: 297-307.
19. Paluszek J.: Zależność jakości fizycznej gleb pływych wytworzonych z glin zwałowych od ich przydatności rolniczej. *Acta Agrophysica*, 2013, **20(4)**: 651-663.
20. Pulleman M., Creamer R., Hamer U., Helder J., PELOSI, C., Pérès G., Rutgers, M.: Soil biodiversity, biological indicators and soil ecosystem services – an overview of European approaches, *Curr. Opin. Environ. Sustain.*, 2012, **4**: 529-538.
21. Regan J.T., Fenton O., Healy M.G.: A review of phosphorus and sediment release from Irish tillage soils, the methods used to quantify losses and the current state of mitigation practice. *Proceedings of the Royal Irish Academy. Biol. Environ.*, 2012, **112**: 157-183.
22. Regan J.T., Rodgers M., Healy M.G., Kirwan L., Fenton O.: Determining phosphorus and sediment release rates from five Irish tillage soils. *J. Environ. Qual*, 2010, **39**: 185-192.

23. Rickson R., Deeks L., Corstanje R., Newell-Price P., Kibblewhite M., Chambers B., Bellamy P., Holman I., James I., Jones R., Kechavarsi C., Mouazen A., Ritz K., Waite T.: Indicators of soil quality – physical properties (SP1611), Final Report to DEFRA, 2012, available at: http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=11182_SP1611finalreport.pdf
24. Ritz K., Black H. I. J., Campbell C. D., Harris J. A., Wood C.: Selecting biological indicators for monitoring soils: A framework for balancing scientific and technical opinion to assist policy development, *Ecol. Indic.*, 2009, **9**: 1212-1221.
25. Schipper L. A., Sparling G. P.: Performance of Soil Condition Indicators Across Taxonomic Groups and Land Uses, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 2000, **64**: 300-311.
26. Schulte R.P.O., Simo I., Creamer R.E. Holden N.M.: A note on the Hybrid Soil Moisture Deficit Model v2.0. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 2015, **54**: 126-131.
27. Sherriff S.C., Rowan J.S., Melland A.R., Jordan P.: Identifying the controls of soil loss in agricultural catchments using ex situ turbidity-based suspended sediment monitoring. *Hydrol. Earth Syst. Sc.*, 2015, **12**: 2707-2740.
28. Soane B.D. van Ouwerkerk C.: Soil compaction: a global threat to sustainable land use. *Advances in geocology*, 1998, **31**: 517-525.
29. Van Genuchten M.Th.: A closed form equation for predicting hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci Soc Am J*, 1980, **44**: 892-898.
30. Vereecken H., Maes J., Feyen J., Darius P.: Estimating the soil moisture characteristic from texture, bulk density and carbon content, *Soil Science*, 1989, **148**: 389-403.
31. Vero S.V., Antille D.L., Lalor S.T.J., Holden N.M.: Field evaluation of soil moisture deficit thresholds for limits to trafficability with slurry spreading equipment on grassland. *Soil Use and Management*, 2013, **30**: 69-77.
32. Vizitiu O., Calciu I., Panoiu I., Simota C.: Soil physical quality as quantified by S index and hydrophysical indices of some soils from arges hydrographic basin. *Research Journal of Agricultural Science*, 2011, **43(3)**: 249-256
33. Wilson M.J., Maliszewska-Kordybach B.: NATO advanced research workshop on soil quality in relation to sustainable development of agriculture and environmental security in Central and Eastern Europe. In: "Soil Quality, Sustainable Agriculture and Environmental Security in Central and Eastern Europe". 2000. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
34. Wösten J.H.M., Lilly A., Nemes A., Le Bas C.: Development and use of a database of hydraulic properties of European soil. *Geoderma*, 1999, v.90, p.169-185.
35. Wösten J.H.M., Pachepski Ya.A., Rawls W.J.: Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic data and missing soil hydraulic properties. *Journal of Hydrology*, 2001, **251**: 123-150.

Adres do korespondencji:

dr Jacek Niedźwiecki
Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
tel. 81 4786 780
e-mail: jacekn@iung.pulawy.pl

