

IMPACT OF ADDITION OF ORGANIC ADDITIVES AND EM-A PREPARATION ON PHYSICAL, CHEMICAL AND STRUCTURAL STATE OF THE ARABLE-HUMUS SOIL HORIZON.

Part I. Physical and water properties

Summary

The paper presents results of investigations whose aim was to determine the influence of different doses of farmyard manure, straw as well as EM-A microbiological vaccine on some selected physical and water properties of the arable-humus horizon of mineral soil. The experiment was established in controlled laboratory conditions. Combinations with two doses of farmyard manure and straw were investigated. Moreover, a combination with an additional microbiological vaccine application of effective microorganisms (EM) was also tested. The following properties were determined in the examined soil samples: texture, solid phase density, natural and hygroscopic moisture content, maximal hygroscopic capacity, soil density, porosity, filtration coefficient, water capacities at definite potentials of its binding by soil. It was found, among others that the solid phase density was modified only by the quantity and quality of the applied organic matter additives. Volumetric density was the lowest in the initial material and the addition of EM-A enhanced its value. The highest total porosity was obtained in the zero sample and the addition of EM-A reduced its value. In all the remaining combinations, the application of effective microorganisms deteriorated water-air conditions of the soil. Values of the filtration coefficient declined together with the increase in the proportions of organic matter and the addition of EM-A in individual combinations was found to reduce filtration velocity. Runs of water desorption curves depended very distinctly on the applied doses of farmyard manure and straw. The addition of EM-A preparation failed to affect this soil property. In the light of the obtained research results, its application in similar combinations appears to be not very effective or completely unjustified.

Key words: *physical properties, manure, straw, effective microorganisms*

WPŁYW DODATKÓW ORGANICZNYCH ORAZ PREPARATU EM-A NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE, CHEMICZNE ORAZ NA STAN STRUKTURY POZIOMU ORNO-PRÓCHNICZNEGO GLEBY UPRAWNEJ.

Część I. Właściwości fizyczne i wodne

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań określające wpływ różnych dawek obornika, słomy oraz mikrobiologicznej szczepionki EM-A na wybrane właściwości fizyczne i wodne poziomu orno – próchnicznego uprawnej gleby mineralnej. Założono doświadczenie w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych. Badano kombinacje z dwoma dawkami dodatku obornika i słomy. Testowano także wariant z dodatkową aplikacją szczepionki mikrobiologicznej efektywnych mikroorganizmów. W próbkach glebowych oznaczono następujące właściwości: skład granulometryczny, gęstość fazy stałej, wilgotność naturalną i higroskopową, maksymalną pojemność higroskopową, gęstość gleby, porowatość, współczynnik filtracji, pojemności wodne przy określonych potencjałach jej wiązania przez glebę. Stwierdzono, między innymi, że gęstość fazy stałej modyfikowana była jedynie przez ilość i jakość zastosowanych dodatków materii organicznej. Gęstość objętościowa najniższa była w materiale wyjściowym, a dodatek EM-A podnosił jej wartości. Najwyższą porowatość całkowitą uzyskano w próbce zerowej, a dodatek EM-A obniżał jej wartość. We wszystkich pozostałych kombinacjach udział efektywnych mikroorganizmów pogarszał właściwości wodno-powietrzne gleby. Wartości współczynnika filtracji malały wraz ze wzrostem udziału materii organicznej, a w poszczególnych wariantach dodatek EM-A wpływał na obniżenie się prędkości filtracji. Przebieg krzywych desorpcji wody był wyraźnie uzależniony od zastosowanych dawek obornika i słomy. Nie stwierdzono wpływu dodatku EM-A na tę właściwość gleby. W świetle przeprowadzonych badań, jego stosowanie w podobnych wariantach wydaje się mało efektywne bądź wręcz nieuzasadnione.

Słowa kluczowe: *właściwości fizyczne, obornik, słoma, efektywne mikroorganizmy*

1. Wstęp

Kontrolowanie i kierowanie mikroflorą glebową oraz przywracanie żyzności i urodzajności gleb można osiągnąć, między innymi, poprzez stosowanie szczepionek mikrobiologicznych, bezpiecznych dla ludzi i środowiska [2, 3, 14]. We współczesnym rolnictwie obserwuje się wyraźny trend dążący do poszukiwania różnego rodzaju ulepszcaczy glebowych. Jednym z popularniejszych i jednocześnie odnoszącym duże sukcesy handlowe jest mikrobiologiczna

szczepionka tzw. efektywnych mikroorganizmów (EM). Jej formą handlową jest najczęściej preparat EM-1 stosowany doglebowo lub jako oprysk w postaci tzw. EM-A. Środek ten, zdaniem jego producenta, jest z powodzeniem stosowany w praktyce rolniczej od kilkunastu lat [11]. Postulowana jest jego rola polegająca na potencjalnym (w większości niepotwierdzonym badaniami), korzystnym wpływie na, między innymi, takie właściwości gleby, jak: gęstość, wilgotność, pojemność wodna, stan struktury, próchniczność [7, 13].

Wpływ nawozów organicznych na właściwości fizyczne i wodne gleby jest obiektywnie stwierdzonym faktem [1, 4, 5, 6]. Interesującym wydaje się być, czy jednoczesna aplikacja do gleby takich dodatków wraz z konkretną szczepionką mikrobiologiczną, oddziałuje na nią odmiennie?

W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące wpływu różnych dawek obornika, słomy oraz mikrobiologicznej szczepionki efektywnych mikroorganizmów na podstawowe właściwości fizyczne i wodne poziomu orno – próchnicznego gleby mineralnej.

2. Materiał i metodyka

Do założenia doświadczenia statycznego w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych wykorzystano materiał glebowy pobrany z poziomu orno-próchnicznego gleby płowej typowej usytuowanej na polu uprawnym Pana Henryka Bartłomiejczaka (powiat gnieźnieński, gmina Witkowo, wieś Małachowo). Glebę umieszczono w pojemnikach plastikowych ($V=18,5 \text{ dm}^3$). Z wyłączeniem próbek zerowych, dodano do niej różne dawki obornika i słomy. Zastosowane dodatki odpowiadały aplikacji w warunkach polowych 20. (O1) i 40. (O2) ton obornika na hektar oraz 4. t/ha słomy pszennej (S). W drugim wariantcie do poszczególnych kombinacji dodano szczepionkę efektywnych mikroorganizmów w postaci aktywowanej - EM-A (1 dm^3 koncentratu EM 1 + 1 dm^3 melasy + 18 dm^3 wody; $\text{pH}<4$) [13], w ilości odpowiadającej opryskowi o stężeniu $100. \text{ dm}^3/\text{ha}$. Preparat EM 1 wyprodukowany został przez firmę Greenland Technologia EM. Doświadczenie poddano 9-cio miesięcznej inkubacji. Z poszczególnych kombinacji pobrano próbki glebowe o strukturze naruszonej i nienaruszonej, w których oznaczono następujące właściwości: skład granulometryczny – metodą areometryczną [16], gęstość fazy stałej – metodą piknometryczną [19], wilgotność naturalną i higroskopową (H) – grawimetrycznie [15], maksymalną pojemność higroskopową (MH) – w komorze podciśnieniowej w obecności nasyconego roztworu K_2SO_4 , gęstość gleby – z wykorzystaniem naczynek Nitzscha, porowatość wyliczono na podstawie oznaczeń gęstości gleby oraz gęstości fazy stałej [15], współczynnik filtracji – metodą stałego spadku ciśnienia [9], pojemności wodne przy określonych potencjałach wiązania (pF) – metodą Richardsa [8], potencjalną i efektywną retencję użyteczną obliczono na podstawie oznaczonych wartości pF. Zamieszczone wyniki są wartościami uśrednionymi z pięciu powtórzeń.

3. Wyniki i dyskusja

Materiał glebowy reprezentował uziarnienie typowe dla większości gleb uprawnych Wielkopolski [10]. Poziom orno – próchniczny badanej gleby mineralnej (gleba płowa typowa) [18] wykazał skład granulometryczny piasku gliniastego, przy zawartości frakcji ilowej od 1 do 2% [17] (tab. 1). Gęstość fazy stałej materiału wyjściowego (próbka zerowa) wynosiła $2,64 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Dodatek samego EM-A nie wpływał na jej wielkość. Właściwość ta obniżała się o $0,01 - 0,02 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ w pozostałych kombinacjach, przy podwyższonej zawartości w nich materii organicznej (tab.3). Najniższą gęstość objętościową stwierdzono w próbce zerowej; wynosiła ona zaledwie $1,19 \text{ Mg}/\text{m}^3$. Dodatek EM-A podnosił jej wartość do $1,32 \text{ Mg}/\text{m}^3$. Niską, niemal równą zerówce, wartość tej właściwości uzyskano w kombinacji S+EM. W tym przypadku oraz w wariantcie (S+O1+EM) aplikacja EM-A powodowała obniżenie się gęstości gleby. W pozostałych kombinacjach zaobserwowano zagęszczenie znacznie wyższe – od $1,44$ (O2+EM) do $1,53 \text{ Mg}/\text{m}^3$ (O1+EM), a zastosowanie EM-A każdorazowo powodowało wzrost gęstości objętościowej rzeczywistej (tab. 2). Porowatość całkowita najwyższa była w zerówce, wynosząc $54,92\%$. Zbliżoną, wysoką porowatość wykazała kombinacja S+EM ($54,20\%$). Był to jedyny przypadek, gdzie dodatek EM-A powodował podwyższenie się tej właściwości (o około 5%). We wszystkich pozostałych kombinacjach udział efektywnych mikroorganizmów pogarszał właściwości wodno-powietrzne gleby, kształtując porowatość całkowitą badanej gleby w przedziale wartości od $41,83$ (O1+EM) do $50,95\%$ (O1) (tab. 2).

Wilgotność naturalna, przy wyrównanym składzie granulometrycznym, uzależniona była głównie od ilości i jakości dodanej materii organicznej. W próbce zerowej jej wartość wyniosła $16,72\%$ objętościowych. Wartości bardzo do niej zbliżone stwierdzono w kombinacjach: EM ($15,20\%$), O1 ($16,28\%$) oraz S ($15,49\%$). Dodatek EM-A do zerówki praktycznie nie wpływał na zmienność tej cechy. Podobna sytuacja wystąpiła przy pierwszej dawce obornika, natomiast jego druga dawka spowodowała już niemal dwukrotny ($31,73\%$) wzrost wilgotności. Po zaaplikowaniu EM-A do tych kombinacji, wilgotności – w obu przypadkach – wzrosły zdecydowanie, utrzymując się jednak na zbliżonym poziomie (około $36 - 38\%$). Podobnie, aplikacja EM-A do gleby z dodatkiem słomy powodowała znaczący wzrost

Tab. 1. Skład granulometryczny

Table 1. Texture

Kombinacja Combination	Procentowa zawartość frakcji o średnicy [mm] Percentage content of fraction - diameter [mm]									Podgrupa granulometryczna Texture wgl/acc. PTG
	2,0 - 1,0	1,0 - 0,5	0,50 - 0,25	0,25 - 0,1	0,10 - 0,05	0,05 - 0,02	0,02 - 0,005	0,005 - 0,002	< 0,002	
0	0,92	6,80	18,90	34,38	16	8	9	5	1	pg
EM	0,50	7,05	18,05	36,40	14	10	9	3	2	pg
O1	0,87	6,75	16,95	35,43	16	10	9	4	1	pg
O2	0,83	8,28	18,14	33,75	15	9	9	4	2	pg
S	0,70	8,05	18,05	34,20	16	8	8	5	2	pg
S+EM	0,32	7,35	17,35	34,98	16	9	9	4	2	pg
O1+EM	0,95	8,95	18,57	33,53	14	10	8	4	2	pg
O2+EM	0,47	9,28	19,27	30,98	16	8	10	5	1	pg
S+O1	0,25	7,53	17,52	37,70	13	10	7	5	2	pg
S+O2	0,40	6,70	18,15	35,75	14	9	10	5	1	pg
S+O1+EM	0,67	8,75	16,75	36,83	13	8	9	6	1	pg
S+O2+EM	0,60	7,73	17,72	36,95	13	10	8	4	2	pg

Tab. 2. Podstawowe właściwości fizyczne
Table 2. Basic physical properties

Kombinacja Combination	Wilgotność naturalna Moisture [%v/v]	Gęstość fazy stałej Specific density [Mg·m ⁻³]	Gęstość gleby Bulk density [Mg·m ⁻³]	Porowatość całkowita Total porosity [%v/v]	Wilgotność higroskopowa Hygroscopic water [%v/v]	Maksymalna higroskopijność Maximum hygroscopic water [%v/v]
0	16,72	2,64	1,19	54,92	0,5515	2,2985
EM	15,20	2,64	1,32	50,00	0,6441	3,1852
O1	16,28	2,63	1,29	50,95	0,6290	4,2796
O2	31,73	2,62	1,39	46,95	0,7122	4,6408
S	15,49	2,64	1,30	50,76	0,6431	2,7528
S+EM	21,35	2,62	1,20	54,20	0,6208	3,0484
O1+EM	38,05	2,63	1,53	41,83	0,7798	3,5620
O2+EM	36,36	2,63	1,44	45,25	0,7267	3,2997
S+O1	34,22	2,63	1,45	44,87	0,7224	3,7103
S+O2	33,86	2,63	1,49	43,35	0,4903	9,8253
S+O1+EM	44,80	2,62	1,36	48,09	0,4955	3,5056
S+O2+EM	32,97	2,63	1,50	42,97	0,8280	9,4253

Tab. 3. Potencjały wiązania wody przez glebę oraz potencjalna i efektywna retencja użyteczna
Table 3. Soil water potentials and the readily and total available water

Kombinacja Combination	Pojemność wodna przy pF: Water capacity at pF: [%v/v]							Potencjalna retencja użyteczna Total available water [%v/v]	Efektywna retencja użyteczna Readily available water [%v/v]
	0,0	2,0	2,2	2,5	3,7	4,2	4,5		
0	51,34	25,72	24,09	22,65	12,41	3,73	0,55	2,0 – 4,2	2,0 – 3,7
EM	47,76	27,55	25,72	23,80	13,41	4,98	0,64	21,99	13,31
O1	48,03	32,43	31,33	26,50	20,73	5,00	0,63	22,57	14,14
O2	45,21	36,96	35,17	29,41	22,39	7,65	0,71	27,43	11,70
S	50,01	29,84	28,41	25,03	16,76	4,26	0,64	29,31	14,57
S+EM	51,99	29,31	28,65	22,10	15,07	4,00	0,62	25,58	13,08
O1+EM	38,07	31,74	30,26	25,55	19,47	6,19	0,78	25,31	14,24
O2+EM	43,88	36,26	34,94	29,99	21,21	6,66	0,73	25,55	12,27
S+O1	42,17	31,00	31,02	24,89	18,11	4,39	0,72	29,60	15,05
S+O2	41,89	33,14	32,17	27,88	19,41	5,93	0,49	26,61	12,89
S+O1+EM	45,99	29,75	29,74	25,67	19,33	4,02	0,49	27,21	13,73
S+O2+EM	41,30	30,81	29,61	25,06	19,08	6,11	0,83	25,73	10,42
								24,70	11,73

Tab. 4. Wartości współczynnika filtracji w poszczególnych kombinacjach doświadczalnych
Table 4. Values of saturated hydraulic conductivity for individual experience combinations

Kombinacja Combination	Współczynnik filtracji Saturated hydraulic conductivity [$\mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]
0	184,95
EM	109,69
O1	391,16
O2	58,24
S	100,98
S+EM	232,14
O1+EM	191,33
O2+EM	92,75
S+O1	34,86
S+O2	20,58
S+O1+EM	18,59
S+O2+EM	14,34

wilgotności – o około 6%. W przypadku wariantów z jednoczesnym zastosowaniem obornika i słomy wilgotność była wysoka (około 34%). Dodatek EM-A powodował tu wzrost wilgotności tylko przy dawce pierwszej. Udział efektywnych mikroorganizmów nie powodował korzystnego wzrostu wilgotności w samej glebie. Podnosił natomiast zdecydowanie wartość tej właściwości przy zastosowaniu różnych postaci i ilości materii organicznej (tab. 2).

W próbkę zerowej wartości zarówno H, jak i MH wykazały wartości typowe dla gleb mineralnych o podobnym uziarnieniu i zawartości węgla, wynosząc - odpowiednio: H = 0,5515% oraz MH = 2,2985% objętościowych. W pozostałych kombinacjach parametry te zależne były od zawartości w glebie koloidów organicznych, wniesionych do niej w postaci dodatków obornika i słomy. Wilgotność higroskopowa mieściła się w nich w przedziale od 0,4903 (S+O1) do 0,8280% (S+ O1I+EM). Oba wymienione parametry podnosiły swoje wartości wraz ze wzrostem dawek obornika oraz obornika zastosowanego wraz ze słomą. Dodatek EM-A do próbki zerowej również powodował wzrost H i MH, a jego aplikacja w poszczególnych wariantach powodowała wzrost wartości obu tych parametrów. Jego udział nie oddziaływał na wzrost wilgotności higroskopowej jedynie w kombinacji z dodatkiem słomy (tab. 2).

Przy górnej granicy dostępności wody (pF=2,0) najniższą wilgotność gleby stwierdzono w próbce zerowej (25,72% v/v). Wartość ta zwiększała się nieznacznie (27,55% v/v) po aplikacji do niej EM-A. Wszystkie zastosowane dodatki materii organicznej również powodowały wzrost wilgotności przy tym potencjale wiązania, przy czym wyraźnie widoczna była prawidłowość wzrostu wilgotności wraz ze wzrostem ich dawek. Najsilniej oddziaływał dodatek obornika (36,96% v/v – O2), słabiej słomy wraz z obornikiem (33,14%), najslabiej dodatek samej słomy (29,84%). Przy wszystkich dodatkach organicznych zastosowanych wraz z EM-A omawiana wilgotność (polowa

pojemność wodna - PPW) była niższa od odpowiednich kombinacji niezawierających efektywnych mikroorganizmów i mieściła się w przedziale od 29,31% (S+EM) do 36,26% (O2+EM). Dolna granica dostępności wody produkcyjnej ($pF = 3,7$) charakteryzowała się występowaniem niemal analogicznej prawidłowości. Jedynym wyjątkiem była wilgotność kombinacji S+O1+EM, która była wyższa od stwierdzonej dla S+O1, zaledwie o 1,22%. Nieznacznie mniej regularne, aczkolwiek bardzo zbliżone zależności występowały w punkcie trwałego wędnięcia (PTW) (tab. 3). Zarówno potencjalna (PRU), jak i efektywna (ERU) retencja użyteczna była wysoka. Dodatek EM-A do próbki zerowej podnosił nieznacznie (o około 1%) wartości obu tych parametrów. Wartości PRU i ERU w pozostałych kombinacjach były zróżnicowane, przy czym w zdecydowanej większości przypadków wyższe dawki dodatków organicznych powodowały wzrost wielkości retencji, a dodanie do nich EM-A utrzymywało retencję na zbliżonym poziomie lub wywoływało jej spadek (tab. 3).

Wartości współczynnika filtracji były silnie zróżnicowane. Mieściły się w przedziale od 14,34 (S+O2+EM) do 391,16 $\mu\text{m/s}$ (O1). W próbce zerowej jego wartość wyniosła 184,95 $\mu\text{m/s}$, co w przypadku piasku gliniastego należy uznać za wartość wysoką. Dodatek samego EM-A obniżył prędkość filtracji o około 60%. Pierwsza dawka obornika powodowała wzrost Ks do wartości najwyższej z uzyskanych – 391,16 $\mu\text{m/s}$. Przy dawce drugiej właściwość ta obniżyła się niemal czterokrotnie (58,24 $\mu\text{m/s}$), choć spadek porównawczy był tu niewielki – około 3%. Dodatek słomy obniżył wodoprzepuszczalność – w stosunku do zerówki – do około 100 $\mu\text{m/s}$, a aplikacja do tej kombinacji EM-A powodowała wzrost tego parametru o ponad 100% (232,14 $\mu\text{m/s}$). Kombinacje, w których zastosowano zarówno słomę, jak i obornik wykazały filtrację zdecydowanie niską. Podobnie jak przy dodatku samego obornika, jej wartość obniżała się wraz ze wzrostem dawki. Prawidłowość tę stwierdzono również w kombinacjach z dodatkiem EM-A. We wszystkich przypadkach, odpowiednie wartości współczynnika filtracji były niższe w wariantach, w których zastosowano dodatek tego preparatu (tab. 4). Nie stwierdzono zależności pomiędzy poszczególnymi wartościami Ks, a gęstością objętościową i porowatością. Siła związku dla tych parametrów była niska. Obliczony współczynnik korelacji wynosił – odpowiednio: $Ks/G.obj - R^2 = -0,5221$; $Ks/Pc - R^2 = 0,5140$. Uzyskane wyniki były zbliżone lub – w niektórych przypadkach – wyższe od wartości Ks podawanych przez różnych autorów dla utworów o zbliżonym uziarnieniu [12, 20].

4. Podsumowanie

W testowanych kombinacjach doświadczalnych gęstość objętościowa rzeczywista najniższa była w materiale wyjściowym. Dodatek EM-A oddziaływał negatywnie, podnosząc jej wartości. W przypadku dodatków słomy oraz słomy wraz z obornikiem, aplikacja EM-A powodowała obniżenie się gęstości gleby. W pozostałych kombinacjach zaobserwowano zagęszczenie znacznie wyższe, a zastosowanie EM-A każdorazowo powodowało wzrost gęstości objętościowej rzeczywistej.

Najwyższą porowatość całkowitą uzyskano w próbce zerowej; dodatek EM-A obniżał w niej wartość tej właściwości. Przy zastosowanych dodatkach oddziaływanie preparatu było pozytywne jedynie przy aplikacji słomy. We wszystkich pozostałych kombinacjach udział efektywnych mikroorganizmów pogarszał właściwości wodno-powietrzne gleby.

Wilgotność naturalna uzależniona była głównie od ilości i jakości dodanej materii organicznej. Dodatek EM-A do próbki zerowej nie modyfikował tej cechy. Niemal we wszystkich kombinacjach o podwyższonej zawartości materii organicznej, udział efektywnych mikroorganizmów powodował wzrost wilgotności. Wilgotność higroskopowa oraz maksymalna higroskopijność zależne były od zawartości dodanych do gleby koloidów organicznych. Dodatek EM-A powodował zwiększenie się wartości obu tych parametrów. Wzrost wilgotności przy poszczególnych potencjałach wiązania wody przez glebę powodowany był głównie wpływem zastosowanych dodatków organicznych. Wpływ EM-A na tę właściwość był bardzo mały, często negatywny.

Współczynnik filtracji w poszczególnych kombinacjach był silnie zróżnicowany. Jego wartości malały wraz ze wzrostem udziału materii organicznej, a w poszczególnych wariantach dodatek EM-A wpływał na obniżenie się prędkości filtracji.

Dodatek EM-A zarówno do próbki zerowej, jak też do kombinacji o podwyższonej zawartości materii organicznej, wpływał na poprawę większości badanych cech w bardzo małym stopniu, a wartości niektórych właściwości – z agrotechnicznego punktu widzenia – pogarszał. W świetle przeprowadzonych badań, jego stosowanie w przedstawionych wariantach nawozowych wydaje się mało efektywne bądź wręcz nieuzasadnione.

5. Bibliografia

- [1] Albiach R., Canet R., Pomares F., Ingelmo F.: Organic matter components and aggregate stability after the application of different amendments to a horticultural soil. *Bioresource Technology*, 2001, 76, 125-129.
- [2] Al Taweil H. I., Bin Osman M., Hamid A. A., Yousoff W. M.: Development of microbial inoculants and the impact of soil application on rice seedlings growth. *Am. J. Agric. Biol. Sc.*, 2009, 4, 79-82.
- [3] Condor A. F., Perez P. G., Lokore Ch.: Effective microorganisms. Myths or reality. *Rev. Peru. Biol.*, 2009, 315-320, <http://sisbib.ummsm.edu.pe>
- [4] Cosentino D., Chenu C., Bissonnais Y.L.: Aggregate stability and microbial community dynamics under drying-wetting cycles in a silt loam soil. *Soil & Biolchem.*, 2006, 38, 2053-2062.
- [5] Deneff K., Six J., Merckx R., Paustian K.: Short-term effects of biological and physical forces on aggregate formation in soil with different clay mineralogy. *Plant and Soil*, 2002, 246, 185-200.
- [6] Gonet S.S., Mazurkiewicz M. (praca zbiorowa): Rola materii organicznej w środowisku. *Pol. Tow. Subst. Hum. Wrocław*, 2007, 152 ss.
- [7] Higa T.: Rewolucja w ochronie naszej planety. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa, 2003.
- [8] Klute A.: Water retention: Laboratory methods. In: Klute A. (Ed.). *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. 2nd edn. Agron. Monogr. 9 ASA and SSSA, Madison, Wi., 1986.
- [9] Klute A., Dirksen C.: Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. In: Klute A. (Ed.). *Methods of Soil Analysis, Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. 2nd edn. Agron. Monogr. 9 ASA and SSSA, Madison, Wi., 1986.
- [10] Kondracki J.: *Geografia regionalna Polski*. PWN, 2009.
- [11] Kozielska Z.: *Technologia Efektywnych Mikroorganizmów*. Obserwator, 2005, nr 35 (za: www.emgreen.pl).
- [12] Krogulec E.: Wpływ metodyki badań na otrzymywane wartości współczynnika filtracji osadów słabo przepuszczalnych. *Przegląd geologiczny*, 1994, Vol. 42, 4.
- [13] Mau F.P.: *Fantastische Erfolge mit Effektiven Mikroorganismen In Haus und Garten, für Pflanzenwachstum und Gesundheit*. Goldmann Verlag 2002, 129 ss.
- [14] Martyniuk S.: Skuteczne i nieskuteczne preparaty mikrobiologiczne stosowane w ochronie roślin oraz rzetelne i nierzetelne metody ich oceny. *Post. Mikrobiol.*, 2011, 50, 4: 321-328.
- [15] Mocek A., Drzymała S.: *Geneza, analiza i klasyfikacja gleb*. Wyd. UP Poznań, 2010, 418 ss.
- [16] Polski Komitet Normalizacyjny: *Polska Norma PN-R-04032: Gleby i utwory mineralne. Pobieranie próbek i oznaczanie składu granulometrycznego*, 1998.
- [17] Polskie Towarzystwo Gleboznawcze: *Klasyfikacja uziarnienia gleb i gruntów mineralnych - PTG 2008*. *Rocz. Glebozn.*, 2009, 60, 2: 5-16.
- [18] Polskie Towarzystwo Gleboznawcze: *Systematyka gleb Polski*. *Rocz. Glebozn. PTG*, 1989, 62, 3.
- [19] Soil Conservation Service: *Soil Survey laboratory methods manual*. Soil Survey. Invest. Raport No. 42., U. S. Dept. Agric., Washington, DC, 1992.
- [20] Zawadzki S.: *Gleboznawstwo*. PWN, Warszawa, 1993.