

IMPACT OF THE ADDITION OF SEWAGE SLUDGE, COMMUNAL COMPOST AND EFFECTIVE MICROORGANISMS ON SELECTED PROPERTIES OF THE ARABLE-HUMUS LEVEL OF MINERAL SOIL.

Part I. Physical and water properties

Summary

The paper presents results of investigations aiming at the determination of the effect of different doses of compost and communal sludge as well as EM-A microbiological inoculums on selected physical and water properties of the arable-humus level of grey-brown podzolic soil. The experiment was established in controlled laboratory conditions. The experimental design comprised treatments with two additions of compost and sewage sludge corresponding to agrotechnical and reclamation doses. The dose of the applied EM-A corresponded to spraying in the amount of 100 l/ha. The following properties were ascertained: texture, solid phase density, natural and hygroscopic moisture content, maximal hygroscopic capacity, soil density, porosity, filtration coefficient, water capacities at definite binding potentials and drainage porosity. It was found, among others, that soil density reduction and increased total porosity associated with it occurred only after the application of high (reclamation) doses of compost and sewage sludge and the addition of EM-A preparations failed to stimulate such changes. The addition of EM-A to soil resulted in a significant increase of its natural moisture content but it did not cause any increase in the value of this property when the soil was also supplemented with compost and sewage sludge. Furthermore, it led to increased moisture content at field water capacity in the case of each combination. Useful retention increased evidently after the addition of EM-A to the zero sample. In the remaining cases, its values varied and were irregular. All the applied additives reduced significantly the filtration coefficient. The applied additives – irrespective of the applied quantities – considerably affected variations in physical and water properties, although these variations were small. Therefore, the application of EM-A as an additional factor in soils fertilized with composts and communal sewage sludge does not seem justified.

Key words: municipal waste; compost; micro-organisms; mineral soil; arable-carious level; experimentation

WPŁYW DODATKÓW OSADU I KOMPOSTU KOMUNALNEGO ORAZ EFEKTYWNYCH MIKROORGANIZMÓW NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI POZIOMU ORNO – PRÓCHNICZNEGO GLEBY MINERALNEJ.

Część I. Właściwości fizyczne i wodne

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań określające wpływ różnych dawek kompostu i osadu komunalnego oraz mikrobiologicznej szczepionki EM-A na wybrane właściwości fizyczne i wodne poziomu orno – próchnicznego gleby płowej. Założono doświadczenie w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych. Testowano kombinacje z dwoma dodatkami kompostu i osadu ściekowego, odpowiadającymi dawkom: agrotechnicznej oraz rekultywacyjnej. Dodatek EM-A zaaplikowano w ilości odpowiadającej opryskowi o wydatku 100 l/ha. 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 wiązania, porowatość drenażową. Stwierdzono – między innymi, że zmniejszenie się gęstości gleby i związany z tym wzrost porowatości całkowitej wystąpiły jedynie przy zastosowaniu wysokich (rekultywacyjnych) dawek kompostu i osadu, a dodatki EM-A nie powodowały takich zmian. Dodatek EM-A do gleby powodował znaczący wzrost jej wilgotności naturalnej, lecz nie wpływał na wzrost wartości tej właściwości przy zastosowaniu dodatków kompostu i osadu. Powodował on również wzrost wilgotności przy połowej pojemności wodnej w każdej kombinacji. Retencja użyteczna zwiększała się wyraźnie po dodaniu EM-A do próbki zerowej. W pozostałych przypadkach jej wielkości były zróżnicowane i nieregularne. Wszystkie zastosowane dodatki wpływały na znaczne obniżenie się współczynnika filtracji. Zastosowane dodatki – niezależnie od ich wysokości – wpływały na zmienność właściwości fizycznych i wodnych wyraźnie, lecz w niewielkim stopniu. W glebach nawożonych kompostami i osadami komunalnymi zastosowanie EM-A jako dodatkowego czynnika wydaje się więc być nieuzasadnione.

Słowa kluczowe: odpady komunalne; kompost; mikroorganizmy; gleby mineralne; poziom orno-próchniczny; badania

1. Wstęp

Oddziaływanie osadów ściekowych i osadów komunalnych [1, 6, 12, 18] oraz drobnoustrojów na właściwości gleby jest w ogólności znane [2, 4, 5, 9, 15, 16]. Bardzo

popularna (w ostatnich latach również w Polsce) szczepionka mikrobiologiczna tzw. efektywnych mikroorganizmów (EM) jest często testowana – również pod kątem jej wpływu na właściwości fizyczne i wodne gleby. Autor koncepcji [3] oraz producenci preparatu [19, 20] sugerują

jej użyteczność w procesie utylizacji i przeobrażania osadów komunalnych oraz innych odpadów bytowych. W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczące wpływu dodatku do gleby dwu dawek kompostu i osadu komunalnego na jej właściwości fizyczne i wodne. Oceniono też efekt zastosowania EM dla tych wariantów nawożenia organicznego.

2. Materiał i metodyka

Do badań wykorzystano materiał pobrany z poziomu Ap gleby płowej typowej, pozostającej w uprawie rolniczej (ściernisko po kukurydzy). Doświadczenie założono w czerwcu 2011 r. Glebę umieszczono w pojemnikach plastikowych ($V=18,5 \text{ dm}^3$). Jej wilgotność utrzymywano na poziomie połowej pojemności wodnej. Ilość zastosowanych dodatków kompostu (30 i 120 t/ha) i osadu ściekowego (10 i 200 t/ha) odpowiadała ich dawkom: agrotechnicznej i rekultywacyjnej. W chwili założenia doświadczenia były to dawki oficjalnie dopuszczalne i stosowane. Obecnie odpowiednie ilości stosowanego osadu według ROZPORZĄDZENIA MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych, uległy znacznemu zmniejszeniu. Efektywne Mikroorganizmy zaaplikowano w formie EM-A (1 dm^3 koncentratu EM 1 + 1 dm^3 melasy + 18 dm^3 wody; $\text{pH}<4$) [10], sporządzonego na bazie preparatu EM-1 (Greenland Technologia EM). Zastosowano następujące warianty: „0”- gleba bez dodatków (próbka zerowa), EM – gleba z dodatkiem EM-A oraz OI; OII; OI+EM; OII+EM; KI; KII; KI+EM; KII+EM. Okres inkubacji wynosił 9 miesięcy. Z poszczególnych kombinacji pobrano próbki o strukturze naruszonej i nienaruszonej, w których oznaczono takie właściwości, jak: skład granulometryczny – metodą areometryczną [13], gęstość fazy stałej – metodą piknometryczną [17], wilgotność naturalną i higroskopową – grawimetrycznie [11], maksymalną pojemność higroskopową – 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 [11], współczynnik filtracji – metodą stałego spadku ciśnienia [8], pojemności wodne przy określonych potencjałach wiązania (pF) – metodą Richardsa [9]. Sumę makro- i mezoporów, zwaną dalej porowatością drenażową, określono jako różnicę pomiędzy porowatością całkowitą i wilgotnością odpowiadającą połowej pojemności wodnej (oznaczonej przy potencjale – 10 kPa), poten-

cjalną i efektywną retencję użyteczną obliczono na podstawie oznaczonych wartości pF, Zamieszczone wyniki są wartościami uśrednionymi z pięciu powtórzeń.

3. Wyniki i dyskusja

Uziarnienie badanej gleby wykazało skład gliny piaszczystej i było we wszystkich kombinacjach wyrównane (6-7% iłu, 19-22% pyłu, 72-74% piasku) [14] (tab. 1). Gęstość fazy stałej w materiale wyjściowym („0”) wynosiła $2,64 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Zastosowane dodatki osadu i kompostu powodowały nieznaczne obniżenie się wartości tej właściwości, o 0,01 – 0,02 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ (tab. 2). Gęstość objętościowa próbki zerowej wynosiła $1,36 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Wartości niższe od zerówki wystąpiły przy dodatkach: OII – $1,33 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, KII – $1,34 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, OI + EM – $1,32 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Dodatek EM-A do wyjściowego materiału glebowego powodował nieznaczny (o $0,08 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$) wzrost gęstości. Wzrastające dawki zarówno kompostu, jak i osadu obniżały gęstość gleby. Zmiany takie nie wystąpiły jednak po zaaplikowaniu do nich EM-A. W tych przypadkach gęstość gleby rosła (OI+EM; OII+EM) lub utrzymywała się niemal na tym samym poziomie (KI+EM; KII+EM) (tab. 2).

Porowatość całkowita próbki materiału wyjściowego („0”) wynosiła 48,44%. Przy obecności w nim EM-A jej wartość była mniejsza o około 3%. Wartości porowatości podwyższały się o około 2-4% wraz ze wzrostem dawek kompostu i osadu. Dodatek do tych kombinacji EM-A nie spowodował znaczących – z agrotechnicznego punktu widzenia – zmian. Tylko w tym jednym przypadku (OI + EM) porowatość wzrosła o około 5%, w stosunku do kombinacji OI oraz o około 1,5%, w stosunku do próbki zerowej. W interakcji z EM-A, druga dawka osadu oraz obie dawki kompostu wykazały wartości porowatości nieznacznie niższe od uzyskanych dla odpowiednich wariantów bez udziału efektywnych mikroorganizmów (tab. 2).

Wilgotność gleby w próbce zerowej wynosiła 11,44%. Rozpiętość uzyskanych wartości tej właściwości była znaczna i mieściła się w granicach od 8,60% do 28,58%. Dodatek samego EM-A w stosunku do kontroli powodował pozytywne zmiany (+5,11%). Wpływ OI (12,19%) oraz w szczególności OII (28,58%) także wywoływał korzystny wzrost zawartości wody w glebie. Również w kombinacjach z dodatkiem EM-A, próbki OI+EM (12,22%) oraz OII+EM (26,97%) wykazywały nieznacznie zwiększone wartości wilgotności.

Tab. 1. Skład granulometryczny

Table 1. Texture

Kombinacja Combination	Procentowa zawartość frakcji o średnicy [mm] Percentage content of fraction on diameter [mm]								Podgrupa granulometryczna Texture wg/acc. PTG
	2,0 -	0,50 -	0,25 -	0,10 -	0,05 -	0,02 -	0,005 -	< 0,002	
	0,5	0,25	0,1	0,05	0,02	0,005	0,002		
0	1,23	5,93	19,91	32,93	12	11	8	3	gp
EM	0,88	7,08	21,33	30,71	14	8	9	2	gp
OI	0,89	7,00	20,46	31,65	14	9	8	3	gp
OII	0,76	7,11	20,1	30,03	14	11	8	3	gp
KI	0,75	8,16	19,9	31,19	14	8	9	3	gp
KII	1,06	7,53	18,87	31,54	14	8	10	2	gp
OI+EM	0,83	8,28	19,89	31,00	14	8	10	2	gp
OII+EM	1,67	6,27	19,59	31,47	14	10	10	1	gp
KI+EM	1,32	7,23	20,05	30,40	15	8	10	2	gp
KII+EM	1,47	6,93	19,22	31,38	15	8	10	2	gp

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

Kombinacja <i>Combination</i>	Wilgotność naturalna <i>Moisture</i> [%v/v]	Gęstość fazy stałej <i>Specific density</i> [Mg·m ⁻³]	Gęstość gleby <i>Bulk density</i> [Mg·m ⁻³]	Porowatość / <i>Porosity</i> [%v/v]		Wilgotność higroskopowa <i>Hygroscopic water</i> [%v/v]	Maksymalna higroskopijność / <i>Maximum hygroscopic water</i> [%v/v]
				Całkowita <i>Total</i>	Drenażowa <i>Drainage</i>		
0	11,44	2,64	1,36	48,44	28,17	0,853	3,326
EM	16,33	2,64	1,44	45,54	23,58	0,891	3,963
OI	12,19	2,63	1,45	44,94	33,74	1,107	6,160
OII	28,58	2,62	1,33	49,05	31,74	0,963	5,241
KI	8,60	2,63	1,38	47,62	30,20	0,803	3,854
KII	12,05	2,63	1,34	49,06	27,33	0,872	3,396
OI+EM	12,22	2,63	1,32	49,96	31,58	0,995	4,092
OII+EM	26,97	2,62	1,43	45,25	17,59	1,091	4,785
KI+EM	11,19	2,63	1,41	46,30	28,58	0,920	3,735
KII+EM	14,88	2,63	1,39	47,26	25,96	0,874	3,932

W przypadku kompostów, ich wzrastające dawki nie wpływały znacząco na zmianę wilgotności. Przy pierwszej dawce (KI) była ona najniższa spośród uzyskanych wyników (8,60%). Niewielka poprawa uwilgotnienia wystąpiła przy zastosowaniu tego dodatku wraz z EM-A (KI+EM - 11,19%). Dla KII otrzymano wartość nieznacznie większą od stwierdzonej w próbce zerowej (12,05%). W kombinacji KII+EM wilgotność naturalna była wyższa od stwierdzonej w KII o około 2% (tab. 2).

Wartości wilgotności higroskopowej (H) oraz maksymalnej pojemności higroskopowej (MH) były wyrównane. Ich wartości wzrastały o kilka dziesiątych (MH) lub setnych procenta po zaaplikowaniu do materiału wyjściowego EM-A. W pozostałych przypadkach ich wielkości, jako uzależnione od ilości i jakości fazy stałej, zazwyczaj wzrastały wraz z rosnącymi dodatkami osadu i kompostu. Nie było można jednak w tym przypadku dopatrywać się tu ścisłych zależności. W większości przypadków próbki zawierające osad lub kompost oraz EM-A wykazywały zarówno H, jak i MH nieznacznie wyższe. Nie zauważono spodziewanego, regularnego wzrostu wartości tych parametrów wraz ze wzrostem zastosowanych dodatków materii organicznej (tab. 2).

Przy górnej granicy dostępności wody (pF=2,0) wilgotność gleby mieściła się w przedziale od 16,31% („0”) do 27,02% (OII+EM). Po zastosowaniu dodatków osadu, kompostu i EM-A wszystkie uzyskane wyniki były wyższe od wilgotności próbki kontrolnej. Połowa pojemność wodna powiększyła się wskutek aplikacji zarówno samego EM-A, jak również obu postaci materii organicznej. W kombinacjach osadu i kompostu z dodatkiem mikroorganizmów widoczny był pozytywny wpływ EM-A na wzrost pojemności wodnej przy wszystkich dawkach, z wyjątkiem pierwszej dawki kompostu (KI+EM), gdzie wilgotność była nieznacznie niższa od uzyskanej przy zastosowaniu samego kompostu (KI). Dolna granica dostępności wody (pF =3,7) charakteryzowała się wilgotnościami mieszczącymi się w granicach od 11,20% (KI+EM) do 21,12% (OII+EM). Zastosowanie samego EM-A powodowało niekorzystne zwiększenie się tej wilgotności o około 2,0%. Przy niższych dawkach osadów i kompostów wartości tej pojemności wodnej były niższe od zerówki (OI - 12,28%, KI - 11,98%), lecz po dodaniu do nich EM-A podobny stan stwierdzono już tylko w przypadku kompostu (KI+EM - 11,20%). Niekorzystny wzrost wilgotności przy tym potencjale występował też wraz ze wzrostem dodatków materii

organicznej w kombinacjach: OII - 20,08%, OII+EM - 21,12%, KII+EM - 17,10%), z wyjątkiem kombinacji KII - 11,54%. (tab. 3). Potencjalna (PRU) i efektywna (ERU) retencja użyteczna była zróżnicowana. Dla próbki zerowej wartość ERU wynosiła 3,30%, co uznać można za wartość bardzo niską. Dodatek EM-A zwiększał ją niemal dwukrotnie. Zaobserwowano również wyraźne zwiększenie się ERU przy dodatkach: KI (7,30%) i KII (8,78%). Podobna tendencja wystąpiła w kombinacjach KI+EM (7,24%) i KII+EM (5,21%), choć bezwzględne wartości wilgotności kształtujące ten wskaźnik były niższe. Pierwsza dawka osadu podwyższała ERU do 4,68%; przy drugiej zaś jej wartość była nieznacznie niższa od uzyskanej w próbce zerowej (2,99%). W przypadku PRU dodatek samego EM-A do gleby powodował jej wzrost - do wartości 14,67%, lecz nie był on tak wyraźny, jak w przypadku retencji efektywnej. Dawki: OI oraz OI+EM utrzymywały PRU na podobnym poziomie - odpowiednio: 10,16 i 10,88%. Przy dodatku OII uzyskano wartość PRU znacznie wyższą (14,37%). Przy udziale w tej kombinacji EM-A (OII+EM) PRU osiągała wartość najwyższą (19,42%) - niemal dwukrotnie większą od stwierdzonej w próbce kontrolnej. Analizując dodatki kompostów, zarówno przy dawce KI (13,88%), jak również KII (15,32%) widoczny był wzrost wartości PRU w stosunku do zerówki, a dodatek do nich EM-A praktycznie nie wpływał na zmiany tej właściwości (tab. 3).

Zdecydowanie najwyższą wodoprzepuszczalność w strefie nasyconej wykazała gleba bez jakichkolwiek dodatków („0”). Oznaczony w niej współczynnik filtracji (Ks) wyniósł 101,83 $\mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. W pozostałych wariantach prędkość filtracji była o około 30 - 80% niższa. Pierwszy dodatek osadu powodował obniżenie się Ks do 47,73 $\mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, a aplikacja do niego EM-A - wzrost do Ks = 61,10 $\mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. Podobna prawidłowość była również widoczna w przypadku pierwszej dawki kompostu: KI - Ks = 48,79 oraz KI+EM - Ks = 53,75 $\mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. Zwiększenie dawki zarówno osadu, jak i kompostu, powodowało wzrost prędkości filtracji (OII - 65,27; KII - 73,55 $\mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$). Po dodaniu EM-A do tych kombinacji współczynnik filtracji obniżał się do wartości najniższych, wynosząc 15,49 dla OII+EM oraz 39,96 $\mu\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ dla KII+EM (tab. 4). Siła związku pomiędzy współczynnikiem filtracji a porowatością całkowitą oraz drenażową była słaba (tab. 2, 4). Współczynnik korelacji współczynnika filtracji (Ks) z porowatością całkowitą (Pc) oraz drenażową (Pd) był niski i wynosił: Ks/Pc - R² = 0,6524; Ks/Pd - R² = 0,5123.

Tab. 3. Potencjały wiązania wody przez glebę oraz potencjalna i efektywna retencja użyteczna
 Table 3. Soil water potentials and the potential 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	2,0 – 4,2	2,0 – 3,7
0	42,13	16,31	16,24	16,03	13,01	5,00	2,27	11,31	3,30
EM	42,53	21,17	20,22	17,30	15,00	6,50	2,72	14,67	6,17
OI	47,91	16,96	16,14	15,46	12,28	6,80	4,75	10,16	4,68
OII	52,06	23,07	22,19	21,15	20,08	8,70	4,43	14,37	2,99
KI	46,86	19,28	17,96	15,19	11,98	5,40	2,90	13,88	7,30
KII	44,75	20,32	18,88	16,82	11,54	5,00	2,46	15,32	8,78
OI+EM	46,28	17,78	16,91	15,53	13,60	6,90	3,07	10,88	4,18
OII+EM	42,38	27,02	26,00	24,99	21,12	7,60	3,30	19,42	5,90
KI+EM	44,76	18,44	16,79	14,78	11,20	4,70	2,68	13,74	7,24
KII+EM	45,72	22,31	20,98	17,90	17,10	6,30	2,89	16,01	5,21

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

Kombinacja Combination	Współczynnik filtracji Saturated hydraulic conductivity [$\mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]
0	101,83
EM	43,42
OI	47,73
OII	65,27
KI	48,79
KII	73,55
OI+EM	61,10
OII+EM	15,49
KI+EM	53,75
KII+EM	39,96

4. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonego doświadczenia stwierdzono, że zmniejszenie się gęstości gleby i związany z tym wzrost porowatości całkowitej wystąpiło jedynie przy zastosowaniu wysokich (rekultywacyjnych) dawek kompostu oraz osadu. Dodatek EM-A nie wywoływał takich zmian. Preparat ten powodował wzrost wilgotności naturalnej gleby. Poszczególne dawki kompostu i osadu modyfikowały tę właściwość w różny sposób. Nie zauważono wpływu EM-A na wzrost wilgotności w obrębie tych kombinacji. Wilgotność higroskopowa oraz maksymalna higroskopijność przyjmowały wartości typowe dla gleb mineralnych. Przy wyrównanym składzie granulometrycznym ich wysokość była wyraźnie uzależniona od zawartości koloidów organicznych. Dodatek EM-A wywołał pozytywny wzrost wilgotności przy polowej pojemności wodnej w każdej kombinacji. Retencja użyteczna gleby wyraźnie rosła po dodaniu EM-A do próbki zerowej. W pozostałych przypadkach jej wielkości były zróżnicowane i nieregularne. Wszystkie zastosowane dodatki wpływały na znaczne obniżenie się współczynnika filtracji. Stan taki utrudnia odprowadzenie nadmiaru wód roztopowych i opadowych, co w glebie o składzie gliny nie jest zjawiskiem korzystnym. Aplikacja do gleby osadu ściekowego oraz kompostu komunalnego wpływała na zmienność większości jej właściwości fizycznych i wodnych. EM-A oddziaływał na nie wyraźnie, lecz modyfikował je w niewielkim stopniu. W glebach nawożonych kompostami i osadami komunalnymi zastosowanie tego preparatu jako dodatkowego czynnika wydaje się więc być nieuzasadnione.

5. Bibliografia

- [1] Albiach R., Canet R., Pomares F., Ingelmo F.: Organic mater components and aggregate stability after the application of different amendments to a horticultural soil. *Bioresource Technology*, 2001, 76, 125-129.
- [2] Gajewski P., Kaczmarek Z., Mrugalska L.: Wpływ wzrastających dawek preparatu Em-a właściwości gleb. Cz. I. Właściwości fizyczne i wodne. *J. Res. Appl. Agric. Engng.*, 2010, Vol. 55(3): 75-80.
- [3] Higa T.: *Rewolucja w ochronie naszej planety*. Warszawa: Fundacja Rozwój, SGGW, 2003.
- [4] Kaczmarek Z., Jakubus M., Grzelak M., Mrugalska L.: Wpływ dodatków różnych dawek efektywnych mikroorganizmów do poziomów orno-próchnicznych gleb mineralnych na właściwości fizyczne i wodne. *J. Res. Appl. Agric. Engng.*, 2008, Vol. 53 (3): 118-122.
- [5] Kaczmarek Z., Owczarzak W., Mrugalska L., Grzelak M.: Wpływ efektywnych mikroorganizmów na wybrane właściwości fizyczne i wodne poziomów orno-próchnicznych gleb mineralnych. *J. Res. Appl. Agric. Engng.*, 2007, Vol. 53(3): 73-78.
- [6] Kalembasa D., Pakuła K., Rzymowski D.: Oddziaływanie osadu ściekowego na zawartość wybranych pierwiastków i właściwości gleby płowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 2009, 535: 201-208.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] Marszewska-Ziemięcka J.: *Mikrobiologia gleby i nawozów organicznych*. Praca zbiorowa. Warszawa: PWRiL, 1969.
- [10] Mau F.P.: *Fantastische Erfolge mit Effektiven Mikroorganismen In Haus und Garten, für Pflanzenwachstum und Gesundheit*. Goldmann Verlag, 2002, 129 ss.
- [11] Mocek A., Drzymała S.: *Geneza, analiza i klasyfikacja gleb*. Wyd. UP Poznań, 2011, 418 ss.
- [12] Owczarzak W., Mocek A., Kaczmarek Z., Gajewski P.: Wpływ dodatku osadu ściekowego na poprawę pojemności wodnej agregatów glebowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 2003, 494: 329-337.
- [13] *Polski Komitet Normalizacyjny: Polska Norma PN-R-04032: Gleby i utwory mineralne. Pobieranie próbek i oznaczanie składu granulometrycznego*, 1998.
- [14] *Polskie Towarzystwo Gleboznawcze: Klasyfikacja uziarnienia gleb i gruntów mineralnych – PTG 2008*. *Rocz. Glebozn.*, 2009, 60, 2: 5-16.
- [15] Salyers A., Whitt D.: *Mikrobiologia*. Warszawa: PWN, 2003.
- [16] Schlegel H. G.: *Mikrobiologia ogólna*. Warszawa: PWN, 2005.
- [17] *Soil Conservation Service: Soil Survey laboratory methods manual*. Soil Survey. Invest. Raport No. 42, U. S. Dept. Agric., Washington, DC, 1992.
- [18] Tujaka A.: Ocena możliwości przyrodniczego wykorzystania osadów ściekowych z wybranych oczyszczalni ścieków. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 2009, 535: 445-452.
- [19] Zajączkowski P.: *Efektywne mikroorganizmy*. *Biuletyn Informacyjny, Greenland Technologia EM, Puławy*, 2005: 1-2.
- [20] Zajączkowski P., Sowiński W.: Jaka gleba, taki plan. *Technologia Efektywnych Mikroorganizmów. Biuletyn Informacyjny, Greenland Technologia EM, Puławy*, 2001: 1-2.