

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

Part II. Structure state

Summary

The study presents research results the aim of which was to assess the impact of the addition of sludge and communal compost as well as of inoculums of effective microorganisms (in the form of EM-A solution) on structural parameters of the arable-humus level of mineral soil. An incubation experiment consisting of 10 combinations was established and after 9 months of incubation, 50 models of soil aggregates ($V = 1 \text{ cm}^3$) were cut out from each combination. The following parameters were determined: dynamic and static water resistance, the state of secondary aggregation after dynamic and static water action, capillary capacity and the mechanical resistance of aggregates to compression. The application of the applied additives resulted in improvement of the majority of the evaluated properties. The impact of the reclamation dose of the applied sewage sludge on static water resistance and the state of secondary aggregation was particularly noticeable. It was further observed that the employment of the applied additives (in the majority of cases) led to the increase of both minimal and maximal water capillary capacity. On the other hand, no significant improvement in compression resistance was observed. The presented results corroborate the opinion found in the literature on the subject concerning a very varied impact on the examined properties of organic additives depending on their types, applied doses, time of application as well as soil properties. Therefore, it seems justified to continue the initiated investigations taking into consideration the above-mentioned factors.

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

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

Część II. Stan struktury

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań oceniających wpływ dodatków osadu i kompostu komunalnego oraz szczepionki efektywnych mikroorganizmów – w postaci roztworu EM-A - na parametry struktury poziomu orno-próchnicznego uprawnej gleby mineralnej. Założono doświadczenie inkubacyjne składające się z 10 kombinacji. Po dziewięciomiesięcznej inkubacji z poszczególnych kombinacji wycięto po 50 modeli agregatów glebowych ($V = 1 \text{ cm}^3$). Oznaczono takie parametry, jak: dynamiczną i statyczną wodoodporność, stan agregacji wtórnej po dynamicznym i statycznym działaniu wody, pojemność kapilarną oraz mechaniczną wytrzymałość agregatów na ściskanie. Aplikacja zastosowanych dodatków spowodowała poprawę większości ocenianych właściwości. Szczególnie wyraźny był wpływ dawki rekultywacyjnej osadu na wodoodporność statyczną i stan agregacji wtórnej. Zauważono także, iż aplikacja zastosowanych dodatków – większości przypadków – spowodowała wzrost zarówno minimalnej, jak również maksymalnej kapilarnej pojemności wodnej. Nie stwierdzono natomiast znaczącej poprawy odporności na ściskanie. Przedstawione rezultaty potwierdzają sugerowaną w literaturze opinię o bardzo zróżnicowanym wpływie na badane właściwości dodatków organicznych, w zależności od ich typów, dawek, czasu aplikacji oraz właściwości gleb. Zasadną więc wydaje się być kontynuacja podjętych badań z uwzględnieniem wymienionych czynników.

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

1. Wstęp

Struktura gleby jest właściwością bardzo labilną, podlegającą ciągłym fluktuacjom. Zmiany te są wywołane m.in. zachodzącymi na przemian procesami: nawilżania-wysychania oraz zamarzania-rozmarzania gleby. W klimacie umiarkowanie wilgotnym, wilgotnym i umiarkowanie suchym struktura agregatowa trwa kilka tygodni, przekształcając się stopniowo w strukturę spoiwą, monolityczną, słabo zagęszczoną, a następnie zagęszczoną [20]. Zasadnicze zróżnicowanie struktury agregatowej zachodzi

w rezultacie stosowanych narzędzi uprawowych [23]. Dal-
sze jej przemiany postępują w zależności od przebiegu warunków pogodowych. Przede wszystkim zależą one od ilości i intensywności i rozkładu opadów atmosferycznych. Niezwykle ważną właściwością kształtującą strukturę gleb mineralnych jest zawartość materii organicznej. Wielu autorów [1] zauważa, że jej zawartość oraz jakość może być łatwo modyfikowana odpowiednio dobranymi dawkami różnych jej form. Wprowadzanie do gleby materii organicznej – w oparciu o liczne badania i doświadczenia – wyjątkowo korzystnie wpływa na takie właściwości jak:

wodoodporność agregatów glebowych, stan agregacji wtórnej, współczynnik zbrzylenia, porowatość [3, 6, 9, 23, 26]. Szczególną rolę w kształtowaniu właściwości struktury przypisuje się także mikroorganizmom glebowym i materii organicznej [11]. Jednym z czynników determinujących aktywność drobnoustrojów jest zawartość w glebie materii organicznej, która jest źródłem pierwiastków biogennych i energii [21]. Uważa się, że najlepszym nawozem o korzystnych właściwościach strukturotwórczych jest obornik, ale bardzo dobre do tego celu są też inne nawozy organiczne: przyorywany wermikompost, słoma lub międzyplon, a także torf, osady (garbarskie, ściekowe) i komposty [8, 12]. Rolnicze użycie osadów ściekowych i kompostu jest nie tylko ekonomicznie uzasadnione, lecz również niezbędne w celu przywrócenia i utrzymania równowagi ekologicznej w agrocenozie [2, 3]. Aplikowanie do gleby tych dodatków może przywrócić utraconą aktywność biologiczną i wzbogacić ją w składniki pokarmowe niezbędne dla roślin. Celem pracy była ocena wpływu dodatku osadu, kompostu oraz szczepionki efektywnych mikroorganizmów na stan struktury poziomu orno-próchniczego gleby mineralnej.

2. Obiekt i metodyka

Po upływie okresu inkubacji, doświadczenia opisanego w części pierwszej pracy, z każdej kombinacji pobrano próbki glebowe o strukturze nienaruszonej, o kształcie walca i objętości 1 cm^3 , zwane dalej agregatami. Na modelowanych agregatach glebowych, doprowadzonych do stanu powierzchni suchego, specjalistycznymi metodami opracowanymi w Katedrze Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów UP w Poznaniu [23] oznaczono parametry charakteryzujące stan struktury: statyczną i dynamiczną wodoodporność, agregację wtórną, mechaniczną wytrzymałość agregatów na ściskanie, kapilarną maksymalną i minimalną pojemność wodną. Metodami powszechnie stosowanymi w gleboznawstwie [13] oznaczono także gęstość i porowatość agregatów oraz zawartość węgla organicznego analizatorem Vario Max.

3. Rezultaty badań

Zawartość węgla organicznego w poszczególnych kombinacjach kształtowana była poprzez aplikację zastosowanych dodatków. Dodatek osadu i kompostu spowodował systematyczny (związany ze wzrostem dawki) wzrost poziomu Corg. Ciekawie prezentują się natomiast wyniki zawartości materii organicznej stwierdzone w kombinacjach potraktowanych roztworem EM-A. W kombinacjach KI+EM, KII+EM oraz EM-A zauważono niewielki spadek ilości Corg w stosunku do kombinacji – odpowiednio: KI, KII oraz do kontroli (0). Podobnych prawidłowości nie stwierdzono w przypadku dodatku osadu. Najprawdopodobniej powyższe zmiany należy wiązać ze wzrostem aktywności mikroorganizmów, a zatem również ich potrzeb pokarmowych. Spadek zawartości materii organicznej w rezultacie aplikacji roztworu EM-A zauważają także Tołłoczko i in [25]. Zawartość materii organicznej wpływała również na podstawowe właściwości fizyczne modeli agregatów glebowych. W kombinacjach bez dodatku osadu i kompostu (0 i EM-A) stwierdzono najwyższą gęstość fazy stałej, gęstość gleby oraz najniższą porowatość. Dla wspomnianych kombinacji wartości te wynosiły odpowiednio:

$2,64 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, $1,61$ i $1,60 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ oraz $0,3901$, $0,3939 \text{ m}^3\cdot\text{m}^{-3}$ (tab. 1). Największe zmiany wspomnianych właściwości wywołał dodatek drugiej (rekultywacyjnej) dawki osadu (tab. 1).

Tab. 1. Wybrane właściwości fizyczne agregatów glebowych
Table 1. Selected physical properties of modelled aggregates

Kombinacja Combination	Corg Organic carbon [g·kg ⁻¹]	Gęstość fazy stałej Specific density [Mg·m ⁻³]	Gęstość gleby suchej Bulk density [Mg·m ⁻³]	Porowatość Porosity [m ³ ·m ⁻³]
„0”	12,0	2,64	1,61	0,3901
KI	14,2	2,63	1,54	0,4144
KI + EM	13,9	2,63	1,55	0,4127
K II	16,3	2,63	1,56	0,4068
KII + EM	15,1	2,63	1,58	0,3992
OI	13,7	2,63	1,53	0,4182
OI + EM	13,9	2,63	1,54	0,4144
OII	18,5	2,62	1,51	0,4237
OII + EM	18,8	2,62	1,52	0,4198
EM	11,3	2,64	1,60	0,3939

Korzystny, aczkolwiek niewielki, wpływ zastosowanych dodatków zauważono także w przypadku odporności agregatów na ściskanie (tab. 2). Największymi wartościami tej cechy wytrzymałościowej charakteryzowały się agregaty pochodzące z kombinacji (OII+EM). Pozytywny wpływ efektywnych mikroorganizmów, jak również materii organicznej na tę właściwość podkreślają także inni autorzy [10, 15].

Jedną z ważniejszych właściwości struktury jest odporność agregatów na działanie wody – tzw. wodoodporność. Działanie wody w procesie niszczenia struktury agregatowej może przejawiać się jako działanie dynamiczne (energia uderzeniowa kropli deszczu) oraz statyczne – w wyniku rozmywania i rozpadania się nietrwałych gruzełków glebowych [23]. Odporność agregatów glebowych na niszczące działanie wody uzależniona jest od czynników zewnętrznych, które dostarczają energii oraz od właściwości fizycznych i chemicznych gleby. Kluczowymi czynnikami, które kształtują te cechy – obok składu granulometrycznego – są zawartość materii organicznej i aktywność mikroorganizmów [1, 23]. Doniesienia te znajdują częściowe potwierdzenie w wynikach pracy (tab. 2 i 3). Aplikacja zastosowanych dodatków spowodowała – w większości przypadków – poprawę statycznej i dynamicznej wodoodporności. Jednie w kombinacji EM-A nie zauważono korzystnego wpływu na zmiany wspomnianych właściwości. Najskuteczniej wytrzymałość na statyczne i dynamiczne działanie wody poprawiła rekultywacyjna dawka osadu. Korzystny wpływ osadu na stabilność agregatów zauważają także inni autorzy [17]. Twierdzą oni, że materia organiczna powoduje wzrost „wewnętrznej spójności” pomiędzy ziarnami mineralnymi. W niektórych pracach podkreślana jest też rola, obecnych w osadach, substancji hydrofobowych [14]. Natomiast Oades [16] oraz Puget i in. [22] podkreślają rolę polisacharydów. Wzrost odporności agregatów glebowych na statyczne i dynamiczne działanie wody może w praktyce ograniczyć zjawisko powierzchniowego zaskorupiania się gleby, czynnika ograniczającego kiełkowanie roślin uprawnych, a także rozwoju erozji wodnej [23].

Tab. 2. Dynamiczna wodoodporność modelowanych agregatów glebowych, wytrzymałość na ściskanie oraz stan agregacji wtórnej po dynamicznym działaniu wody

Table. 2. Dynamic water resistance of the modelled aggregates, compressive strength and secondary aggregation after dynamic water action

Kombinacja Combination	Wytrzymałość na ściskanie Compressive strength Rc [MPa]	Wodoodporność dynamiczna Dynamic water resistance [J·10 ⁻²]	Agregacja wtórna po dynamicznym działaniu wody Secondary aggregation after dynamic water action [%]						Suma agregatów Sum of the aggregates >0,25mm [%]
			Fracje agregatów / Aggregate fractions [mm]						
			>7	7-5	5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	
„0”	0,13	14,21	0,00	0,00	0,27	3,55	7,77	7,83	19,42
KI	0,14	15,19	0,00	0,00	0,13	2,81	8,44	8,97	20,35
KI + EM	0,17	16,17	0,00	0,00	0,54	3,35	7,76	9,99	21,64
KII	0,20	16,66	0,00	0,00	1,05	4,07	8,28	6,28	19,68
KII + EM	0,29	16,66	0,00	0,00	2,40	3,91	8,34	5,56	20,21
OI	0,19	14,70	0,00	0,00	0,27	4,37	7,27	11,76	23,67
OI + EM	0,17	15,19	0,00	0,00	0,81	3,52	7,32	11,79	23,44
OII	0,33	27,44	0,00	0,00	2,00	12,26	7,46	12,11	33,83
OII + EM	0,39	19,60	0,00	0,00	1,17	7,20	13,48	7,73	29,58
EM	0,34	13,72	0,00	0,00	2,09	3,93	7,50	10,58	24,10

Tab. 3. Statyczna wodoodporność modelowanych agregatów glebowych oraz stan agregacji wtórnej po statycznym działaniu wody

Table 3. Static water resistance of the modelled aggregates and secondary aggregation after static water action

Kombinacja Combination	Wodoodporność statyczna Static water resistance [s]	Agregacja wtórna po statycznym działaniu wody Secondary aggregation after static water action [%]						Suma agregatów Sum of the aggregates >0,25mm [%]
		Fracje agregatów / Aggregate fractions [mm]						
		>7	7-5	5-3	3-1	1-0,5	0,5-0,25	
„0”	112	0,00	0,00	0,00	1,96	7,7	5,70	15,36
KI	159	0,00	0,00	0,28	3,18	7,47	5,38	16,31
KI + EM	125	0,00	0,00	0,39	4,69	7,17	4,17	16,42
KII	177	0,00	0,00	0,82	4,35	6,38	7,05	18,60
KII + EM	120	0,00	1,22	0,51	2,56	7,17	7,45	18,91
OI	136	0,00	0,00	0,00	3,77	7,04	7,29	18,10
OI + EM	124	0,00	0,00	0,27	2,38	6,54	10,13	19,32
OII	1800	0,00	2,03	2,28	9,89	9,38	5,87	29,45
OII + EM	1800	0,00	0,00	0,27	5,93	10,37	4,71	21,28
EM	98	0,00	0,36	0,00	3,48	6,72	9,36	19,92

Zauważono, że jednoczesna aplikacja osadu, jak również kompostu wraz ze szczepionką efektywnych mikroorganizmów spowodowała spadek wodoodporności. Wiązać to należy najprawdopodobniej z równoczesnym spadkiem poziomu Corg w kombinacjach z dodatkami kompostu. Z kolei Spaccini i in. [24] zwracają uwagę na szybki rozkład polisacharydów w osadach przez mikroorganizmy glebowe.

Odporność agregatów na dynamiczne i statyczne działanie wody nie decyduje jeszcze o strukturotwórczych zdolnościach gleby [19]. Niekiedy mniejsza wodoodporność agregatów pierwotnych daje ostatecznie korzystniejszy rozkład agregatów wtórnych. W warunkach korzystnej agregacji wtórnej utrzymuje się nadal względnie duża porowatość gleb. Ważny jest nie tylko stopień, lecz także charakter (sposób) tego rozpadu, czyli procentowa zawartość poszczególnych frakcji agregatów wtórnych [20]. Jedną z podstawowych właściwości kształtujących stan agregacji wtórnej jest zawartość materii organicznej. Jej korzystny wpływ na stan struktury podkreślany jest przez wielu autorów [3, 4, 5, 7]. Wyniki przeprowadzonego doświadczenia potwierdzają te doniesienia (tab. 2 i 3). Aplikacja zastosowanych dodatków spowodowała wzrost agregacji wtórnej zarówno po dynamicznym, jak również statycznym działaniu

wody. W przypadku obu opisywanych właściwości największy (kilkuprocentowy) wzrost dotyczył agregatów pobranych z kombinacji OII. Zazwyczaj pozytywny efekt obserwowano także w rezultacie aplikacji szczepionki efektywnych mikroorganizmów. Korzystne zmiany odnotowano także w obszarze właściwości wodnych agregatów glebowych. Zdaniem Rząsy i Owczarzaka [23] kompleksowa charakterystyka struktury gleb powinna uwzględniać minimalną i maksymalną kapilarną pojemność wodną agregatów glebowych [23]. W opinii Owczarzaka [18] jednym z kluczowych czynników kształtujących te właściwości jest zawartość materii organicznej w glebie. Wyniki badań potwierdziły tę opinię (tab. 4). Agregaty pobrane z większości kombinacji charakteryzowały się większą – w stosunku do kontroli – zarówno minimalną, jak również maksymalną pojemnością wodną (tab. 4). Największą poprawę obu właściwości przyniosła aplikacja rekultywacyjnej dawki osadu. Wzrost opisywanych pojemności wodnych zawarł się w przedziale od 1,12% do 3,54% – w przypadku minimalnej kapilarnej pojemności wodnej i od 3,46% do 11,05% przy maksymalnej kapilarnej pojemności wodnej. Korzystny wpływ materii organicznej, jak również efektywnych mikroorganizmów na opisane cechy zauważają także inni autorzy [10, 15].

Tab. 4. Kapilarna minimalna (V_{kmin}) i maksymalna ($V_{kmaks.}$) pojemność wodna

Table 4. Minimum (V_{kmin}) and maximum ($V_{kmaks.}$) capillary water capacity

Kombinacja Combination	Pojemność kapilarna / Capillary capacity [%v/v]	
	V_{kmin}	$V_{kmaks.}$
„0”	36,49	44,02
KI	36,39	49,00
KI + EM	37,61	47,48
K II	38,44	51,38
KII + EM	36,17	52,13
OI	38,50	52,28
OI + EM	35,36	48,50
OII	40,03	55,07
OII + EM	38,50	50,14
EM	39,40	51,99

4. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że aplikacja zastosowanych dodatków powodowała zazwyczaj poprawę właściwości struktury. Te pozytywne zmiany wiązać należy najprawdopodobniej ze wzrostem zawartości materii organicznej. Przeważnie najkorzystniejszy efekt dawała rekultywacyjna dawka osadu. Zróżnicowany był natomiast wpływ szczepionki efektywnych mikroorganizmów. Jednoczesna aplikacja EM-A i kompostu najczęściej powodowała poprawę właściwości struktury w stosunku do agregatów pobranych z kombinacji pozbawionych dodatku szczepionki. Podobnego efektu nie zaobserwowano natomiast w przypadku osadu. Na szczególną uwagę zasługuje wzrost wodoodporności na statyczne, jak również dynamiczne działanie wody, przy jednoczesnej poprawie agregacji wtórnej. W praktyce oznacza to ograniczenie powierzchniowego zaskorupiania się gleby. Jest to zjawisko z wielu względów niekorzystne, oddziałujące między innymi jako czynnik ograniczający kiełkowanie roślin uprawnych, lub powodujące rozwój erozji wodnej. Aplikacja zastosowanych dodatków spowodowała także wzrost kapilarnej pojemności wodnej agregatów. Uzyskane wyniki potwierdziły zatem pozytywny wpływ osadu oraz kompostu, a większości przypadków również szczepionki EM-A na strukturę gleb mineralnych. Najprawdopodobniej ostateczny efekt ich działania zależeć będzie od właściwości gleby, takich jak: skład granulometryczny i zawartość materii organicznej. Zasadnym wydaje się zatem być rozszerzenie badań o gleby o różnej genezie i uziarnieniu.

5. Bibliografia

[1] Abiven S., Menasseri S, Chenu Claire.: The effects of organic inputs over time on soil aggregate stability- A literature analysis. *Soil Biology & Biochemistry* 41, 1-12, 2009.

[2] Aggelides S. M., Londra P., A.: Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresource Technology*, 2000, 71, 253-259.

[3] Albiach R, Canet R., Pomares F., Ingelmo F.: Organic master components and aggregate stability after the application of different amendments to a horticultural soil. *Bioresource Technology*, 2001, 76, 125-129.

[4] Amezqueta E., Soil aggregate stability: a review. *J. of Sustainable Agriculture*, 1999, 14, (2-3), 83-151.

[5] Cox D., Bezdicsek D., Fauci M., Effects of compost, coal, ash and straw amendments on restoring the quality of eroded Palouse soil. *Biology and Fertility of Soils*, 2001, 33, 5, 365-372.

[6] Debosz K., Søren O. Petersen, Liv K. Kure, Ambus P.: Evaluating effects of sewage sludge and household compost on soil physical, chemical and microbiological properties. *Applied Soil Ecology*, 2002, 19: 237-248.

[7] 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*, 246, 185-200, 2002.

[8] Edwards C.A.: The use of earthworms in the breakdown and management of organic wastes. In: *Earthworm ecology* (ed) crc press llc: 1998, 327-354.

[9] Elsgaard L., Petersen S.O., Debosz K.: Effects and risk assessment of linear alkylbenzene sulfonates in agricultural soil. Part 2. Effects on soil microbiology as influenced by sewage sludge and incubation time. *Environ. Toxicol. Chem.*, 2001, 20, 1664-1672.

[10] Gajewski P., Kaczmarek Z., Owczarzak W., Mrugańska L.: Wpływ efektywnych mikroorganizmów na wybrane właściwości fizyczne i wodne oraz stan struktury poziomu orno-próchnicznego gleb mineralnych, przy zróżnicowanej zawartości w nich materii organicznej. Część II. Stan struktury. *J. Res. Appl. Agric. Engng*, 2011, 56(3).

[11] Gonet S.S. Mazurkiewicz M. (praca zbiorowa): Rola materii organicznej w środowisku. *Pol. Tow. Subst. Hum. Wrocław*, 2007.

[12] Kordas L., Majchrowski P.: Wpływ międzyplonu ścierniskowego i głębszowania w uprawie buraka cukrowego na wskaźniki struktury gleby średniej. *Zeszyty Naukowe AR Wrocław, Rol.*, 2001, 80: 145-152.

[13] Mocek A., Drzymała S.: Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. *Wyd. UP Poznań*, 2010, ss. 418.

[14] Molina L., Díaz-Ferrero J., Cool M., Martí R., Broto-Puig F., Comellas L., Rodríguez-Larena M.C.: Study of evolution of PCDD/F in sewage sludge-amended soils for land restoration purposes. *Chemosphere*, 2000, 40, 1173-1178.

[15] Mrugańska L., Owczarzak W., Kaczmarek Z.: Wpływ efektywnych mikroorganizmów na kształtowanie struktury gleb w doświadczeniu inkubacyjnym. *J. Res. Appl. Agric. Engng*, 2009, 54(4).

[16] Oades J.M.: Soil organic matter and structural stability mechanisms and implications managements. *Plant Soil*, 1984, 76, 319-337.

[17] Ojeda G., Alcañiz, Bissonnais Y. Le.: Differences in aggregate stability due to various sewage sludge treatments on a Mediterranean calcareous soil. *Agric. Ecosys. Envir.*, 2008, 125, 48-56.

[18] Owczarzak W.: Struktura gleb mineralnych Polski – badania modelowe. *Rocz. Akad. Roln. w Poznaniu, Rozp. Naukowe*, 2002, z.328.

[19] Owczarzak W., Dubas A., Mocek A.: Wpływ uproszczeń uprawowych w monokulturze kukurydzy na kształtowanie struktury poziomów wierzchnich gleby. *Inż. Rol.*, 2009, 5 (114).

[20] Owczarzak W., Kaczmarek Z., Szukała J.: Wpływ hydrożelu Stockosorb na wybrane właściwości strukturotwórcze gleby płowej i czarnej ziemi. *J. Res. Appl. Agric. Engng*, 2006, 51(3).

[21] Przybulewska K. Kupiec M., Łysko A., Cyglicki R.: Liczebność i aktywność mikroorganizmów w glebie spod uprawy kukurydzy w dolinie rzeki Dayi na terenie Ghany. *Woda-Srod. Obsz. Wiejskie*, 2010, 10, z. 2(30), 153-158.

[22] Puget P., Angeres D.A., Chenu C.: Nature of carbohydrates associated with water-stable aggregates of two cultivated soils. *Soil. Biol. Biochem.*, 1999, 31, 55-63.

[23] Rząsa. S., Owczarzak W.: Struktura gleb mineralnych. *Wyd. Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego, Poznań*, 2004.

[24] Spaccini R., Piccolo A., Mbagwu J.S.C., Zena Teshale A. Igwe C.A.: Influence of the addition of organic residues on carbohydrate content and structural stability of some highland in Ethiopia. *Soil Use Manage*, 2002, 18, 404-411.

[25] Tołłoczko W., Trawczyńska A., Niewiadomski A.: Zawartość związków próchnicznych w glebach nawożonych preparatem EM. *Rocz. Glebozn.*, 2009, T. 60, 1: 97-102.

[26] Waclawowicz R., Tendziagolska E.: Długotrwałe oddziaływanie nawożenia organicznego i azotowego na wskaźniki struktury roli. *Probl. Inż. Roln.*, 2008, 2.