

INFLUENCE OF INCREASING DOSES OF EM-A PREPARATION ON PROPERTIES OF ARABLE SOILS. Part I. Physical and aqueous properties

Summary

The paper presents results of investigations testing the influence of different doses of effective microorganisms (EM-A preparation) on basic physical and aqueous properties of the topsoil-humus horizons of mineral soils of various texture. The soil material used in the described experiment derived from two arable soils (Luvisols and Phaeozems). Apart from samples, three different doses of the EM-A preparation were added. After 10 weeks of incubation, samples of impaired and intact structure were taken in which, among others, the following parameters were determined: texture, soil density as well as the density of solid phase, total and drainage porosity, filtration coefficient, soil water binding potential as well as potential and effective useful retention. It was found that the applied doses of effective microorganisms altered a majority of the analyzed soil properties. Most frequently, the observed impact was favourable and varied depending on the applied doses. With increasing EM-A doses, soil density was found to decrease at a simultaneous increase of total porosity. Also slight advantageous changes were observed in water capacities determined at upper boundaries of water availability for plants.

WPŁYW WZRATAJĄCYCH DAWEK PREPARATU EM-A NA WŁAŚCIWOŚCI GLEB UPRAWNYCH. Cz. I. Właściwości fizyczne i wodne

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań testujących wpływ zróżnicowanych dawek efektywnych mikroorganizmów (preparat EM-A) na podstawowe właściwości fizyczne i wodne poziomów orno-próchnicznych gleb mineralnych o różnym uziarnieniu. Wykorzystany w doświadczeniu materiał glebowy pochodził z dwóch gleb uprawnych (gleby płowej i czarnej ziemi). Obok próbek zerowych zastosowano dodatek do gleb preparatu EM-A w trzech różnych dawkach. Po 10 tygodniowej inkubacji pobrano próbki o strukturze naruszonej i nienaruszonej, w których oznaczono m.in. skład granulometryczny, gęstość gleby oraz gęstość fazy stałej, porowatość całkowitą i drenażową, współczynnik filtracji, potencjał wiązania wody przez glebę oraz potencjalną i efektywną retencję użyteczną. Stwierdzono, iż zastosowane dawki efektywnych mikroorganizmów zmieniły większość analizowanych właściwości. Zazwyczaj był to wpływ korzystny, zróżnicowany w zależności od zastosowanych dawek. Przy wzrastających dawkach EM-A obniżała się gęstość gleby przy jednoczesnym wzroście porowatości całkowitej. W nieznacznym stopniu korzystnym zmianom uległy pojemności wodne oznaczone przy górnych granicach dostępności wody dla roślin.

1. Wstęp

Rolnictwo stanowi obszar działalności człowieka, gdzie zmiany powodowane przez nią zachodzą bardzo szybko, często w olbrzymiej skali. Uprawiając rolę człowiek wywiera na środowisko silną presję, a jego ekspansja staje się, wraz z rozwojem technologii, coraz bardziej agresywna [21]. Stan taki wynika głównie z konieczności wyżywienia stale powiększającej się populacji ludzkiej [23]. Jednocześnie obserwuje się znaczną degradację życia mikrobiologicznego w glebie, która wynika m.in. ze stosowania monokultur, zbyt wysokiego poziomu nawożenia mineralnego i środków ochrony roślin [5]. Jest to zjawisko wyjątkowo niekorzystne gdyż to właśnie mikroorganizmy odgrywają główną rolę w mineralizacji materii organicznej, udostępnianiu roślinom składników pokarmowych, powstawaniu próchnicy glebowej [14, 18, 24, 25]. Wzrost aktywności mikrobiologicznej pozytywnie wpływa także na stabilność agregatów mineralnych gleb uprawnych [2, 3, 4, 13] poprawiając tym samym ich właściwości fizyczne i wodne.

Jedną z promowanych od około dziesięciu lat koncepcji zakłada, że w procesie odzyskania przez glebę bioróżnorodno-

ści pomóc mogą tzw. efektywne mikroorganizmy (EM) zawarte w preparacie EM-1 [11]. Jest to kompleks kultur pożytecznych mikroorganizmów (bakterii, grzybów i promieniowców) występujących w naturze (niemodyfikowanych genetycznie), pozostających w stanie dynamicznej równowagi, a jednym z najważniejszych jego składników są bakterie fotosyntetyzujące, które współpracując z innymi mikroorganizmami poprawiają warunki wegetacji [1]. Preparat EM-A modyfikuje również właściwości fizyczne i wodne gleb [6, 7].

Celem pracy była próba określenia charakteru i skali tego zjawiska.

2. Obiekt i metodyka badań

Materiał glebowy użyty do założenia doświadczenia inkubacyjnego pochodził z poziomów Ap dwóch mineralnych gleb uprawnych: czarnej ziemi (gleba A) i gleby płowej (gleba B). Gleby te wytworzone były z gliny zwałowej zlodowacenia północnopolskiego i reprezentowały morfogenezę typową dla większości gleb mineralnych występujących w obrębie Nizy Środkowopolskiego [12].

Na bazie pobranego materiału glebowego założono doświadczenie w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych.

Materiał glebowy pobrany z poziomów orno-próchnicznych wytypowanych gleb umieszczono w pojemnikach plastikowych o objętości 7dm³ i (z wyłączeniem próbek zerowych) zaszczepiono trzema różnymi dawkami preparatu EM-A. Ilość dodawanego EM-A odwzorowano z warunków polowych poprzez przeliczenie uwzględniające masę warstwy ornej o określonej gęstości i miąższości 0,2 m, dla technicznie możliwych i ekonomicznie uzasadnionych w warunkach polowych stężeń oprysku. Dawka pierwsza odpowiadała zastosowaniu EM-A w ilości 50 dm³ na hektar, a dawki druga i trzecia były od niej – odpowiednio – dwu- i sześciokrotnie wyższe. Czas inkubacji wynosił 10 tygodni. W tym czasie kontrolowane były takie parametry, jak temperatura gleby oraz temperatura i wilgotność względna powietrza (tab. 1). Wilgotność gleby utrzymywano na poziomie zbliżonym do połowej pojemności wodnej. W celu uniknięcia ubytku dodatków w następstwie odcieku grawitacyjnego, pod pojemnikami umieszczono naczynia zwrotne, z których przedostające się tam drobnoustroje zwracano do pojemników.

Po upływie okresu inkubacji z poszczególnych kombinacji doświadczalnych pobrano próbki o strukturze naruszonej oraz próbki objętościowe ($V=100\text{cm}^3$). W próbkach oznaczono takie właściwości jak: skład granulometryczny – metodą are-

ometryczną [16], gęstość fazy stałej – metodą piknometryczną [22], wilgotność naturalną i higroskopową – grawimetrycznie [12], maksymalną pojemność higroskopową – w komorze podciśnieniowej w obecności nasyconego roztworu K₂SO₄, gęstość gleby – z wykorzystaniem naczynek Nitzsha. Porowatość wyliczono na podstawie oznaczonych gęstości fazy stałej i gęstości gleby [12], współczynnik filtracji – metodą stałego spadku ciśnienia [9], pojemności wodne przy określonych potencjałach wiązania (pF) – metodą Richardsa [8]. Sumę makroporów, zwaną dalej porowatością drenażową, określono jako różnicę pomiędzy porowatością całkowitą a wilgotnością objętościową odpowiadającą połowej pojemności wodnej przy potencjale pF = 2,0. Zdolności retencyjne obliczono na podstawie oznaczonych wartości pF. Zamieszczone w pracy wyniki są wartościami uśrednionymi z pięciu replikacji.

3. Wyniki i dyskusja

Uziarnienie badanych gleb wykazało skład gliny piaszczystej (gleba A) i piasku gliniastego (gleba B) [17] (tab. 2). Gęstość fazy stałej nie odbiegała od wartości tej cechy spotykanych w literaturze dla gleb o podobnej genezie i uziarnieniu (2,59 – gleba A i 2,61 Mg·m⁻³ – gleba B) [12] (tab. 3).

Tab. 1. Warunki doświadczenia

Table 1. Experiment conditions

Temperatura powietrza <i>Air temperature</i> [°C]	Temperatura gleby (0) <i>Soil temperature (0)</i> [°C]	Temperatura gleby (EM) <i>Soil temperature (EM)</i> [°C]	Wilgotność powietrza <i>Relative humidity</i> [%]	Statystyka <i>Statistics</i> $\alpha = 0,05$
21,8	19,9	20,6	61,9	średnia/mean
0,90	0,80	1,10	2,10	odch.st./standard deviation
0,0410	0,0395	0,0525	0,0368	wsp. zm./coefficient of variation

Tab. 2. Skład granulometryczny badanych gleb

Table 2. Texture of investigated soils

Gleba <i>Soil</i>	Procentowa zawartość frakcji o średnicy [mm] <i>Percentage content of fraction of diameter [mm]</i>								Podgrupa granulometryczna wg PTG 2008 <i>Texture acc. to PTG 2008</i>
	2-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002	
A	25,77	13,21	12,02	20,00	10,00	5	9	5	gp
B	22,30	12,60	24,10	16,00	12,00	5	5	3	pg

Tab. 3. Podstawowe właściwości fizyczne w poszczególnych kombinacjach doświadczalnych

Table 3. Basic physical properties for individual experimental combinations

Gleba <i>Soil</i>	Kombinacja <i>Combination</i>	Wilgotność <i>Moisture</i>		Gęstość fazy stałej <i>Specific density</i>	Gęstość gleby <i>Bulk density</i>	Porowatość <i>Porosity</i>		Wilgotność higroskopowa <i>Higroscopic water</i>	Maksymalna higroskopijność <i>Maximum hygroscopic water</i>
		[kg·kg ⁻³]	[m ⁻³ ·m ⁻³]			[Mg·m ⁻³]	[Mg·m ⁻³]		
A	0	0,1141	0,1883	2,59	1,65	0,3629	0,1519	0,0173	0,0212
	I	0,1388	0,2068	2,60	1,49	0,4269	0,1703	0,0174	0,0213
	II	0,1422	0,2204	2,59	1,55	0,4015	0,1794	0,0172	0,0210
	III	0,1586	0,2427	2,59	1,53	0,4093	0,1877	0,0173	0,0213
B	0	0,1013	0,1692	2,61	1,67	0,3602	0,1728	0,0104	0,0186
	I	0,1120	0,1702	2,62	1,52	0,4198	0,1984	0,0105	0,0194
	II	0,1321	0,2100	2,61	1,59	0,3908	0,1787	0,0103	0,0179
	III	0,1295	0,2033	2,61	1,57	0,3985	0,1971	0,0105	0,0197

W przypadku obu gleb stwierdzono niewielki wzrost gęstości fazy stałej w kombinacjach z pierwszą dawką EM-A, jednakże zmiany te wynikały raczej wyłącznie ze złożoności tej cechy (zróżnicowanie w obrębie składu mineralogicznego fazy stałej), a nie z wpływu preparatu. Stwierdzono natomiast wyraźny wpływ efektywnych mikroorganizmów na wartości gęstości gleb oraz na ich porowatość (tab. 3). W obu glebach najskuteczniejsza okazała się tu pierwsza dawka EM-A. W glebie A spowodowała ona spadek gęstości o $0,16 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ przy jednoczesnym wzroście porowatości o $0,064 \text{ m}^{-3}\cdot\text{m}^{-3}$; w glebie B spadek gęstości o $0,15 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$, przy wzroście P_c o $0,0596 \text{ m}^{-3}\cdot\text{m}^{-3}$. Dawka druga i trzecia również powodowały poprawę wymienionych parametrów, lecz w znacznie mniejszym stopniu. Na podobny efekt zwracają także uwagę inni autorzy [6, 7, 15]. Oceniając praktyczny wpływ efektywnych mikroorganizmów na gęstość objętościową i porowatość można stwierdzić, iż stosowanie najniższej z wymienionych dawek EM-A jest z agrotechnicznego punktu widzenia najbardziej korzystne, a jej zwiększanie nie przynosi już pożądanego efektu w postaci dalszej poprawy. Dodatek efektywnych mikroorganizmów w niewielkim stopniu wpłynął również na porowatość drenażową gleb. W glebie A, charakteryzującej się cięższym składem granulometrycznym, zaobserwowano stopniowy wzrost porowatości drenażowej wraz ze wzrostem udziału EM-A (tab. 3). Przy dawce najwyższej parametr ten wzrósł o $0,0358 \text{ m}^{-3}\cdot\text{m}^{-3}$. W przypadku gleby B również uzyskano wartości wyższe od zerówki, lecz nie była to zmiana ściśle związana ze wzrastającą dawką efektywnych mikroorganizmów. Najwyższą porowatość drenażową stwierdzono tu przy zastosowaniu dawki pierwszej (wzrost o $0,0256 \text{ m}^{-3}\cdot\text{m}^{-3}$). Zmiany takie, szczególnie w glebie o cięższym składzie granulometrycznym, mogą korzystnie poprawiać jej naturalny drenaż. Opisane tendencje zmian porowatości drenażowej znajdują częściowe potwierdzenie również we wcześniejszych badaniach [6, 7].

Dodatek efektywnych mikroorganizmów wpłynął również na wilgotność aktualną gleb. Przy wszystkich dodatkach była ona znacznie wyższa od stwierdzonej w próbkach kontrolnych, a jej wartości wzrastały wraz ze wzrostem dawek EM-A. Szczególnie widoczne było to w przypadku gleby o cięższym składzie granulometrycznym (A), gdzie wilgotność objętościowa przy dawce trzeciej podniosła się aż o $0,0544 \text{ m}^{-3}\cdot\text{m}^{-3}$. W glebie B wzrost ten był nieco niższy i wyniósł $0,341 \text{ m}^{-3}\cdot\text{m}^{-3}$. Nadal jednak należy ocenić go jako znaczny (tab. 3). Podobnych obserwacji dokonali także Kaczmarek i in. [6].

Zawartość wody higroskopowej i maksymalna pojemność higroskopowa w badanych glebach były charakterystyczne dla uprawnych gleb mineralnych o podobnym uziarnieniu i zawartości węgla organicznego (tab. 3). Analizując uzyskane w poszczególnych kombinacjach wyniki stwierdzono jedynie niewielkie wahania tych wartości. Wydaje się, że z dużym prawdopodobieństwem można wnioskować, iż nie są one wynikiem oddziaływania efektywnych mikroorganizmów, a wynikać raczej mogą z naturalnej zmienności właściwości gleb.

Pozytywne oddziaływanie mikroorganizmów zauważono także, w bardzo ważnym z punktu widzenia agrotechniki i agronomii, obszarze gospodarki wodnej gleb (tab. 4). Maksymalna pojemność wodna (MPW) była w analizowanych glebach zbliżona do porowatości całkowitej, przyjmując wielkości o kilka procent niższe. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że dodatek efektywnych mikroorganizmów powodował wzrost wartości tej właściwości. W obu glebach najniższą maksymalną pojemnością wodną charakteryzowały się próbki zerowe, a najwyższą kombinacje zaszczerpione pierwszą dawką efektywnych mikroorganizmów. Dla gleby A wartości te wynosiły odpowiednio $0,3222$ i $0,3895 \text{ m}^{-3}\cdot\text{m}^{-3}$; dla gleby B: $0,3328$ i $0,3801 \text{ m}^{-3}\cdot\text{m}^{-3}$. Zwiększanie dawek nie powodowało wzrostu MPW. Nadal były to jednak wartości wyższe, niż uzyskane w próbkach kontrolnych. Z agronomicznego punktu widzenia niezwykle ważną właściwością jest połowa pojemności wodna (PPW), ponieważ określa ona górną granicę wody dostępnej dla roślin. Również w przypadku tej cechy wystąpił pozytywny wpływ efektywnych mikroorganizmów. Podobnie jak w przy MPW, połowa pojemności wodna przyjmowała najniższe wartości w kombinacjach kontrolnych, a najwyższe w kombinacjach z pierwszą dawką EM-A. Dla gleby A wartości te wynosiły odpowiednio $0,2110$ i $0,2566 \text{ m}^{-3}\cdot\text{m}^{-3}$, a dla gleby B: $0,1874$ i $0,2214 \text{ m}^{-3}\cdot\text{m}^{-3}$. Analogiczne tendencje wystąpiły także w przypadku zmienności wilgotności przy potencjałach $pF_{2,2}$ i $pF_{2,5}$. Uwagę zwraca fakt, że różnice pomiędzy wartościami wilgotności stwierdzone przy tych potencjałach a wilgotnością przy $pF_{2,0}$ - w stosunku do zerówek - wzrastały w kombinacjach z dodatkami EM-A. Efektem tych zmian był wzrost zawartości wody łatwo dostępnej dla roślin. Zauważono także wpływ efektywnych mikroorganizmów na wilgotność przy dolnych granicach wody dostępnej dla roślin, a więc przy potencjale $pF_{3,7}$ i $pF_{4,2}$. Zarówno w glebie A, jak i B dodatek preparatu EM-A spowodował wzrost wilgotności przy tych potencjałach. Potwierdziły się zatem wyniki wcześniejszych badań Kaczmarka i in. [6].

Tab. 4. Potencjały wiązania wody przez glebę oraz potencjalna i efektywna retencja użyteczna
Table 4. Soil water potentials and the potential and total available water

Gleba Soil	Kombinacja Combination	Pojemność wodna przy pF Water capacity at pF [$\text{m}^{-3}\cdot\text{m}^{-3}$]							Potencjalna retencja użyteczna Total available water [$\text{m}^{-3}\cdot\text{m}^{-3}$]	Efektywna retencja użyteczna Readily available water [$\text{m}^{-3}\cdot\text{m}^{-3}$]
		0,0	2,0	2,2	2,5	3,7	4,2	4,5		
A	0	0,3222	0,2110	0,1899	0,1744	0,1088	0,0490	0,0212	0,1620	0,0922
	I	0,3895	0,2566	0,2166	0,1898	0,1177	0,0543	0,0213	0,2023	0,1389
	II	0,3642	0,2221	0,2051	0,1804	0,1122	0,0499	0,0210	0,1722	0,1099
	III	0,3590	0,2216	0,2019	0,1788	0,1104	0,0452	0,0213	0,1764	0,1112
B	0	0,3328	0,1874	0,1744	0,1527	0,0947	0,0321	0,0186	0,1553	0,0827
	I	0,3801	0,2214	0,2001	0,1894	0,1104	0,0499	0,0194	0,1715	0,1110
	II	0,3714	0,2121	0,1984	0,1744	0,1019	0,0411	0,0179	0,1710	0,1102
	III	0,3418	0,2014	0,1877	0,1541	0,0878	0,0401	0,0197	0,1613	0,1036

Na podstawie oznaczonych wartości pojemności wodnych, obliczono istotne - z punktu widzenia praktyki rolniczej - przedziały potencjalnej (PRU) i efektywnej retencji użytecznej (ERU), określające całkowitą ilość wody dostępnej dla roślin oraz wodę łatwo dostępną. Analizując wpływ dodatku preparatu EM-A na te wielkości stwierdzono wyraźną poprawę dostępności wody dla roślin zarówno w zakresie efektywnej, jak i potencjalnej retencji użytecznej. Najniższe wartości tych cech zaobserwowano w próbkach kontrolnych. Najskuteczniej (w przypadku obu gleb) dostępność wody poprawiała pierwsza dawka efektywnych mikroorganizmów (tab. 4).

Korzystne oddziaływanie preparatu EM-A odnotowano również w przypadku wodoprzepuszczalności (tab. 5). Wpływ ten określa zmienność oznaczonych współczynników filtracji (ks). Analizując uzyskane wyniki zauważono, że w glebie o cięższym składzie granulometrycznym (A) dodatek efektywnych mikroorganizmów powodował sukcesywny wzrost wodoprzepuszczalności w stosunku do kontroli. Odmiennie, w glebie B zaobserwowano spadek zdolności filtracyjnych wraz ze wzrastającymi dawkami EM-A. Wzrost współczynnika filtracji w glebie o cięższym składzie i jego spadek w glebie o uziarnieniu lżejszym ma pozytywne znaczenie w odniesieniu do warunków polowych. W praktyce takie zjawisko powoduje szybsze odprowadzenie nadmiaru wód opadowych w glebach ciężkich, a w glebach lekkich może zapobiegać ich przesuszeniu [7].

Tab. 5. Wartość współczynnika filtracji w poszczególnych kombinacjach doświadczalnych

Table 5. Values of the filtration coefficient for individual experience combinations

Gleba <i>Soil</i>	Kombinacja <i>Combination</i>	Współczynnik filtracji <i>Saturated hydraulic conductivity</i> [$\mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]
A	0	17,14
	I	19,02
	II	21,22
	III	23,55
B	0	18,01
	I	16,02
	II	14,11
	III	13,21

4. Podsumowanie

Analiza uzyskanych wyników wykazała, że dodatek preparatu EM-A wyraźnie wpływa na fizyczne i wodne właściwości gleb. Zmienność poszczególnych cech jest zróżnicowana i nie zawsze ściśle związana ze wzrastającymi dawkami preparatu. Zaobserwowano pozytywne oddziaływanie efektywnych mikroorganizmów na gęstość i porowatość gleby. Największy spadek gęstości i związany z tym najwyższy wzrost porowatości zaobserwowano przy zastosowaniu pierwszej, najniższej dawki EM-A. Dodatek efektywnych mikroorganizmów wpłynął także w niewielkim stopniu na porowatość drenażową gleb. W glebie o cięższym składzie, zaobserwowano stopniowy wzrost porowatości drenażowej towarzyszący wzrastającej dawce EM-A, a w przypadku gleby lżejszej- nieregularny wzrost tej cechy. Korzystnym zmianom uległy wielkości pojemności wodnych oznaczone przy górnych granicach dostępności wody dla roślin, co skutkowało zwiększeniem ilości wody łatwo dostępnej dla roślin. Dodatek efektywnych mikroorganizmów wpłynął także na zwiększenie

prędkości filtracji w glebie o cięższym składzie granulometrycznym, a obniżył ją w glebie lekkiej. Zmiany takie mogą mieć pozytywne znaczenie w warunkach polowych. Pewnym zaskoczeniem okazał się brak ścisłej współzależności szybkości filtracji od porowatości drenażowej, co sugeruje, iż na naturalny drenaż miały wpływ także inne czynniki. W zdecydowanej większości przypadków pozytywny wpływ EM-A występował przy zastosowaniu jego dawki pierwszej (najniższej). Stosowanie dawek wielokrotnie wyższych (zalecanych przez producenta) wydaje się być nieuzasadnione – z punktu widzenia poprawy właściwości fizycznych gleb. Wpływ dodatku preparatu EM-A na właściwości fizyczne i wodne gleb okazał się korzystny, a jego wielkość kształtowała się na poziomie kilku procent. Pomimo nieznacznej poprawy wielu parametrów gleby należy oczekiwać, że suma tych pozytywnych oddziaływań może w finalnym efekcie spowodować istotne, korzystne zmiany w warstwie uprawnej gleby.

5. Literatura

- [1] Condor A., Gonzalez P., Larke C.: Effective Microorganisms: Myth or reality? *Rev. peru. Boil.* 14(2): 315-319, 2007.
- [2] Edgerton D.I., Harris J.A., Brich P., Bullock P.: Linear relationship between aggregate stability and microbial biomass in three restored soils. *Soil Biol. Biochem.* Vol. 27, No. 11, ss. 1499-1501, 1995.
- [3] Gupta V.V. S.R., Germida J.J.: Distribution of microbial biomass and its activity in different soil aggregate size classes as affected by cultivation. *Soil Biology & Biochemistry* 20, 777-786, 1988.
- [4] Haynes R. J., Francis G.S.: Changes in microbial biomass C, soil carbohydrate composition and aggregate stability induced by growth of selected crop and forage species under field conditions. *Journal of Soil Science* 44, 665-675, 1993.
- [5] Higga T.: Rewolucja w ochronie naszej planety. Fundacja Rozwój, SGGW, Warszawa, 2003.
- [6] Kaczmarek Z., Owczarzak W., Mrugalska L., Grzelak M.: Wpływ efektywnych mikroorganizmów na wybrane właściwości fizyczne i wodne poziomów orno-próchnicznych gleb mineralnych. *Journal of Res. And Apel. In Agr. Engng.* 52 (3), 73-78, 2007.
- [7] Kaczmarek Z., Jakubus M., Grzelak M., Mrugalska L.: Wpływ dodatków różnych dawek efektywnych mikroorganizmów do poziomów orno-próchnicznych gleb mineralnych na ich właściwości fizyczne i wodne. *Journal of Res. And Apel. In Agr. Engng.* 53 (3), 118-121, 2008.
- [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.* 2nd edn. Agron. Monogr. 9 ASA and SSSA, Madison, Wi., 1986.
- [10] Krygowski B: *Geografia fizyczna Niziny Wielkopolskiej. Cz. I, Geomorfologia*, PTPN, Poznań, 1961.
- [11] Mau F.P.: *Fantastische Erfolge mit Effektiven Mikroorganismen.* In: Haus und Garten, für Pflanzen-Wachstum und Gesundheit. Goldmann Verlag, 2002.
- [12] Mocek A., Drzymała S., Maszner P.: *Geneza, analiza i klasyfikacja gleb.* Wyd. AR Poznań, 2004.

- [13] Molope M.B., Grieve I.C., Page E.R. Contributions by fungi and bacteria to aggregate stability of cultivated soils. *Journal of Soil Science* 38, 71-77, 1987.
- [14] Nielsen M.N., Winding A.: Microorganisms as indicators of soil health. National Environmental Research Institute, Denmark. NERI Technical report No 388, 2002.
- [15] Paschoal A.D., S.K. Homma, M.J.A., Jorge & M.C.S. Nogueira: Effect of EM on Soil properties and Nutrient Cycling in a Citrus Agroecosystem. Third International Conference on Kyusei Nature Farming for a Sustainable Agriculture held in Santa Barbara, California, USA, 284p, 1993.
- [16] Polski Komitet Normalizacyjny: Polska Norma PN-R-04032: Gleby i utwory mineralne. Pobieranie próbek i oznaczanie składu granulometrycznego, Warszawa, ss. 12, 1998.
- [17] PTG: Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych-PTG 2008. *Roczn. Glebozn. PTG*, 60, 2, 5-16, 2009.
- [18] Runowska-Hryńczuk B.: Aktywność biologiczna gleby w różnych systemach uprawy. *Zesz. Naukowe, AR Szczecin*, 74, s. 59-63, 1999.
- [19] Schneider Z.: Wnioski wynikające z odkrycia, że Efektywne Mikroorganizmy (bądź część szczepów spośród kilkudziesięciu) tworzą dwuwarstwowe kapsuły żelowe, referat, (*mscr*), 2005a.
- [20] Schneider Z.: Postulowana rola kompleksu EM w ulepszeniu gleby oraz w pozyskiwaniu przyswajalnych minerałów dla roślin, referat (*mscr*), 2005b.
- [21] Słowińska-Jurkiewicz A.: Struktura i właściwości wodno-powietrzne gleb wytworzonych z lessów. *Rocz. Nauk Roln., Monografie D*, 218, 1989.
- [22] Soil Conservation Service: Soil Survey laboratory methods manual. Soil Survey. Invest. Raport No. 42. U.S. Dept. Agric., Washington, DC, 1992.
- [23] Turski M., Witkowska-Walczak B.: Fizyczne właściwości gleb pływowych wytworzonych z utworów pyłowych różnej genezy. *Acta Agrophys. Rozprawy i Monografie* (1), 2004.
- [24] Weyman-Kaczmarkowa W.: Dynamika rozkładu materiału roślinnego i rozwój mikroflory w glebach o różnej strukturze mechanicznej. *Mat. Ogóln. Sympozjum. Bydgoszcz-Golub-Dobrzyń*, s. 38-39, 1991.
- [25] Weyman-Kaczmarkowa W., Pędziwik Z.: Humidity conditions and the development of bacteria with different food requirements in soils of contrasting texture. *Polish J. Soil. Sci.*, 29,2, s. 107-112, 1996.