

IMPACT OF EFFECTIVE MICROORGANISMS ON SELECTED PHYSICAL AND AQUEOUS PROPERTIES AND THE STRUCTURE STATE OF THE ARABLE-HUMUS HORIZON OF MINERAL SOILS AT VARYING CONTENT OF ORGANIC MATTER IN THEM.

Part I. Physical and aqueous properties

Summary

The paper presents results of investigations testing the influence of different doses of the microbiological inoculum of effective microorganisms (EM) on basic physical and aqueous properties of arable-humus horizons of mineral soils of varying texture and at varying content of organic matter in them. Soil material was collected from two arable soils (Phaeozems and Luvisols). Pot experiments were established. The organic material was added in the form of muck and 3 doses of EM-A were applied. The determinations comprised, among others: texture composition, soil density, density of solid phase, total and drainage porosity, saturated hydraulic conductivity, soil water-binding potentials and useful potential and effective retention. It was found that different EM-A doses exerted a different impact on soils of varying levels of organic matter and texture. Traits which underwent positive changes included, among others, soil density and porosity as well as water permeability. The impact of EM-A on water capacities and retention capabilities was negligible.

WPLYW EFEKTYWNYCH MIKROORGANIZMÓW NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE I WODNE ORAZ STAN STRUKTURY POZIOMU ORNO-PRÓCHNICZNEGO GLEB MINERALNYCH, PRZY ZRÓŻNICOWANEJ ZAWARTOŚCI W NICH MATERII ORGANICZNEJ.

Część I. Właściwości fizyczne i wodne

Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań testujących wpływ zróżnicowanych dawek mikrobiologicznej szczepionki efektywnych mikroorganizmów (EM) na podstawowe właściwości fizyczne i wodne poziomów orno-próchnicznych gleb mineralnych o odmiennym składzie granulometrycznym, przy różnej zawartości w nich substancji organicznej. Materiał glebowy pobrano z 2 gleb uprawnych (podtyp: czarna ziemia właściwa, gleba płowa typowa). Założono doświadczenie wazonowe. Materię organiczną dodano w postaci murszu. Zastosowano 3 dawki EM-A. W badanych glebach oznaczono m.in.: skład granulometryczny, gęstość gleby, gęstość fazy stałej, porowatość całkowitą i drenażową, współczynnik filtracji, potencjały wiązania wody przez glebę oraz potencjalną i efektywną retencję użyteczną. Stwierdzono, że różne dawki EM-A wpływają odmiennie na gleby o zróżnicowanym poziomie materii organicznej i uziarnieniu. Pozytywnym zmianom ulegają, między innymi, gęstość i porowatość oraz wodoprzepuszczalność gleby. Wpływ EM-A na pojemności wodne oraz zdolności retencyjne jest niewielki.

1. Wstęp

Wpływ mikroflory oraz materii organicznej na właściwości gleby oraz na związane z nimi zdolności żywienia roślin jest dość dobrze znany i udokumentowany [1, 2, 3, 5]. Stosowana od wielu lat szczepionka mikrobiologiczna EM nie jest jednak zbadana, ani przetestowana w zadowalającym merytorycznie stopniu. Wielokrotnie dokonywano prób oceny jej oddziaływania na właściwości fizyczne i wodne gleb [4, 6, 7]. Działania promocyjno-reklamowe producentów sugerują też, że ma ona wpływ na wzrost zawartości substancji organicznej w glebie, choć przeprowadzone przez Tołłoczko i in. [18] badania oparte na doświadczeniu połowym nie potwierdzają tej sugestii. W pracy przedstawiono wyniki badań testujących wpływ EM na wybrane właściwości fizyczne i wodne poziomów orno-próchnicznych dwu gleb mineralnych, przy zróżnicowanej zawartości w nich materii organicznej.

2. Materiał i metodyka badań

W badaniach użyto materiały pochodzące z poziomów orno-próchnicznych dwu gleb uprawnych: gleby płowej ty-

powej (A) i czarnej ziemi właściwej (B) [14], zlokalizowanych na prywatnych gruntach ornych (właściciel: Henryk Bartłomiejczyk, wieś Małachowo, gmina Witkowo, powiat gnieźnieński). Założono doświadczenie statyczne w warunkach laboratoryjnych. Gleby umieszczono w pojemnikach plastikowych ($V=18,5 \text{ dm}^3$). Za wyjątkiem próbek zerowych, dodano do nich materię organiczną w postaci murszu, w trzech różnych dawkach. W murszu oznaczono wilgotność, a zastosowane (w stanie wilgotnym) jego dodatki przeliczono na suchą masę – na podstawie oznaczonych strat prażenia. Ich wysokość ustalono tak, aby podniosły one zawartość węgla organicznego w glebie o około: 0,5; 1,0 i 1,5%. Efektywne Mikroorganizmy dodano w formie EM-A (1 dm^3 koncentratu EM 1 + 1 dm^3 melasy + 18 dm^3 wody; $\text{pH}<4$) [11] w trzech dawkach, odpowiadających wykonanym w warunkach połowych opryskom o stężeniu: 50, 100 i 150 dm^3 EM-A/ha. Preparat EM 1 pochodził z firmy Greenland Technologia EM. Podczas 9-cio miesięcznej inkubacji monitorowano temperaturę gleby, temperaturę powietrza oraz wilgotność względną powietrza (tab. 1). Wilgotność gleby utrzymywana była na poziomie zbliżonym do połowej pojemności wodnej. Z poszczególnych

kombinacji doświadczalnych pobrano próbki o strukturze naruszonej i nienaruszonej, w których oznaczono następujące właściwości: skład granulometryczny – metodą areometryczną [13], gęstość fazy stałej – metodą piknometryczną [16], wilgotność naturalną i higroskopową – grawimetrycznie [12], 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 [12], współczynnik filtracji – metodą stałego spadku ciśnienia [9], pojemności wodne przy określonych potencjałach wiązania (pF) – metodą Richardsa [8]. Sumę makro- i mezoporów, zwaną dalej porowatością drenażową, określono jako różnicę pomiędzy porowatością całkowitą i wilgotnością odpowiadającą polowej pojemności wodnej (oznaczonej przy potencjale – 10 kPa), potencjalną i efektywną retencję użyteczną obliczono na podstawie oznaczonych wartości pF, zawartość Corg – analizatorem Vario-Max. Zamieszczone wyniki są wartościami uśrednionymi z pięciu powtórzeń.

3. Wyniki badań i dyskusja

Materiał glebowy dobrano tak, aby jego uziarnienie było charakterystyczne dla większości gleb uprawnych występujących na Niżu Środkowopolskim [10]. Badane poziomy orno-próchniczne wykazywały skład granulometryczny gliny piaszczystej (gleba A) i piasku gliniastego (gleba B) [15] (tab. 2). Gęstość fazy stałej wynosiła w nich odpowiednio: 2,62 (A) i 2,63 $Mg \cdot m^{-3}$ (tab. 3). Gęstość gleby i, związana z nią ściśle, porowatość wykazały znacznie zróżnicowane wartości, zależne od poziomu materii organicznej oraz od zastosowanej dawki EM-A. W glebie o cięższym składzie granulometrycznym (A) gęstość gleby wahała się w granicach od 1,19 $Mg \cdot m^{-3}$ (M3+ EM3) do 1,61 $Mg \cdot m^{-3}$ („0”). Zgodnie z powszechnie znanymi prawidłowościami jej wartości malały wraz ze wzrostem poziomu Corg. Wzrastające dodatki EM-A do próbki zerowej powodowały obniżenie wartości tej właściwości o około 0,15-0,20 $Mg \cdot m^{-3}$. Przy poszczególnych poziomach zawartości materii organicznej (M1, M2, M3) gęstość spadała wraz ze wzrostem dawki EM-A, najniższe wartości osiągając przy najwyższej

zawartości Corg (od 1,19 do 1,28 $Mg \cdot m^{-3}$). Gęstość gleby o lżejszym składzie granulometrycznym (B) również obniżała się pod wpływem wzrastającego poziomu materii organicznej. Dodatek wzrastających dawek EM-A do próbki zerowej powodował spadek jej wartości o 0,12-0,15 $Mg \cdot m^{-3}$, pomimo tego, iż kolejne dawki szczepionki wywoływały, w tym przedziale, jej niewielki, lecz systematyczny wzrost. Dodatki EM-A do próbek o odmiennej zawartości Corg powodowały utrzymywanie się gęstości na korzystnym niskim poziomie, z wyjątkiem kombinacji o najwyższej zawartości materii organicznej, w której gęstość wzrosła, osiągając wartość wyższą od stwierdzonej w próbce zerowej (M3+ EM2: 1,57 $Mg \cdot m^{-3}$) (tab. 3).

Podobne zależności stwierdzono w przypadku porowatości całkowitej. Właściwość ta w glebie A mieściła się w przedziale od 0,3855 („0”) do 0,5492 $m^3 \cdot m^{-3}$ (M3+EM3), zaś w glebie B od 0,4030 (M3 + EM2) do 0,5462 (M1 +EM2) $m^3 \cdot m^{-3}$. Z jednym wyjątkiem (gleba B, M3+EM2), najwyższe wartości gęstości, przy najniższych porowatościach stwierdzono w obu próbkach zerowych (tab. 3).

W glebie A wilgotność próbki zerowej wynosiła 0,2342 $m^3 \cdot m^{-3}$ i była zdecydowanie niższa od niemal wszystkich wartości tej cechy uzyskanych dla poszczególnych kombinacji (z wyjątkiem EM 3, gdzie wyniosła ona 0,2200 $m^3 \cdot m^{-3}$). Wzrastający poziom materii organicznej powodował wzrost wilgotności, co wywołane było zapewne wzrostem udziału koloidów w mineralnej masie gleby. Dodatek EM-A do próbki zerowej, wraz ze wzrostem jego dawek, skutkowało wilgotnością wyższą w przypadku EM1 i EM2. Przy poszczególnych poziomach zawartości Corg wilgotność była wysoka i wyrównana, z wyjątkiem kombinacji M3+EM3, gdzie jej wartość była o kilka procent niższa, lecz nadal wyższa od kontroli.

W glebie B wilgotność zerówki wynosiła 0,1474 $m^3 \cdot m^{-3}$ i była niższa od wszystkich jej wartości uzyskanych w pozostałych przypadkach. Najbardziej wyraźny wzrost wilgotności obserwowano wraz ze wzrostem zawartości materii organicznej. Dodatki EM-A do próbki zerowej nie powodowały zróżnicowania wilgotności, utrzymując jej wartości na praktycznie niezmiennym poziomie. W obrębie poszczególnych poziomów zawartości Corg wraz ze wzrostem dawki EM-A wilgotność spadała, utrzymując się jednak regularnie na poziomie o kilka procent wyższym od próbki zerowej (tab. 3).

Tab. 1. Warunki doświadczenia

Table 1. Experience conditions

Temp. powietrza /Air temperature [°C]	Temp. gleby (0) /Soil temperature (0) [°C]	Temp. gleby (EM) /Soil temperature [°C]	Wilgotność pow. /Relative humidity [%]	Statystyka /Statistics $\alpha = 0,05$
21,8	19,9	20,6	61,9	średnia /mean
0,93	0,81	1,13	2,17	odch. st. /standard deviation
0,041	0,039	0,052	0,036	wsp.zm. /coefficient of variation

Tab. 2. Skład granulometryczny

Table 2. Texture

Gleba /Soil	Procentowa zawartość frakcji o średnicy: [mm] /Percentage content of fraction of diameter: [mm]									Podgrupa granulometryczna /Texture wg/acc PTG 2008
	2,0-1,0	1,0-0,5	0,50-0,25	0,25-0,10	0,10-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	< 0,002	
A	0,05	3,44	12,72	39,79	14	10	7	6	7	gp
B	1,06	5,62	19,30	39,02	12	8	8	4	3	pg

Tab. 3. Podstawowe właściwości fizyczne w poszczególnych wariantach doświadczalnych
 Table 3. Basic physical properties for individual experience variants

Gleba /Soil	Kombinacja /Combination	Wilgotność naturalna /Moisture [m ³ ·m ⁻³]	Gęstość fazy stałej /Specific density [Mg·m ⁻³]	Gęstość gleby /Bulk density [Mg·m ⁻³]	Porowatość /Porosity [m ³ ·m ⁻³]		Wilgotność higroskopowa /Hygroscopic water [%v/v]	Maksymalna higroskopijność /Maximum hygroscopic water [%v/v]	Materia organiczna /Organic matter [g*kg ⁻¹]
					Całkowita /Total	Drenażowa /Drainage			
A	0	0,2342	2,62	1,61	0,3855	0,0958	1,5547	5,4167	12,2
	M1	0,2597	2,60	1,57	0,3962	0,2295	2,4210	4,6767	12,2
	M2	0,2801	2,58	1,34	0,4806	0,2461	3,5424	6,0426	12,7
	M3	0,2991	2,57	1,28	0,5019	0,2718	3,4647	5,6794	17,7
	EM1	0,2920	2,62	1,36	0,4809	0,1524	2,0271	4,5443	15,8
	EM2	0,2774	2,62	1,45	0,4466	0,2662	1,4991	3,8494	17,8
	EM3	0,2200	2,58	1,38	0,4651	0,1945	3,0221	3,7604	18,2
	M1+EM1	0,2653	2,58	1,49	0,4225	0,2959	1,8638	4,2370	16,5
	M1+EM2	0,2682	2,57	1,45	0,4358	0,1347	2,4878	4,7188	18,2
	M1+EM3	0,2677	2,64	1,28	0,5152	0,2616	2,3660	4,5026	9,9
	M2+EM1	0,2915	2,57	1,41	0,4514	0,0958	3,5858	5,7157	18,5
	M2+EM2	0,2886	2,57	1,31	0,4903	0,1734	2,5767	4,8325	19,0
	M2+EM3	0,2983	2,64	1,23	0,5341	0,2724	2,8548	4,8221	9,7
	M3+EM1	0,2884	2,61	1,28	0,5096	0,1377	3,5824	5,6247	13,3
M3+EM2	0,2952	2,64	1,27	0,5189	0,2424	3,3223	5,3102	9,7	
M3+EM3	0,2412	2,64	1,19	0,5492	0,2336	3,3878	5,2875	10,1	
B	0	0,1474	2,63	1,46	0,4449	0,2877	1,7276	3,9635	11,1
	M1	0,1772	2,61	1,34	0,4866	0,2694	1,6752	4,0475	11,1
	M2	0,2039	2,60	1,32	0,4923	0,3027	1,7276	4,0260	11,6
	M3	0,2432	2,58	1,29	0,5000	0,3254	2,4049	4,4514	16,1
	EM1	0,1506	2,63	1,31	0,5019	0,2983	2,4948	5,1798	14,4
	EM2	0,1501	2,63	1,32	0,4981	0,2803	1,4999	4,1674	16,2
	EM3	0,1506	2,60	1,34	0,4846	0,2772	2,4948	4,8134	16,6
	M1+EM1	0,2322	2,61	1,22	0,5326	0,2694	2,5354	4,6374	15,1
	M1+EM2	0,1713	2,60	1,18	0,5462	0,3027	2,4145	4,7081	16,6
	M1+EM3	0,1674	2,63	1,28	0,5133	0,3254	1,8218	4,1247	9,0
	M2+EM1	0,2370	2,60	1,19	0,5423	0,2284	2,4469	4,5711	16,9
	M2+EM2	0,2254	2,59	1,2	0,5367	0,2767	3,1643	5,4292	17,3
	M2+EM3	0,2209	2,63	1,25	0,5247	0,3390	2,9144	4,8511	8,8
	M3+EM1	0,2062	2,62	1,21	0,5382	0,3342	2,9439	4,8336	12,1
M3+EM2	0,2157	2,63	1,57	0,4030	0,2943	2,6485	4,6388	8,8	
M3+EM3	0,1855	2,63	1,34	0,4905	0,2802	2,7129	4,6058	9,2	

Wilgotność higroskopowa oraz maksymalna higroskopijność, jako właściwości ściśle związane z jakością fazy stałej, wykazywały wartości charakterystyczne dla gleb mineralnych, a ich wielkości były uzależnione od uziarnienia i zawartości węgla organicznego. Nie zaobserwowano wpływu dodatków preparatu EM-A na te parametry (tab. 3).

Współczynnik filtracji uzależniony był głównie od składu granulometrycznego badanych gleb, lecz stwierdzono też jego zmienność wywołaną wpływem poszczególnych dodatków EM-A. W glebie A najniższą prędkość filtracji wykazała próbka zerowa. Wzrastający dodatek materii organicznej do próbki zerowej (M1, M2, M3) powodował zwiększanie się wartości Ks (wraz ze wzrostem porowatości całkowitej) (tab. 3, 5). Dodatki EM-A do próbki zerowej wpływały na znaczny (ponad 100%) wzrost współczynnika filtracji, przy zastosowaniu dawki drugiej i trzeciej. W próbkach o podwyższonej zawartości Corg pierwsza dawka EM-A nie powodowała zmian. Dawki: druga i trzecia podnosiły – we wszystkich przypadkach – wartości Ks kilkakrotnie. W glebie B najwyższą wartość Ks wykazała próbka zerowa. Wraz ze wzrostem poziomu Corg współczynnik filtracji malał (pomimo wzrostu porowatości) (tab. 3, 5). Dodatki EM-A do próbki zerowej znacznie

zmniejszały wartości Ks (około 70-400%). Najbardziej wyrównaną (przy wszystkich dodatkach EM-A), niską prędkość filtracji zaobserwowano przy poziomie Corg – M2. Przy poziomie M3 filtracja była bardziej zróżnicowana, lecz nadal wykazywała wartości znacznie niższe od kontroli (tab. 5). Podobną prawidłowość opisali Kaczmarek i in. [7] oraz Gajewski i in. [4]. Nie można jednak przyjąć jej jako reguły, ponieważ w innej pracy Kaczmarek i in. [6] prezentują tę zależność jako odwrotną.

Przy poszczególnych poziomach zawartości materii organicznej (bez dodatku EM-A) połowa pojemność wodna w glebie A była znacznie (o około 5-10%) mniejsza niż w próbce kontrolnej. W glebie B natomiast utrzymywała się niemal na tym samym poziomie. Dodatki EM-A do próbki zerowej powodowały w glebie lżejszej obniżenie wartości PPW, zaś w glebie cięższej ich znaczny (o 2-6%) wzrost. W kombinacjach o podwyższonej zawartości Corg – w glebie A zaobserwowano: silne zróżnicowanie się PPW dla wariantu M1 (od 18,91 – M1+EM1 do 27,85% – M1+EM2); dla M2 – wartość PPW przy najniższej dawce EM-A zbliżoną do kontroli, malejącą przy dawkach kolejnych; dla M3 – zależność podobną, z wyjątkiem dawki trzeciej. W glebie B dla wszystkich podwyższonych poziomów za-

wartości Corg zanotowano zróżnicowane wartości PPW, wyższe od kontroli, przy czym najkorzystniejszy ich układ wystąpił w wariancie trzecim (M3+EM) (tab. 4).

Przy dolnej granicy dostępności wody dla roślin (pF = 3,7) - dla poszczególnych poziomów materii organicznej (bez dodatku EM-A) – pojemność wodna w glebie A była zróżnicowana, lecz znacznie niższa (o około 9 – 15%) od stwierdzonej dla próbki zerowej. Podobna zależność wystąpiła przy kolejnych dodatkach EM-A do próbki zerowej. Wzrastające dawki EM-A, przy poszczególnych poziomach Corg, wywoływały silne zróżnicowanie się tej pojemności (od 9,82 – M2+EM3 do 16,87% – M2+EM2). Wszystkie uzyskane wyniki były jednak niższe od odpowiedniej wilgotności stwierdzonej dla kontroli. W glebie B, przy zróżnicowanych poziomach materii organicznej (bez dodatku EM-A) oraz przy kolejnych dodatkach EM-A do próbki zerowej, omawiana właściwość utrzymywała się na poziomie zbliżonym lub nieznacznie od niej wyższym. Kolejne dawki EM-A, przy podwyższonych poziomach Corg, powodowały we wszystkich przypadkach jej wzrost. Nie zauważo-

no tu jednak zróżnicowania tego wpływu w zależności od wysokości zaaplikowanej dawki. (tab. 4).

Efektywna retencja użyteczna była charakterystyczna dla gleb mineralnych o podobnych: genezie i uziarnieniu [17, 19]. Jej względne wartości były wysokie. W glebie A przy wzrastających dawkach EM-A do próbki zerowej wartości ERU zwiększały się, a w glebie B obniżały się. Przy poszczególnych poziomach materii organicznej oraz kolejnych dodatkach EM-A uzyskane wartości ERU były silnie zróżnicowane, niemal we wszystkich przypadkach wyższe od kontroli. Nie zaobserwowano wpływu zastosowanych dawek EM-A na ich wielkości. PRU – w obu glebach – wykazała podobne zależności, przyjmując wartości – odpowiednio od kilku do kilkunastu procent wyższe (gleba A: od 2,79 – EM2 do 14,98% - „0”; gleba B: od 2,91 do 4,83% EM1) (tab. 4).

Interesująco kształtował się poziom zawartości węgla organicznego po 9-miesięcznym okresie inkubacji. W pełni uzasadnionym wydaje się systematyczny wzrost jego zawartości wraz ze wzrastającym dodatkiem samego murszu do próbki zerowej (M1, M2, M3).

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 [% v/v]							Potencjalna retencja użyteczna /Total available water [%v/v]	Efektywna retencja użyteczna /Readily avail- able water [%v/v]
		0,0	2,0	2,2	2,5	3,7	4,2	4,5		
A	0	40,20	33,62	33,46	29,23	23,16	8,18	4,36	25,44	10,46
	M1	43,37	23,42	23,26	19,32	9,42	4,49	4,23	18,39	14,00
	M2	50,31	28,70	28,54	22,87	14,33	4,98	3,98	23,72	14,37
	M3	51,09	26,91	26,75	22,16	12,41	6,42	5,08	20,49	14,50
	EM1	37,47	25,23	25,07	20,82	13,06	6,25	4,31	18,98	12,17
	EM2	46,48	22,86	22,70	19,37	8,28	5,49	4,22	17,37	14,58
	EM3	48,46	32,01	31,85	26,15	14,43	6,51	4,98	25,50	17,58
	M1+EM1	45,50	18,91	13,72	13,56	8,68	5,86	4,64	13,05	10,23
	M1+EM2	39,32	27,85	23,86	22,01	15,54	7,01	4,61	20,84	12,31
	M1+EM3	44,96	21,80	21,64	19,06	10,20	5,89	4,15	15,91	11,60
	M2+EM1	40,25	33,40	33,24	28,10	15,31	7,63	5,27	25,77	18,09
	M2+EM2	42,06	27,72	27,56	22,39	16,87	6,62	4,94	21,10	10,85
	M2+EM3	48,22	23,98	23,82	14,53	9,82	5,23	4,06	18,75	14,16
	M3+EM1	43,03	32,26	32,10	28,81	15,51	4,98	3,39	27,28	16,75
M3+EM2	46,68	25,44	25,28	20,27	12,27	5,01	3,29	20,43	13,17	
M3+EM3	49,73	29,37	29,21	23,98	16,74	7,32	4,82	22,05	12,63	
B	0	45,98	17,21	16,96	14,92	9,34	6,41	4,01	10,80	7,87
	M1	47,42	17,59	16,48	14,99	9,88	7,27	5,24	10,32	7,71
	M2	46,08	18,05	16,22	15,21	9,72	6,81	4,22	11,24	8,33
	M3	44,80	17,08	15,80	14,35	9,61	6,36	4,87	10,72	7,47
	EM1	50,18	23,24	22,17	21,17	12,10	7,27	4,10	15,97	11,14
	EM2	52,23	21,96	21,23	16,40	11,65	6,63	4,07	15,33	10,31
	EM3	52,27	19,73	19,21	18,03	11,23	6,81	4,50	12,92	8,50
	M1+EM1	44,49	21,65	20,76	17,82	10,49	6,83	4,69	14,82	11,16
	M1+EM2	46,89	19,22	17,99	16,45	10,66	7,27	4,76	11,95	8,56
	M1+EM3	50,76	16,86	16,35	15,09	10,30	6,36	4,17	10,50	6,56
	M2+EM1	51,77	18,35	17,14	15,75	10,66	5,90	4,62	12,45	7,69
	M2+EM2	48,25	18,82	18,45	16,59	11,22	8,18	5,49	10,64	7,60
	M2+EM3	47,91	19,89	19,00	17,27	11,59	7,27	4,91	12,62	8,30
	M3+EM1	52,32	20,28	19,73	17,11	11,86	7,28	4,89	13,00	8,42
M3+EM2	50,00	20,34	19,74	18,34	11,22	7,26	4,69	13,08	9,12	
M3+EM3	51,11	21,86	21,05	18,73	11,78	7,25	4,66	14,61	10,08	

Tab. 5. Wartości współczynnika filtracji w poszczególnych kombinacjach doświadczalnych

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

Kombinacja /Combination	Współczynnik filtracji /Saturated hydraulic conductivity [$\mu\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	
	Gleba /Soil	
	A	B
0	13,07	119,05
M1	19,60	111,28
M2	26,13	103,10
M3	65,53	86,10
EM1	9,80	80,78
EM2	45,73	25,51
EM3	35,93	51,02
M1+EM1	22,87	73,34
M1+EM2	26,13	62,71
M1+EM3	52,27	26,57
M2+EM1	13,11	46,77
M2+EM2	45,73	47,83
M2+EM3	84,93	41,45
M3+EM1	13,44	79,72
M3+EM2	65,33	59,52
M3+EM3	52,27	56,69

W przypadku obu gleb, również dodatek zwiększających się dawek EM-A do próbki zerowej powodował wzrost zawartości Corg, co spowodowane było zapewne przyrostem masy organicznej namnażających się kultur drobnoustrojów. We wszystkich kombinacjach o podwyższonej zawartości materii organicznej, zaszczipionych poszczególnymi dawkami EM-A, zawartość węgla wzrastała przy pierwszych dwu dawkach i zdecydowanie obniżała się przy zastosowaniu dawki trzeciej, a w przypadku najwyższego poziomu materii efekt ten występował już przy dawce drugiej (tab. 3). Można więc domniemywać, że przy tych dawkach szczepionki, wysokie zagęszczenie namnażających się mikroorganizmów powodowało ubytek tego miogenu.

4. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonego doświadczenia stwierdzono, iż dodatek szczepionki efektywnych mikroorganizmów wpływał korzystnie na większość analizowanych właściwości fizycznych i wodnych badanych gleb. Zaobserwowano też różną dynamikę działania preparatu przy wzrastającej zawartości w glebie materii organicznej. Najczęściej dodatek EM-A powodował spadek gęstości gleby, przy jednoczesnym wzroście jej porowatości. W glebie o lżejszym składzie granulometrycznym obniżał jej wodoprzepuszczalność, zaś w glebie cięższej powodował wzrost prędkości filtracji. W glebie wykazującej w poziomie Ap uziarnienie gliny piaszczystej zmiany takie należy uznać za korzystne, ponieważ ułatwiają one odprowadzenie nadmiaru wód opadowych, stagnujących po ulewnych deszczach oraz wiosennych wód roztopowych. W przypadku gleby lekkiej, taka tendencja zmian wartości Ks jest również pozytywna, ponieważ tak zmieniony układ fazowy gleby ogranicza nadmiernie szybkie przewodzenie poopadowych wód grawitacyjnych, polepszając tym samym stosunki wodno-powietrzne w poziomie orno-próchnicznym. Połowa pojemność wodna, wilgotność przy granicy wody produk-

cyjnej oraz potencjalna i efektywna retencja użyteczna ulegały nieznacznej poprawie lub – rzadziej – pogorszeniu, przy czym wpływ wzrastających dawek EM-A był w ich przypadku słabiej widoczny. Istotnym wydaje się wpływ zastosowanej dawki na zawartość węgla organicznego. Dawki niskie indukowały wzrost jego zawartości, lecz dawka najwyższa powodowała ubytek tego składnika. Opisanie doświadczenie jest obecnie powtarzane i poszerzone zostanie o badania mikrobiologiczne. Na obecnym etapie badań należy natomiast zalecić ostrożność przy ustalaniu dawek oprysku EM-A na glebach o naturalnej, wysokiej próchniczności.

5. Literatura

- [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] 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.
- [3] 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, s. 185-200.
- [4] Gajewski P., Kaczmarek Z., Mrugalska L.: Wpływ wzrastających dawek preparatu EM-A na właściwości gleb. Cz. I. Właściwości fizyczne i wodne. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2010, Vol. 55(3), s. 75-80.
- [5] Gonet S.S., Mazurkiewicz M. (praca zbiorowa): Rola materii organicznej w środowisku. *Pol. Tow. Subst. Hum. Wrocław*, 2007, 152 ss.
- [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 Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2007, Vol. 52 (3), s. 73-77.
- [7] 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. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2008, Vol. 53 (3), s. 118-122.
- [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] Mau F.P.: *Fantastische Erfolge mit Effektiven Mikroorganismen in Haus und Garten, für Pflanzenwachstum und Gesundheit*. Goldmann Verlag, 2002.
- [12] Mocek A., Drzymała S.: *Geneza, analiza i klasyfikacja gleb*. Poznań: Wyd. UP, 2010.
- [13] Polski Komitet Normalizacyjny: *Polska Norma PN-R-04032: Gleby i utwory mineralne. Pobieranie próbek i oznaczanie składu granulometrycznego*, 1998.
- [14] Polskie Towarzystwo Gleboznawcze: *Systematyka gleb Polski*. *Rocz. Glebozn.*, 1989, PTG 40, 3/4: 45-54.
- [15] Polskie Towarzystwo Gleboznawcze: *Klasyfikacja uziarnienia gleb i gruntów mineralnych – PTG 2008*. *Rocz. Glebozn.*, 2009, 60, 2: 5-16.
- [16] Soil Conservation Service: *Soil Survey laboratory methods manual*. Soil Survey. Invest. Raport No. 42., U. S. Dept. Agric., Washington, DC, 1992.
- [17] Ślusarczyk E.: *Określenie retencji użytecznej gleb mineralnych dla prognozowania i projektowania nawodnień*. *Melioracje Rolne*, 1979, Nr 3: 1-10.
- [18] Tołłoczko W., Trawczyńska A., Niewiadomski A.: *Zawartość związków próchnicznych w glebach nawożonych preparatem EM*. *Rocz. Glebozn.*, 2009, t. 60, nr 1, s. 97-102.
- [19] Zawadzki S.: *Gleboznawstwo*. Warszawa: PWN, 1993.