

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 II. Structure state

Summary

The objective of the performed experiment was to find the answer to the question concerning how the introduction of selected microorganisms (EM-A preparation) would affect structure-forming parameters of arable-humus horizons of two arable soils at different content of organic matter found in them. Following a 9-month long period of incubation in strictly controlled conditions, fifty models of soil aggregates of 1 cm³ volume each were cut out from each experimental combination. Principal physical properties (density, porosity) as well as parameters characterizing soil structure such as: dynamic and static water resistance, secondary aggregation following dynamic and static action of water, capillary capacity of aggregates and their resistance to compression were determined in aggregates. The applied inoculant was found to improve both dynamic and static water resistance and contributed to the increase of secondary aggregates. Improvement of minimal and maximal capillary water capacity was observed. Despite only small improvements of individual parameters, the sum of their beneficial impacts can, in the final result, cause considerable changes in the arable layer space.

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 II. Stan struktury

Streszczenie

Celem przeprowadzonego doświadczenia była odpowiedź na pytanie jak wprowadzenie dodatkowej ilości wyselekcjonowanych mikroorganizmów (tzw. efektywnych mikroorganizmów) wpłynie na kształtowanie się parametrów strukturotwórczych poziomów orno-próchnicznych dwu gleb uprawnych przy zróżnicowanej zawartości w nich materii organicznej. Po upływie 9 miesięcznego okresu inkubacji, w ściśle kontrolowanych warunkach, z każdej kombinacji doświadczalnej wycięto po 50 modeli agregatów glebowych o objętości 1 cm³. Dla tych agregatów oznaczono podstawowe właściwości fizyczne (gęstość, porowatość) oraz parametry charakteryzujące strukturę takie, jak: dynamiczną i statyczną wodoodporność, agregację wtórną po dynamicznym i statycznym działaniu wody, pojemność kapilarną agregatów oraz ich wytrzymałość na ściskanie. Zastosowana szczepionka poprawiła zarówno dynamiczną, jak i statyczną wodoodporność, a także spowodowała wzrost ilości agregatów wtórnych. Odnotowano także poprawę minimalnej i maksymalnej kapilarnej pojemności wodnej.

1. Wstęp

Struktura mineralnych gleb uprawnych jest jednym z najważniejszych czynników kształtujących ich wartość użytkową. Determinuje ona takie właściwości, jak zdolności retencyjne czy odporność na erozję [17]. Kształtowanie korzystnej struktury warstwy ornej gleby jest podstawowym celem szeroko rozumianej agrotechniki [20]. Stosując odpowiednie zabiegi agrotechniczne, polepsza się warunki wodno-powietrzne i penetracyjne gleby, umożliwiając swobodny rozwój systemu korzeniowego, niezbędny nie tylko do właściwego rozwoju roślin, ale również wspomagający tworzenie się agregatów [20]. Zasadnicze zróżnicowanie struktury agregatowej zachodzi w rezultacie stosowania narzędzi uprawowych. Szczególną rolę w kształtowaniu właściwości struktury przypisuje się także mikroorganizmom glebowym i materii organicznej [1, 2, 3, 5, 8, 12, 19, 21]. Te dwie kluczowe właściwości są ze sobą ściśle powiązane. Aktywność drobnoustrojów jest bowiem determinowana przez zawartość w glebie materii organicznej [18], która jest dla nich źródłem energii i pierwiastków biogennych.

Higga [9] zwraca uwagę na degradację życia biologiczne-

go gleby wskutek stosowania monokultur, zbyt wysokiego poziomu nawożenia mineralnego i środków ochrony roślin. Obserwując tendencje rozwoju agrotechniki, zauważalne jest poszukiwanie alternatywnych - dla ekspansywnego rolnictwa konwencjonalnego - metod uprawy roli [11]. Wielu autorów szanse takiego rozwiązania upatruje w technologii EM [9, 2].

Każda gleba w określonych warunkach posiada swoistą dla siebie populację mikroorganizmów [15] Celem niniejszej pracy jest odpowiedź na pytanie jak wprowadzenie wyselekcjonowanych mikroorganizmów (tzw. efektywnych mikroorganizmów) wpływa na kształtowanie się parametrów strukturotwórczych gleb o różnej zawartości materii organicznej.

2. Obiekt i metodyka

Szczegółowy opis złożonego doświadczenia inkubacyjnego zamieszczono w części I pracy. Po upływie okresu inkubacji, z każdej kombinacji doświadczalnej, pobrano próbki glebowe o strukturze nienaruszonej w kształcie walca i objętości 1 cm³ - zwane dalej agregatami. Na modelowanych agregatach glebowych, doprowadzonych do stanu powietrznie su-

czego, specjalistycznymi metodami opracowanymi w Katedrze Gleboznawstwa UP w Poznaniu [20] 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 [14] oznaczono także gęstość i porowatość agregatów.

3. Wyniki i dyskusja

Dodatek efektywnych mikroorganizmów, w znaczącym stopniu kształtował właściwości fizyczne agregatów glebowych (tab. 1). W większości przypadków aplikacja roztworu EM-A spowodowała poprawę właściwości fizycznych – spadek gęstości i wzrost porowatości. Szczególnie wyraźne zmiany zauważono w przypadku gleby A o cięższym składzie granulometrycznym. Analiza „reakcji” gleby A na dodatek efektywnych mikroorganizmów pozwala stwierdzić, że w większości przypadków – przy tej samej wyjściowej zawartości materii organicznej – najlepsze efekty dała trzecia dawka szczepionki. W glebie B - o lżejszym uziarnieniu - odnotowano podobny kierunek zmian. Opisane tendencje zmian gęstości i porowatości znajdują częściowe potwierdzenie we wcześniejszych badaniach. [10, 11, 15].

Pozytywny wpływ efektywnych mikroorganizmów zaobserwowano także w przypadku wytrzymałości agregatów na ściskanie (tab. 2). Największy (nawet dwukrotny) jej wzrost odnotowano po aplikacji trzeciej dawki szczepionki. Dodatek pierwszej i drugiej dawki efektywnych mikroorganizmów nie był równie korzystny, a sporadycznie spowodował pogorszenie się tej cechy wytrzymałościowej. Pozytywny wpływ szczepionki EM-A, na omawianą właściwość, zauważyli także inni autorzy [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 [20]. Kluczowymi czynnikami, które kształtują te cechy – obok składu granulometrycznego – są: zawartość materii organicznej i aktywność mikroorganizmów [1, 13, 20]. Doniesienia wymienionych autorów znajdują częściowe potwierdzenie w wynikach pracy (tab. 2 i tab. 3).

Dodatek efektywnych mikroorganizmów (większości przypadków) korzystnie wpłynął na odporności agregatów na dynamiczne (tab. 2) i statyczne działanie wody (tab. 3). W przypadku obu gleb – najczęściej – największy wzrost wartości tych cech wytrzymałościowych zaobserwowano w kombinacji potraktowanej pierwszą i drugą dawką efektywnych mikroorganizmów. Dalsze zwiększanie dawki nie spowodowało już wzrostu wodoodporności, a niekiedy – w przypadku wodoodporności statycznej – wywoływało znaczny jej spadek. Wyraźnie pozytywny, wpływ efektywnych mikroorganizmów na wodoodporności agregatów glebowych zauważają także inni autorzy [15]. 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 [20].

Bardzo ważną właściwością agregatów glebowych jest ich zdolność do tworzenia agregacji wtórnej pod wpływem dynamicznego i statycznego działania wody. W warunkach korzystnej agregacji wtórnej utrzymuje się nadal względnie duża porowatość gleb.

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

Gleba /Soil	Kombinacja /Combination	Gęstość fazy stałej /Specific density [Mg·m ⁻³]	Gęstość gleby suchej /Bulk density [Mg·m ⁻³]	Porowatość /Porosity [m ³ ·m ⁻³]
A	„0”	2,62	1,55	0,4084
	EM 1	2,62	1,43	0,4542
	EM 2	2,62	1,19	0,5458
	EM 3	2,58	1,48	0,4264
	M I	2,60	1,40	0,4615
	M II	2,58	1,33	0,4845
	M III	2,57	1,25	0,5136
	EM 1 + M I	2,58	1,38	0,4651
	EM 2 + M I	2,57	1,36	0,4708
	EM 3 + M I	2,64	1,33	0,4962
	EM 1 + M II	2,57	1,46	0,4319
	EM 2 + M II	2,57	1,39	0,4591
	EM 3 + M II	2,64	1,31	0,5038
	EM 1 + M III	2,61	1,33	0,4904
EM 2 + M III	2,64	1,39	0,4735	
EM 3 + M III	2,64	1,25	0,5265	
B	„0”	2,63	1,62	0,3840
	EM 1	2,63	1,50	0,4297
	EM 2	2,63	1,25	0,5247
	EM 3	2,60	1,55	0,4038
	M I	2,61	1,49	0,4291
	M II	2,60	1,40	0,4615
	M III	2,59	1,31	0,4942
	M I + EM 1	2,61	1,47	0,4368
	M I + EM 2	2,60	1,53	0,4115
	M I + EM 3	2,63	1,40	0,4677
	M II + EM 1	2,60	1,40	0,4615
	M II + EM 2	2,59	1,46	0,4363
	M II + EM 3	2,63	1,46	0,4449
	M III + EM 1	2,62	1,43	0,4542
M III + EM 2	2,63	1,38	0,4753	
M III + EM 3	2,63	1,31	0,5019	

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, 6, 7, 12]. Rezultaty przeprowadzonego doświadczenia potwierdzają te doniesienia (tab. 2, tab. 3).

W literaturze brakuje jednak badań oceniających wpływ zróżnicowanych dawek efektywnych mikroorganizmów na stan struktury gleb o różnej zawartości materii organicznej.

Uzyskane wyniki wykazały, że dodatek efektywnych mikroorganizmów spowodował – w większości przypadków - wzrost agregacji wtórnej. Jego wielkość była zróżnicowana - w przedziale od około 1 do 8%. Najczęściej największy przyrost agregacji wtórnej stwierdzono w kombinacjach o naturalnej (najniższej) zawartości materii organicznej. W wariantach o zwiększonym poziomie Corg zanotowany wzrost był wyraźnie niższy. Uzyskane wyniki wskazują na zasadność stosowania szczepionki EM-A – szczególnie do gleb o niskiej zawartości materii organicznej. Rozpatrując wpływ poszczególnych dawek EM-A można było stwierdzić, że w przypadku gleby A najbardziej zasadne jest stosowanie dawki trzeciej, a w glebie B dawki drugiej.

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

Gleba /Soil	Kombinacja /Combination	Wytrzyma- łość na ścis- kanie /Compressive strength Rc [MPa]	Wodoodpor- ność dynamiczna /Dynamic wa- ter resistance DW [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	
A	„0”	0,23	1,26	0,00	0,00	1,80	2,85	7,18	21,48	33,31
	EM 1	0,17	1,65	0,00	0,00	0,00	3,19	9,31	21,70	34,20
	EM 2	0,20	1,37	0,00	1,64	0,00	4,78	8,88	19,55	34,85
	EM 3	0,31	1,33	0,00	0,00	0,13	3,64	12,47	19,17	35,41
	M I	0,25	1,35	0,00	0,00	1,63	3,55	8,73	20,43	34,34
	M II	0,23	1,32	0,00	0,00	0,15	3,29	10,60	21,34	35,38
	M III	0,20	1,30	0,00	0,00	0,29	3,40	11,76	19,97	35,42
	M I + EM 1	0,33	1,30	0,00	0,96	0,28	3,42	13,15	21,94	39,75
	M I + EM 2	0,20	1,58	0,00	0,00	0,26	3,71	10,12	22,04	36,13
	M I + EM 3	0,39	1,31	0,00	0,00	3,58	4,30	11,12	21,70	40,70
	M II + EM 1	0,25	1,51	0,00	0,00	0,40	4,55	10,42	18,32	33,69
	M II + EM 2	0,31	1,37	0,00	0,00	0,00	3,37	9,28	20,45	33,10
	M II + EM 3	0,44	1,33	0,00	0,00	0,45	4,62	8,94	23,23	37,24
	M III + EM 1	0,27	1,30	0,00	0,00	0,32	3,19	14,50	26,46	44,47
M III + EM 2	0,31	1,37	0,00	0,00	0,44	4,35	10,71	24,75	40,25	
M III + EM 3	0,48	1,17	0,00	0,00	0,16	3,79	9,88	25,05	38,88	
B	„0”	0,19	1,22	0,00	0,00	0,00	1,90	5,11	22,70	29,71
	EM 1	0,16	1,52	0,00	0,00	0,74	1,69	7,09	25,42	34,94
	EM 2	0,20	1,24	0,00	0,00	0,00	2,71	7,92	25,05	35,68
	EM 3	0,25	1,39	0,00	0,00	0,00	1,67	7,89	24,98	34,54
	M I	0,25	1,21	0,00	0,00	0,00	2,22	9,10	26,74	38,06
	M II	0,15	1,25	0,00	0,00	0,45	2,37	10,39	23,37	36,58
	M III	0,14	1,24	0,00	0,00	0,60	2,52	7,79	25,28	36,19
	M I + EM 1	0,31	1,24	0,00	0,00	1,38	1,91	10,93	22,65	36,87
	M I + EM 2	0,43	1,54	0,00	0,00	0,00	2,28	6,41	30,38	39,07
	M I + EM 3	0,51	1,24	0,00	0,00	0,00	2,09	9,29	25,25	36,63
	M II + EM 1	0,14	1,43	0,00	0,00	1,08	2,23	6,26	29,50	39,07
	M II + EM 2	0,18	1,30	0,00	0,00	0,22	1,85	10,97	24,32	37,36
	M II + EM 3	0,18	1,27	0,00	0,00	0,21	2,69	10,26	23,22	36,38
	M III + EM 1	0,23	1,24	0,00	0,00	0,90	3,69	9,97	22,51	37,07
M III + EM 2	0,23	1,30	0,00	0,00	0,62	2,97	10,48	23,02	37,09	
M III + EM 3	0,24	1,11	0,00	0,00	0,00	2,59	9,82	24,41	36,82	

Kompleksowa charakterystyka wpływu struktury agregatowej na kształtowanie warunków powietrzno-wodnych w glebie, a w szczególności na właściwości wodne agregatów glebowych, wymaga poznania minimalnej i maksymalnej kapilarnej pojemności wodnej [20]. Zdaniem Owczarzak [16] jednym z kluczowych czynników kształtujących te właściwości jest zawartość materii organicznej w glebie. Rezultaty badań potwierdziły tę opinię (tab.4). Agregaty pobrane z kombinacji o zwiększonej zawartości materii organicznej (w stosunku do kontroli) charakteryzowały się zawsze wyższą zarówno minimalną, jak również maksymalną pojemnością wodną. Dodatek efektywnych mikroorganizmów w większości przypadków powodował ich poprawę.

Wpływ ten był nieregularny i nie zawsze skorelowany z wzrastającą dawką szczepionki. Wzrost wymienionych pojemności zawierał się w przedziale – ok. 1-6% (przy kapilarnej minimalnej pojemności wodnej) oraz 2-8% – przy maksymalnej pojemności wodnej (tab. 4). Najbardziej korzystne wydaje się być stosowanie trzeciej dawki EM-A – w przy-

padku gleby A i drugiej dawki – w przypadku gleby B. Korzystne zmiany właściwości wodnych agregatów glebowych po aplikacji szczepionki EM-A zauważa także Mrugałska i in. [15]. Wzrost kapilarnej minimalnej i maksymalnej pojemności wodnej wskazuje na korzystne zmiany w strukturze porów wewnątrz modeli agregatów glebowych.

4. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że dodatek efektywnych mikroorganizmów do badanych gleb korzystnie zmienił właściwości struktury. Efekt ten obserwowano zarówno przy naturalnej, jak również przy podwyższonej zawartości materii organicznej. Uzasadnione wydaje się zatem stosowanie szczepionki EM-A do gleb o różnym poziomie węgla organicznego. Poprawa właściwości struktury była bardzo zróżnicowana, nieregularna i nie zawsze dodatnio skorelowana z dawkami roztworu. Najbardziej korzystna okazała się dawka trzecia – w przy-

padku gleby A i dawka druga w przypadku gleby B. Pomimo, z reguły, nieznacznej poprawy poszczególnych parametrów - suma ich korzystnych oddziaływań może w finalnym efekcie powodować istotne zmiany w przestrzeni warstwy uprawnej gleb, przyczyniając się do poprawy ich właściwości fizycznych. Szczególnie istotny wydaje się wzrost wodoodporności agregatów glebowych oraz wzrost ilości agregatów wtórnych. 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. Z uwagi na to, że najważniejszym czynnikiem determinującym właściwości struktury gleb mineralnych, jak i efekt działania dodatków strukturotwórczych, jest ich uziarnienie, wskazane jest poszerzenie badań o gleby silnie zróżnicowane pod względem składu granulometrycznego. Aktywność mikroorganizmów, a tym samym ich wpływ na parametry struktury, jest determinowana przez zawartość materii organicznej. Zatem próby oceny ich wpływu na właściwości struktury powinny uwzględniać dodatki różnych form materii organicznej.

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

Gleba /Soil	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 [%]
			Frakcje agregatów /Aggregate fractions [mm]						
			>7	7 - 5	5 - 3	3 - 1	1 - 0,5	0,5 - 0,25	
A	„0”	22	0,00	0,00	0,29	4,42	10,24	23,75	38,70
	EM 1	47	0,00	0,00	0,99	2,95	8,87	28,57	41,38
	EM 2	24	0,00	1,62	1,00	4,12	8,60	26,82	42,16
	EM 3	13	0,00	0,00	0,50	2,65	10,20	32,00	45,35
	M I	26	0,00	0,00	0,43	2,46	9,68	28,45	41,02
	M II	20	0,00	0,00	0,74	4,27	10,01	30,47	45,49
	M III	13	0,00	0,00	1,39	5,00	11,66	27,37	45,42
	M I+EM 1	31	0,00	0,00	0,13	3,06	13,15	30,45	46,79
	M I+EM 2	35	0,00	0,00	0,00	3,48	11,38	26,93	41,79
	M I+EM 3	15	0,00	0,00	0,41	2,87	8,91	32,60	44,79
	M II+EM 1	14	0,00	0,00	0,00	4,42	8,59	27,26	40,27
	M II+EM 2	26	2,13	0,00	0,00	3,20	9,08	28,03	42,44
	M II+EM 3	25	0,00	0,00	0,59	3,59	10,60	31,78	46,56
	M III+EM 1	20	0,00	0,00	0,31	3,02	13,57	25,30	42,20
	M III+EM 2	15	0,00	0,00	0,54	4,49	15,40	25,34	45,77
M III+EM 3	33	0,00	0,00	0,31	3,80	12,16	30,99	47,26	
B	„0”	20	0,00	0,00	0,00	1,32	10,48	22,18	33,98
	EM 1	24	0,00	0,00	0,58	1,48	10,07	24,84	36,97
	EM 2	27	0,00	0,00	0,67	1,66	10,40	26,25	38,98
	EM 3	16	0,00	0,00	0,71	2,00	10,98	28,28	41,97
	M I	32	0,00	0,00	0,00	2,76	11,18	28,17	42,11
	M II	21	0,00	0,00	0,71	3,57	12,28	23,76	40,32
	M III	49	0,00	0,00	0,51	2,93	12,84	24,89	41,17
	M I+EM 1	57	0,00	0,00	3,03	2,45	6,88	27,85	40,21
	M I+EM 2	35	0,00	0,00	0,46	2,64	10,49	28,87	42,46
	M I+EM 3	30	0,00	0,00	1,97	2,33	8,03	29,19	41,52
	M II+EM 1	32	0,00	0,00	0,00	2,93	9,15	26,99	39,07
	M II+EM 2	46	0,00	0,00	0,00	2,73	11,27	27,39	41,39
	M II+EM 3	34	0,00	0,00	0,00	2,66	10,64	27,73	41,03
	M III+EM 1	44	0,00	0,00	0,38	2,66	9,50	29,53	42,07
	M III+EM 2	38	0,00	0,00	0,00	3,76	9,14	29,02	41,92
M III+EM 3	9	0,00	0,00	0,00	2,94	11,40	29,84	44,18	

Tab. 4. Kapilarna minimalna (V_{kmin}) i maksymalna ($V_{kmaks.}$) pojemność wodna
Table.4. Minimum (V_{kmin}) and maximum ($V_{kmaks.}$) capillary water capacity

Gleba /Soil	Kombinacja /Combination	Pojemność kapilarna /Capillary capacity [m ³ ·m ⁻³]	
		V_{kmin}	$V_{kmaks.}$
A	„0”	0,3443	0,4988
	EM 1	0,3783	0,4900
	EM 2	0,3498	0,4889
	EM 3	0,4009	0,5141
	M I	0,3592	0,5421
	M II	0,4135	0,5701
	M III	0,4150	0,5247
	EM 1 + M I	0,3652	0,5615
	EM 2 + M I	0,3537	0,5373
	EM 3 + M I	0,3743	0,5830
	EM 1 + M II	0,3861	0,6144
	EM 2 + M II	0,3830	0,4959
	EM 3 + M II	0,3641	0,5008
	EM 1 + M III	0,4093	0,5877
	EM 2 + M III	0,3882	0,6044
EM 3 + M III	0,4189	0,5817	
B	„0”	0,3206	0,4664
	EM 1	0,3818	0,5205
	EM 2	0,3895	0,5491
	EM 3	0,3845	0,5228
	M I	0,3852	0,5648
	M II	0,4058	0,5487
	M III	0,3895	0,5283
	EM 1 + M I	0,3918	0,5473
	EM 2 + M I	0,3514	0,5525
	EM 3 + M I	0,3509	0,5329
	EM 1 + M II	0,3761	0,5494
	EM 2 + M II	0,3998	0,5627
	EM 3 + M II	0,3693	0,5589
	EM 1 + M III	0,3841	0,5537
	EM 2 + M III	0,4028	0,5579
EM 3 + M III	0,4166	0,5577	

5. Literatura

- [1] Abiven S., Menasseri S, Chenu C.: The effects of organic inputs over time on soil aggregate stability- A literature analysis. *Soil Biology & Biochemistry*, 2009, 41, 1-12.
- [2] Alagöz Z., Yilmaz E.: Effects of different sources of organic matter on soil aggregate formation and stability: a laboratory study on a Lithic Rhodoxeralf from Turkey. *Soil Till. Res.*, 2009, 103, 419-424.
- [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] Amezketta E., Soil aggregate stability: a review. *J. of Sustainable Agriculture*, 1999, 14, (2-3), 83-151.
- [5] 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.
- [6] Cox D., Bezdicek 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.
- [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*, 2002, 246, 185-200.
- [8] Gonet S.S., Mazurkiewicz M. (praca zbiorowa): Rola materii organicznej w środowisku. *Pol. Tow. Subst. Hum. Wrocław*, 2007, ss. 152.
- [9] Higa T.: Rewolucja w ochronie naszej planety. *Fundacja Rozwój, SGGW, Warszawa*, 2003.
- [10] 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), s. 118-122.
- [11] 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. 52 (3), s. 73-77.
- [12] Kiem R., Kandeler E.: Stabilization of aggregates by the microbial biomass as affected by soil texture and type. *Applied Soil Ecology*, 1997, 5, 221-230.
- [13] Lynch J.M., Bragg E.: Microorganisms and soil aggregates stability. *Adv. Soil. Sci.*, 1985, 2, 133-171.
- [14] Mocek A., Drzymała S.: Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. *Wyd. UP, Poznań*, 2010, ss. 418.
- [15] Mrugalska L., Owczarzak W., Kaczmarek Z.: Wpływ efektywnych mikroorganizmów na kształtowanie struktury gleb w doświadczeniu inkubacyjnym. *J. Res. Appl. Agric. Engng*, 2009, Vol. 54 (4).
- [16] Owczarzak W.: Struktura gleb mineralnych Polski – badania modelowe. *Rocz. Akad. Roln. w Poznaniu, Rozp. Naukowe*, 2002, z. 328.
- [17] Piccolo A., Mbagwu J.S.C.: Role of hydrophobic components of soil organic matter in soil aggregate stability. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 1999, 63, 1801-1810.
- [18] 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-Środ. Obsz. Wiejskie*, 2010, 10, z.2(30), 153-158.
- [19] Roldan A., Garcia-Orenes F., Lax A. An incubation experiment to determine factors involving aggregation changes in an arid soil receiving urban refuses. *Soil Biol.& Biochem.*, 1994, 26, 1699-1707.
- [20] Rząsa S., Owczarzak W.: Struktura gleb mineralnych. *Wyd. Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego, Poznań*, 2004.
- [21] Villar M.C., Petrikova V., Diaz-Ravina M, Carballas T: Changes in soil microbial biomass and aggregate stability following burning and soil rehabilitation. *Geoderma*, 2004, 122, 73-82.
- [22] Zajączkowski P., Sowiński W.: Jaka gleba taki plon. *Technologia Efektywnych Mikroorganizmów. Biuletyn informacyjny, Greenland, Technologia EM, Puławy*, 2001.