

IMPACT OF ADDITION OF ORGANIC ADDITIVES AND EM-A PREPARATION ON PHYSICAL, CHEMICAL AND STRUCTURAL STATE OF THE ARABLE-HUMUS SOIL HORIZON.

Part III. Structure state

Summary

In the presented study, an attempt was made to assess the influence of the EM-A preparation and different doses of farm-yard manure and straw on structural parameters of mineral soil. A pot experiment was established consisting of 12 combinations of the above-mentioned additives. After a 9-month long incubation period, 1 cm³ volume model aggregates were cut out from individual combinations. The following parameters were determined in these aggregates: dynamic and static water resistance, the state of secondary aggregation following dynamic and static action of water and capillary capacity of aggregate models. The obtained research results revealed a positive impact of the applied organic additives on the examined structural parameters. The observed improvement of secondary aggregation following static and dynamic water action was particularly important. Increased capillary capacities also deserve attention. The impact of the applied EM-A was mostly negative. Beneficial effect of the applied inoculum was negligible and sporadic. The results of the performed experiment corroborated the effectiveness of the positive influence of organic additives on majority of the examined soil structure properties. On the other hand, the application of EM-A together with them appears to be unjustified or even harmful.

Key words: manure, straw, effective microorganisms, structure state.

WPŁYW DODATKÓW ORGANICZNYCH ORAZ PREPARATU EM-A NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE, CHEMICZNE ORAZ NA STAN STRUKTURY POZIOMU ORNO-PRÓCHNICZNEGO GLEBY UPRAWNEJ.

Część III. Stan struktury

Streszczenie

W pracy podjęto próbę oceny wpływu preparatu EM-A oraz różnych dawek obornika i słomy na parametry struktury gleby mineralnej. Założono doświadczenie wazonowe składające się z 12 kombinacji wymienionych wyżej dodatków. Po 9-cio miesięcznej inkubacji z poszczególnych wariantów nawozowych wycięto modele agregatów o objętości 1cm³. Oznaczono w nich takie parametry, jak: dynamiczną i statyczną wodoodporność, stan agregacji wtórnej po dynamicznym i statycznym działaniu wody oraz minimalną i maksymalną pojemność kapilarną. Uzyskane wyniki badań wskazały na pozytywny wpływ dodatków organicznych na testowane parametry struktury. Szczególnie ważną była poprawa agregacji wtórnej po statycznym i dynamicznym działaniu wody. Na uwagę zasługuje także wzrost pojemności kapilarnych. Wpływ EM-A był najczęściej negatywny. Korzystne oddziaływanie szczepionki było niewielkie i sporadyczne. Wyniki przeprowadzonego doświadczenia potwierdziły skuteczność pozytywnego oddziaływania dodatków organicznych na większość badanych właściwości struktur glebowych. Aplikacja wraz z nimi EM-A wydaje się być natomiast nieuzasadnioną, a nawet szkodliwą.

Słowa kluczowe: obornik, słoma, efektywne mikroorganizmy, stan struktury

1. Wstęp

Rolnictwo XXI wieku stawia przed rolnikami nowe wymagania – konieczność produkcji „zdrowej” i „ekologicznej” żywności. Moda na bycie bio nie przemija. Współczesny gospodarz – rolnik „bombardowany” jest nowoczesnymi technologiami, mającymi zapewnić regenerację „zmęczonej” gleby. Pojawiające się na rynku coraz to nowe cudowne rozwiązania mają – według producentów – zapewnić szybką i skuteczną poprawę właściwości gleby oraz związany z nią wzrost plonowania. Jednym z bionawozów jest szczepionka tzw. efektywnych mikroorganizmów opracowana w Japonii przez prof. Teuro Higa [11]. Mimo wieloletniej już obecności na rynku technologia EM ciągle budzi kontrowersje znajdując swoich gorących zwolenników, jak również przeciwników. Ci pierwsi przekonują o zbawienym wpływie szczepionki na właściwości fizyczne, chemiczne i wodne gleb, argumentując to m.in. zwiększoną aktywnością mikrobiologiczną gleby. Grono „EM-sceptyków” przedstawia całkowicie odmienne wnioski. Pojawiają się również głosy o „nie-

fachowości” badań ich naukowych oponentów. Mniej dyskusyjny jest natomiast korzystny wpływ materii organicznej na właściwości fizyczne i parametry struktury gleb mineralnych. Zróżnicowanie „natury chemicznej” aplikowanych do gleb dodatków organicznych skutkuje odmiennym ich wpływem na aktywność mikroorganizmów, a tym samym na właściwości struktury [29]. W literaturze obecne są prace testujące oddziaływanie rozmaitych formy materii organicznej na właściwości struktury. Analizowano wpływ prostych węglowodanów, jak np.: glukozy i sacharozy [16, 27], cukrów złożonych np.: celulozy i skrobi [10, 15], polipeptydów [28], czy też oleju roślinnego i łusek kawy [29, 31]. Wielu autorów analizowało wpływ nawozów naturalnych – obornika [6,34], resztek poźniwnych - słomy [2], a także obu wymienionych suplementów jednocześnie [7]. Współczesny rolnik ma do dyspozycji zarówno „tradycyjne” sposoby poprawy struktury – w postaci np. obornika i słomy, jak również „niepewne” bionawozy – np. szczepionkę EM. Celem pracy była ocena wpływu szczepionki EM oraz różnych dawek obornika i słomy na stan struktury 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 1cm³ - zwane dalej agregatami. Na modelowanych agregatach glebowych, doprowadzonych do stanu powietrznie suchego, specjalistycznymi metodami opracowanymi w Katedrze Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów UP w Poznaniu [25] oznaczono parametry charakteryzujące stan struktury: statyczną i dynamiczną wodoodporność, agregację wtórną oraz kapilarną maksymalną i minimalną pojemność wodną. Metodami powszechnie stosowanymi w gleboznawstwie [19] oznaczono także gęstość i porowatość agregatów oraz zawartość węgla ogólnego analizatorem Vario Max.

3. Rezultaty badań

Jak wspomniano wyżej jedną z czołowych właściwości kształtujących stan struktury jest zawartość materii organicznej. W celu uzupełnienia obrazu przemian zachodzących w glebie, w obrębie badanych kombinacji doświadczalnych, wykonano analizę określającą zawartość w nich węgla ogólnego. Jedną z nowych teorii lansowanych przez producentów szczepionki EM donosi jakoby ich obecność w poziomie orno-próchnicznym powodowała wzrost (nawet kilkukrotny) zawartości materii organicznej. Nie potwierdziły tego np. badania Tołoczki i in. [32] oraz Kaczmarka i in. [14] – przeprowadzone na różnych glebach w warunkach polowych i laboratoryjnych, przy zastosowaniu dodatków materii organicznej do gleby mineralnej w postaci różnych dawek murszu. Przeciwnego zdania są natomiast Valarini i in. [33]. Stwierdzili oni, iż aplikacja efektywnych mikroorganizmów spowodowała wzrost aktywności biologicznej gleby i przyspieszenie humifikacji. W rozpatrywanych w niniejszej pracy kombinacjach doświadczalnych oznaczono więc zawartość węgla na początku (w dniu założenia doświadczenia) oraz na jego końcu (po 9 miesiącach). Przy braku pokrywy roślinnej oraz jakichkolwiek innych źródeł przychodu Corg. oczywistym jest, że w glebie musiała postępować powolna mineralizacja. Poziom węgla ogólnego w zerówce utrzymywał się praktycznie na tym samym poziomie. Dodatek do zerówki EM-A spowodował minimalny wzrost zawartości tego składnika. Dodatki różnych ilości i postaci materii organicznej powodowały spo-

dziewany wzrost zawartości węgla na początku cyklu oraz nieznaczny spadek (o około 1,0 - 2,5 g·kg⁻¹) na jego końcu. W przypadku kombinacji zaaplikowanych EM-A, wystąpiły straty Corg. na wyższym (około 2-4 g·kg⁻¹) poziomie (tab. 1). Ubytek taki może wydawać się niewielkim, lecz w cyklu wieloletnim (szczególnie po przeliczeniu tych wartości na zawartość próchnicy) może on być znaczący. Tołoczko i in [32] stwierdzają, że zastosowanie oprysku EM-A w ilości 2 x 100 l w pierwszym roku założonego przez nich doświadczenia spowodowało obniżenie ilości Corg w poziomie próchnicznym o 7,4 tony. Wspomniani autorzy uważają, że przy połowym stosowaniu EM-A konieczne jest obfite nawożenie organiczne. Do innych wniosków dochodzą natomiast Schenck zu Schweinsberg-Mickan i Müller [26]. W przeprowadzonym przez nich doświadczeniu nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu efektywnych mikroorganizmów na zawartość węgla organicznego. Na podstawie przytoczonych powyżej danych literaturowych trudno jednoznacznie stwierdzić, czy i jak aplikacja efektywnych mikroorganizmów wpłynie na tempo i kierunek transformacji materii organicznej. Najprawdopodobniej jednym z zasadniczych problemów, jaki pojawia się przy próbach aplikacji szczepionek mikrobiologicznych, jest opór jaki stawia naturalny ekosystem – gleba - przed wprowadzanymi sztucznie drobnoustrojami [13]. Podobnego zdania są także Pare i in. [23]. Twierdzą oni, że dodawane do gleby mikroorganizmy często nie wytrzymują konkurencji z naturalnie obecnymi w środowisku glebowym. Gęstość fazy stałej mieściła się w granicach typowych dla gleb mineralnych (tab. 1) [19]. Niewielkie wahania tej cechy wynikały ze różnicowanej zawartości węgla ogólnego. Znacznie wyraźniejsze różnice odnotowano natomiast w przypadku gęstości gleby (agregatów) i kształtowanej przez nią porowatości (tab. 1). Aplikacja słomy, a przede wszystkim obornika spowodowała spadek gęstości i równoczesny wzrost porowatości. Najmniejszą gęstością (1,32 Mg·m⁻³) i największą porowatością (49,81 %) charakteryzowały się agregaty pobrane z kombinacji S+O2+EM. W stosunku do kontroli oznaczało to znaczący - o ponad 8% - wzrost porowatości. Porównując rozkład obu omawianych właściwości w wariantach: obornik vs obornik + EM zauważono, że dodatek EM-ów spowodował niekorzystne zmiany tych cech. W przypadku aplikacji słomy zaobserwowano przeciwną reakcję. Zróżnicowaną „reakcję gleby” na jednoczesną aplikację EM i suplementów materii organicznej zauważono już wcześniej [9].

Tab. 1. Wybrane właściwości fizyczne i zawartość węgla ogólnego
Table.1. Selected physical properties and total carbon content

Kombinacja Combination	Gęstość fazy stałej Specific density [Mg·m ⁻³]	Gęstość gleby suchej Bulk density [Mg·m ⁻³]	Porowatość Porosity [%]	Węgiel ogólny Total carbon	
				[g·kg ⁻¹] ^{/x}	[g·kg ⁻¹] ^{/xx}
"0"	2,64	1,54	41,67	15,20	15,86
EM	2,64	1,55	41,29	15,51	15,48
O1	2,63	1,42	46,01	18,80	16,60
O2	2,62	1,39	46,95	20,01	17,89
S	2,64	1,48	43,94	16,49	15,92
S+EM	2,62	1,40	46,56	16,87	14,26
O1+EM	2,63	1,49	43,35	18,40	16,30
O2+EM	2,63	1,47	44,11	19,12	17,15
S+O1	2,63	1,40	46,77	17,50	15,20
S+O2	2,63	1,37	47,91	18,50	15,84
S+O1+EM	2,62	1,44	45,04	17,25	15,05
S+O2+EM	2,63	1,32	49,81	18,36	15,75

/x początek inkubacji / the beginning of incubation
/xx koniec inkubacji / the end of incubation

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

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

Kombinacja Combination	Wodoodporność dynamiczna Dynamic water resistance DW [$J \cdot 10^{-2}$]	Agregacja wtórna po dynamicznym działaniu wody Secondary aggregation after dynamic 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	
"0"	2,31	0,00	0,00	0,00	3,06	6,12	7,98	17,16
EM	2,67	0,00	0,00	0,00	3,44	5,78	8,11	17,33
O1	2,03	0,00	0,00	0,00	8,54	7,12	11,65	27,31
O2	1,58	0,00	0,00	0,00	2,98	7,92	13,36	24,26
S	1,86	0,00	0,00	0,00	1,97	7,10	8,54	17,61
S+EM	2,96	0,00	0,00	0,00	1,68	5,04	14,09	20,81
O1+EM	2,19	0,00	0,00	0,00	2,65	4,11	19,10	25,86
O2+EM	2,23	0,00	0,00	0,00	1,91	1,63	16,90	20,44
S+O1	1,66	0,00	0,00	0,00	1,91	5,32	15,95	23,18
S+O2	1,50	0,00	0,00	0,00	3,85	7,00	15,51	26,36
S+O1+EM	1,62	0,00	0,00	0,00	2,71	6,82	11,59	21,12
S+O2+EM	1,66	0,00	0,00	0,00	3,04	5,94	16,80	25,78

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 [%]
		Frakcje agregatów / Aggregate fractions [mm]						
		>7	7 - 5	5 - 3	3 - 1	1 - 0,5	0,5-0,25	
"0"	63	0,00	0,00	0,00	3,74	5,89	3,34	12,97
EM	35	0,00	0,00	0,00	1,82	4,98	7,05	13,85
O1	50	0,00	0,00	0,00	3,07	5,87	9,60	18,54
O2	33	0,00	0,00	0,00	2,44	7,46	9,54	19,44
S	60	0,00	0,00	0,00	3,70	5,99	9,18	18,87
S+EM	30	0,00	0,00	0,00	3,08	6,16	6,56	15,80
O1+EM	27	0,00	0,00	0,00	2,43	5,59	9,84	17,86
O2+EM	54	0,00	0,00	0,00	2,05	5,19	7,23	14,47
S+O1	65	0,00	0,00	0,00	2,45	5,72	5,99	14,16
S+O2	26	0,00	0,00	0,00	1,36	5,73	8,86	15,95
S+O1+EM	45	0,00	0,00	0,00	3,67	6,47	3,01	13,15
S+O2+EM	72	0,00	0,00	0,00	1,44	6,36	6,20	14,00

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 [% vv]	
	V_{kmin}	$V_{kmaks.}$
"0"	30,90	39,05
EM	36,20	40,82
O1	33,40	40,23
O2	39,80	50,40
S	33,80	41,80
S+EM	31,40	39,82
O1+EM	31,01	42,40
O2+EM	31,40	48,03
S+O1	35,02	48,40
S+O2	34,05	49,04
S+O1+EM	32,40	43,80
S+O2+EM	33,20	41,78

Bardzo ważnymi parametrami charakteryzującymi strukturę gleby jest jej odporność na dynamiczne i statyczne działanie wody. Wodoodporność dynamiczna charakteryzuje wytrzymałość agregatów na niszczące działanie kropeł deszczu. Kluczowymi czynnikami kształtującymi tą cechę – obok składu granulometrycznego – są zawartość materii organicznej oraz aktywność mikrobiologiczna. Odporność agregatów na niszczący wpływ kropeł deszczu jest szczególnie istotna, gdyż kształtuje podatność gleb na erozję wodną [17]. Wyniki uzyskane w pracy nie potwierdziły jednak korzystnego wpływu dodatków organicznych na tę właściwość (tab. 2). Odporność modelowanych agregatów na działanie kropeł deszczu była bardzo niska. Wahala się w granicach od 1,50 (S+O2) do 2,96 (S+EM) $J \cdot 10^{-2}$. Według klasyfikacji zaproponowanej przez Rząsę i Owczarżaka [25] odpowiada to ekstremalnie małemu i małemu stopniowi wodoodporności. Konfrontując uzyskane wyniki w kombinacjach bez i z dodatkiem EM zauważono korzystny wpływ szczepionki. Był on jednak znikomy. Pozytywny wpływ aplikacji materii organicznej na niszczące działanie kropeł deszczu zauważają natomiast Sort i Alcañiz [30].

Destrukcyjny wpływ wody może przejawiać się również jako działanie statyczne - w wyniku rozmywania i rozpada-
nia się nietrwałych gruzełków glebowych [25]. Także i w
przypadku tej właściwości – w większości kombinacji - nie
zaobserwowano korzystnego wpływu zaaplikowanych do-
datków (tab.3). Znikomy wzrost odnotowano jedynie w wa-
riantach: S+O1 i S+O2+EM. Modele agregatów pobrane z
poszczególnych kombinacji rozpadały się w czasie od 26
(S+O2) do 72 sekund (S+O2+EM) (tab.3). Oznacza to, że
charakteryzowały się ekstremalnie małym i małym stop-
niem wodoodporności [25]. W zestawieniu uzyskanych
wyników w wariantach „dodatek materii organicznej” vs
„dodatek materii organicznej + EM”, korzystne oddziały-
wanie szczepionki odnotowano jedynie w kombinacjach
O2+EM oraz S+O2+EM. Przedstawione wyniki stoją w
sprzeczności z większością doniesień literaturowych. Pare i
in. [23] twierdzą, że wprowadzenie do gleby świeżej mate-
rii organicznej skutkuje zazwyczaj zwiększeniem aktywno-
ści mikrobiologicznej co prowadzi do produkcji czynników
strukturotwórczych takich jak np. strzępek grzybni, lub
produktów mikrobiologicznych takich jak polisacharydy,
czy też tłuszcze. Wielu autorów [2, 5, 29] podkreśla pozy-
tywny wpływ resztek poźniwnych w postaci słomy pszen-
nej. Soonleitner i in [29] oraz Bossuyt i in. [5] szczegól-
ną rolę w zwiększeniu stabilności agregatów przypisują grzy-
bom. W literaturze obecne są również prace donoszące o
wzroście stabilności struktury w rezultacie nawożenia
obornikiem [4, 6, 23]. Zmian takich nie zauważają nato-
miast Roldan i in. [24].

Jak wynika z przytoczonych powyżej danych literatu-
rowych większość autorów, zajmujących się strukturą gleb,
odnotowało korzystny wpływ materii organicznej na tę
właściwość. Jednocześnie wyniki ich badań wskazują na
ogromną złożoność tego problemu. Zwracają na to uwagę
także Abiven i in. [1]. W swej obszernej analizie literatury,
poświęconej opisywanemu zagadnieniu, autorzy zwracają
uwagę, że ocena wpływu poszczególnych form materii or-
ganicznej w różnych badaniach (długo i krótkotermino-
wych, polowych i laboratoryjnych, itd.), często prowadzi do
całkowicie odmiennych wniosków. Niezwykle istotnym
wydaje się być także czas wystąpienia „szczytu” stabilności
agregatów. Okres od aplikacji dodatku do wystąpienia naj-
korzystniejszych właściwości struktury waha się od kilku
dni do kilkunastu miesięcy [1]. Po tym okresie może nastą-
pić „powrót” stabilności agregatów do stanu wyjściowego.
Możliwość taką przewidywał Monnier [20]. Pełna analiza
odporności agregatów glebowych zarówno na dynamiczne,
jak również statyczne działanie wody wymaga określenia
stopnia rozpadu lub rozmycia agregatów „pierwotnych”,
tzn. określenia ilości i jakości powstałych agregatów
„wtórnych” [25]. Niekiedy mniejsza wodoodporność agre-
gatów pierwotnych daje ostatecznie korzystniejszy rozkład
agregatów wtórnych. W warunkach korzystnej agregacji
wtórnej utrzymuje się nadal wysoka porowatość gleb.
Ważny jest nie tylko stopień, lecz także charakter (sposób)
tego rozpadu, czyli procentowa zawartość poszczególnych
frakcji agregatów wtórnych [25]. Analiza uzyskanych wy-
ników ujawniła, że w wyniku dynamicznego działania wo-
dy agregaty pierwotne rozpadły się dając agregację frag-
mentaryczną w przedziałach wielkości: 3-1 mm, 1-0,5 mm,
0,5-0,25 mm. Nie powstały natomiast agregaty wtórne o
wielkości powyżej 3 mm (tab. 2).

Powyższa prawidłowość dotyczy wszystkich analizowa-
nych kombinacji. Najczęściej największą procentową

zawartość (7,98-19,10%) wykazywała frakcja 0,25-0,5 mm.
Mniej (1,63-7,92%) powstało agregatów o wymiarach 0,5-
1,0 mm. Podobnym udziałem charakteryzowała się frakcja
3-1mm. Suma agregatów >0,25mm wynosiła od 17,16%
(kontrola) do 27,31% (O1). Mniej korzystnie kształtowała
się agregacja wtórna po statycznym działaniu wody. Rów-
nież i w tym przypadku stwierdzono, że agregaty rozpadły
się dając agregację fragmentaryczną w przedziale wielko-
ści: 3-1 mm, 1-0,5 mm, 0,5-0,25 mm (tab. 3). Największym
udziałem (3,01-9,84%) charakteryzowała się frakcja 0,5-
0,25 mm. Mniej powstało agregatów o wymiarach: 1-0,5
mm i 3-1 mm. Sumaryczna ilość agregatów >0,25mm wa-
hała się w zakresie: 12,97% (kontrola) – 19,44% (O2).

Przytoczone powyżej wyniki pozwalają przypuszczać,
że aplikacja zastosowanych dodatków organicznych może
korzystnie kształtować agregację wtórna po niszcącym
działaniu wody. Analogicznych wniosków nie można (w
większości przypadków) odnieść do dodatku EM-A. Po-
dobnie konkludują także inni autorzy [2, 3]. Ciekawych ob-
serwacji dokonali Adesodun i in. [3]. Wspomniani autorzy
analizowali wpływ zróżnicowanych form materii organicz-
nej – m.in. obornika – na stan struktury. Zarówno w kontro-
li, jak również w kombinacjach z dodatkiem materii orga-
nicznej (podobnie jak w niniejszej pracy) zaobserwowano
postępujący w czasie spadek zawartości Corg, przy jedno-
czesnej poprawie rozkładu wielkościowego agregatów
wtórnych. Mbawagu i Picollo [18] twierdzą, że należy go
wiązać bardziej z zawartością kwasów huminowych, niż
bezpośrednio z ilością Corg. Potwierdzeniem prawdziwości
tej teorii wydają się być prace innych autorów donoszące o
nietrwałości „typowych” frakcji strukturotwórczych – poli-
sacharydów [12]. Adesodun i in. [3] konkludują, że „jakieś
inne” frakcje są odpowiedzialne za poprawę struktury.
Wpływ materii organicznej jest więc niejednoznaczny. We-
dług Abiven'a i in [2] w znaczącym stopniu zależy on od
jej podatności na rozkład. Aplikacja form trudno rozkładal-
nych w stosunku do mniej odpornych materiałów, powoduje
mniejsze, aczkolwiek dłużej utrzymujące się korzystne
zmiany. Pełna analiza stanu struktury nie może pominąć jej
właściwości wodnych, a przede wszystkim maksymalnej i
minimalnej kapilarnej pojemności wodnej. Korzystny
wpływ suplementów organicznych na te właściwości za-
uważano we wcześniejszych badaniach [8, 9, 21]. Uzyska-
ne w pracy wyniki częściowo potwierdziły te doniesienia.
Minimalna pojemność kapilarna wahała się od 30,90 (kon-
trola) do 39,80 (O2) %vv. W tych samych kombinacjach
odnotowano najmniejszą – 39,05%vv i największą
50,40%vv maksymalną pojemność kapilarną (tab. 4).

Te korzystne zmiany najprawdopodobniej należy wią-
zać z równoczesnym wzrostem porowatości. W kombina-
cjach: O2, O2+EM, S+O1, S+O2 maksymalna pojemność
kapilarna była większa od pierwotnej porowatości całkowi-
tej. Oznacza to, że modele agregatów zwiększyły swoją ob-
jętość początkową o różnicę pomiędzy objętością wody pochłoniętej,
a początkową objętością porów. Podobnych obserwacji po
zastosowaniu polimerów żelowych dokonali Owczarzak i in. [22].
Aplikacja preparatu EM-A najczęściej nie poprawiała pojemności
wodnych. Odmiennych obserwacji dokonali natomiast Valarini i in. [33],
którzy odnotowali wzrost pojemności wodnych po zastosowaniu
szczepionki EM. Korzystne zmiany autorzy związali z przyspie-
szeniem humifikacji świeżej materii organicznej.

4. Podsumowanie

Przeprowadzone doświadczenie potwierdziło korzystny wpływ aplikacji słomy i obornika na większość właściwości struktury gleby mineralnej. Szczególnie ważną była poprawa agregacji wtórnej po statycznym i dynamicznym działaniu wody. Na uwagę zasługuje także wzrost porowatości całkowitej, a wraz z nią pojemności kapilarnych. W niektórych przypadkach następowało nawet spęczenie modeli agregatów. Poprawę większości analizowanych właściwości odnotowano pomimo tego, że w poszczególnych kombinacjach nastąpił spadek zawartości Cog – przypuszczalnie wskutek wzrostu aktywności naturalnych i sztucznie dodanych (EM-A) mikroorganizmów glebowych. Najprawdopodobniej zatem pozytywne zmiany parametrów struktury należy przypisać nie bezpośrednio zawartości materii organicznej, a obecności innych, strukturotwórczych substancji wytwarzanych przez mikroorganizmy, bądź obecnych w zaaplikowanej materii organicznej. Wpływ EM-A był najczęściej negatywny. Korzystne oddziaływanie szczepionki było niewielkie i sporadyczne. Wyniki przeprowadzonego doświadczenia potwierdziły skuteczność pozytywnego oddziaływania dodatków organicznych na większość badanych właściwości struktur glebowych. Aplikacja wraz z nimi EM-A wydaje się być natomiast nieuzasadnioną, a nawet szkodliwą.

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] Abiven S., Menasseri S., Angers D.A., Leterme P.: Dynamics of aggregate stability and biological binding agents during decomposition of organic materials. *European Journal of Soil Science* 58, 239-247, 2007.
- [3] Adesodun J.K., Mbagwu J.S.C., Oti N.: Structural stability and carbohydrate contents of an ultisol under different management systems. *Soil & Tillage Research* 60, 135-142, 2001.
- [4] 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* 76, 125-129, 2001.
- [5] Bossuyt H., Denef K., Six J., Frey S.D., Merckx R., Paustian K.: Influence of microbial populations and residue quality on aggregate stability. *Applied Soil Ecology* 16, 195-208, 2001.
- [6] Celik I., Ortas I., Kilic S.: Effect of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a chromoxerert soil. *Soil and Tillage Research* 78, 59-67, 2004.
- [7] Fortun A., Thomas R., Fortun C.: Effect of bituminous materials on soil aggregation. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 10, 161-168, 1996.
- [8] Gajewski P., Kaczmarek Z., Owczarzak W., Mrugalska 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.* 56(3), 2011.
- [9] Gajewski P., Kaczmarek Z., Owczarzak W., Jakubus M.: Wpływ dodatków osadu i kompostu komunalnego oraz efektywnych mikroorganizmów na wybrane właściwości poziomu orno-próchnicznego gleby mineralnej. Część II. Stan struktury. *J. Res. Appl. Agric. Engng.* 57, 3, 87-90, 2012.
- [10] Griffiths E., Jones D.: Microbial aspects of soil structure I. Relationship between organic amendments, microbial colonization and change in aggregate stability. *Plant Soil* 23, 17-33, 1965.
- [11] Higa T.: Rewolucja w ochronie naszej planety. Fundacja Rozwój SGGW, Warszawa, 2003
- [12] Insam H.: Microorganisms and humus in soils. In: Piccolo A. (Ed). *Humic Substances in Terrestrial Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam, 265-292, 1996.
- [13] Johannes A. van Veen, Leonard S. van Overbeek, Jan D. van Elsas.: Fate and activity of Microorganisms Introduced into Soil. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 61, 2, 121-135, 1997.
- [14] Kaczmarek Z., Gajewski P., Owczarzak W., Mrugalska L.: Wpływ efektywnych mikroorganizmów na wybrane właściwości fizyczne i wodne oraz stan struktury poziomu orno-próchnicznego gleb mineralnych, przy zróżnicowanej w nich zawartości materii organicznej. Cz. I. Właściwości fizyczne i wodne. *J. Res. Appl. Agric. Engng.* 56, 3, 179-183, 2011.
- [15] Liu A., Ma B.L., Bomke A.A.: Effects of cover crops on soil aggregate stability, total organic carbon, and polysaccharides. *Soil Science Society of America Journal* 69, 2041-2048, 2005.
- [16] Martin J.P.: Microorganisms and soil aggregation: II Influence of bacterial polysaccharides on soil structure. *Soil Science* 60, 157-166, 1945.
- [17] Mbagwu J.S.C., Bazzoffi P.: Soil characteristics related to resistance of breakdown of dry soil aggregates by water-drops. *Soil & Tillage Research* 45, 133-145, 1998.
- [18] Mbagwu J.S.C., Piccolo A.: Water-dispersible clay in aggregates of forest and cultivated soils in southern Nigeria in relation to organic matter constituents. In Bergstrom, L. Kirchman H. (Eds.), *Carbon and Nutrient Dynamisc in Natural and Agricultural Ecosystems*. CAB International, Wallingford, UK, 71-83, 1998.
- [19] Mocek A., Drzymala S.: Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. Wyd. UP Poznań, 2010, ss. 418.
- [20] Monnier G.: Action des matières organiques sur la stabilité structurale des sols. Thèse de la faculté des sciences de Paris, 140ss, 1965.
- [21] Mrugalska L., Owczarzak W., Kaczmarek Z.: Wpływ efektywnych mikroorganizmów na kształtowanie struktury gleb w doświadczeniu inkubacyjnym. *J. Res. Appl. Agric. Engng.* 54, 4, 2009.
- [22] Owczarzak W., Kaczmarek Z., Szukała J.: Wpływ hydrożelu Stockosorb na wybrane właściwości strukturotwórcze gleby płowej i czarnej ziemi. *J. Res. Appl. Agric. Engng.* 51, 3, 2006.
- [23] Pare T., Dinel H., Moulin A.P., Townley-Smith L.: Organic matter quality and structural stability of Black Chernozemic soil under different manure and tillage practices. *Geoderma*, 91, 311-326, 1999.
- [24] Roldan A., Albaladejo J., Thornes J.B.: Aggregate stability changes in a semiarid soil after treatment with different organic amendments. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 10, 139-148, 1996.
- [25] Rząsa S., Owczarzak W.: *Struktura gleb mineralnych*. Wyd. Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego, Poznań, 2004.
- [26] Schenck zu Schweinsberg-Mickan M., Müller T.: Impact of effective microorganisms and other biofertilizers on soil microbial characteristics, organic-matter decomposition, and plant growth. *J. Plant. Nutr. Soil. Sci.* 172, 704-712, 2009.
- [27] Schleich - Pietsch S., Wagner U., Anderson T.H.: Changes in composition of polysaccharides and aggregate stability after carbon amendments to different textured soils. *Applied Soil Ecology* 1, 145-154, 1994.
- [28] Skinner F.A.: Rothamsted studies of soil structure. VII. The effects of incubation on soil aggregate stability. *Journal of Soil Science* 30, 473-481, 1979.
- [29] Sonnleitner R., Lorbeer E., Schinner F.: Effect of straw, vegetable oil, and whey on physical and microbiological properties of a chernozem. *Applied Soil Ecology* 22, 195-204, 2003
- [30] Sort X., Alcañiz J.M.: Effects of sewage sludge amendment on soil aggregation. *Land Degrad. Develop.* 10, 3-12, 1999.
- [31] 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 soils in Ethiopia. *Soil Use & Management* 18, 404-411, 2002.
- [32] Tołłoczko W., Trawczyńska A., Niewiadomski A.: Zawartość związków próchnicznych w glebach nawożonych preparatem EM. *Rocz. Glebozn. T.* 60, 1, ss: 97-102, 2009.
- [33] Valarini P. J., Alvarez D., Gascó J.M., Guerrero F., Tokeshi H.: Assessment of soil properties by organic matter and EM- microorganism incorporation. *R. Bras. Ci. Solo*, 27, 519-525, 2003.
- [34] Whalen J.K., Chang C.: Macroaggregate characteristics in cultivated soils after 25 annual manure applications. *Soil Science Society of America Journal* 66, 1637-1647, 2002.