

## WPLYW MĄCZEK MIĘSNO-KOSTNYCH I EFEKTYWNYCH MIKROORGANIZMÓW NA WSKAŹNIKI AGREGACJI GLEBY ŚREDNIEJ\*

ARKADIUSZ STĘPIEŃ<sup>1</sup>, KATARZYNA WOJTKOWIAK<sup>2</sup>, KRZYSZTOF ORZECH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra Systemów Rolniczych, <sup>2</sup>Katedra Podstaw Bezpieczeństwa  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

arkadiusz.stepien@uwm.edu.pl

**Synopsis.** Celem pracy było określenie wpływu mączek mięsno-kostnych stosowanych z dodatkiem lub bez efektywnych mikroorganizmów, w porównaniu z nawożeniem obornikiem, nawozami mineralnymi, brakiem nawożenia lub czarnym ugiem na strukturę i trwałość agregatów glebowych. Badania prowadzono w pięcioletnim zmianowaniu roślin w latach 2005–2009 w Zakładzie Produkcyjno-Doświadczalnym w Bałcynach koło Ostródy. Mączka mięsno-kostna oraz efektywne mikroorganizmy (EM-1) nieznacznie polepszały wskaźniki struktury gleby oceniane na sucho, ale nie spełniły swojej roli w odporności agregatów na działanie wody. Zastosowanie mączki mięsno-kostnej w dawce 1,5 t·ha<sup>-1</sup> z dodatkiem efektywnych mikroorganizmów zmniejszyło wskaźnik zbrzylenia i rozpylenia, a zwiększyło wskaźnik strukturalności. Zastosowane nawożenie NPK wpływało na zwiększenie wskaźnika zbrzylenia, niski udział agregatów pylastych oraz niski wskaźnik strukturalności gleby. Agregaty wodoodporne o największej średnicy oraz ich największy udział stwierdzono w próbach gleby nawożonych nawozami mineralnymi.

**Słowa kluczowe** – *key words*: odpady organiczne – *organic waste*, nawożenie organiczne – *organic fertilization*, wskaźnik strukturalności gleby – *index of soil structure*

### WSTĘP

Racjonalnie stosowane zabiegi agrotechniczne aktywizujące działalność drobnoustrojów stabilizują agregaty glebowe, regulują wskaźniki struktury gleby, a utrzymując je na korzystnym dla roślin poziomie warunkują optymalne plonowanie [Jongmans i in. 2003, Nichols i Toro 2011, Six i in. 2004]. Wśród elementów antropogenicznych znaczącą rolę ma nawożenie zwłaszcza pochodzenia organicznego. Źródłem materii organicznej mogą być wszystkie obumarłe szczątki roślinne i zwierzęce oraz organiczne produkty ich rozkładu [Stępień 2000]. Poza nawozami naturalnymi i organicznymi do gleby wprowadzane mogą być też uboczne produkty pochodzenia zwierzęcego (nawozy niekonwencjonalne) poprawiające właściwości gleby (polepszacze) np. mączki mięsno-kostne [Nogalska i Czapla 2009, Stępień 2011]. Wprowadzenie do gleby biomasy w różnej postaci stanowi optymalne środowisko dla rozwoju mikroorganizmów [Chapin i in. 2000]. Produkty jej biochemicznych przemian zwiększają aktywność biologiczną oraz decydują o korzystnym układzie całego kompleksu właściwości gleby, od których zależy żyzność i produktywność [Jabłoński i Sienkiewicz 1993, Kaniuczak 1994, Kęsik i Błazewicz-Woźniak 2010, Konopiński i in. 2001, Krzywy i in. 1996, Łoginow i in. 1991].

\* Publikacja dofinansowana w ramach projektu MNiSW nr N 310 082 32/3238

We współczesnym rolnictwie przeszkodą dla osiągnięcia powyższych celów może być nieadekwatne do wynikających z progów szkodliwości nadmierne stosowanie środków ochrony roślin, wysokich dawek nawozów mineralnych, także monokulturowa uprawa gatunków. Czynniki te pozbawiają glebę pożytecznych mikroorganizmów [Sangakkara i Higa 2000]. W następstwie, wykorzystanie składników pokarmowych z nawozów jest mało efektywne, plony coraz niższe, a ochrona roślin kosztowna i mało skuteczna. W poszukiwaniu środków zaradczych Teruo Higa z Uniwersytetu Ryukyus w Japonii ustalił kombinację mikroorganizmów występujących w naturalnym środowisku o właściwościach regeneracyjnych. Nazwał je efektywnymi mikroorganizmami (EM) i zaproponował wykorzystanie w ekosystemach rolnych [Higa 1995]. Dzięki bogatemu składowi szczepionka mikrobiologiczna EM może być wykorzystywana do mikrobiologicznego przerobu odpadów i ściętek pochodzenia organicznego [Lübke 1995].

Celem pracy była ocena struktury gleby i trwałości agregatów pod wpływem nawożenia różnymi formami nawozów. Szczególnej analizie poddano wpływ mączki mięsno-kostnej oraz stosowania efektywnych mikroorganizmów z jej udziałem.

## MATERIAŁ I METODY

Prezentowane wyniki badań pochodzą ze ścisłego, statycznego doświadczenia polowego, założonego w układzie losowanych bloków w czterech powtórzeniach w 2005 roku. Eksperyment przeprowadzono w latach 2005–2009 w Zakładzie Produkcji i Doświadczalnym w Bałcynach k. Ostródy (53°36' N, 19°51' E). Ogólna powierzchnia doświadczenia wynosiła 1320 m<sup>2</sup> i podzielona była na 48 poletek (12 sposobów nawożenia). Powierzchnia poletka do siewu wynosiła 30,0 m<sup>2</sup>, zaś do zbioru 24,75 m<sup>2</sup>. Wierchnie poziomy genetyczne na badanym polu wykazują skład granulometryczny piasku gliniastego, natomiast poziomy wmycia o strukturze pryzmatycznej glin lekkich. Glebę zakwalifikowano do klasy IIIa oraz do kompleksu 4 (żytni bardzo dobry).

Badania prowadzono w pięcioletnim zmianowaniu roślin: 2005 r. – pszenica jara, 2006 r. – bobik, 2007 r. – pszenica ozima, 2008 r. – rzepak ozimy i 2009 r. – pszenica jara.

W doświadczeniu zastosowano nawożenie:

a) nawozy mineralne (NPK) – azotowe: pszenica jara (2005 i 2009 r.) – 60 kg N·ha<sup>-1</sup> przed-siewnie, 30 kg N·ha<sup>-1</sup> w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 31–32); bobik – nawożenia azotem mineralnym nie stosowano; pszenica ozima – 30 kg N·ha<sup>-1</sup> przed-siewnie, 30 kg N·ha<sup>-1</sup> w fazie strzelania w źdźbło (BBCH 30–31), 30 kg N·ha<sup>-1</sup> w fazie kłoszenia (BBCH 51–52); rzepak ozimy – 30 kg N·ha<sup>-1</sup> przed-siewnie, 30 kg N·ha<sup>-1</sup> przed ruszeniem vegetacji (BBCH 31), 30 kg N·ha<sup>-1</sup> w fazie pąkowania (BBCH 51). Fosfor i potas wprowadzano do gleby przed-siewnie (tab. 1).

b) obornik stosowano corocznie w ilości 10 t·ha<sup>-1</sup> i przyorywano go, w zależności od rośliny, w zespole upraw przed-siewnych letnio-jesiennych (pod pszenicę ozimą i rzepak ozimy) lub wiosennych (pod pszenicę jarą i bobik).

c) mączka mięsno-kostna (MMK). Do części obiektów z glebą z różnymi dawkami mączki mięsno-kostnej dodawano efektywne mikroorganizmy (tab. 1). Preparat mikrobiologiczny (EM-1), stosowano w uprawie wszystkich roślin w dawce 5 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup> z podziałem na dwie dawki (pierwsza 3 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup> przed siewem i druga 2 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup> przed pierwszą pielęgnacją – bronowaniem). Efektywne mikroorganizmy (EM-1) są opisane w publikacjach Szymańskiego i Petersona [2003] oraz Valariniego i in. [2003]. Coroczną dawkę składników pokarmowych wnoszonych do gleby przedstawia tabela 2.

Badania właściwości fizycznych gleby wykonywano każdego roku w pełni vegetacji roślin – zboża w fazie kłoszenia (BBCH 51–59), bobik (BBCH 61–65) i rzepak ozimy (BBCH 61–65)

Tabela 1. Schemat doświadczenia uwzględniają następujące sposoby nawożenia  
 Table 1. Experiment reflected to the following systems of the fertilization

Obiekt – Object	System nawożenia – System of fertilization
Bez nawożenia <i>Without fertilization</i>	Obiekt kontrolny – bez nawożenia <i>Control – Without fertilization</i>
Czarny ugór <i>Black fallow</i>	Bez nawożenia i okrywy roślinnej <i>Without cover crop and fertilization</i>
NPK	Nawożenie mineralne NPK – <i>Mineral fertilization</i> (N – 90 kg·ha <sup>-1</sup> , P – 31 kg·ha <sup>-1</sup> , K – 83 kg·ha <sup>-1</sup> )
Obornik <i>Farmyard manure</i>	Obornik 10 t·ha <sup>-1</sup> <i>Farmyard manure 10 t·ha<sup>-1</sup></i>
1.0 MMK	Mączka mięsno-kostna - 1,0 t·ha <sup>-1</sup> <i>Meal meat and bone – 1.0 t·ha<sup>-1</sup></i>
1.0 MMK + EM-1	Mączka mięsno-kostna – 1,0 t·ha <sup>-1</sup> + opryskiwanie (EM-1)* <i>Meal meat and bone – 1.0 t·ha<sup>-1</sup> + spraying (EM-1)</i>
1.5 MMK	Mączka mięsno-kostna – 1,5 t·ha <sup>-1</sup> <i>Meal meat and bone – 1.5 t·ha<sup>-1</sup></i>
1.5 MMK + EM-1	Mączka mięsno-kostna – 1,5 t·ha <sup>-1</sup> + opryskiwanie (EM-1) <i>Meal meat and bone – 1.5 t·ha<sup>-1</sup> + spraying (EM-1)</i>
2.0 MMK	Mączka mięsno-kostna – 2,0 t·ha <sup>-1</sup> <i>Meal meat and bone – 2.0 t·ha<sup>-1</sup></i>
2.0 MMK + EM-1	Mączka mięsno-kostna – 2,0 t·ha <sup>-1</sup> + opryskiwanie (EM-1) <i>Meal meat and bone – 2.0 t·ha<sup>-1</sup> + spraying (EM-1)</i>
2.5 MMK	Mączka mięsno-kostna – 2,5 t·ha <sup>-1</sup> <i>Meal meat and bone – 2.5 t·ha<sup>-1</sup></i>
2.5 MMK + EM-1	Mączka mięsno-kostna – 2,5 t·ha <sup>-1</sup> + opryskiwanie (EM-1) <i>Meal meat and bone – 2.5 t·ha<sup>-1</sup> + spraying (EM-1)</i>

(EM-1)\* – efektywne mikroorganizmy – *effective microorganisms*

w fazie kwitnienia. Z powierzchniowych poziomów poletek pobrano próbki glebowe (z głębokości 0–20 cm) w stanie nienaruszonym do pudełek (masa ok. 2,0–2,5 kg) w celu określenia stanu agregacji gleby. Próby w stanie powietrznie suchym przesiewano na sitach o średnicy oczek: 10,0; 7,0; 5,0; 3,0; 1,0; 0,5; 0,25 mm. Uzyskane wyniki z poszczególnych frakcji były podstawą wyliczenia wskaźników: zbrylenia (B) – stosunek agregatów o średnicy > 10,0 mm do udziału o średnicy < 10,0 mm; rozpylenia (S) – stosunek agregatów o średnicy < 0,25 mm do zawartości agregatów o średnicy > 0,25 mm; strukturalności (K) – stosunek agregatów o łącznym udziale frakcji o średnicy 0,25 – 7,0 mm do agregatów o średnicy < 0,25 + > 7,0. Wyliczono także średnią ważoną średnicę agregatu (MWDa). Z przesiewanych na sucho frakcji pobierano po 50 gramów do przesiewania na mokro w separatorze agregatów glebowych metodą

Tabela 2. Dawki składników pokarmowych w nawozach (kg·ha<sup>-1</sup>·rok)Table 2. Doses of nutrients with fertilizers (kg·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>)

Składnik Nutrient	Obiekt – Object*					
	NPK kg·ha <sup>-1</sup>	Obornik FYM 10 t·ha <sup>-1</sup>	MMK 1,0 t·ha <sup>-1</sup>	MMK 1,5 t·ha <sup>-1</sup>	MMK 2,0 t·ha <sup>-1</sup>	MMK 2,5 t·ha <sup>-1</sup>
N**	90,0	51,0	66,5	99,8	133,0	166,3
P	31,0	12,1	39,8	59,7	79,6	99,5
K	83,1	49,0	83,1	83,1	83,1	83,1
Mg	–	8,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Ca	–	34,0	19,0	28,5	38,0	47,5

\* – objaśnienia w tabeli 1 – explanation see table 1

\*\* – bobik w 2006 r. bez nawożenia azotem mineralnym – the faba bean in 2006 without N mineral fertilized

Bakszejewa [Rewut 1980, Mocek i in. 1997]. Uzyskane wartości posłużyły wyliczeniu średniej ważonej średnicy agregatu wodoodpornego (MWDg) obliczonej z procentowego udziału produktów rozpadu powstałych z rozmycia prób glebowych. Wskaźnik wodoodporności (Ws) agregatów glebowych wyliczony dzieląc MWDg/MWDa.

Układ warunków meteorologicznych w latach badań 2005–2009 w porównaniu z wielolecieciem (1961–2000) był zróżnicowany zarówno pod względem warunków termicznych, jak i opadów. Dla pełnego zobrazowania panujących warunków wilgotnościowych w sezonach wegetacyjnych wykonano analizę występowania miesięcy oraz sezonów z niedoborem lub nadmiarem opadów wg. kryterium Kaczorowskiej [1962]. Rok 2009 był jedynym przeciętnym (P) sezonem wegetacyjnym o podobnej ilości opadów do wielolecia (tab. 3). Bardzo suche (BS) okresy wegetacyjne zaobserwowano w 2005 oraz w 2008 roku. O dużej (W) oraz o bardzo dużej (BW) ilości opadów zaliczono sezony wegetacyjne w 2006 oraz 2007 roku.

Tabela 3. Miesiące oraz sezony wegetacyjne z niedoborem lub nadmiarem opadów w latach 2005–2009

Table 3. Months and vegetation seasons deficiency and excess of the precipitation in the years 2005–2009

Rok Year	Miesiąc – Month						Suma – Sum IV–IX
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
2005	S	P	S	P	S	BS	BS
2006	S	BW	P	BS	BW	BW	W
2007	P	W	P	SW	P	P	BW
2008	P	P	BS	S	W	BS	BS
2009	SS	BW	BW	P	BS	BS	P

S – suchy – dry, BS – bardzo suchy – very dry, SS – skrajnie suchy – extremely dry, P – przeciętny – average, W – wilgotny – wet, BW – bardzo wilgotny – very wet, SW – skrajnie wilgotny – extremely wet

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą programu STATISTICA 9.0 firmy Statsoft. Zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji, która była zgodna z modelem matematycznym układu doświadczenia – losowanych bloków. Przeprowadzono analizę wariancji za pomocą testu Tukey’ a przy poziomie istotności przy  $p \leq 0,05$ .

## WYNIKI I DYSKUSJA

Makroagregaty zawierają zazwyczaj więcej materii organicznej i wyższy poziom składników odżywczych, są mniej podatne na erozję i mogą tworzyć większe pory w celu lepszego przenikania wody i napowietrzania niż mikroagregaty [Niewczas i Witkowska-Walczak 2003, Six i in. 2004].

Wskaźnik zbrzylenia gleby (B) w zależności od sposobów nawożenia wahał się w granicach 0,499–0,758 (tab. 4). Wartość największą wyliczono dla obiektu z nawożeniem nawozami mineralnymi (NPK), a wielkości najniższe uzyskano po wprowadzeniu mączki mięsno-kostnej w ilości  $1,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (zarówno w wariancie z EM-1 jak i bez). Zwiększanie dawki mączki mięsno-kostnej na ogół powodowało wzrost zawartości makroagregatów i w rezultacie wskaźnik

Tabela 4. Wpływ systemów nawożenia na wskaźniki jakości struktury (średnie z lat 2005–2009)  
Table 4. The influence of systems of fertilization on of structure quality (means of years 2005–2009)

Obiekt – Object*	Wskaźnik – Index			
	Zbrzylenia (B) Cloddiness (B)	Rozpylenia (S) Pulverisation (S)	Strukturalności (K) Soil structure (K)	MWDa
Bez nawożenia Without fertilization	0,618 a	0,154 a	0,94 a	2,85 a
Czarny ugór Black fallow	0,579 ab	0,146 a	1,03 ab	2,90 ab
NPK	0,758 ab	0,109 a	0,89 a	3,45 bcd
Obornik – FYM	0,564 ab	0,117 a	1,15 ab	3,17 abcd
1.0 MMK	0,684 ab	0,133 a	0,91 a	3,08 abcd
1.0 MMK + EM-1	0,580 ab	0,126 a	1,09 ab	2,88 a
1.5 MMK	0,527 ab	0,142 a	1,13 ab	3,24 abcd
1.5 MMK + EM-1	0,499 a	0,107 a	1,33 b	2,94 abc
2.0 MMK	0,731 ab	0,129 a	0,86 a	3,22 abcd
2.0 MMK + EM-1	0,674 ab	0,114 a	0,98 ab	3,55 cd
2.5 MMK	0,673 ab	0,114 a	0,98 ab	3,63 d
2.5 MMK + EM-1	0,598 ab	0,112 a	1,10 ab	3,34 abcd
Średnio – Mean	0,624	0,125	1,03	3,19

\* – objaśnienia w tabeli 1 – explanation see table 1

MWDa – średnia ważona średnica agregatu – mean weight diameter of aggregates

a,b... grupy jednorodne – homogenous groups

zbylenia osiągnął poziom najwyższy po zastosowaniu mączki w ilości  $2,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (0,731). Dodatek efektywnych mikroorganizmów na ogół ograniczał udział bryłek i brył o średnicy większej niż 10 mm. Wcześniejsze opracowania [Buczyński i in. 2010, Lenart 2008] wykazały, że wysoki udział tych agregatów jest niekorzystny, gdyż zazwyczaj odznaczają się one mniejszą trwałością m.in. na destrukcyjne działanie wody i mechanicznej uprawy roli i pielęgnacji. W przeciwieństwie do wyników uzyskanych przez Buczyńskiego i in. [2010] oraz Waclawowicza i Tendziagolską [2008] w badaniach własnych stwierdzono niski udział części bryłkowatej gleby nawożonej obornikiem.

Wskaźnik rozpylenia (S) nie był istotnie zróżnicowany między obiektami i nie odpowiadał podobnym zależnościom, jak w przypadku zbylenia. Najmniejszą średnią jego wartość wyliczono dla gleby po zastosowaniu mączki mięsno-kostnej z dodatkiem efektywnych mikroorganizmów w ilości  $1,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  oraz nawożenia mineralnego NPK. Dodatek efektywnych mikroorganizmów do mączek zmniejszał rozpylenie gleby od 1,6 do 32,5%.

Wskaźnik struktury gleby (K) osiągnął największą wartość (1,33) po wprowadzeniu do gleby mączki w dawce  $1,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  z dodatkiem EM-1 i był większy o 41,5% w porównaniu z glebą bez nawożenia i o 49,4 % w stosunku do nawożenia nawozami mineralnymi (NPK). Wysoki wskaźnik struktury stwierdzono po zastosowaniu nawożenia obornikiem. Podobnie Suwara [2010] w swoich badaniach potwierdza pozytywne działanie nawożenia obornikiem w porównaniu do nawożenia nawozami mineralnymi lub bez nawożenia na właściwości gleby mierzone wskaźnikiem strukturalności (K).

Średnia ważona średnica agregatu (MWDa) w analizowanej warstwie gleby przyjmowała wartości od 2,85 do 3,63 i była największa w wariancie, gdzie stosowano mączkę mięsno-kostną w dawce  $2,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (113,8% przeciętnej z doświadczenia) (tab. 4). Niewiele niższą wartość, bo tylko o 2,3%, wskaźnik ten osiągnął na poletkach nawożonych  $2,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  MMK z udziałem efektywnych mikroorganizmów (EM). Wprowadzana do gleby sama mączka mięsno-kostna, niezależnie od dawek, bardziej podwyższała średnią ważoną średnicę agregatu niż jej stosowanie łącznie z efektywnymi organizmami. Wyjątkiem było zastosowanie jej w dawce  $2,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Efekt aplikacji mączki mięsno-kostnej i efektywnych mikroorganizmów był zbliżony, jak przy corocznym stosowaniu  $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  obornika. Korzystnie na ten wskaźnik jakości gleby wpłynęło nawożenie mineralne NPK zwiększając jego wartość średnio o 8,2% w stosunku do średniej z doświadczenia.

Nieistotne zróżnicowanie wpływu zastosowanych sposobów nawożenia na trwałość struktury gleby stwierdzono przy wyliczeniu średniej ważonej średnicy agregatu wodoodpornego (MWDg) (tab. 5). Wykazano największą wartość tego wskaźnika pod wpływem nawożenia nawozami mineralnymi. Najmniejszą (nieudowodnioną statystycznie) średnią ważoną średnicę agregatu charakteryzowała się gleba nawożona mączką mięsno-kostną w dawce  $2,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (0,76) oraz  $1,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  (0,78). Zastosowanie efektywnych mikroorganizmów łącznie z mączką mięsno-kostną w niniejszym doświadczeniu nie powodowało większych zmian średniej ważonej średnicy agregatu wodoodpornego gleby.

Współczynnik wodoodporności agregatów glebowych (Ws) był nieznacznie zróżnicowany w zależności od badanych sposobów nawożenia i w większym stopniu zależał od średniej ważonej średnicy agregatu wodoodpornego niż średniej ważonej średnicy agregatu po przesianiu na sucho. Najbardziej wodoodporne agregaty uzyskano w próbach gleby pobranych z poletek nawożonych nawozami mineralnymi (0,429) i był to efekt przede wszystkim dużej bryłkowatości oraz wysokiej średniej ważonej średnicy agregatu wodoodpornego na tym obiekcie. W przeciwieństwie do badań własnych Lenart [2008] oraz Suwara [2010] wskazują najmniejszą wodoodporność agregatów w glebie po zastosowaniu nawozów mineralnych. Mączka mięsno-kostna, zastosowana samodzielnie jak i z efektywnymi mikroorganizmami, spowodowała

Tabela 5. Wpływ systemów nawożenia na wskaźniki wodoodporności agregatów (średnie z lat 2005–2009)

Table 5. The influence of systems of fertilization on water-stability of aggregates (means of years 2005–2009)

Obiekt – <i>Object*</i>	Wskaźnik – <i>Index</i>	
	MWDg	Ws
Bez nawożenia – <i>Without fertilization</i>	1,05 a	0,368 a
Czarny ugór – <i>Black fallow</i>	1,13 a	0,389 a
NPK	1,48 a	0,429 a
Obornik – <i>FYM</i>	1,18 a	0,373 a
1.0 MMK	0,78 a	0,254 a
1.0 MMK + EM-1	0,84 a	0,291 a
1.5 MMK	1,07 a	0,331 a
1.5 MMK + EM-1	0,85 a	0,290 a
2.0 MMK	1,06 a	0,329 a
2.0 MMK + EM-1	0,95 a	0,269 a
2.5 MMK	0,76 a	0,210 a
2.5 MMK + EM-1	1,00 a	0,299 a
Średnio – <i>Mean</i>	1,01	0,319

\* – objaśnienia w tabeli 1 – *explanation see table 1*

MWDg – średnia ważona średnica agregatu wodoodpornego – *mean weight diameter of water stable aggregates*

Ws – wskaźnik wodoodporności agregatów – *water stability of aggregates index*

a .. grupy jednorodne – *homogenous groups*

nieistotne obniżenie wskaźnika wodoodporności agregatu gleby, zarówno w porównaniu do gleby bez nawożenia, nawożonej obornikiem jak i nawozami mineralnymi. Najslabszy efekt strukturotwórczy uzyskano po zastosowaniu mączki mięsno-kostnej w ilości 2,5 t·ha<sup>-1</sup>.

## WNIOSKI

1. Pod wpływem mączki mięsno-kostnej zastosowanej w dawce 1,5 t·ha<sup>-1</sup> z dodatkiem efektywnych mikroorganizmów zmniejszył się wskaźnik zbrylenia i rozpylenia, a zwiększył wskaźnik strukturalności. Zastosowane nawożenie NPK wpływało na zwiększenie wskaźnika zbrylenia, niski udział agregatów pylastych oraz niski wskaźnik strukturalności gleby.
2. Sposoby nawożenia nie zmieniały istotnie średniej ważonej średnicy agregatu. Zaobserwowano tendencję zwiększania tego wskaźnika po zastosowaniu mączek mięsno-kostnych oraz obornika i nawożenia mineralnego w porównaniu do gleby bez nawożenia. Największą jego wartość uzyskano po zastosowaniu mączki mięsno-kostnej w dawce 2,5 t·ha<sup>-1</sup> (bez EM-1).
3. Średnia ważona średnica agregatu wodoodpornego oraz współczynnik wodoodporności agregatów glebowych był nieznacznie zróżnicowany w zależności od badanych sposobów



- nawożenia. Agregaty wodoodporne o największej średnicy oraz ich największy udział uzyskano w próbach gleby nawożonych nawozami mineralnymi.
4. Mączka mięsno-kostna oraz efektywne mikroorganizmy (EM-1) nieznacznie polepszały wskaźniki struktury gleby oceniane na sucho, ale nie spełniły swojej roli w odporności agregatów na działanie wody.

#### PIŚMIENNICTWO

- Buczyński G., Rychcik B., Łachacz A., Sadowski T. 2010. Wpływ systemów uprawy roślin na wskaźniki agregacji gleby średniej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 547: 57–65.
- Chapin F.S., Zavaleta E.S., Eviner V.T., Naylor R.L., Vitousek P.M., Reynolds H. L., Hooper D.U., Lavorel S., Sala O. E., Hobbie S.E., Mack M.C., Diaz S. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405: 234–242.
- Higa T. 1995. Effective Microorganisms, concept and recent advances in technology. *Proceed. Conf. "Effective Microorganisms for a sustainable agriculture and environment"*. 4th Intern. Conf. Kyusei Nature Farming, Paris-France 19–21 June 1995: 247–248.
- Jabłoński W., Sienkiewicz J. 1993. Wpływ wieloletniego zróżnicowanego nawożenia organiczno-mineralnego na plony i zawartość podstawowych składników pokarmowych w glebie lekkiej. *Zesz. Nauk. AR Kraków* 278, *Sesja Nauk.* 37(2): 139–147.
- Jongmans A.G., Pulleman M.M., Balabane M., Oort F., Marinissen J.C.Y. 2003. Soil structure and characteristic of organic matter in two orchards differing in earthworm activity. *Appl. Soil Ecol.*, 24: 219–232.
- Kaczorowska Z. 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Inst. Geografii PAN Warszawa. Prace Geograf.* 33: ss. 112.
- Kaniuczak J. 1994. The effect of various system of mineral fertilization on the content of available forms of phosphorus, potassium and magnesium in brown soil formed from loess. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 413: 115–124.
- Kęsik T., Błażewicz-Woźniak M. 2010. Indicators of soil aggregation and their changes in conservation tillage for onion. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 9(1): 73–85.
- Konopiński M., Kęsik T., Błażewicz-Woźniak M. 2001. The effect of mulching with intercrop cover plants and zero cultivation on soil humidity and density. *Acta Agrophys.* 45: 105–116.
- Krzywy E., Krupa J., Wołoszyk C. 1996. Wpływ wieloletniego nawożenia organicznego i mineralnego na niektóre wskaźniki żyzności gleby. *Zesz. Nauk AR Szczecin* 172, *Rol.* 62: 259–264.
- Lenart S. 2008. Wpływ sposobu użytkowania gruntów oraz stosowanej agrotechniki na strukturę gruzelkową gleby. *Ochr. Środ. Zas. Nat.* 35/36: 173–179.
- Łoginow W., Andrzejewski J., Janowiak J. 1991. Rola nawożenia organicznego w utrzymaniu zasobów materii organicznej w glebie. *Rocz. Glebozn.* 42(3–4): 19–25.
- Lübke U. 1995. Microbial inoculants for controlled composting of organic materials. *Proceed. 4th Intern. Conf. Kyusei Nature Farming, Paris-France 19–21 June 1995:* 95–98.
- Mocek A., Drzymala S., Maszner P. 1997. *Geneza, analiza i klasyfikacja gleb.* Wyd. AR Poznań: ss. 416.
- Nichols K.A., Toro M. 2011. A whole soil stability index (WSSI) for evaluating soil aggregation. *Soil Till. Res.* 111: 99–104.
- Niewczas J., Witkowska-Walczak B. 2003. Index of soil aggregate stability as linear function value of transition matrix elements. *Soil Till. Res.* 70: 121–130.
- Nogalska A., Czapla J. 2009. Wpływ zróżnicowanych dawek mączki mięsno-kostnej na wielkość i jakość plonu kostrzewy łąkowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 537: 263–272.
- Rewut I.B. 1980. *Fizyka gleby.* PWRiL Warszawa: ss. 384.
- Sangakkara U. R., Higa T. 2000. Kyusei Nature Farming and EM for enhanced smallholder production in organic systems. *Proceed. 3th Intern. Scientific Conference of IFOAM. FiBL. Basel Switzerland,* 28–31 August 2000: 268.



- Six J., Bossuyt H., Degryze S., Denef K. 2004. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil Till. Res.* 79: 7–31.
- Stępień A. 2000. Zmiany chemiczne właściwości gleby pod wpływem różnych sposobów nawożenia w zmianowaniu. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 211, *Agricultura* 84: 459–464.
- Stępień A. 2011. Wpływ mączek mięsno-kostnych na właściwości gleby i plonowanie roślin. *Rozpr. Monogr. UWM Olsztyn* 161: ss.110.
- Suwara I. 2010. Rola wieloletniego nawożenia w kształtowaniu wybranych właściwości gleby lekkiej ze szczególnym uwzględnieniem stosunków wodno-powietrznych. *Rozpr. Nauk. Monogr. Wyd. SGGW Warszawa*: ss. 96.
- Szymanski N., Patterson R.A. 2003. **Effective microorganisms (EM) and wastewater systems. Best management.** *Proced. Armidale* 30 September – 2 October 2003: 347–355.
- Valarini P.J., Alvarez M.C.D., Gasco J.M., Guerrero F., Tokeshi H. 2003. Assessment of soil properties by organic matter and EM - microorganisms incorporation. *R. Bras. Ci. Solo.* 27: 519–525.
- Wacławowicz R., Tendziągolska E. 2008: Długotrwałe oddziaływanie nawożenia organicznego i azotowego na wskaźniki struktury roli. *Probl. Inż. Rol.* 2: 81–89.

A. STĘPIEŃ, K. WOJTKOWIAK, K. ORZECH

**THE INFLUENCE OF A MEAT AND BONE MEAL AND SPRAYING WITH EFFECTIVE MICROORGANISMS ON THE AGGREGATION INDEX OF THE MEDIUM SOIL**

**Summary**

The purpose of this paper was the determination of the influence meat-bone meals applied without and with effective microorganisms in comparison with manure and mineral fertilization, without fertilization and black fallow on soil structure and aggregates stability. The five-year studies 2005–2009 with plant rotate crops were conducted in Balcyny Centre of Production and Experimental, near Ostróda. Meat-bone meal and effective microorganisms (EM-1) both slightly improved indicators evaluated for dry soil structure, but did not fulfill their role in resistance of aggregates to water influence. The use of meat-bone meal in a dose of 1.5 t·ha<sup>-1</sup> with the addition of effective microorganisms decreased the index of cloddiness and pulverisation, and increased the soil structure index. Applied NPK fertilization effected on increasing the index of cloddiness, low pulverisation index and low rate of the soil structure index. However, aggregates of water stable with the largest diameter and its largest share were found in the soil samples that have been mineral fertilized.