

THE INFLUENCE OF EFFECTIVE MICROORGANISMS AND HIGH-MOLECULAR POLYSACCHARIDES ON THE SELECTED PHYSICAL AND AQUEOUS PROPERTIES OF THE MINERAL SOIL'S ARABLE-HUMUS HORIZON

Summary

The paper concerns the results of the research which examined the influence of different doses of high-molecular polysaccharides (starch – S and agar – A) as well as effective microorganisms (EM) on the basic physical and aqueous properties of the mineral soil's (specific black earth) arable-humus horizon. The samples of the violated and the intact structures were collected from controlled pot experiment. The marked properties included: grain-size distribution, soil density, solid phase density, the total and the drainage porosity, filtration coefficient, soil's potentials of water binding as well as the potential and the effective useful retention. It was affirmed that the additives affected the changes of most physical and aqueous soil properties. The impact was usually visible yet in most of the cases – minor. The changes were usually positive and improved the potential possibilities of plants' vegetation. However, in some cases (the accessibility of water at high binding potentials) the impact was negative. The conjoined usage of both factors, i.e. A+EM or S+EM appeared to be unjustified.

WPLYW EFEKTYWNYCH MIKROORGANIZMÓW ORAZ WIELKOCZĄSTECZKOWYCH POLISACHARYDÓW NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE I WODNE POZIOMU ORNO-PRÓCHNICZNEGO GLEBY MINERALNEJ

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań oceniających wpływ dodatków różnych dawek wielkocząsteczkowych polisacharydów (skrobia - S i agar - A) oraz efektywnych mikroorganizmów (EM) na podstawowe właściwości fizyczne i wodne poziomu orno-próchnicznego gleby mineralnej (czarna ziemia właściwa). Próbki o strukturze naruszonej i nienaruszonej pobrano z doświadczenia założonego w warunkach kontrolowanych. Oznaczono m.in.: skład granulometryczny, gęstość gleby oraz gęstość fazy stałej, porowatość całkowitą i drenażową, współczynnik filtracji, potencjały wiązania wody przez glebę oraz potencjalną i efektywną retencję użyteczną. Stwierdzono, że zastosowane dodatki powodowały zmiany wartości wymienionych właściwości. Ich wpływ był wyraźny, jednakże niewielki. Powodowane zmiany wykazywały najczęściej charakter pozytywny, poprawiający potencjalne możliwości vegetacji roślin. W przypadku dostępności wody przy wysokich potencjałach wiązania ich oddziaływanie miało charakter negatywny. Skojarzone stosowanie tych dwu czynników tzn. A + EM, bądź S + EM okazało się nieuzasadnione (dodatek polisacharydów nie wzmacniał działania EM).

1. Wstęp

Mikroorganizmy, w wyniku interakcji z fauną glebową, poprawiają przyswajalność składników pokarmowych oraz przywracają odpowiedni poziom żyzności gleby [8]. Stwierdzono, że pewne szczepy drobnoustrojów oddziałują również pozytywnie na właściwości fizyczne i wodne gleb [2]. Kontrolowanie i kierowanie działaniem mikroflory glebowej oraz przywracanie żyzności i urodzajności gleb można osiągnąć, między innymi, poprzez stosowanie szczepionek mikrobiologicznych, bezpiecznych dla ludzi i środowiska. Przykładem takiego preparatu jest EM1, który z powodzeniem stosowany jest w praktyce rolniczej od kilkunastu lat [1]. W ramach przeprowadzonych badań postawiono hipotezę roboczą zakładającą, że wzmocnienie korzystnego działania efektywnych mikroorganizmów, w celu wywołania ewentualnych pozytywnych zmian w glebie, można uzyskać poprzez jednoczesne zastosowanie wraz ze szczepionką mikrobiologiczną, wielkocząsteczkowych polisacharydów np. agaru lub skrobi. Związki te, po obróbce termicznej, pod wpływem działania enzymu lub kwasu powodują powstanie cyklodekstryn. Te naturalne wielocukry są złożone z różnej ilości reszt D-glukopiranozowych, połączonych wiązaniami

α -1 \rightarrow 4 glikozydowymi. Cyklodekstryny są hydrofilowe na zewnątrz, a hydrofobowe wewnątrz, co powoduje ich dobrą rozpuszczalność. Dzięki hydrofobowemu wnętrzu, posiadają zdolność tworzenia związków – kompleksów inkluzyjnych, które stanowią cząsteczkę („gospodarza”) dla organicznych i nieorganicznych cząsteczek lub jonów („gościa”) [15]. Po wprowadzeniu cyklodekstryn do gleby, w takie kompleksy wchodzi na przykład zanieczyszczenia organiczne. Niniejsza praca jest próbą zaobserwowania i określenia ewentualnego wpływu efektywnych mikroorganizmów, samych polisacharydów, oraz jednoczesnego efektu oddziaływania tych dwu czynników na wybrane właściwości fizyczne oraz wodne poziomu orno-próchnicznego gleby mineralnej.

2. Obiekt i metodyka

Materiał glebowy pobrano z pola uprawnego (ściernisko po kukurydzy) położonego na terenie indywidualnego gospodarstwa rolnego (wieś Małachowo, gmina Witkowo, powiat gnieźnieński). Próbką, o składzie granulometrycznym gliny piaszczystej (tab. 2) [12], pochodziła z poziomu A_p czarnej ziemi właściwej [13], wytworzonej z glin zwałowych (Würm) równiny

dennomorenowej [6]. Pod względem przyrodniczym i użytkowym, glebę zaliczono do klasy bonitacyjnej II oraz 4-go kompleksu przydatności rolniczej [7]. Założono doświadczenie w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych. Pobrano materiał umieszczono w pojemnikach plastikowych o pojemności 18,5 dm³. Testowano kombinacje z trzema dawkami polisacharydów (agaru A1 – A 3 i skrobi S 1 – S 3), oraz takie same dodatki w wariancie z glebą zaszczeponą przygotowanym uprzednio preparatem EMA. Jest on aktywną postacią koncentratu EM1, stosowaną do aplikacji efektywnych mikroorganizmów w warunkach polowych. Sposób przygotowania EMA: 1 litr koncentratu EM1 + 1 litr melasy + 20 litrów wody wymieszać i pozostawić w hermetycznie zamkniętym naczyniu na około 10 dni; stosować, gdy mieszanina osiągnie pH około 4. Przed zastosowaniem polisacharydy poddano obróbce termicznej (rozpuszczono w wodzie o temperaturze około 90°C). Efektywne drobnoustroje dodano w ilości odpowiadającej dawce oprysku równej 100 dm³ EMA na hektar. Zastosowano dwie próby zerowe – bez dodatku polisacharydów, w tym jedną z dodatkiem efektywnych mikroorganizmów. Zastosowane ilości polisacharydu odpowiadały dawkom polowym, wynoszącym w przeliczeniu – odpowiednio: 100, 200 oraz 1000 kg · ha⁻¹. Przeliczając dawki uwzględniono masę oraz gęstość gleby. Inkubacja trwała osiem tygodni. W tym czasie były mierzone, wymagane metodyką, parametry (temperatura gleby i powietrza oraz niedosyt wilgotności) (tab. 1). Wilgotność gleby utrzymywano na poziomie polowej pojemności wodnej. Po upływie okresu inkubacji, z poszczególnych kombinacji doświadczalnych pobrano próbki o strukturze naruszonej oraz próbki objętościowe (V=100cm³), w których zgodnie z metodyką oznaczono właściwości fizyczne i wodne. Wykonano analizy takich właściwości, jak: skład granulometryczny – metodą areometryczną [11], gęstość fazy stałej – metodą piknometryczną [14], wilgotność naturalną i higroskopową – grawimetrycznie [7], maksymalną pojemność higroskopową – w komorze podciśnieniowej w obecności nasyconego roztworu K₂SO₄, gęstość gleby – z wykorzystaniem cylindrów Nitzscha, porowatość wyliczono na podstawie oznaczeń gęstości gleby oraz gęstości fazy stałej [7], współczynnik filtracji – metodą stałego spadku ciśnienia [5], pojemności wodne przy określonych potencjałach wiązania (pF) – metodą Richardsa [4]. 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. Zamieszczone wyniki są wartościami uśrednionymi z pięciu powtórzeń.

3. Wyniki i dyskusja

Pod względem uziarnienia materiał glebowy dobrano w ten sposób, aby jego skład granulometryczny był charakterystyczny dla czarnych ziem [13] występujących na terenie Wielkopolski. Poziom orno-próchniczny badanej gleby wykazywał uziarnienie gliny piaszczystej [12] (tab. 2). Gęstość fazy stałej poziomu A_p wynosiła 2,48 Mg·m⁻³ (tab. 3).

Stwierdzone zależności – jeśli takie wystąpiły – dotyczące wpływu czynników doświadczalnych na zmienność właściwości fizycznych – były zazwyczaj wyraźne, lecz powodowały zmiany różnicujące poszczególne parametry o niewielki rząd wielkości. Gęstość gleby mieściła się w granicach od 1,55 Mg·m⁻³ do 1,74 Mg·m⁻³. Były to wartości wysokie, powstałe w specyficznych warunkach doświadczenia wazonowego – w wyniku regularnego podlewania (a tym samym zagęszczania) gleby pozbawionej pokrywy roślinnej (nieosłoniętej oraz pozbawionej spulchniającego działania korzeni). W wariantach doświadczalnych dla kombinacji 0 i 0 + EM wartości gęstości były zbliżone i różniły się zaledwie o 0,05 Mg·m⁻³. Dodatek samych kultur EM nie wpływał negatywnie na zagęszczenie gleby, lecz także tego parametru nie poprawiał. Próbkę gleby zawierające dodatki samego agaru wykazały wartości gęstości zróżnicowane oraz relatywnie wysokie. Przy dawkach skrajnych utrzymywały się one na stabilnym poziomie i wynosiły odpowiednio: A1 – 1,73 Mg·m⁻³, A3 – 1,74 Mg·m⁻³. Dla A2 parametr ten wykazywał wartość znacznie niższą (1,65 Mg·m⁻³). Przy dodatku EM zaobserwowano, dla wszystkich dawek agaru, spadek i bardzo wyraźne wyrównanie się gęstości (od 1,63 do 1,66 Mg·m⁻³). Aktywność drobnoustrojów była tu czynnikiem obniżającym gęstość i stabilizującym ją na korzystnym, wyrównanym poziomie (tab. 3). W przypadku dodatku skrobi, gęstość gleby w poszczególnych kombinacjach mieściła się w granicach od 1,55 Mg·m⁻³ (S1) do 1,72 Mg·m⁻³ (S2). Kombinacje zawierające różne dawki tego polisacharydu charakteryzowały się znaczną rozbieżnością zagęszczenia (1,55 Mg·m⁻³ – S1, 1,61 Mg·m⁻³ – S3). Analizowany parametr w kombinacjach ze skrobią i EM cechował się wyrównanymi wartościami. Różnice między poszczególnymi kombinacjami były minimalne.

Tab. 1. Warunki doświadczenia
Table 1. Experience conditions

| Temp. pow. <i>Air temperature</i> [°C] | Temp. gleby (0) <i>Soil temperature (0)</i> [°C] | Temp. gleby (EM) <i>Soil temperature</i> [°C] | Wilg. pow. <i>Relative humidity</i> [%] | Statystyka <i>Statistic</i> α = 0,05 |
|--|--|---|---|--|
| 21,6 | 19,9 | 19,8 | 59,8 | średnia/mean |
| 0,84 | 0,81 | 0,71 | 2,10 | odch. st./standard deviation |
| 0,0389 | 0,0407 | 0,0358 | 0,0351 | wsp. zm./coefficient of variation |

Tab. 2. Skład granulometryczny
Table 2. Texture

| Procentowa zawartość frakcji o średnicy [mm] Percentage content of fraction on diameter [mm] | | | | | | | | Podgrupa granulometryczna Texture |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|--------------------------------------|
| 2,0 - | 0,50 - | 0,25 - | 0,10 - | 0,05 - | 0,02 - | 0,005 - | < 0,002 | według/acc. |
| 0,5 | 0,25 | 0,1 | 0,05 | 0,02 | 0,005 | 0,002 | | PTG |
| | | | | | | | | 2008 [12] |
| 6,96 | 18,54 | 29,50 | 16 | 8 | 10 | 5 | 6 | gp |

Tab. 3. Podstawowe właściwości fizyczne w poszczególnych kombinacjach doświadczalnych

Table 3. Basic physical properties for individual experience combinations

| 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 [%] | | Wilgotność Higroskopowa (H) Hygroscopic water [% v·v ⁻¹] | Maksymalna Higroskopijność (MH) Maximum hygroscopic water [% v·v ⁻¹] |
|---------------------------|--|--|--|-------------------------------|-----------------------|--|--|
| | | | | Całkowita Total | Drenażowa Drainage | | |
| 0 | 0,2904 | 2,48 | 1,64 | 33,87 | 22,54 | 0,4920 | 4,2476 |
| O+EM | 0,2922 | 2,48 | 1,69 | 31,85 | 20,37 | 1,6562 | 5,5700 |
| S1 | 0,2584 | 2,48 | 1,55 | 37,57 | 27,16 | 1,4415 | 5,4250 |
| S2 | 0,2899 | 2,48 | 1,72 | 30,64 | 19,12 | 1,5996 | 6,3296 |
| S3 | 0,3323 | 2,48 | 1,61 | 35,08 | 21,99 | 1,5134 | 5,4579 |
| S1+EM | 0,3129 | 2,48 | 1,64 | 33,87 | 21,54 | 1,4260 | 5,2480 |
| S2+EM | 0,3123 | 2,48 | 1,60 | 35,48 | 22,87 | 1,4400 | 5,3120 |
| S3+EM | 0,3013 | 2,48 | 1,66 | 33,06 | 21,01 | 1,4608 | 5,4448 |
| A1 | 0,2759 | 2,48 | 1,73 | 30,24 | 5,54 | 1,6262 | 5,6744 |
| A2 | 0,1768 | 2,48 | 1,65 | 33,47 | 4,49 | 1,6755 | 4,7850 |
| A3 | 0,1575 | 2,48 | 1,74 | 29,84 | 2,36 | 1,5486 | 5,4636 |
| A1+EM | 0,1796 | 2,48 | 1,65 | 33,47 | 8,48 | 1,5015 | 5,2965 |
| A2+EM | 0,1842 | 2,48 | 1,63 | 34,27 | 7,21 | 1,5159 | 5,1834 |
| A3+EM | 0,1301 | 2,48 | 1,66 | 33,06 | 7,06 | 1,5438 | 5,4946 |

Najwyższą gęstość zanotowano tu dla kombinacji S3 +EM – 1,66 Mg·m⁻³, nieznacznie niższą – 1,64 Mg·m⁻³ – S1+EM, a najniższą – 1,60 Mg·m⁻³ – S2+EM. Można zatem wnioskować, iż dodatek różnych dawek skrobi nie wywarł wyraźnego wpływu na zmienność wartości gęstości gleby (wysokie i w dużym stopniu zróżnicowane). Po dodaniu preparatu EMA zauważono nieznaczne obniżenie się i stabilizację gęstości (tab. 3).

W próbkach z dodatkami samego agaru, porowatość całkowita była najniższa i nieznacznie przekraczała 30 %, a w przypadku największej dawki tego polisacharydu wynosiła zaledwie 29,84 %. Wartości porowatości stabilizowały się w kombinacjach z dodatkiem agaru i EM, o czym świadczą ich bardzo zbliżone wartości – od 33,06 % - A3 + EM do 34,27 % - A2 + EM. Wariant zerowy oraz zerówka z EM różniły się między sobą tylko o 2,02 %. Wszystkie dodatki agaru nieznacznie pogarszały potencjalne właściwości powietrzno-wodne, jednak po zastosowaniu EM, porowatość w poszczególnych kombinacjach wyrównywała się i przyjmowała wartości zbliżone do zerówki (tab. 3).

W przypadku dodatku skrobi, najwyższą wartość porowatości całkowitej – 37,57 % odnotowano dla wariantu S1, a najniższą dla S2 – 30,64 %. Kombinacja S3 wykazała wartość pośrednią – 35,08 %. W próbkach z dodatkami skrobi i EM, porowatość ulegała stabilizacji. Kombinacja S1+EM wykazała wyższą wartość porowatości od S3+EM o zaledwie 0,81 %, będąc jednocześnie niższą o 1,61 % od wartości dla wariantu S2+EM. Porowatość próby zerowej wynosiła 33,87 %, a zerówki z efektywnymi mikroorganizmami - 31,85 %. Odnotowany tu spadek porowatości całkowitej o około 2% sugeruje niewielki, lecz wyraźny wpływ EM na obniżenie się wartości tego parametru (tab. 3).

Wilgotność naturalna była bardzo wyrównana w poszczególnych grupach kombinacji z dodatkami polisacharydów i EM. Jedynie wariant A3 + EM wykazał wartość o około 5% objętościowych niższą od pozostałych. Obserwację tę trudno jest jednak logicznie uzasadnić. Najwyższe, wyrównane zawartości wody stwierdzono przy dodatkach skrobi i EM (około 31%). Wynosząc około 2% były one nieznacznie, lecz zauważalnie wyższe od wilgotności prób zerowych. Przy dodatkach samego polisacharydu, w obu przypadkach (skrobia i agar), wilgotność wzrastała stopniowo, wraz ze wzrostem zastosowanych dawek (tab. 3).

Gleba użyta do doświadczenia (próba zerowa) charakteryzowała się dość niską wartością, zarówno wilgotności higroskopowej – H, jak i maksymalnej pojemności higroskopowej – MH (odpowiednio – 0,4920 i 4,2476%). Już przy dodatku samych efektywnych mikroorganizmów, zawartość wody higroskopowej wzrastała ponad trzykrotnie (1,6562%), a maksymalna higroskopijność o około 1,3%. We wszystkich pozostałych kombinacjach zarówno H, jak i MH wykazały wartości wysokie i wyrównane, utrzymujące się na poziomie zbliżonym do wariantu 0 + EM. Wynosiły one od H = 1,4260% i MH = 5,2480% (S1 + EM) do H = 1,6262% i MH = 5,6744% (A1) (tab. 3).

Dodatek samych EM nie wpływał na zmianę polowej pojemności wodnej (tab 4). Wpływ taki, nieznacznie podnoszący wartości PPW, opisał Kaczmarek i in. [2, 3], przy zastosowaniu trzech zróżnicowanych dawek EM. Z wyjątkiem wariantów A + EM, nie zaobserwowano też wpływu na PPW (pF=2,0) skojarzonego oddziaływania polisacharydów i mikroorganizmów. Podkreślić należy niewielką rozbieżność wyników dla pF: 2,0; 2,2 i 2,5 - uzyskaną dla tego parametru

we wszystkich kombinacjach z agarem. Polisacharyd ten stabilizował wilgotność, utrzymując ją na wysokim poziomie w kluczowym dla łatwej dostępności wody zakresie potencjałów. Dodatek skrobi nie powodował tak korzystnego efektu (wilgotność przy pF 2,5 zdecydowanie malała). W punkcie silnego hamowania wzrostu roślin (pF=3,7) żaden z dodatków nie działał pozytywnie, a skrobia (we wszystkich

wariantach) zdecydowanie obniżała odpowiadającą mu wilgotność (nawet o ponad 50%). Wilgotność trwałego wędnięcia była niemal równa stwierdzonej w próbach zerowych, lub nieznacznie niższa. Jedynie dodatek samych EM poprawiał jej wartość przy pF = 4,2. Skutkowało to relatywnie niskimi pojemnościami potencjalnej, a w szczególności efektywnej retencji i efektywnej retencji użytecznej (tab. 4).

Tab. 4. Potencjały wiązania wody przez glebę oraz potencjalna i efektywna retencja użyteczna

Table 4. Soil water potentials and the potential and effective useful retention

| Kombinacja Combination | Pojemność wodna przy pF: Water capacity at pF: [% v ³ ·v ⁻³] | | | | | | | Potencjalna retencja użyteczna Total available water [% v ³ ·v ⁻³] | Efektywna retencja użyteczna Readily available water [% v ³ ·v ⁻³] |
|---------------------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|------|--|--|
| | 0,0 | 2,0 | 2,2 | 2,5 | 3,7 | 4,2 | 4,5 | 2,0 – 3,7 | 2,0 – 4,2 |
| 0 | 33,87 | 26,72 | 26,49 | 25,29 | 18,69 | 7,92 | 4,25 | 18,80 | 8,03 |
| 0+EM | 31,85 | 26,59 | 26,20 | 24,83 | 19,17 | 11,36 | 5,58 | 15,23 | 7,42 |
| S1 | 37,57 | 25,68 | 25,30 | 19,24 | 9,03 | 6,49 | 5,42 | 19,19 | 16,65 |
| S2 | 30,64 | 28,37 | 27,88 | 20,34 | 7,67 | 6,08 | 6,33 | 22,29 | 20,70 |
| S3 | 35,08 | 29,42 | 28,70 | 20,72 | 10,07 | 6,76 | 5,46 | 22,66 | 19,35 |
| S1+EM | 33,87 | 27,54 | 26,34 | 14,34 | 7,71 | 6,03 | 5,25 | 21,51 | 19,83 |
| S2+EM | 35,48 | 26,40 | 25,70 | 19,11 | 6,76 | 5,28 | 5,31 | 21,12 | 19,64 |
| S3+EM | 33,06 | 26,28 | 25,87 | 14,70 | 7,74 | 6,07 | 5,44 | 20,21 | 18,54 |
| A1 | 30,24 | 24,09 | 23,74 | 22,54 | 17,36 | 8,33 | 5,67 | 15,76 | 6,73 |
| A2 | 33,47 | 28,85 | 27,57 | 26,07 | 18,59 | 9,17 | 4,79 | 19,68 | 10,26 |
| A3 | 29,84 | 26,60 | 26,02 | 24,68 | 18,80 | 8,38 | 5,46 | 18,22 | 7,80 |
| A1+EM | 33,47 | 24,93 | 24,31 | 22,53 | 18,15 | 8,94 | 5,30 | 15,99 | 6,78 |
| A2+EM | 34,27 | 25,82 | 25,39 | 24,03 | 18,78 | 9,32 | 5,18 | 16,50 | 7,04 |
| A3+EM | 33,06 | 27,66 | 26,13 | 23,20 | 16,23 | 9,21 | 5,49 | 18,45 | 11,43 |

Współczynnik filtracji był zawsze wyższy przy obecności w glebie EM (tab 5). Przy dodatkach polisacharydów zaobserwowano wyraźny spadek wodoprzepuszczalności w próbkach zawierających agar. Wzrost dawek skrobi nie wpływał istotnie na zmianę wartości Ks. Odmiennie, w przypadku agaru prędkość filtracji systematycznie malała, wraz ze wzrostem jego zawartości. Zaobserwowano wpływ EM na prędkość filtracji. Dodatki EMA zwiększały ją niemal o 70% (tab. 5). Z wyjątkiem dodatków samego agaru nie dostrzeżono, aby porowatość drenażowa wpływała na wielkości Ks (tab. 3, 5).

Tab. 5. Wartości współczynnika filtracji w poszczególnych kombinacjach doświadczalnych

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

| Kombinacja Combination | Współczynnik filtracji (Ks) Saturated hydraulic conductivity [μm·s ⁻¹] |
|---------------------------|--|
| 0 | 1,731 |
| 0+EM | 3,130 |
| S1 | 5,100 |
| S2 | 3,268 |
| S3 | 5,130 |
| S1+EM | 9,141 |

| | |
|-------|-------|
| S2+EM | 5,950 |
| S3+EM | 9,389 |
| A1 | 3,496 |
| A2 | 2,381 |
| A3 | 1,446 |
| A1+EM | 5,634 |
| A2+EM | 3,153 |
| A3+EM | 1,998 |

4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały, że dodatek EM oraz wielkocząsteczkowych polisacharydów do gleby wpływał na zmianę większości jej właściwości fizycznych oraz wodnych (gęstość, porowatość całkowita i drenażowa, współczynnik filtracji, pojemności wodne). Wpływ ten był wyraźnie widoczny, lecz niewielki. Zaistniałe zmiany zazwyczaj poprawiały potencjalne możliwości wegetacji roślin. Pomimo spadku dostępności wody przy wysokich potencjałach jej wiązania, oddziaływanie wymienionych dodatków spowodowało wzrost zawartości wody łatwo dostępnej. Przeprowadzone badania oraz dane źródłowe [1, 2, 3, 8, 9, 10] jednoznacznie wskazują na to, że stosowanie jako dodatku do gleby mineralnej zarówno różnych polisacharydów, jak też efektywnych drobnoustrojów jest wskazane i godne polecenia. Natomiast skojarzone stosowanie tych dwu czynników wydaje się być nieuzasadnione, gdyż dodatek polisacharydów nie wzmacniał działania EM.

5. Literatura

- [1] Higa T.: Rewolucja w ochronie naszej planety. Warszawa: Fundacja Rozwój, SGGW, 2003, ss. 132.
- [2] 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*. Poznań: PIMR, 2007, s. 73-78.
- [3] 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*. Poznań: PIMR, 2008, Vol. 53 (3), 118-122.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] Krygowski B.: *Geografia fizyczna Niziny Wielkopolskiej*. Cz. I. Geomorfologia. Poznań: PTPN, 1961, ss. 234.
- [7] Mocek A., Drzymala S.: *Geneza, analiza i klasyfikacja gleb*. Poznań: Wyd. AR, 2004, ss. 416.
- [8] Mau F.P.: *Fantastische Erfolge mit Effektiven Mikroorganismen In Haus und Garten, für Pflanzenwachstum und Gesundheit*. Goldmann Verlag, 2002, ss. 129.
- [9] Owczarzak W., Mrugalska L., Kaczmarek Z.: Ocena oddziaływania polisacharydów na stan struktury warstwy orno-próchnicznej gleby płowej. Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografia, t. 5. Poznań: PIMR, 2008, s. 214-222.
- [10] Owczarzak W., Kaczmarek Z., Mocek A.: Wpływ żelu Stockosorb na wybrane właściwości strukturotwórcze gleby płowej i czarnej ziemi. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 2006, Vol. 52(3), Poznań: PIMR, s. 51-61.
- [11] Polski Komitet Normalizacyjny. Polska Norma PN-R-04032: Gleby i utwory mineralne. Pobieranie próbek i oznaczanie składu granulometrycznego. Warszawa, 1998(a), ss. 12.
- [12] PTG: *Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych*. Roczn. Glebozn., Warszawa, 2009 (w druku).
- [13] PTG: *Systematyka gleb Polski*. Roczn. Glebozn., t. 40, 1989, nr 3/4, Warszawa, ss. 54.
- [14] Soil Conservation Service: *Soil survey laboratory methods manual*. Soil Survey. Invest. Report No. 42, U.S. Dept. Agric., Washington, DC, 1992.
- [15] Suarez G., Raiaram M., Oronsky A.L., Gawinowicz M.A.: *Journal of Biological Chemistry*, 1989, 264: 3674–3679.