



Wojciech Ciesielski

Akademia im. Jana Długosza

Al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa, e-mail: wc@ajd.czyst.pl

MOŻLIWOŚCI STABILIZACJI GRUNTÓW ORAZ ZDOLNOŚCI ROŚLIN (TRAW) DO WZROSTU PO DODANIU DO GLEBY NATYWNYCH ORAZ SKLEIKOWANYCH POLISACHARYDÓW

Streszczenie. Przeprowadzono badania w hali wegetacyjnej, a także przy użyciu laserowego analizatora wielkości cząstek oraz o skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Przedstawione badania pokazują zachowanie się gleby po dodaniu do niej polisacharydu. Daje to dalsze możliwości w badaniach nad ekologiczną stabilizacją gruntów.

Słowa kluczowe: polisacharydy, skrobia, gleba, stabilizacja gruntu, wzrost roślin.

Wstęp

Ze względu na różne właściwości gruntów oraz różne ich przeznaczenie istnieje konieczność stabilizacji, która polega na polepszaniu inżyniersko-geologicznych własności poprzez między innymi zmianę ich struktury i tekstury, składu chemicznego, mineralnego lub zmianę charakteru wiązań między cząstkami. Grabowska-Olszewska i Siergiejewa opisują stabilizację, która zachodzi podczas zmiany naturalnych własności gruntów [1]. Stabilizacja gruntów ma na celu zwykle podwyższenie wytrzymałości mechanicznej, zmniejszenie wodoprzepuszczalności lub zwiększenie wodoodporności. Istnieje wiele metod stabilizacji gruntów. W zależności od sposobu oddziaływania wyróżnia się metody mechaniczne i fizyczne – prowadzące do zagęszczania gruntu oraz chemiczne i fizykochemiczne – wywołujące peptyzację, agregację, hydrofobizację lub cementację.

Gleba jest złożonym układem związków organicznych i nieorganicznych, których charakter chemiczny i proporcje współdecydują o jej architekturze [2]. Układ taki jest w naturze ośrodkiem, w którym pod wpływem drobnoustrojów

i wyższych żywych organizmów, flory i fauny, zachodzą wielokierunkowe procesy, które mogą być zarówno pozytywne, jak i negatywne [3], w zależności od roli, jaką w danym przypadku ma spełniać gleba. Jednym z ważniejszych czynników określających wartość gleby jest stopień jej agregacji. Mimo że strukturotwórczy wpływ węglowodanów w glebie był kwestionowany [4], panuje obecnie dobrze udokumentowana opinia, że właściwości gleby są regulowane nie tylko zawartością składników mineralnych [5], ale też i organicznych, wśród których istotną rolę odgrywają polisacharydy [6]. Polisacharydy stanowią od 10 do 20% materii organicznej w glebie [7]. Skład sacharydowy i polisacharydowy gleby o danym składzie chemicznym zależy od obecności drobnoustrojów i roślin – fabryk enzymów przekształcających organiczną materię gleby m.in. w polisacharydy [8]. Istotna jest też zawartość wody [9].

Wpływ polisacharydów na strukturę gleby, a w szczególności na stopień jej agregacji, ma zróżnicowany charakter. Polisacharydy mogą tworzyć bardziej skomplikowane systemy z innymi składnikami gleby poprzez fizyczną adsorpcję na składnikach mineralnych, jak ma to miejsce w przypadku montmorylonitów [10]. Składniki huminowe zawierają w swej budowie i w stanie zaadsorbowanym liczne fragmenty polisacharydowe. W obecności tlenków metali (np. Fe i Al) oraz kationów metali wielowartościowych poprzez wzajemne oddziaływanie dochodzi do mikroagregacji gleby. Jednakże gdy w glebie pojawią się warunki umożliwiające żelowanie polisacharydów, tworzące się żele wspólnie z jonami metali wywołują nie tylko mikro-, ale też makroagregację [11].

Polisacharydy są potencjalnymi ligandami jonów metali, zwłaszcza grup przejściowych. Jony metali, obecne w glebie, jak i w miarę potencjalnych potrzeb domieszkowane do gleby, są koordynowane przez polisacharydy, co może w zasadniczy sposób zmienić strukturę polisacharydów, a tym samym charakter oddziaływań powstających kompleksów z otaczającym je środowiskiem. W grę może wchodzić uprzywilejowanie oddziaływań o charakterze jonowym lub polarnym, co niewątpliwie znajdzie swoje odbicie we właściwościach fizykochemicznych i mechanicznych gleby. Pod uwagę można brać również suplementację gleby wytworzonymi w laboratoriach kompleksami polisacharydów z jonami metali. Ponieważ szereg jonów metali grup przejściowych należy do rodziny mikroelementów, taka suplementacja może mieć dodatkowe znaczenie praktyczne. Dodatkowym skutkiem koordynacji jonów metali przez polisacharydy może być czasowa immobilizacja jonów metali w glebie, a taki efekt wpływałby na bioakumulację metali w roślinach.

Ligowanie jonów metali polisacharydami może również wpływać na żelowanie tych ligandów i tym samym również kontrolować mikro- i makroagregację gleby.

Już od lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku stosowano w rolnictwie do stabilizacji struktury gleby rozliczne środki kondycjonujące. W ten sposób zapobiegano erozji gleby, jej dehydratacji oraz podnoszono jej żyzność. Polisa-

charydy mogą też nadawać glebie plastyczność [12] i zmieniać jej właściwości mechaniczne [13]. Polisacharydowe środki kondycjonujące, takie jak skrobia i jej kopolimery, czy guma guaranowa, stosowano już w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku [14,15]. Spełniały one swą rolę przy niższych nakładach kosztów w porównaniu z także stosowanymi kopolimerami syntetycznymi, takimi jak alkohol poli(winyłowy), poli(akryloamid), hydrolizowany poli(akrylonitryl) i in. (Öztürk i inni, 2005). Tego rodzaju zabiegi są skuteczne także w przypadku gleb piaszczystych [16,17].

Wśród znanych metod mechanicznych i fizycznych wyróżnia się między innymi drenaż, zagęszczanie różnego typu, łowanie oraz metody termiczne, jak zamrażanie lub spiekanie. Do metod chemicznych zalicza się m.in. cementację, sylikatyzację, wapnowanie, zażelazianie, bitumizację, stabilizację przy pomocy smoły lub żywic karbamidowych. W przypadku metod chemicznych wywołuje się trwałe i często nieodwracalne zmiany w środowisku glebowym.

W zależności od zastosowanej techniki stabilizacji wyróżnia się polepszanie powierzchniowe lub głębinowe. Innym podziałem, w którym kryterium sranowi czas działania metody stabilizacji gruntu jest podział na długo- i krótkoterminowe [1].

Wiele metod stabilizacji gruntów było przedmiotem zgłoszeń patentowych. Dotyczyły one między innymi wzmocnienia wytrzymałości gruntów pod drogi poprzez zastosowanie roztworów krzemianu sodu – patenty US2007258768 oraz CA2584189. Trwała stabilizacja gruntów możliwa jest poprzez wprowadzanie do gruntu płynnego cementu – patent JP2006312676 lub innych kompozycji polimerów i czynników sieciujących, które nie są biodegradowalne i pozwalają uzyskać efektywną i trwałą w czasie stabilizację gruntu – patent US2005245678.

Stosowano również mieszanki gleby z biomasą roślinną, co w wyniku działania enzymów wydzielanych przez mikroorganizmy powodowało zagęszczanie struktury gruntu – patent EP1971682. Zastosowanie materiałów opartych na estrach alkoholu poliwinylowego z kwasem C1-5 karboksylowym powodowało zabezpieczanie gruntu przed erozją podane w patencie CA2240978.

Materiały i metody

Materiały

Polisacharydy: skrobia ziemniaczana (SZ) Superior, „Ikeda” Sp. z o. o., Namysłów, 1997 – spełnia wszystkie wymagania stawiane przez Polskie Normy.

Alkohol etylowy (cz. d. a. – POCH, Gliwice)

Próbki ziemi:

Gleba z dodatkiem piasku (Z1):

1. *Skład granulometryczny*

Frakcja piasku – 74%

Frakcja pyłów – 16%

Frakcja iłów – 10%

Z trójkąta Fereta wynika, że analizowana gleba to *piasek gliniasty lekki* (pgl).

2. *Zasolenie* – konduktancja: 97,6 μS , co w przeliczeniu na KCl wynosi 49,8 mg/l.

3. *Odczyn:*

pH(H_2O) – 6,5

pH(KCl) – 5,6

4. *Substancje organiczne*

Materia organiczna – 1,3%, w tym C-organiczny 0,75%

Gleba bez dodatku piasku (Z2):

1. *Skład granulometryczny*

Frakcja piasku – 60%

Frakcja pyłów – 23%

Frakcja iłów – 17%

Z trójkąta Fereta wynika, że analizowana gleba to *piasek gliniasty mocny* (pgm).

2. *Zasolenie* – konduktancja: 118,3 μS , co w przeliczeniu na KCl wynosi 61,3 mg/l.

3. *Odczyn:*

pH(H_2O) – 6,7

pH(KCl) – 5,8

4. *Substancje organiczne*

Materia organiczna – 2,9%, w tym C-organiczny 1,7%

Nasiona trawy: „Trawa uniwersalna 500g” – mieszanka traw gazonowych zakupiona w sklepie internetowym „PNOS”, skład (PL924/02/140/BA1):

- Kostrzewa czerwona (*Festuca rubra*) – 50%
- Kostrzewa trzcinowa (*Festuca arundinacea*) – 16%
- Życica trwała (*Lolium perenne*) – 34%

Metody

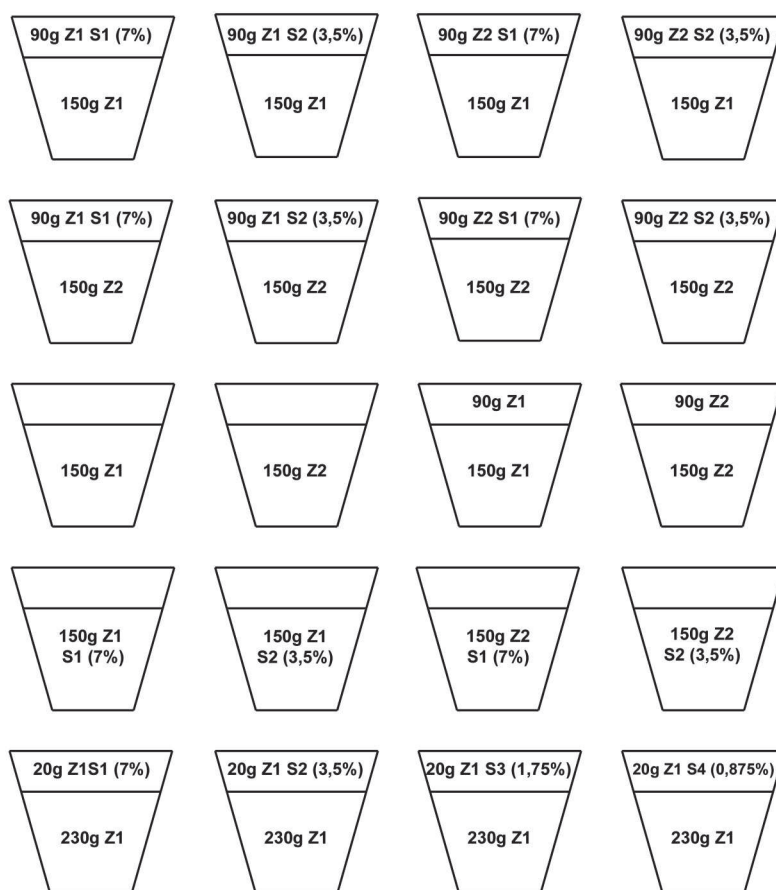
Kleikowanie polisacharydów

Sporządzono 7% wodną zawiesinę polisacharydu i ogrzewano ją przez 1 godzinę w temperaturze 70°C z równoczesnym mieszaniem mieszadłem mechanicznym.

Skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM)

Ultrawysokorozdzielczy skaningowy mikroskop elektronowy z działem z emisją polową (FEG – emiter SCHOTKYEGO) – NOVA NANO SEM 200 (producent FEJ EUROPE COMPANY) wraz z przystawką do analizy chemicznej w mikroobszarach (EDS). Zdolność rozdzielcza do 2 nm, powiększenia 70 – 500 000 x.

Otrzymanie próbek ziemi wraz ze skleikowanymi wodnymi roztworami skrobi ziemniaczanej do oceny jakościowej wpływu skrobi na stabilizację gleby



Schemat 1. Schemat działań w celu otrzymania próbek do oceny stabilizacji gleby przez skrobię

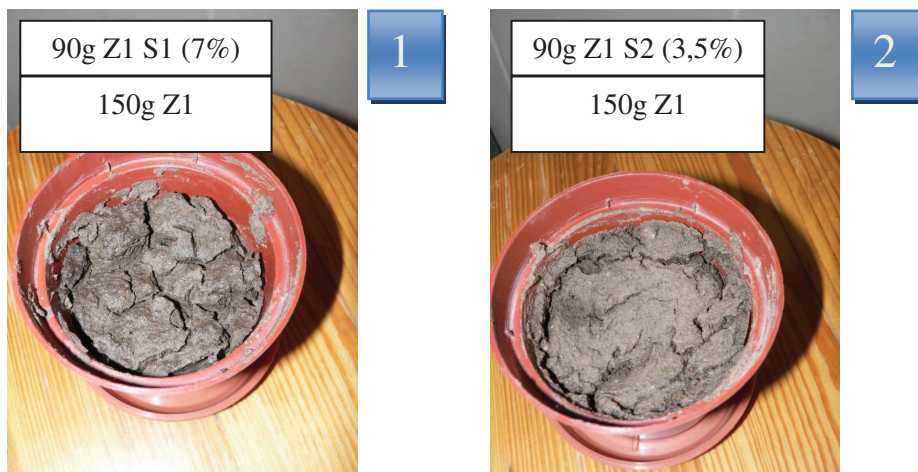
Sposób wykonania badań został przedstawiony na schemacie 1. Badania wpływu skrobi na stabilizację gleby przeprowadzono w hali wegetacyjnej z wyko-

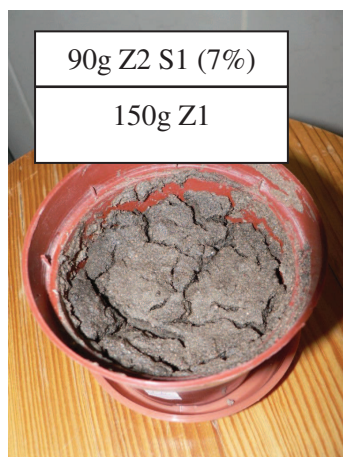
rzystaniem mieszanki uniwersalnej traw gazonowych – rośliny jednoliścienne. W tym celu, w czterech powtórzeniach, doniczki wykonane z nieporowatego tworzywa sztucznego o średnicy około 90 mm i pojemności 250 g napełniono ujednoliconą glebą Z1 lub Z2. Analiza składu granulometrycznego gleby Z1 użytej w eksperymencie wykazała, że był to piasek gliniasty lekki (pgl), o zawartości cząstek spławialnych – 10%, węgla organicznego około 0,75% i pH(KCl) równym 5,6. Zasolenie gleby wynosiło około 50 mg KCl na dm³ gleby. Z kolei gleba Z2 stanowi piasek gliniasty mocny (pgm), o zawartości cząstek spławialnych – 17%, węgla organicznego około 1,7% i pH(KCl) równym 5,8. Zasolenie gleby wynosiło około 61 mg KCl na dm³ gleby. Do tak przygotowanych wazonów wysiano po 50 jednakowych i pochodzących z tego samego źródła nasion traw gazonowych mieszanki uniwersalnej.

Przez cały czas prowadzenia badań (tj. 16 dni) utrzymywano stałą wilgotność podłoża, na poziomie 70% pojemności wodnej, oraz natężenie oświetlenia (7000 lx) i temperaturę ($20 \pm 2^{\circ}\text{C}$).

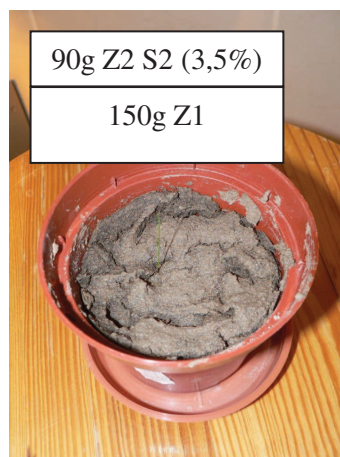
Wyniki

Przeprowadzone badania dowodzą, że skrobia to polisacharyd skuteczny w stabilizacji gruntu. Po okresie 16 dni od posiania, trawa wykiełkowała tylko w niektórych donicach, brak lub efektywność wzrostu przedstawiają poniższe zdjęcia (rysunek 1):

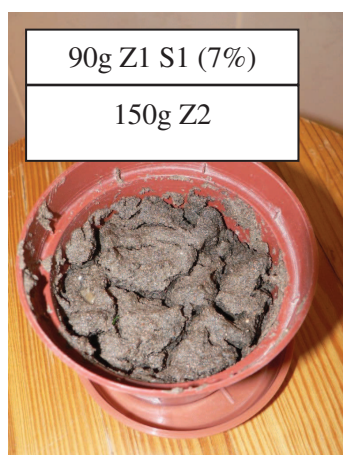




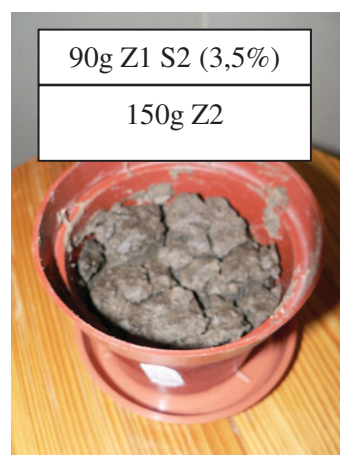
3



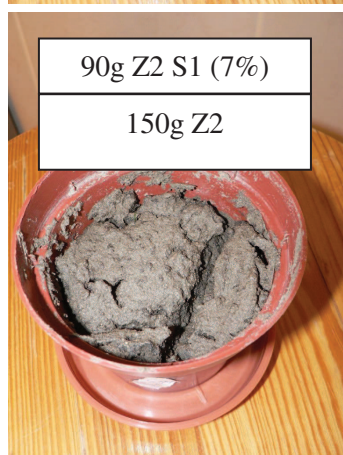
4



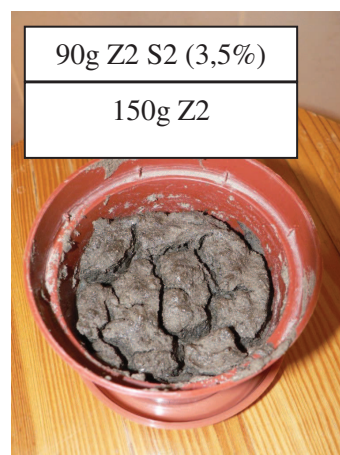
5



6



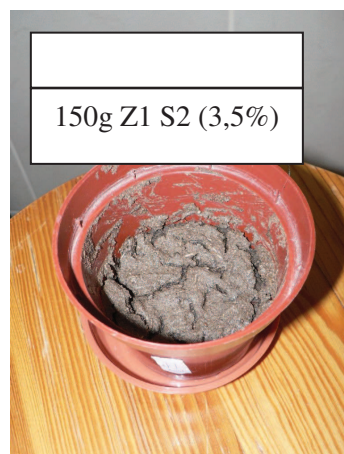
7



8



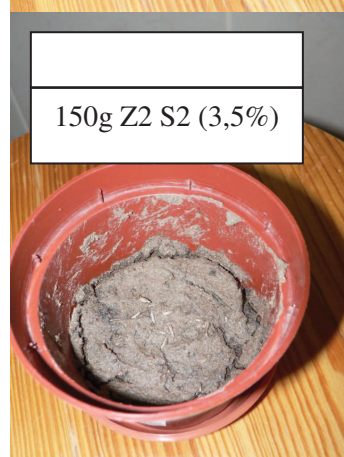
9



10



11



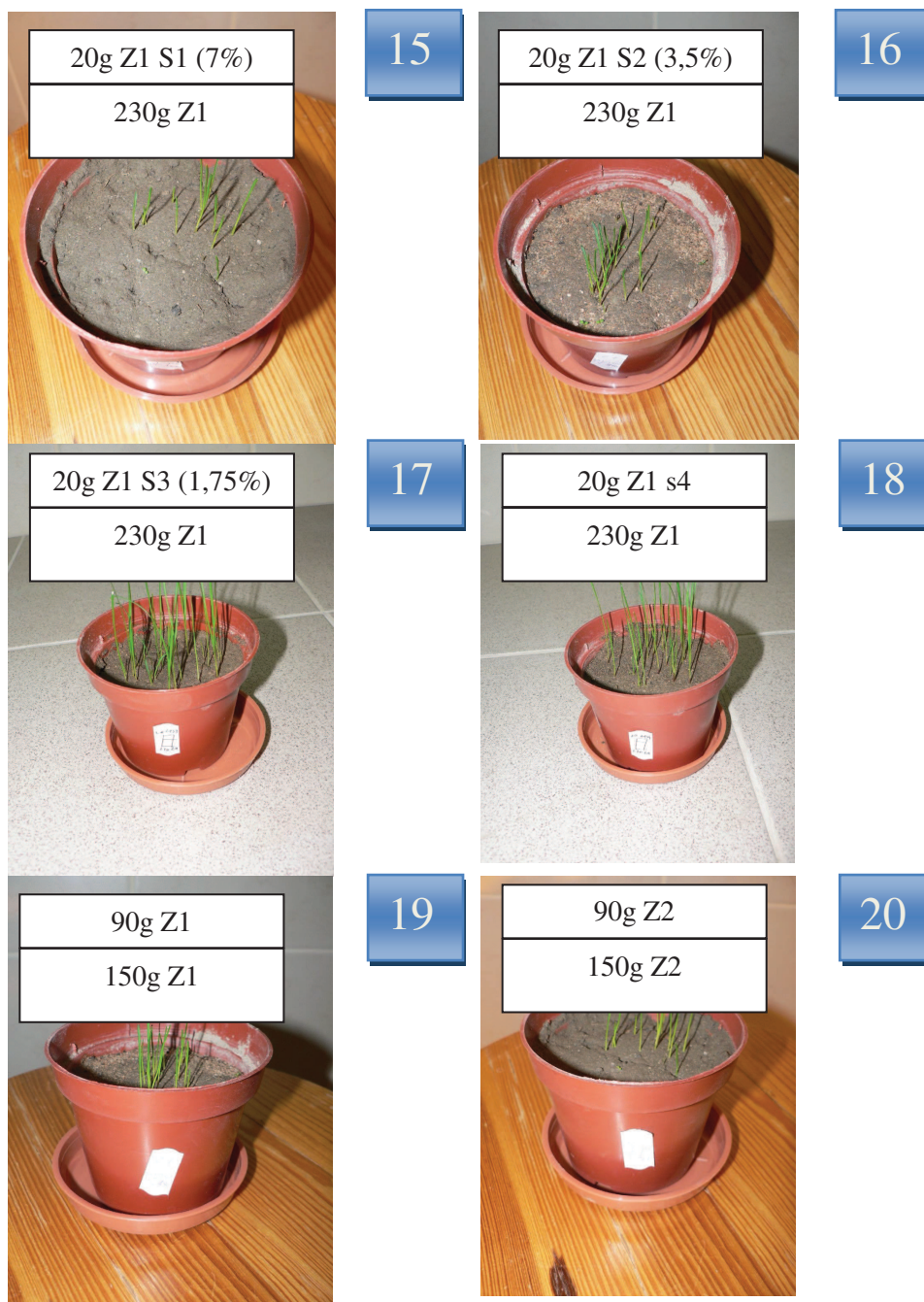
12



13



14



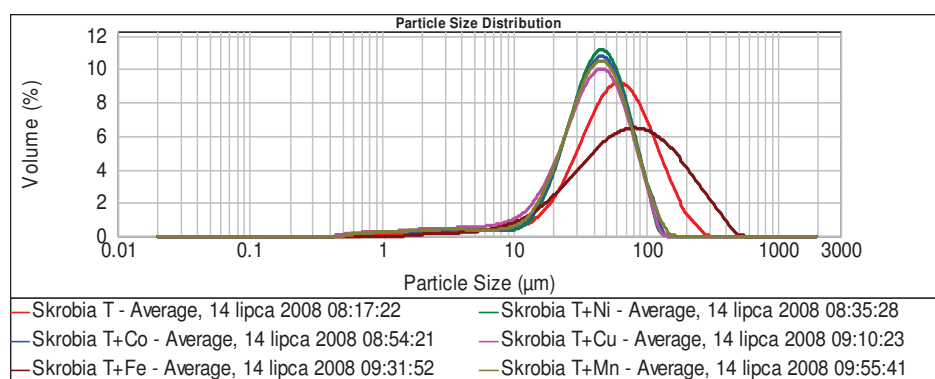
Rys. 1. Zdjęcia przedstawiające wyniki badań

W ośmiu pierwszych donicach (zdjęcia 1–8) nie obserwujemy wzrostu trawy. Widać natomiast, że gleba jest bardzo popękana. Kolejne cztery donice (zdjęcia 9–12) także są jałowe, również tutaj ziemia jest popękana. W następnych donicach (zdjęcia 15–18) spostrzec można wykiełkowaną trawę, najintensywniejszy wzrost oglądamy w donicy nr 16, gdzie zastosowano najniższe stężenie skrobi. Dla upewnienia się słuszności badań wykonano kontrolę, gdzie trawę zasiano do donic z samą ziemią 150 g (zdjęcia 13–14) oraz do donic z: 150 g podłoża i 90 g ziemi do przykrycia nasion trawy (zdjęcia 19–20). W donicach z samą ziemią obserwujemy solidny wzrost trawy (najwyższa), a w donicach z grubą warstwą ziemi nad nasionami trawa jest niższa.

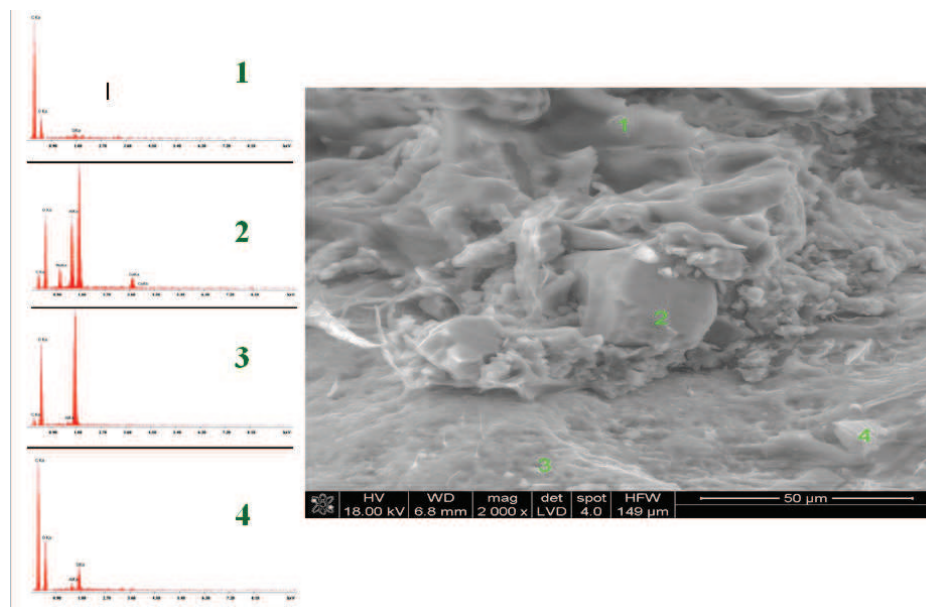
Na podstawie obserwacji wzrostu trawy lub jego braku w poszczególnych donicach stwierdza się, że stężenie skrobi oraz ilość ziemi, którą przysypuje się trawę po posianiu, zasadniczo wpływa na stabilizację gleby. Z kolei ilość ziemi służącej jako podłoże (wsypanej najpierw do donicy) nie ma wpływu na efektywność wzrostu trawy, jednak pewna minimalna ilość gleby bez dodatku skrobi musi być dostarczona roślinom, jako podłoże. Z badań wynika także, iż rodzaj ziemi nie ma wpływu na wzrost trawy i stabilizację gleby.

Agregacja systemów glebowych

Przy użyciu laserowego analizatora wielkości cząstek przebadano wpływ jonów metali na agregację gleby. Okazało się, że w obecności jonów Fe średni rozmiar cząsteczek wzrasta o ok. 40% w stosunku do średniego rozmiaru cząsteczek nieskoordynowanej skrobi i o 100% w stosunku do średniego rozmiaru cząsteczek kompleksów z innymi metalami.



Rys. 2. Widmo rozkładu wielkości cząstek dla układów gleby ze skleikowanym polisacharydem dotowanym jonami metali grup przejściowych



Rys. 3. Zdjęcia SEM agregatów glebowych w powiększeniu 2000 x oraz widma EDS dla wybranych punktów analitycznych

Zdjęcia SEM potwierdzają założoną tezę. Numerami 1–4 oznaczono miejsca, dla których za pomocą EDS (spektrometr z dyspersją energii promieniowania rentgenowskiego) oznaczono skład pierwiastkowy. Zdjęcie i analiza EDS pokazują jednoznacznie, że skleikowana skrobia zlepia cząsteczki gleby i tym samym wywołuje agregację gleby, powodując jej stabilizację. Pokazuje ziarna gleby (2, 3) posklejane przy użyciu skleikowanego polisacharydu (1). Punkt 4 pokazuje ziarno krzemionki otoczone kleikiem i przytwierdzone do powierzchni.

Dodatek skrobi skleikowanej powoduje, że ziarna gruntu trzymają się, zatykając i uszczelniając kapilary. Zjawisko to ma zasadniczy wpływ na redukcję przepuszczalności, a to z kolei oznacza zwiększony efekt stabilizacji gruntu.

Ponadto np. zawartość jonów Fe w glebie wpływa na częściową hydrolizę skleikowanego polisacharydu, co powoduje upłynnienie układu i tym samym lepszą penetrację roztworu pomiędzy ziarnami gruntu.

Suplementowanie gruntu polisacharydami, w wyniku którego dochodzi do cementacji gruntu, nie odbija się ujemnie na wzroście roślin na takim podłożu, co wykazały badania wazonowe w hali vegetacyjnej.

Potencjalne zastosowanie polegać ma na tym, że na warstwie suchej gleby/gruntu zasiewa się trawę, a następnie zalewa się skrobią skleikowaną lub

zawiesiną natywnej skrobi ziemniaczanej. Po wyschnięciu tworzy się niezmywalna warstwa zabezpieczająca.

Potwierdzają te tezy możliwości wykoarzystania tego typu metod. Przykładem jest opis i reklama stosowanej podobnej metody [18]. Warstwa skleikowanej skrobi stymuluje optymalne środowisko dla rozwoju nasion, tworząc „mikroszklarnię”, oraz pozwala zabezpieczyć niestabilne podłoża przed erozją wodną, wietrzną i wydziobywaniem przez ptaki. Użyta metoda kosztuje 80% mniej niż ułożenie trawnika z rolki. Przy zastosowaniu tej metody ograniczamy koszty humusowania. Z kolei dodanie substancji odżywczych (azot, fosfor) może powodować, że trawa przyjmie się na zwykłym piasku, tworząc własną warstwę odżywczą. W porównaniu do tradycyjnego siewu, zmieszana skrobia z trawą i substancjami odżywczymi pozwala na znacznie szybszą realizację inwestycji związanej z zakładaniem zieleni [18].

Podsumowanie

1. Polisacharydy, znane ze swej biodegradowalności, koordynując do jonów metali, unieruchamiają okresowo te jony w glebie, co może mieć pewne znaczenie przy zapobieganiu bioakumulacji jonów metali w roślinach w okresie ich wegetacji.
 2. Koordynacja do jonów metali, bez względu na ich tożsamość, natychmiast znosi pseudoplastyczność żeli i niweluje ich właściwości tiksotropowe. Dlatego też wydaje się, że taki efekt byłby korzystny w przypadku cementowania gruntów. Po domieszkowaniu polisacharydów konstrukcje ziemne powinny ulegać kontrakcji objętości, przez co uzyskuje się zwiększoną wytrzymałość tych konstrukcji.
 3. Skrobia jako dodatek do gleby nadaje jej plastyczność, zmienia właściwości mechaniczne oraz zapobiega dehydratacji, erozji, a także zapewnia lepszą żyzność.
 4. Suplementowanie gruntu polisacharydami, w wyniku którego dochodzi do stabilizacji gruntu, nie odbija się ujemnie na wzroście roślin na takim podłożu, co wykazały badania w hali wegetacyjnej.
 5. Warstwa polisacharydu jest na tyle cienka, że nie zaburza procesu kiełkowania zasianych roślin tworzących darń. Spełnia funkcję ochronną dla wierzchniej warstwy gruntu do czasu wzrostu roślin. Nie powoduje zanieczyszczenia środowiska, dodatkowo nie wymaga usuwania w trakcie wzrostu roślin, gdyż sama ulega biodegradacji, stając się nawozem organicznym.
- Czym niższe stężenie skrobi ziemniaczanej, tym wydajniejszy wzrost trawy. Uznać należy, że aby skrobia skutecznie stabilizowała grunt, trzeba bardzo dokładnie dobrać jej stężenie. Z jednej strony, skrobia posłużyć może jako doda-

tek do gleby, po to by zapobiegać osuwaniu się różnych nasypów, zboczy, osuwisk itd., ale z drugiej strony – należy precyzyjnie określić jej stężenie, ponieważ:

- zbyt duże stężenie skrobi powoduje jej wolniejszą biodegradację pod wpływem różnych drobnoustrojów, a w związku z tym zatrzymuje ona wody opadowe, natomiast w razie intensywnego nasłonecznienia doprowadza do popękania ziemi, uniemożliwiając w ten sposób roślinom wegetację i doprowadzając do ich obumarcia. Budowla ziemna (nasyp, itp.) traci swój pierwotny kształt i nadaną jej funkcję, co może być przyczyną niebezpiecznych osunięć ziemi;
- zbyt małe stężenie skrobi skutkuje krótszym czasem jej biodegradacji, co wywiera także negatywny wpływ na budowlę ziemną; powoduje to wcześniejszą wegetację roślin, co doprowadzić może do zniszczenia zewnętrznej powierzchni nasypu, a w efekcie do naruszenia jego początkowej konstrukcji.

Reasumując, stwierdza się, że skrobia jako dodatek do gleby nadaje jej plastyczność, zmienia właściwości mechaniczne oraz zapobiega dehydratacji, erozji, a także zapewnia lepszą żyzność.

Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki

NN 313 789240

Literatura

- [1] Grabowska-Olszewska B., Siergiejewa J.M., Gruntoznawstwo, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1977.
- [2] Carter M.R., Andrews S.S., Drinkwater L.E., Systems approaches for improving soil quality, in: Schjønning P., Elmholt S., Christensen B.T. (eds.), *Managing Soil Quality: Challenges in Modern Agric.*, CAB International, Oxford, UK, pp. 261, 2004.
- [3] Hu S., Coleman D.C., Beare M.H., Hendrix P.F., Soil carbohydrates inaggrading and degrading agroecosystems: influences of fungi and aggregates, *Agricult. Ecosyst. Environm.*, 54, 77, 1995.
- [4] Mehta N.C., Streuli H., Muller M., Deuel H., Role of polysaccharides in soil aggregation, *J. Sci. Food Agric.*, 11, 40, 1960.
- [5] Lado M., Ben-Hur M., Soil mineralogy effects on seal formation, runoff and soil loss, *Appl. Clay Sci.*, 24, 209, 2004.
- [6] Bronick C., Lal R., Soil structure and management: a review, *Geoderma*, 124, 3, 2005.
- [7] Sparling G.P., Cheshire M.V., Effect of periodate oxidation on the polysaccharide content and microaggregate stability of rhizosphere and non-rhizosphere soil, *Plant and Soil*, 16, 179, 1985.

- [8] Martin J.P., Microorganisms and soil aggregation. II. Influence of bacterial polysaccharides on soil structure, *Soil. Sci.*, 61, 157, 1946.
- [9] Panabokke C.R., Quirk J.P., Effect of initial water content on stability of soil aggregates in water, *Soil Sci.*, 83, 185, 1957.
- [10] Greenland D.J., The adsorption of sugars by montmorillonite. II. Chemical studies, *J. Soil Sci.*, 7, 329, 1956.
- [11] Carter M.R., Stewart B.A. (eds.), *Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils*, Lewis/CRC Press, Boca Raton, FL, 477 pp. 55, 1996.
- [12] Ball B.C., Cheshire M.V., Robertson E.A.G., Hunter E.A., Carbohydrate composition in relation to structural stability, compactibility and plasticity of two soils in a long-term experiment, *Soil & Till. Res.*, 39, 143, 1996.
- [13] Rahimi H., Pazira E., Tajik F., Effect of soil organic matter, electrical conductivity and sodium adsorption ratio on tensile strength of aggregates, *Soil & Tillage Res.*, 54, 145, 2000.
- [14] Azam R.A.I., *Agricultural polymers, polyacrylamide preparation, application and prospects in soil conditioning*, *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 11, 767, 1980.
- [15] De Boodt, M.F., Soil conditioning a modern procedure for restoring physical soil degradation, *Pedologie*, 43, 157, 1993.
- [16] Darling F.E., *Crofting agriculture, Its practice in the Western Highland*, Olivier and Boyd, Edinburgh, pp. 163, 1945.
- [17] Chapman V.J., *Seawoods and their uses*, 2nd Edn, Methuen, London, pp. 304, 1970.
- [18] <http://www.hydrotrawy.pl>.

Wojciech Ciesielski
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie

PLANT GROWTH AFTER ADDING FOR SOIL NATIVE AND GELATINIZED POLYSACCHARIDES

Abstract

Studies were conducted in the greenhouse, a laser particle size analyzer and by scanning electron microscopy (SEM). The study shows the behavior of the soil after adding to the soil the polysaccharide gels. This gives further possibilities in the study of ecological stability of the soil.

Keywords: polysaccharides, stabilization of soil, plant growth.