

WPŁYW POLIMERU TERRACOTTEM NA STRUKTURĘ ZERODOWANEJ GLEBY PŁOWEJ*

Jan Paluszek

Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. S. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
e-mail: jan.paluszek@up.lublin.pl

Streszczenie. Celem pracy była ocena w doświadczeniu poletkowym bezpośredniego i następczego wpływu polimeru żelowego TerraCottem w dawkach 1 i 2 g·kg⁻¹ na skład agregatowy i wodoodporność agregatów zerodowanej gleby płowej wytworzonej z lessu. Uzyskane wyniki wykazały, że dodanie TerraCottem do gleby istotnie zmniejszyło zawartość brył o wymiarach >10 mm, istotnie zwiększyło zawartość powietrznie suchych agregatów 0,25-10 mm oraz zawartość wodoodpornych agregatów glebowych o wymiarach 0,25-10 mm, w porównaniu z próbą kontrolną. W drugim roku po zastosowaniu hydrożelu w dawce 2 g·kg⁻¹ w glebie ulepszanej stwierdzono większą zawartość wodoodpornych agregatów o wymiarach 0,25-10 mm w porównaniu z glebą poletek kontrolnych.

Słowa kluczowe: zerodowana gleba płowa, TerraCottem, skład agregatowy, wodoodporność agregatów

WSTĘP

Gleby ulegające przyspieszonej erozji wodnej i erozji uprawowej charakteryzują się skróceniem pedonów i zmniejszeniem zawartości materii organicznej w poziomach uprawno-próchnicznych (Licznar 1995, Koćmit 1998, Fullen 2003, Rejman i Rodzik 2006). Ubytek materii organicznej wpływa niekorzystnie na strukturę gleb zerodowanych. W składzie agregatowym ich poziomów Ap zwiększa się zawartość brył o wymiarach >10 mm oraz zmniejsza zawartość powietrznie suchych agregatów 0,25-10 mm, a zwłaszcza 1-5 mm, najbardziej korzystnych dla wzrostu roślin. Równocześnie w glebach zerodowanych zmniejsza się

* Praca naukowa finansowana częściowo ze środków na naukę w latach 2008-2011 jako projekt badawczy N N310 3088 34

odporność agregatów na działanie wody (Paluszek 1994, Ebeid i in. 1995). Pogorszenie struktury i zmniejszenie wodoodporności agregatów w glebach zerodowanych sprzyja zwiększeniu zagęszczenia masy glebowej. W rezultacie gleby zerodowane mają najczęściej mniejszą retencję wody użytecznej dla roślin, porowatość ogólną i mniejsze przewodnictwo wodne od gleb nieerodowanych (Paluszek 2001, Shukla i Lal 2005). W wyniku zmniejszenia wodoodporności agregatów glebowych i przewodnictwa wodnego gleby zerodowane łatwo ulegają powierzchniowemu zaskorupieniu i są bardziej podatne na dalszą erozję wodną i wietrzną (Rejman i in. 1994, Le Bissonnais 1996, Barthès i Roose 2002).

Zmniejszenie podatności erozyjnej tych gleb wymaga przywrócenia wodoodpornej struktury agregatowej. Tradycyjne metody polepszania trwałości agregatów glebowych polegają na nawożeniu nawozami naturalnymi i organicznymi w wysokich dawkach, w połączeniu z nawożeniem NPK, wapnowaniem i uprawą roślin motylkowatych (Owczarzak i in. 1996, Arriaga i Lowery 2003). Uzupełnieniem tradycyjnych metod może być dodanie do gleby wielkocząsteczkowych, syntetycznych polimerów, mających zdolność wiązania cząstek i mikroagregatów glebowych w trwałe makroagregaty i zmniejszania podatności gleb na erozję (Ben-Hur 2006). Należą do nich hydrofilowe żele, zbudowane z polimerycznych łańcuchów połączonych ze sobą i tworzących trójwymiarową, usieciowaną strukturę. Ich wysuszone, ściśnięte kłębki mają postać krystalicznych ziaren lub granulatu, natomiast po nawilżeniu wodą wielokrotnie powiększają swą objętość. Podczas nawilżania obecne w usieciowanych łańcuchach amidowe grupy funkcyjne ulegają solwatacji i dysocjują, kationy jednowartościowe (K^+ , Na^+) odłączają się, a ujemne ładunki łańcucha polimeru odpychają się pod wpływem działania sił elektrostatycznych (Bereś i Kaładkowska 1992, Bouranis 1998, Hua i Qian 2001). Prowadzi to do powolnego rozluźnienia zwiniętych kłębków polimeru, które zyskują możliwość dalszego wchłaniania wody i utworzenia żelu. Kawałki żelu mogą przyklejać się do redlic siewnika, dlatego polimery żelowe zaleca się wysiewać po siewie roślin uprawnych.

Celem pracy była ocena składu agregatowego i zawartości wodoodpornych agregatów w powierzchniowej warstwie poziomym Ap zerodowanej gleby płowej typowej wytworzonej z lessu po dodaniu polimeru żelowego TerraCottem.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie poletkowe

Badania prowadzono w latach 2005-2006 w małej zlewni lessowej, położonej w Bogucinie (51°19'56"N i 22°23'18"E) na Płaskowyżu Nałęczowskim (Wyżyna Lubelska). Zlewnia od kilkunastu lat jest eksperymentalnym obiektem badań nad erozją gleb, prowadzonych przez Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie (Rejman

2006). Doświadczenie założono na stoku o nachyleniu 11-15% i poprzecznym do spadku kierunku uprawy roli. Obejmowało ono poletka z dwiema dawkami TerraCottem i poletka kontrolne w trzech powtórzeniach, na glebie płowej typowej będącej w różnym stopniu zerodowania (łącznie 9 poletek). Wielkość poletek (5×3 m) była ograniczona mozaikową zmiennością pokrywy glebowej na stokach lessowych.

W 2005 r. rośliną uprawną była pszenica jara (Nawra) na stanowisku po buraku cukrowym. Uprawki obejmowały orkę przedzimową oraz kultywatorowanie i bronowanie wiosną. Nawożenie mineralne gleby na 1 ha wynosiło: 40 kg N, 23 kg P (jednorazowo w całej dawce przedsewnie w postaci saletrzaku i fosforanu amonu) i 75 kg K (w postaci soli potasowej 60%).

TerraCottem (produkowany przez Manufacturer Terracottem N. V., Zulte, Belgia) stanowi mieszaninę kopolimerów propionoamidu i kwasu propionowego (39,5%) z nawozami mineralnymi (10,5%), stymulatorami wzrostu (0,25%) i rozdrobnioną porowatą skałą piroklastyczną (49,75%) jako materiałem nośnikowym. Produkowany jest w formie granulatu o biało-żółto-brązowo-niebieskiej barwie i średnicy 1-4 mm, ma gęstość $0,81 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ i pH 7,0. W swym składzie zawiera: 5,1% N ogólnego, 1,1% P_2O_5 , 7,9% K_2O oraz $13 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ Fe, $106 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ B, $44 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Cu, $309 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Mn, $11 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Mo i $44 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Zn (Deweever i Ottevaere 2003). Zdolność TerraCottem do absorpcji wody dejonizowanej wynosi $51,15 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$, natomiast zdolność do absorpcji wody zawierającej $2 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ zmniejsza się do $19,56 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$.

TerraCottem wysiano na początku kwietnia 2005 r. po siewie pszenicy jarej w zalecanych przez producenta dawkach 1 i $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ w stosunku do masy gleby suchej w warstwie 0-5 cm (55 i $110 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$) i wymieszano z glebą do głębokości 5 cm. Do ochrony roślin zastosowano Chwastox Turbo 340 SL w dawce $2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Próbki gleby do badań bezpośredniego wpływu TerraCottem na skład agregatowy i wodoodporność agregatów pobrano z głębokości 0-5 cm poziomu Ap w czterech terminach: 23 maja, 14 czerwca, 11 lipca i 8 sierpnia 2005 r. Próbki o zachowanej budowie do wykonania nieprzezroczystych szlifów glebowych pobrano w czerwcu z głębokości 0-4 cm w płaszczyźnie poziomej, do metalowych pudełek o wymiarach $9 \times 8 \times 4 \text{ cm}$.

W 2006 roku badano następczy wpływ TerraCottem na skład agregatowy i wodoodporność agregatów glebowych. Uprawki obejmowały podorywkę, orkę przedzimową, kultywatorowanie i bronowanie wiosną. Rośliną uprawną był jęczmień jary (Stratus), a nawożenie mineralne gleby na 1 ha było takie samo jak w 2005 r.: 40 kg N, 23 kg P i 75 kg K. Próbki gleby pobrano 20 czerwca 2006 r. z głębokości 0-20 cm.

Analizy laboratoryjne

Skład granulometryczny gleby oznaczono metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego. Zawartość węgla organicznego oznaczono

metodą Tiurina w modyfikacji Simakowa a odczyn gleby w $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KCl metodą potencjometryczną, stosując elektrodę zespoloną.

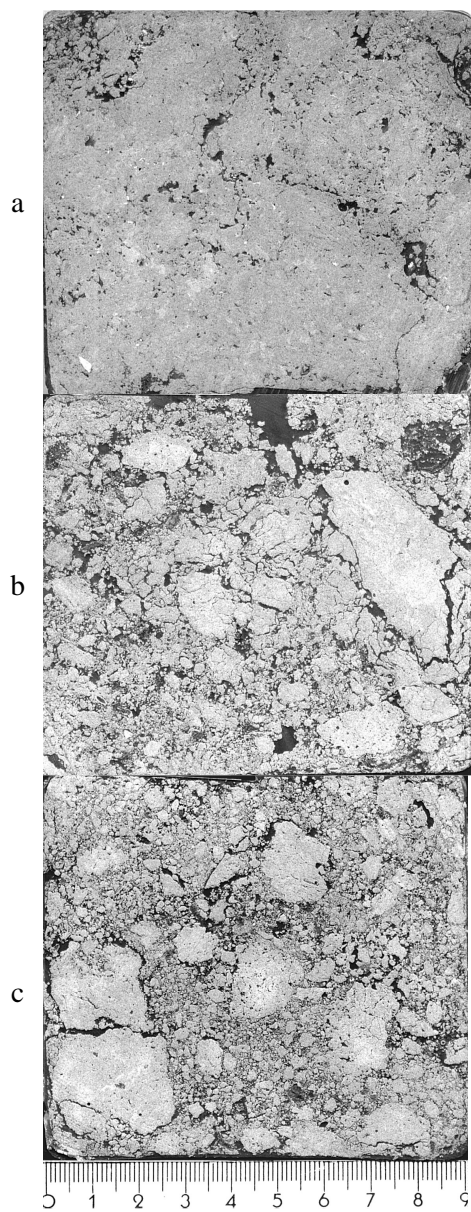
W celu przygotowania nieprzezroczystych szlifów glebowych (zglądów jednostronnych) próbki glebowe nasycono roztworem żywicy poliestrowej Polimal-109 według metodyki Słowińskiej-Jurkiewicz i Domżała (1988). W skład roztworu oprócz żywicy wchodził monostyren, wodoronadtlenek cykloheksanonu spastowany we ftalanie dwubutylu i naftenian kobaltu. Impregnację prowadzono w suszarce próżniowej przy ciśnieniu bezwzględnym ok. 20 hPa. Po spolimeryzowaniu żywicy, bloki pocięto na plastry o grubości 8 mm, wyszlifowano i wypolerowano. Do morfologicznej analizy struktury wybrano 3 szlify ukazujące poziome przekroje gleby z głębokości 2 cm.

Skład agregatowy gleb ($\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$) oznaczono metodą przesiewania w stanie powietrznie suchym, przez zestaw sit o wymiarach oczek: 10, 7, 5, 3, 1, 0,5 i 0,25 mm, stosując naważkę 500 g w dwóch powtórzeniach. Zawartość wodoodpornych agregatów glebowych ($\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$) oznaczono w 4 powtórzeniach za pomocą zmodyfikowanego aparatu Bakszejewa, wykonanego w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie. Stosowano naważki gleby o masie 25 g proporcjonalne do składu powietrznie suchych agregatów. Na podstawie wyników przesiewania obliczono średnią ważoną średnicę agregatów powietrznie suchych (MWD dry) i agregatów wodoodpornych (MWD wet) metodą Youkera i Mc Guinnessa (Walczak i Witkowska 1976). Wyniki oznaczeń poddano statystycznej analizie wariancji dla klasyfikacji podwójnej w układzie całkowicie losowym. Istotność uzyskanych różnic weryfikowano testem Tukeya.

Badana gleba płowa wytworzona z lessu pod względem granulometrycznym stanowiła pył ilasty, zawierając w poziomie Ap w zależności od stopnia zerodowania 12-15% frakcji piasku (2-0,05 mm), 68-74% frakcji pyłu (0,05-0,002 mm) i 14-17% iłu $<0,002$ mm. Zawartość C org. w glebie wynosiła $8,04\text{-}9,20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ i zmniejszała się wraz ze wzrostem stopnia zerodowania. Odczyn gleby był słabo kwaśny (pH 5,8-6,1).

WYNIKI BADAŃ

Morfologiczna analiza nieprzezroczystych szlifów glebowych wykazała, że po dwóch miesiącach od siewu pszenicy w glebie kontrolnej bez dodatku polimeru żelowego agregaty – okruchy pod wpływem naturalnego osiadania połączyły się ze sobą w spójną masę glebową. Natomiast dodatek TerraCottem wywarł bardzo korzystny wpływ na strukturę zerodowanej gleby płowej. Po dwóch miesiącach od jego wprowadzenia stwierdzono dobrze zachowane agregaty w obiektach z dodatkiem polimeru w dawce $1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ i bardzo dobrze wykształcone, zaokrąglone agregaty w glebie z dodatkiem $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ (rys. 1). Dominowały makroagregaty o wymiarach 1-10 mm, wytworzone pod wpływem wiążących właściwości hydrożelu.



Rys. 1. Struktura zerodowanej gleby pólowej na głębokości 2 cm. Dawka TerraCottem: a – 0 (próba kontrolna), b – $1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, c – $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Barwa szara – faza stała, barwa czarna – pory glebowe

Fig. 1. Soil structure of eroded Luvisol at depth of 2 cm. Doses of TerraCottem: a – 0 (control), b – $1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, c – $2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Grey colour – solid phase, black colour – soil pores

Przesiewanie rozkruszonej gleby przez zestaw sit wykazało, że zastosowanie TerraCottem polepszyło jej skład agregatowy w powierzchniowej warstwie. Korzystne zmiany stwierdzono już w maju i wpływ ten utrzymywał się w kolejnych terminach badań (tab. 1). W glebie zerodowanej zmniejszyła się istotnie zawartość brył o wymiarach >10 mm (średnio o $0,128 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ na poletkach z dawką $1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ i o $0,158 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ na poletkach z dawką $2 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Tabela 1. Zawartość powietrznie suchych agregatów glebowych w poziomie Ap (wartości średnie z 3 poletek)

Table 1. Content of air-dry soil aggregates in Ap horizon (mean values from 3 plots)

Miesiąc, rok Month, year (M)	Dawka TerraCottem Dose of TerraCottem ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) (D)	Zawartość powietrznie suchych agregatów o średnicy w mm Content of air-dry aggregates with diameters in mm ($\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$)						Średnia ważona średnica MWD dry (mm)
		>10	5-10	1-5	0,25-1	$<0,25$	$\Sigma 0,25-10$	
Maj 2005 May 2005	0	0,293	0,145	0,296	0,186	0,080	0,627	9,3
	1	0,197	0,164	0,304	0,218	0,117	0,686	7,1
	2	0,115	0,177	0,395	0,218	0,095	0,790	4,5
Czerwiec 2005 June 2005	0	0,336	0,154	0,286	0,158	0,066	0,598	10,1
	1	0,211	0,138	0,298	0,235	0,118	0,671	7,3
	2	0,205	0,167	0,354	0,199	0,075	0,720	7,0
Lipiec 2005 July 2005	0	0,352	0,101	0,209	0,177	0,161	0,487	14,3
	1	0,204	0,136	0,318	0,218	0,124	0,672	7,4
	2	0,199	0,128	0,268	0,214	0,191	0,610	7,1
Sierpień 2005 August 2005	0	0,462	0,125	0,235	0,110	0,068	0,470	16,4
	1	0,319	0,151	0,278	0,172	0,080	0,601	10,8
	2	0,295	0,148	0,300	0,158	0,099	0,606	9,8
Średnia Mean	0	0,361	0,131	0,256	0,158	0,094	0,545	12,5
	1	0,233	0,147	0,299	0,211	0,110	0,657	8,1
	2	0,203	0,155	0,330	0,197	0,115	0,682	7,1
NIR – LSD ($\alpha = 0,05$)	dawki – doses D	0,050	0,016	0,024	0,026	0,017	0,046	1,6
	interakcja – interaction D×M	r. n.	r. n.	0,049	r. n.	0,034	r. n.	r. n.
Czerwiec 2006 June 2006	0	0,299	0,157	0,289	0,159	0,096	0,605	8,8
	1	0,270	0,156	0,304	0,171	0,099	0,631	6,6
	2	0,257	0,162	0,301	0,179	0,101	0,642	7,3
NIR – LSD ($\alpha = 0,05$)	dawki – doses D	r. n.	r. n.	r. n.	r. n.	r. n.	r. n.	1,4

r. n. – różnice nieistotne – non-significant differences.

Równocześnie w porównaniu z obiektami kontrolnymi zwiększyła się istotnie zawartość powietrznie suchych agregatów o wymiarach 0,25-10 mm (średnio o 0,112-0,137 kg·kg⁻¹), w tym agregatów 5-10 mm (o 0,016-0,024 kg·kg⁻¹), 1-5 mm (o 0,043-0,074 kg·kg⁻¹), 0,25-1 mm (o 0,053-0,039 kg·kg⁻¹) oraz mikroagregatów <0,25 mm (o 0,021 kg·kg⁻¹ w obiektach z dawką 2 g·kg⁻¹). W rezultacie średnia ważona średnica agregatów powietrznie suchych (MWD dry) zmniejszyła się istotnie (o 4,4-5,4 mm). W drugim roku badań po zastosowaniu TerraCottem jego wpływ na zawartość poszczególnych frakcji powietrznie suchych agregatów był nieznaczny (tab. 1). Stwierdzono jedynie istotnie mniejszą średnią ważoną średnicę agregatów w porównaniu z kontrolą (o 2,2 mm w obiektach z dodatkiem 1 g·kg⁻¹ i o 1,5 mm w obiektach z dodatkiem 2 g·kg⁻¹).

Zawartość wodoodpornych agregatów o wymiarach 0,25-10 mm pod wpływem TerraCottem zwiększyła się istotnie (średnio o 0,036 kg·kg⁻¹ na poletkach z dawką 1 g·kg⁻¹ i o 0,047 kg·kg⁻¹ na poletkach z dawką 2 g·kg⁻¹). Istotnie zwiększyła się zawartość trwałych agregatów o wymiarach 5-10 mm (o 0,014 kg·kg⁻¹ w obiektach z dawką 2 g·kg⁻¹), 1-5 mm (o 0,023-0,027 kg·kg⁻¹) oraz ich średnia ważona średnica (MWD wet) o 0,07-0,19 mm (tab. 2).

W 2006 r. nastąpił wpływ TerraCottem na wodoodporność agregatów glebowych był słabszy niż wpływ bezpośredni w roku 2005, ale nadal istotny. W porównaniu z kontrolą stwierdzono istotnie większą zawartość trwałych agregatów o wymiarach 0,25-10 mm (o 0,092 kg·kg⁻¹ na poletkach z dawką 2 g·kg⁻¹), w tym agregatów 5-10 mm (o 0,013-0,032 kg·kg⁻¹), 1-5 mm (o 0,019 kg·kg⁻¹ pod dawką 2 g·kg⁻¹), 0,25-1 mm (o 0,041 kg·kg⁻¹ pod dawką 2 g·kg⁻¹) a także większą średnią ważoną średnicę agregatów wodoodpornych o 0,12-0,33 mm (tab. 2).

DYSKUSJA

Przedstawione wyniki badań wykazały, że dodatek polimeru żelowego TerraCottem w małych dawkach wpłynął bardzo korzystnie na jakość struktury zerodowanej glebie płowej wytworzonej z lessu. Skutecznie polepszył jej skład agregatowy oraz istotnie zwiększył wodoodporność agregatów glebowych o wymiarach 0,25-10 mm. Według klasyfikacji Le Bissonnais (1996), opartej na średniej ważonej średnicy agregatów po przesianiu w wodzie, agregaty w warstwie 0-5 cm gleb poletek kontrolnych w maju i czerwcu 2005 r. oraz w czerwcu 2006 r. oceniono jako bardzo nietrwałe (MWD wet <0,4 mm), a w lipcu i sierpniu 2005 r. jako nietrwałe (MWD 0,4-0,8 mm). Według tego kryterium agregaty glebowe w obiektach z dodatkiem TerraCottem w dawkach 1 i 2 g·kg⁻¹ oceniono jako nietrwałe (MWD 0,4-0,8 mm), a tylko w sierpniu 2005 r. jako średnio trwałe (MWD

0,8-1,3 mm). W drugim roku po wniesieniu preparatu agregaty glebowe w warstwie 0-20 cm oceniono jako nietrwałe.

Tabela 2. Zawartość wodoodpornych agregatów glebowych w poziomie Ap (wartości średnie z 3 póltek)

Table 2. Content of water-stable soil aggregates in Ap horizon (mean values from 3 plots)

Miesiąc, rok Month, year (M)	Dawka TerraCottem Dose of TerraCottem (g·kg ⁻¹) (D)	Zawartość wodoodpornych agregatów o średnicy w mm Content of water-stable aggregates with diameters in mm (kg·kg ⁻¹)					Średnia ważona średnica MWD wet (mm)
		5-10	1-5	0,25-1	Σ0,25-10	Σ1-10	
Maj 2005 May 2005	0	0,004	0,037	0,265	0,306	0,041	0,33
	1	0,009	0,047	0,267	0,323	0,056	0,38
	2	0,003	0,048	0,297	0,348	0,051	0,35
Czerwiec 2005 June 2005	0	0,008	0,044	0,273	0,325	0,052	0,37
	1	0,009	0,061	0,310	0,380	0,070	0,44
	2	0,015	0,065	0,288	0,368	0,080	0,48
Lipiec 2005 July 2005	0	0,018	0,066	0,364	0,448	0,084	0,53
	1	0,029	0,091	0,343	0,463	0,120	0,67
	2	0,031	0,102	0,334	0,467	0,133	0,72
Sierpień 2005 August 2005	0	0,032	0,071	0,312	0,415	0,103	0,64
	1	0,026	0,108	0,335	0,469	0,134	0,68
	2	0,074	0,105	0,317	0,496	0,179	1,08
Średnia Mean	0	0,016	0,054	0,303	0,373	0,070	0,47
	1	0,018	0,077	0,314	0,409	0,095	0,54
	2	0,030	0,081	0,309	0,420	0,111	0,66
NIR – LSD (α = 0,05)	dawki – doses interakcja – interaction D×M	0,006 0,013	0,010 0,020	r. n. 0,032	0,021 r. n.	0,014 0,027	0,06 0,13
Czerwiec 2006 June 2006	0	0,004	0,043	0,219	0,266	0,047	0,32
	1	0,017	0,043	0,236	0,296	0,060	0,44
	2	0,036	0,062	0,260	0,358	0,098	0,65
NIR – LSD (α = 0,05)	dawki – doses D	0,010	0,013	0,024	0,039	0,020	0,11

r. n. – różnice nieistotne – non-significant differences.

Oddziaływanie TerraCottem na strukturę gleby polegało na utrwaleniu agregatów powstałych z rozkruszenia masy glebowej podczas uprawek polowych oraz na tworzeniu nowych, trwałych agregatów. Podczas nawilżania żel pochłania

z wodą rozproszone cząstki i mikroagregaty glebowe. Pęczniący żel spulchnia glebę, równocześnie w nawilżonych agregatach – okruchach następuje rozluźnienie wiązań pomiędzy mikroagregatami <0,25 mm. W czasie wysychania poszczególne granulki polimeru skupiają wokół siebie liczne mikroagregaty, tworząc nowe trwałe agregaty o wymiarach 0,25-10 mm.

Według informacji producenta TerraCottem zwiększa retencję wody i składników pokarmowych w glebie, poprawia strukturę agregatową, zwiększa spulchnienie i napowietrzenie oraz chroni glebę przed erozją (Deweever i Ottevaere 2003). Ponadto zwiększa aktywność mikrobiologiczną, wpływa na intensywniejszy rozwój systemu korzeniowego roślin, zwiększa ich odporność na suszę i przyrost zielonej masy. Zalecany jest m. in. do wykorzystania w uprawie roślin ogrodniczych (Mridha i in. 2004, De Oliveira i in. 2004, Šarapatka i in. 2006).

Oceniając przydatność TerraCottem do ulepszania struktury gleby zerodowanej, stwierdzono jednak jego mniejszą efektywność niż innych badanych polimerów żelowych, stosowanych w analogicznych lub mniejszych dawkach. Viterra (kopolimer propionoamidu i propionianu potasowego) wysiewana w dawkach 0,5 i 1 g·kg⁻¹, Stockosorb (kopolimer poliakryloamidu i poliakrylanu potasowego) w dawkach 0,5 i 1 g·kg⁻¹ oraz Hidroplus (poliakrylan sodu) w dawkach 0,5 i 1 g·kg⁻¹ bardziej skutecznie polepszały wodoodporność agregatów glebowych (Paluszek 2003, Paluszek i Żembrowski 2008). Zastosowanie Viterry zmniejszyło udział brył o wymiarach >10 mm w składzie agregatowym gleb do 0,160-0,081 kg·kg⁻¹ oraz zwiększyło zawartość wodoodpornych agregatów 0,25-10 mm do 0,722-0,814 kg·kg⁻¹, a ich średnią ważoną średnicę do 2,24-2,47 mm. Także Owczarzak i in. (2006) stwierdzili korzystny wpływ Stockosorbu w dawkach 0,33, 0,66, 1,32 i 2,64 g·kg⁻¹ na statyczną wodoodporność modelowanych agregatów z gleby płowej o składzie piasku gliniastego i czarnej ziemi o składzie gliny piaszczystej. Zastosowane dawki polimeru żelowego zwiększyły porowatość i pojemność wodną agregatów.

Poszczególne hydrożele różnią się między sobą składem chemicznym, sposobem sieciowania, zdolnością do absorbowania wody i wielkością kłębków. Do utrwalania struktury agregatowej gleb najbardziej korzystna jest jak najdrobniejsza granulacja wysuszonych kłębków, ponieważ mogą one łączyć najwięcej cząstek i mikroagregatów glebowych. Słabsze oddziaływanie dawek TerraCottem na agregację i wodoodporność agregatów glebowych w porównaniu z Viterrą i Hidroplusem wynika prawdopodobnie ze znacznego udziału w jego składzie (49,75%) okruchów skały piroklastycznej. Jako materiał nośnikowy dla nawozów mineralnych skała wulkaniczna nie wywierała wpływu na procesy agregacji gleby. Również odmienna metoda polimeryzacji, różny skład chemiczny TerraCottem, inna budowa kłębków polimeru oraz mniejsza ich zdolność do absorbowania wody mogą mieć wpływ na mniejszą skuteczność oddziaływania polimeru na powstawanie i utrwalanie agregatów glebowych.

W drugim roku po wniesieniu Terracottem do gleby jego wpływ następczy na skład agregatowy był wprawdzie istotny, ale znacznie słabszy niż wpływ bezpośredni. Producent hydrożelu deklaruje, że polimer jest aktywny w glebie przez 8 lat, a jego coroczny ubytek wynosi 5% (Deweever i Ottevaere 2003). Jednak pod wpływem zabiegów uprawowych uległ on znacznemu rozproszeniu w glebie i w drugim roku jego zdolność do łączenia cząstek gleby w trwałe agregaty zmniejszyła się. Ponadto kłębki hydrożeli, jeśli nie zostaną dokładnie przykryte glebą, pod wpływem intensywnego promieniowania ultrafioletowego ulegają degradacji w przeciągu kilku tygodni, rozkładając się na CO₂, H₂O i NH₃ (Holliman i in. 2005). Dla utrzymania dużej trwałości agregatów w dłuższym okresie niezbędne jest zatem powtarzanie wysiewania hydrożeli.

Wysokie ceny syntetycznych polimerów ograniczają ich powszechne wykorzystanie w praktyce rolniczej do ulepszania struktury i wodno-powietrznych właściwości gleb. Koszty zabiegów wprowadzania polimerów do gleby są tylko częściowo równoważone dużą skutecznością ich działania przy bardzo małych dawkach. Równocześnie zastosowanie tych środków spełnia rolę zabiegu przeciwoerozyjnego, zmniejszającego podatność gleb na erozję wodną i wietrzną oraz redukuje straty erozyjne gleby i składników pokarmowych (Ben-Hur 2006).

WNIOSKI

1. Badania wykazały przydatność polimeru żelowego TerraCottem, zwłaszcza w dawce 2 g·kg⁻¹, do ulepszania struktury zerodowanej gleby płowej wytworzonej z lessu.
2. Korzystny bezpośredni wpływ TerraCottem w dawce 1 i 2 g·kg⁻¹ polegał na istotnym zmniejszeniu w składzie agregatowym gleby zawartości brył o wymiarach >10 mm oraz istotnym zwiększeniu w porównaniu z kontrolą zawartości powietrznie suchych agregatów 0,25-10 mm, w tym 5-10 mm, 1-5 mm i 0,25-1 mm oraz ich średniej ważonej średnicy.
3. W drugim roku po zastosowaniu TerraCottem jego wpływ na zawartość poszczególnych frakcji powietrznie suchych agregatów był nieznaczny. Jedynie w obiektach z dawką 2 g·kg⁻¹ istotnie zmniejszyła się średnia ważona średnica agregatów.
4. Wprowadzenie hydrożelu istotnie zwiększyło zawartość wodoodpornych agregatów glebowych o wymiarach 0,25-10 mm, w tym o wymiarach 5-10 mm i 1-5 mm oraz ich średnią ważoną średnicę.
5. Następczy wpływ TerraCottem utrzymał się w 2006 r. na poletkach z dawką 2 g·kg⁻¹, na których stwierdzono istotnie większą zawartość trwałych agregatów o wymiarach 0,25-10 mm, w tym agregatów 1-5 mm i 0,25-1 mm.

Natomiast następczy wpływ polimeru w dawce $1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ujawnił się tylko w istotnie większej średniej ważonej średnicy agregatów wodoodpornych.

PIŚMIENNICTWO

- Arriaga F.J., Lowery B., 2003. Soil physical properties and crop productivity of an eroded soil amended with cattle manure. *Soil Sci.*, 168, 888-899.
- Barthès B., Roose E., 2002. Aggregate stability as an indicator of soil susceptibility to runoff and erosion; validation at several levels. *Catena*, 47, 133-149.
- Ben-Hur M., 2006. Using synthetic polymers as soil conditioners to control runoff and soil loss in arid and semi-arid regions – a review. *Aust. J. Soil Res.*, 44, 191-204.
- Bereś J., Kałędowska M., 1992. Superabsorbenty. *Chemik*, 45, 3, 59-61.
- Bouranis D.L., 1998. Designing synthetic soil conditioners via postpolymerization reactions. In: *Handbook of soil conditioners: substances that enhance the physical properties of soil* (Eds A. Wallace, R.E. Terry), Marcel Dekker Inc., New York, 333-362.
- De Oliveira R.A., Rezende L.S., Martinez M.A., Miranda G.V., 2004. Effect of a hydrogel polymer on the soil water retention. *Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambiental*, 8, 1, 160-163.
- Deweever F., Ottevaere D., 2003. TerraCottem in growing media. *Proc. Intern. Peat Symposium: Peat in Horticulture, Additives in Growing Media* (Edit. G. Schmilewski), 4 November 2003, Amsterdam, 39-47.
- Ebeid M.M., Lal R., Hall G.F., Miller E., 1995. Erosion effects on soil properties and soybean yield of a Miamian soil in Western Ohio in a season with below normal rainfall. *Soil Technol.*, 8, 97-108.
- Fullen M. A., 2003. Soil erosion and conservation in northern Europe. *Progress Phys. Geogr.*, 27, 3, 331-358.
- Holliman P.J., Clark J.A., Williamson J.C., Jones D.L., 2005. Model and field studies of the degradation of cross-linked polyacrylamide gels used during the revegetation of slate waste. *Sci. Total Environ.*, 336, 13-24.
- Hua F., Qian M., 2001. Synthesis of self-crosslinking sodium polyacrylate hydrogel and water absorbing mechanism. *J. Materials Sci.*, 36, 731-738.
- Koćmit A., 1998. Erozja wodna w obszarach młodogłacjalnych Pomorza i możliwości jej ograniczenia. *Bibl. Fragm. Agron.*, 4B/98, 83-99.
- Le Bissonnais Y., 1996. Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *Europ. J. Soil Sci.*, 47, 425-437.
- Licznar M., 1995. Erozja gleb w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 418, 1, 91-100.
- Mridha M.A.U., Alreja V., Dhar P.P., Sengupta J., Bhuiyan M.K., 2004. Influence of Terracottem® soil conditioner on growth and drought resistance of a medicinal plant (*Aegle mermalos*). *Abstr. Second Global Summit on Medicinal and Aromatic Plants*, 25-29 October 2004, New Delhi, India, 29.
- Owczarzak W., Kaczmarek Z., Rybczyński P., 1996. Wpływ wieloletniego nawożenia obornikiem na stan struktury warstwy ornej gleby płowej pod różnymi roślinami zbożowymi, *Zesz. Nauk. AR Szczecin* 172, Rol. 62, 443-449.
- Owczarzak W., Kaczmarek Z., Szukała J., 2006. Wpływ hydrożelu Stockosorb na wybrane właściwości strukturotwórcze gleby płowej i czarnej ziemi. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 51, 3, 55-61.
- Paluszek J., 1994. Wpływ erozji wodnej na strukturę i wodoodporność agregatów gleb płowych wytworzonych z lessu. *Rocz. Glebozn.*, 45, 3/4, 21-31.

- Paluszek J., 2001. Właściwości wodno-powietrzne erodowanych gleb pływych wytworzonych z lessu. *Acta Agrophysica*, 56, 233-245.
- Paluszek J., 2003. Kształtowanie syntetycznymi polimerami właściwości gleb erodowanych terenów lessowych. *Rozpr. Nauk. AR w Lublinie*, 277, 1-153.
- Paluszek J., Żembrowski W., 2008. Ulepszanie gleb ulegających erozji w krajobrazie lessowym. *Acta Agrophysica, Rozpr. i Monogr.*, 164, 1-160.
- Rejman J., 2006. Wpływ erozji wodnej i uprawowej na przekształcenie gleb i stoków lessowych. *Acta Agrophysica, Rozpr. i Monogr.*, 136, 1-91.
- Rejman J., Pawłowski M., Dębicki R., 1994. Stability of aggregates and erodibility of loess soil. *Pol. J. Soil Sci.*, 27, 87-91.
- Rejman J., Rodzik J., 2006. Poland. W: *Soil Erosion in Europe* (Eds J. Boardman, J. Poesen), John Wiley and Sons Ltd., Chichester, England, 95-106.
- Šarapatka B., Rak L., Bubeniková I., 2006. The effect of hydroabsorbent on selected soil biological and biochemical characteristics and its possible use in revitalization. *Ecology*, 25, 4, 422-429.
- Shukla M.K., Lal R., 2005. Erosional effects on soil physical properties in an on-farm study on Alfisols in West Central Ohio. *Soil Sci.*, 170, 445-456.
- Słowińska-Jurkiewicz A., Domżał H., 1988. Stosowanie metody analizy morfologicznej w badaniu struktury gleby. *Rocz. Glebozn.*, 39, 4, 7-19.
- Walczak R., Witkowska B., 1976. Metody badania i sposoby opisywania agregacji gleby. *Probl. Agrofizyki*, 19, 1-53.

EFFECT OF TERRACOTTEM POLYMER ON THE STRUCTURE OF ERODED LUVISOL

Jan Paluszek

Institute of Soil Science and Environment Management, University of Life Sciences in Lublin
ul. S. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
e-mail: jan.paluszek@up.lublin.pl

Abstract. Immediate and consequential effects of the gel-forming polymer TerraCottem in doses of 1 and 2 g kg⁻¹ on aggregate-size distribution and aggregate water stability of eroded Haplic Luvisol developed from loess were evaluated in a plot experiment. The results showed that TerraCottem significantly decreased the content of clods above 10 mm in diameter, and significantly increased the content of air-dry aggregates of 0.25-10 mm in surface layer of eroded soil. Application of the gel-forming polymer significantly increased the content of water-stable aggregates of 0.25-10 mm in treated soil as compared with control sample. Significantly larger content of water-stable aggregates of 0.25-10 mm was found in the second year after the application of hydrogel dose of 2 g kg⁻¹ as compared with the control.

Key words: eroded Luvisol, TerraCottem, aggregate-size distribution, aggregate water stability