

Jan Paluszek

Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

jan.paluszek@up.lublin.pl

**ZMIANY STRUKTURY ZERODOWANEJ GLEBY PŁOWEJ
WYTWORZONEJ Z LESSU POD WPLYWEM DODATKU
POLIMERU AGROAQUAGEL 420**

**Changes of soil structure of eroded Luvisol developed from loess
as a result of AgroAquaGel 420 polymer addition**

Abstract: The objective of this study was to evaluate the immediate and subsequent effect of AgroAquaGel 420 polymer applied in doses of 1 and 2 g kg⁻¹ on aggregate-size distribution and aggregate water stability of Haplic Luvisol developed from loess of severely erosion class. The results showed that gel-forming polymer 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 hydrogel significantly increased the content of water-stable aggregates of 0.25-10 mm in treated soil as compared with soil of the control. In the second year after application of hydrogel significantly larger content of water-stable aggregates of 0.25-10 mm was found in treated soil. Most effective dose of AgroAquaGel 420 was 2 g kg⁻¹.

Słowa kluczowe: zerodowana gleba płowa, polimer żelowy, skład agregatowy, wodoodporność agregatów

Keywords: eroded Luvisol, gel-forming polymer, aggregate-size distribution, aggregate water stability

WSTĘP

Erozja gleb jest głównym procesem fizycznej degradacji pokrywy glebowej w silnie urzeźbionych obszarach rolniczych. Polega na stopniowym skracaniu poziomów uprawno-próchnicznych w górnych częściach stoków, które prowadzi do zmniejszenia głębokości gleby aż do jej całkowitego zaniku oraz akumulacji materiału glebowego w postaci deluwiów w obniżeniach terenu. W rezultacie powstają skrócone w różnym stopniu pedony gleb zerodowanych oraz nadbudo-

wane pedony gleb deluwialnych (Licznar 1995, Koćmit 1998, Fullen 2003, Rejman, Rodzik 2006). Wraz z niszczeniem naturalnych poziomów próchnicznych następuje zubożenie gleb erodowanych w materię organiczną i wynoszenie łatwo dostępnych dla roślin składników pokarmowych. Zmniejszenie zawartości materii organicznej skutkuje pogorszeniem struktury gleb zerodowanych. W składzie agregatowym ich poziomów Ap zwiększa się zawartość brył o wymiarach >10 mm oraz zmniejsza się zawartość powietrznie suchych agregatów 0,25-10 mm, a zwłaszcza 1-5 mm, najbardziej korzystnych dla wzrostu roślin. Równocześnie w glebach zerodowanych zmniejsza się trwałość agregatów, które pod działaniem wody rozpadają się na drobniejsze frakcje, przeważnie na mikroagregaty $<0,25$ mm (Fullen, Brandsma 1995, Paluszek 1994). Mała wodoodporność agregatów w poziomach Ap gleb zerodowanych powoduje szybsze powstawanie powierzchniowego zaskorupienia, zwiększa zagęszczenie gleby, zmniejsza porowatość ogólną, retencję wody użytecznej dla roślin i przepuszczalność wodną w porównaniu z glebami nieerodowanymi (Paluszek 2001, Jankauskas i in. 2008). W rezultacie tych niekorzystnych zmian gleby zerodowane są bardziej podatne na rozbryzg i zmyw powierzchniowy w czasie intensywnych spływów wód deszczowych i roztopowych (Rejman i in. 1994, Le Bissonnais 1996, Barthès, Roose 2002).

Zmniejszenie podatności tych gleb na erozję wodną wymaga przywrócenia trwałej struktury agregatowej. Tradycyjne metody polepszania wodoodporności agregatów glebowych polegają na nawożeniu nawozami organicznymi w wysokich dawkach w połączeniu z nawożeniem NPK, wapnowaniem i uprawą roślin motylkowatych (Owczarzak i in. 1996, Arriaga, Lowery 2003). Uzupełnieniem tradycyjnych metod ulepszania struktury gleby może być dodanie wielkocząsteczkowych, syntetycznych polimerów, mających zdolność wiązania cząstek i mikroagregatów glebowych w trwałe makroagregaty i zmniejszających podatność erozyjną gleb (Ben-Hur 2007, Petersen i in. 2007). Należą do nich polimery żelowe 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 i przyjmują postać żelu (Bereś, Kaładkowska 1992, Bouranis 1998, Hua, Qian 2001).

Celem pracy była ocena bezpośredniego i następczego wpływu dodatku polimeru żelowego AgroAquaGel 420 na skład agregatowy i wodoodporność agregatów silnie zerodowanej gleby płowej typowej, wytworzonej z lessu.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 2005-2006 w małej zlewni lessowej w Bogucinie na Płaskowyżu Nałęczowskim (Wyżyna Lubelska), będącej od kilkunastu lat

eksperymentalnym obiektem badawczym Instytutu Agrofizyki PAN w Lublinie nad erozją gleb (Rejman 2006). Doświadczenie zlokalizowano na stoku o nachyleniu 12-15% i poprzecznym do spadku kierunku uprawy roli. Obejmowało ono poletka z dwiema dawkami AgroAquaGelu 420 i poletka kontrolne (w trzech powtórzeniach; łącznie 9 poletek) na glebie płowej silnie zerodowanej o sekwencji poziomów genetycznych Ap-BC-Cca. Wielkość poletek (5×3 m) była ograniczona mozaikową zmiennością, jaką na stokach lessowych tworzą płyty gleby: nieerodowanej, zerodowanej w różnym stopniu oraz deluwialnej.

W 2005 r. rośliną uprawną była pszenica jara (odmiana Nawra) na stanowisku po buraku cukrowym. Uprawki obejmowały orkę zimową oraz kultywatorowanie i bronowanie wiosną. Nawożenie mineralne gleby na 1 ha wynosiło: 40 kg N, 23 kg P i 75 kg K. AgroAquaGel 420 wprowadzono do gleby, zgodnie z zasadami stosowania polimerów żelowych jako dodatkowy zabieg agrotechniczny po siewie pszenicy. Wysiano go w zalecanych przez producenta dawkach 1 i 2 g kg⁻¹ w stosunku do masy gleby suchej w warstwie 0-5 cm (55 i 110 g m⁻²), po czym wymieszano z glebą do głębokości 5 cm. AgroAquaGel 420 jest jednym z wielu polimerów produkowanych przez firmę Artagro z Krakowa. Pod względem chemicznym stanowi poliakrylan potasu. Jego krystaliczne, żółtokremowe ziarna mają wymiary 0,2-2 mm i zdolność absorpcji wody dejonizowanej 420 cm³ g⁻¹ (informacja ustna prezesa E. Kulikowskiego). Natomiast zdolność AgroAquaGelu 420 do absorpcji wody zawierającej rozpuszczone sole jest znacznie mniejsza (dla wody wodociągowej wynosiła 189,0 cm³ g⁻¹).

Próbki gleby do badań bezpośredniego wpływu AgroAquaGelu 420 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 morfologicznej analizy struktury pobrano w czerwcu z głębokości 0-4 cm w płaszczyźnie poziomej, do metalowych pudełek o wymiarach 9 × 8 × 4 cm.

W 2006 r. badano wpływ następczy AgroAquaGelu 420 na skład agregatowy i zawartość wodoodpornych agregatów glebowych. Rośliną uprawną był jęczmień jary (odmiana Stratus), a nawożenie mineralne było takie samo jak w 2005 r.: 40 kg N, 23 kg P i 75 kg K. Próbki gleby pobrano 20 czerwca 2006 r.

W celu przygotowania nieprzezroczystych szlifów glebowych (zglądów jednostronnych) próbki gleby o zachowanej budowie nasycono roztworem żywicy poliestrowej Polimal-109 według metodyki Słowińskiej-Jurkiewicz i Domżała (1988). W skład roztworu oprócz żywicy wchodziły: 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 szlify ukazujące poziome przekroje gleby na głębokości 2 cm. Powierzchnie te zeskanowano, uzyskując monochromatyczne obrazy (rys. 1-3).

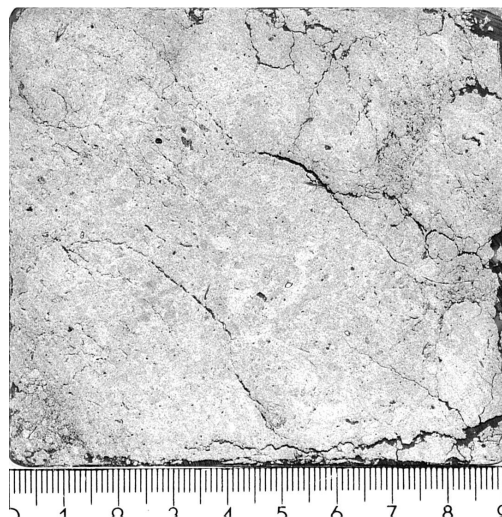
Skład agregatowy gleb (kg kg^{-1}) oznaczono metodą przesiewania w stanie powietrznie suchym, przez zestaw sit o wymiarach oczek: 10, 7, 5, 3, 1, 0,5 i 0,25 mm, stosując naważkę 500 g w dwóch powtórzeniach. Zawartość wodoodpornych agregatów glebowych (kg kg^{-1}) oznaczono za pomocą zmodyfikowanego aparatu Bakszejewa, wykonanego w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie w 4 powtórzeniach. 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, Witkowska 1976). Wyniki oznaczeń poddano analizie wariancji dla klasyfikacji podwójnej (w 2005 r.) i pojedynczej (w 2006 r.) w układzie całkowicie losowym, za pomocą programu Arstat. Istotność uzyskanych różnic weryfikowano testem Tukeya [Łomnicki 2000]. Skład granulometryczny gleby oznaczono metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, zawartość C org. metodą Tiurina w modyfikacji Simakowa, a odczyn gleby w 1 mol dm^{-3} KCl potencjometrycznie, stosując elektrodę zespoloną. Kwasowość hydrolityczną w $\text{mmol H}^+ \text{ kg}^{-1}$ oznaczono metodą Kappena w 1 mol dm^{-3} CH_3COONa . Sumę kationów wymiennych, o charakterze zasadowym, oznaczono metodą Kappena w 1 mol dm^{-3} HCl. Na podstawie tych oznaczeń obliczono pojemność wymiany kationów i stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami o charakterze zasadowym.

WYNIKI BADAŃ

Badana gleba płowa wytworzona z lessu pod względem granulometrycznym stanowiła pył ilasty, zawierając w poziomie Ap 13% frakcji piasku (2-0,05 mm), 72% frakcji pyłu (0,05-0,002 mm) i 15% iłu <0,002 mm. Zawartość C org. wynosiła $8,04 \text{ g kg}^{-1}$, a odczyn gleby był słabo kwaśny (pH w KCl 5,8). Kwasowość hydrolityczna w badanej glebie wynosiła $26,2 \text{ mmol}(+) \text{ kg}^{-1}$, suma kationów wymiennych o charakterze zasadowym $87,0 \text{ mmol}(+) \text{ kg}^{-1}$, a pojemność wymiany kationów $113,2 \text{ mmol}(+) \text{ kg}^{-1}$. Stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego gleby kationami o charakterze zasadowym wynosił 76,9%.

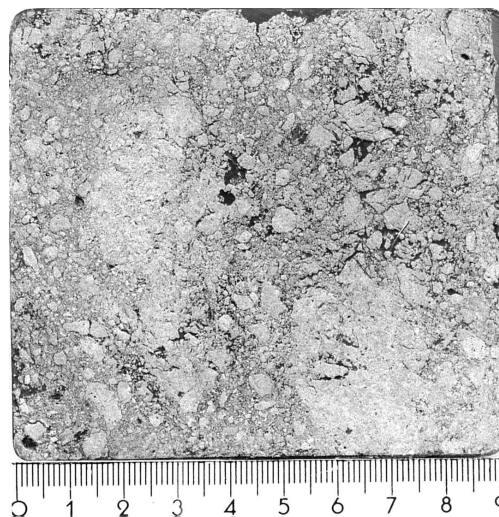
Morfologiczna analiza nieprzezroczystych szlifów wykazała zdecydowanie odmienną strukturę zerodowanej gleby płowej ulepszonej hydrożelem w porównaniu z glebą kontrolną. Po dwóch miesiącach od siewu pszenicy jarej, w glebie bez dodatku polimeru agregaty/okruczy wytworzone podczas uprawek zostały w większości połączone ze sobą w spójną, drobnoporowatą masę glebową pod wpływem opadów deszczu i grawitacyjnego osiadania (rys. 1). Na przekroju widoczne są mniej lub bardziej wyraźne linie będące płaszczyznami odspojenia pomiędzy agregatami. Agregaty całkowicie oddzielone od siebie, o wymiarach 5-10 mm, były nieliczne.

Dodatek AgroAquaGelu 420 w dawce 1 g kg^{-1} wywarł korzystny wpływ na utrwalenie struktury agregatowej zerodowanej gleby płowej, wytworzonej podczas uprawek. Po dwóch miesiącach od jego zastosowania, na znacznej powierzchni nieprzezroczystego szlif widoczne są dobrze wykształcone, w więk-



Rys. 1. Struktura gleby płowej silnie zerodowanej (obiekt kontrolny) na głębokości 2 cm. Barwa szara – faza stała, barwa czarna – pory glebowe

Fig. 1. Soil structure of severely eroded Luvisol (control) on the depth of 2 cm. Grey colour – solid phase, black colour – soil pores

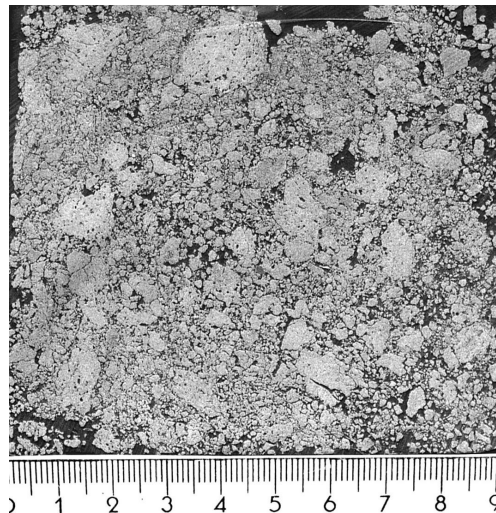


Rys. 2. Struktura gleby płowej silnie zerodowanej ulepszonej AgroAquaGelem 420 w dawce 1 g kg^{-1} na głębokości 2 cm. Barwa szara – faza stała, barwa czarna – pory glebowe

Fig. 2. Soil structure of severely eroded Luvisol improved by AgroAquaGel 420 in dose of 1 g kg^{-1} on the depth of 2 cm. Grey colour – solid phase, black colour – soil pores

szości słabo ze sobą połączone agregaty o wymiarach 1-5 mm (rys. 2). Kuliste kształty części agregatów glebowych świadczą o tym, że zostały wytworzone pod wpływem wiążących właściwości zastosowanego hydrożelu. Natomiast agregaty ostrokrawędziste zachowały swój kształt nadany przez kruszące działanie narzędzi uprawowych.

Na szlifie przedstawiającym glebę z dodatkiem AgroAquaGelu 420 w dawce 2 g kg^{-1} widoczne są bardzo dobrze wykształcone, w większości kuliste agregaty o wymiarach 1-10 mm (rys. 3). Agregaty te są wyraźnie oddzielone od siebie lub słabo połączone, co wskazuje na trwałe wiązanie mikroagregatów i cząstek glebowych przez kłębki polimeru żelowego.



Rys. 3. Struktura gleby płowej silnie zerodowanej ulepszonej AgroAquaGelem 420 w dawce 2 g kg^{-1} na głębokości 2 cm. Barwa szara – faza stała, barwa czarna – pory glebowe
Fig. 3. Soil structure of severely eroded Luvisol improved by AgroAquaGel 420 in dose of 2 g kg^{-1} on the depth of 2 cm. Grey colour – solid phase, black colour – soil pores

Przesiewanie rozkruszonej gleby przez zestaw sit wykazało, że wniesienie AgroAquaGelu 420 w obu dawkach polepszyło skład agregatowy w powierzchniowej warstwie silnie zerodowanej gleby płowej. Korzystny, bezpośredni wpływ polimeru utrzymywał się we wszystkich terminach badań (tab. 1). Zmniejszyła się istotnie zawartość brył o wymiarach $>10 \text{ mm}$ (średnio o $0,258 \text{ kg kg}^{-1}$ w obiektach z dawką 1 g kg^{-1} i o $0,252 \text{ kg kg}^{-1}$ w obiektach z dawką 2 g kg^{-1}) oraz zwiększyła się istotnie zawartość powietrznie suchych agregatów $0,25\text{-}10 \text{ mm}$ (średnio o $0,188\text{-}0,186 \text{ kg kg}^{-1}$), w tym agregatów $1\text{-}5 \text{ mm}$ (o $0,095\text{-}0,076 \text{ kg kg}^{-1}$), $0,25\text{-}1 \text{ mm}$ (o $0,102 \text{ kg kg}^{-1}$) oraz mikro-agregatów $<0,25 \text{ mm}$ (o $0,070\text{-}0,066 \text{ kg kg}^{-1}$). Średnia ważona średnica agregatów powietrznie suchych zmniejszyła się istotnie w porównaniu z kontrolą o $9,7\text{-}9,4 \text{ mm}$.

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 AgroAqua- Gelu 420 Dose of AgroAquaGel D (g kg ⁻¹)	Zawartość powietrznie suchych agregatów o średnicy w mm Content of air-dry aggregates of diameter in mm (kg kg ⁻¹)						Średnia ważona średnica MWD dry (mm)
		>10	5-10	1-5	0,25-1	<0,25	Σ0,25 -10	
Maj 2005 May 2005	0	0,243	0,178	0,347	0,172	0,060	0,697	9,1
	1	0,157	0,159	0,379	0,190	0,115	0,728	5,5
	2	0,085	0,163	0,337	0,251	0,164	0,751	4,0
Czerwiec 2005 June 2005	0	0,414	0,167	0,282	0,090	0,047	0,539	11,4
	1	0,101	0,146	0,392	0,259	0,102	0,797	4,3
	2	0,229	0,192	0,353	0,166	0,060	0,711	7,7
Lipiec 2005 July 2005	0	0,376	0,104	0,229	0,179	0,112	0,512	17,5
	1	0,160	0,097	0,312	0,255	0,176	0,664	5,3
	2	0,125	0,117	0,312	0,262	0,184	0,691	4,7
Sierpień 2005 August 2005	0	0,585	0,124	0,191	0,052	0,048	0,367	22,0
	1	0,169	0,133	0,344	0,197	0,157	0,674	6,3
	2	0,172	0,131	0,350	0,223	0,124	0,704	5,9
Średnia Mean	0	0,405	0,143	0,262	0,123	0,067	0,528	15,0
	1	0,147	0,134	0,357	0,225	0,137	0,716	5,3
	2	0,153	0,151	0,338	0,225	0,133	0,714	5,6
NIR – LSD (α = 0,05)	dawki doses – D	0,105	r. n.	0,055	0,039	0,024	0,097	3,1
	interakcja interaction D×M	r. n.	r. n.	r. n.	0,079	0,047	r. n.	6,2
Czerwiec 2006 June 2006	0	0,369	0,138	0,239	0,136	0,118	0,513	10,1
	1	0,308	0,149	0,242	0,153	0,148	0,544	7,1
	2	0,272	0,167	0,275	0,157	0,129	0,599	7,3
NIR – LSD (α = 0,05)	dawki doses – D	0,081	r. n.	r. n.	0,017	r. n.	r. n.	1,8

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

W drugim roku po zastosowaniu AgroAquaGelu 420 jego wpływ na skład agregatowy był znacznie mniejszy, ale nadal istotny. Stwierdzono istotnie mniejszą zawartość brył o wymiarach >10 mm (o 0,097 kg kg⁻¹ w obiektach z dawką 2 g kg⁻¹), istotnie większą zawartość powietrznie suchych agregatów 0,25-1 mm (o 0,017-0,021 kg kg⁻¹) oraz istotnie mniejszą średnią ważoną średnicę agregatów (o 3,0-2,8 mm) w porównaniu z kontrolą (tab. 1).

Równocześnie z polepszeniem składu agregatowego pod wpływem AgroAquaGelu 420 stwierdzono istotne zwiększenie zawartości wodoodpornych agregatów o wymiarach 0,25-10 mm (średnio o 0,045-0,101 kg kg⁻¹), w tym o wymiarach 5-10 mm (o 0,022-0,038 kg kg⁻¹) i 1-5 mm (o 0,038-0,068 kg kg⁻¹)

(tab. 2). W rezultacie tych zmian średnia ważona średnica agregatów po przesianiu w wodzie zwiększyła się istotnie (o 0,26 mm na poletkach z dawką 1 g kg⁻¹ i o 0,45 mm na poletkach z dawką 2 g kg⁻¹).

W 2006 r. utrzymywał się korzystny, następczy wpływ AgroAquaGelu 420 na wodoodporność agregatów glebowych tylko w dawce 2 g kg⁻¹ (tab. 2). Zawartość trwałych agregatów o wymiarach 0,25-10 mm była istotnie większa w porównaniu z kontrolą (o 0,040 kg kg⁻¹). Stwierdzono istotnie większą ilość wodoodpornych agregatów 5-10 mm (o 0,040 kg kg⁻¹) i agregatów 1-5 mm (o 0,027 kg kg⁻¹) oraz ich średnią ważoną średnicę (o 0,38 mm).

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

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

Miesiąc rok Month year M	Dawka AgroAqua- Gelu 420 Dose of AgroAquaGel D (g kg ⁻¹)	Zawartość wodoodpornych agregatów o średnicy w mm Content of water-stable aggregates of diameter 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	0,033	0,238	0,275	0,037	0,32
	1	0,022	0,075	0,273	0,370	0,097	0,56
	2	0,029	0,079	0,267	0,375	0,108	0,64
Czerwiec 2005 June 2005	0	0,010	0,042	0,261	0,313	0,052	0,37
	1	0,031	0,050	0,249	0,330	0,080	0,57
	2	0,076	0,150	0,282	0,508	0,226	1,17
Lipiec 2005 July 2005	0	0,016	0,053	0,334	0,403	0,069	0,49
	1	0,050	0,137	0,321	0,508	0,187	0,95
	2	0,059	0,123	0,314	0,496	0,182	0,97
Sierpień 2005 August 2005	0	0,047	0,077	0,331	0,455	0,124	0,77
	1	0,063	0,092	0,259	0,414	0,155	0,92
	2	0,064	0,122	0,282	0,468	0,186	0,98
Średnia Mean	0	0,019	0,051	0,291	0,361	0,070	0,49
	1	0,041	0,089	0,276	0,406	0,130	0,75
	2	0,057	0,119	0,286	0,462	0,176	0,94
NIR – LSD (α = 0,05)	dawki doses – D	0,017	0,013	r. n.	0,033	0,020	0,14
	interakcja interaction D×M	r. n.	0,025	0,047	0,065	0,041	r. n.
Czerwiec 2006 June 2006	0	0,004	0,043	0,219	0,266	0,047	0,32
	1	0,015	0,045	0,191	0,251	0,060	0,40
	2	0,044	0,070	0,192	0,306	0,114	0,70
NIR – LSD (α = 0,05)	dawki doses – D	0,015	0,008	0,018	0,020	0,012	0,10

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

DYSKUSJA

Przedstawione wyniki badań wykazały, że wniesienie małych dawek polimeru żelowego AgroAquaGelu 420 korzystnie wpłynęło na strukturę agregatową silnie zerodowanej gleby płowej wytworzonej z lessu. Skutecznie polepszyło jej skład agregatowy oraz istotnie zwiększyło zawartość wodoodpornych 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 gleby poletek kontrolnych pobrane w maju i czerwcu 2005 r. oraz w czerwcu 2006 r., oceniono jako bardzo nietrwałe (MWD <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 1 g kg⁻¹ AgroAquaGelu 420 oceniono jako nietrwałe (MWD 0,4-0,8 mm). Natomiast w obiektach z dawką 2 g kg⁻¹ agregaty glebowe pobrane w lipcu i sierpniu 2005 r. oceniono jako średnio trwałe (MWD 0,8-1,3 mm).

Oddziaływanie AgroAquaGelu 420 polegało nie tylko na utrwaleniu agregatów powstałych z rozkruszenia masy glebowej podczas uprawek polowych, ale również na tworzeniu nowych, trwałych agregatów. Po opadach atmosferycznych kłębki poliakrylanowych hydrożeli nawilżają się, obecne w usieciowanych łańcuchach amidowe grupy funkcyjne ulegają solwatacji i dysocjują, kationy K⁺ odłączają się, a ujemne ładunki łańcucha polimeru odpychają się pod wpływem działania sił elektrostatycznych. Prowadzi to do powolnego rozluźnienia zwiniętych kłębków polimeru, które zyskują możliwość dalszego wchłaniania wody i utworzenia żelu (Bereś, Kałędkowska 1992, Hua, Qian 2001). Podczas nawilżania, żel pochłania z wodą rozproszone cząstki i mikroagregaty glebowe. Pęczniejący 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 trwałe agregaty o wymiarach 0,25-10 mm.

Oceniając przydatność AgroAquaGelu 420 do ulepszania struktury gleby zerodowanej, stwierdzono jednak jego mniejszą efektywność niż innych badanych polimerów żelowych, zastosowanych w analogicznych lub mniejszych dawkach. Viterra (kopolimer propionoamidu i propionianu potasowego), Stockosorb (kopolimer poliakryloamidu i poliakrylanu potasowego) i Hidroplus (poliakrylan sodu), bardziej skutecznie polepszyły wodoodporność agregatów glebowych (Paluszek 2003, Paluszek, Żembrowski 2008). Viterra wniesiona w dawkach 0,5 i 1 g kg⁻¹ zmniejszyła udział brył o wymiarach >10 mm w składzie agregatowym gleb do 0,160-0,081 kg kg⁻¹ oraz zwiększyła 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. 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.

Wymienione 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 AgroAquaGelu 420 na agregację i wodoodporność agregatów glebowych, w porównaniu z Viterrą i Hidroplusem, można wiązać z odmienną metodą polimeryzacji, innym składem chemicznym oraz inną wielkością i budową kłębków polimeru. Polimery żelowe otrzymywane są z monomerów hydrofilowych, najczęściej z akryloamidu i jego pochodnych lub kwasu akrylowego z udziałem hydrofilowego środka sieciującego, w obecności lub bez obojętnych rozpuszczalników albo z estrów akrylowych, poddawanych modyfikacji hydrolizującej. Mogą być otrzymywane różnymi metodami polimeryzacji: w masie, emulsyjnej, odwróconej polimeryzacji suspensyjnej, radiacyjnej lub innymi (Bereś, Kałędkowska 1992, Bouranis 1998, Hua, Qian 2001). Jednak w przypadku AgroAquaGelu 420 i innych polimerów żelowych, wytwarzanych w Polsce, producenci nie podają szczegółowych danych dotyczących metod ich polimeryzacji.

W drugim roku po wniesieniu AgroAquaGelu 420 do gleby jego wpływ następczy na skład agregatowy gleby był wprawdzie istotny, ale znacznie słabszy niż wpływ bezpośredni. Producent AgroAquaGelu 420 deklaruje, że polimer jest trwały i aktywny w glebie przez 5 lat. Jednak pod wpływem zabiegów uprawowych preparat uległ znacznemu rozproszeniu w glebie i w drugim roku jego zdolność do łączenia cząstek gleby w trwałe agregaty glebowe zmniejszyła się. Należy zaznaczyć, że kłębki hydrożeli nie przykryte glebą i pozostające na powierzchni, pod wpływem intensywnego promieniowania ultrafioletowego ulegają degradacji i w przeciągu kilku tygodni rozkładają się na CO₂, H₂O i NH₃ (Holliman i in. 2005). W związku z tym, dla utrzymania dużej trwałości agregatów w dłuższym okresie niezbędne jest powtarzanie wprowadzania polimeru.

Wysokie ceny syntetycznych polimerów ograniczają ich powszechne wykorzystanie w praktyce rolniczej do ulepszania struktury i właściwości wodno-powietrznych gleb. Natomiast zastosowanie tych preparatów może spełniać ważną rolę jako zabieg przeciwozyjny, zmniejszający podatność gleb na erozję wodną i wietrzną oraz straty erozyjne gleby (Ben-Hur 2006, Petersen i in. 2007).

WNIOSKI

1. Badania wykazały przydatność AgroAquaGelu 420 do ulepszania struktury agregatowej silnie zerodowanej gleby płowej wytworzonej z lessu. Korzyst-

- ny bezpośredni wpływ polimeru utrzymywał się we wszystkich terminach badań, a dawka 2 g kg^{-1} była bardziej skuteczna niż dawka 1 g kg^{-1} .
2. Bezpośredni wpływ polimeru żelowego w dawkach 1 i 2 g kg^{-1} na skład agregatowy polegał na istotnym zmniejszeniu zawartości brył o wymiarach $>10 \text{ mm}$ oraz istotnym zwiększeniu w porównaniu z kontrolą zawartości powietrznie suchych agregatów $0,25\text{-}10 \text{ mm}$, w tym $1\text{-}5 \text{ mm}$ i $0,25\text{-}1 \text{ mm}$ oraz ich średniej ważonej średnicy.
 3. W drugim roku po zastosowaniu AgroAquaGelu 420 utrzymała się istotnie większa zawartość powietrznie suchych agregatów o wymiarach $0,25\text{-}1 \text{ mm}$ oraz istotnie mniejsza ich średnia ważona średnica. Ponadto w obiektach z dawką 2 g kg^{-1} utrzymywała się istotnie mniejsza zawartość brył $>10 \text{ mm}$.
 4. Wprowadzenie hydrożelu istotnie zwiększyło zawartość wodoodpornych agregatów glebowych o wymiarach $0,25\text{-}10 \text{ mm}$, w tym o wymiarach $5\text{-}10 \text{ mm}$ i $1\text{-}5 \text{ mm}$ oraz ich średnią ważoną średnicę.
 5. Następczy wpływ AgroAquaGelu 420 na trwałość agregatów utrzymał się na poletkach z dawką 2 g kg^{-1} , gdzie stwierdzono istotnie większy udział wodoodpornych agregatów o wymiarach $0,25\text{-}10 \text{ mm}$, w tym agregatów $5\text{-}10 \text{ mm}$ i $1\text{-}5 \text{ mm}$ oraz istotnie większą ich średnią ważoną średnicę.

Literatura

- 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., Kałędkowska M., 1992, Superabsorbenty, *Chemik* 45, 3, 59–61.
- Bouranis D.L., 1998, Designing synthetic soil conditioners via postpolymerization reactions, [w:] A. Wallace, R.E. Terry (red.), *Handbook of soil conditioners: substances that enhance the physical properties of soil*, Marcel Dekker Inc., New York, 333–362.
- Fullen M. A., 2003, Soil erosion and conservation in northern Europe, *Progr. Phys. Geogr.* 27, 3, 331–358.
- Fullen M.A., Brandsma R.T., 1995, Property changes by erosion of loamy sand soils in east Shropshire – UK, *Soil Technol.* 8, 1–15.
- 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.
- Jankauskas B., Jankauskiene G., Fullen M.A., 2008, Soil erosion and changes in the physical properties of Lithuanian Eutric Albeluvisols under different land use systems, *Acta Agricult. Scand. sec. B Soil and Plant Sci.* 58, 66–76.

- Koćmit A., 1998, Erozja wodna w obszarach młodoglacjalnych 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.
- Łomnicki A., 2000, *Wprowadzenie do statystyki dla przyrodników*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- 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 płowych 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, 153 s.
- Paluszek J., Żembrowski W., 2008, *Ulepszanie gleb ulegających erozji w krajobrazie lessowym*, *Acta Agrophysica*, Rozpr. i Monogr. 164, 160 s.
- Petersen A.L., Thompson A.M., Baxter C.A., Norman J.M., Roa-Espinosa A., 2007, A new polyacrylamide (PAM) formulation for reducing erosion and phosphorus loss in rainfall agriculture, *Trans. ASABE* 50, 2091–2101.
- Rejman J., 2006, *Wpływ erozji wodnej i uprawowej na przekształcenie gleb i stoków lessowych*, *Acta Agrophysica*, Rozpr. i Monogr. 136, 90 s.
- 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:] J. Boardman, J. Poesen (red.), *Soil Erosion in Europe*, John Wiley and Sons Ltd., Chichester, England, 95–106.
- 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, 53 s.