

tego są bardziej podatne na powierzchniową zlewność, zaskorupienie oraz większą erozję wodną niż gleby nieerodowane.

Tradycyjne metody ulepszania struktury i właściwości wodno-powietrznych gleb polegają na stosowaniu zmianowania ze zwiększonym udziałem roślin motylkowych i traw oraz nawożeniu wysokimi dawkami nawozów organicznych, w połączeniu z nawożeniem NPK i wapnowaniem [Langdale i in. 1992; Orlik 1998]. Strukturę agregatową gleb można również ulepszyć, stosując syntetyczne polimery odporne na rozkład mikrobiologiczny. Należą do nich hydrofilowe żele, których wysuszone kłębki osiągają chłonność wody do kilkuset $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$ [Schering Agrochemicals 1985; Bereś, Kałudkowska 1992; De Boodt 1993].

Celem pracy była ocena bezpośredniego wpływu zastosowania dwóch dawek hydrożelu Viterra na skład agregatowy, wodoodporność agregatów i właściwości wodno-powietrzne powierzchniowej warstwy poziomów Ap gleb płowych typowych wytworzonych z lessu, w różnym stopniu zerodowanych, znajdujących się pod uprawą pszenicy jarej.

METODY

Badania prowadzono w gospodarstwie doświadczalnym Elizówka na Wyżynie Lubelskiej. Wybrano następujące gleby wg klasyfikacji Turskiego i in. [1987]: płową słabo zerodowaną o sekwencji poziomów Ap-B1t-B2t-BC-Cca, płową średnio zerodowaną o profilu Ap-B2t-BC-Cca oraz całkowicie zerodowaną (pararędzinę inicjalną) o profilu Apca-Cca. Poszczególne uprawki, dawki nawożenia mineralnego i zabiegi ochrony roślin były dostosowane do wymagań pszenicy jarej. Po siewie pszenicy jarej (Sigma) na każdej glebie wytyczono w drugiej dekadzie kwietnia 1999 r. po trzy poletka o powierzchni 15 m^2 , wysiano Viterre i wymieszano z glebą jako dodatkowy zabieg agrotechniczny. Dawki hydrożelu wynosiły $0,5 \text{ g kg}^{-1}$ i 1 g kg^{-1} w stosunku do masy gleby suchej w warstwie 0–5 cm. Viterra jest granulatem kopolimeru propioniamidu i propionianu potasu, o wielkości granulek 0,1–2 mm, gęstości $0,70 \text{ Mg m}^{-3}$ i zdolności absorpcji wody $200\text{--}400 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ [Schering Agrochemicals 1985. Viterra product data sheet. Düsseldorf]. Próbkę glebowe pobrano z warstwy 0–5 cm poziomów Ap w czerwcu 1999 r.

Skład granulometryczny gleb oznaczono metodą areometryczną Bouyoucosa-Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, zawartość C organicznego – metodą Tiurina w modyfikacji Simakowa, a odczyn gleby mierzono potencjometrycznie w 1 mol dm^{-3} KCl.

Skład agregatowy gleb oznaczono metodą przesiewania w stanie powietrznie suchym, przez zestaw sit o wymiarach oczek: 10, 7, 5, 3, 1, 0,5 i 0,25 mm, sto-

sując naważkę 500 g w dwu powtórzeniach. Zawartość wodoodpornych agregatów glebowych oznaczono za pomocą zmodyfikowanego aparatu Bakszejewa, wykonanego w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie (w 4 powtórzeniach). Stosowano naważki gleby proporcjonalne do składu powietrznie suchych agregatów. Na podstawie wyników przesiewania obliczono średnią ważoną średnicę agregatów powietrznie suchych i agregatów wodoodpornych (MWD) metodą Youkera i Mc Guinnessa [Walczak, Witkowska 1976].

Gęstość fazy stałej gleby (w Mg m^{-3}) oznaczono metodą piknometryczną. Gęstość objętościową gleby (w Mg m^{-3}) obliczono ze stosunku masy gleby wysuszonej w 105°C do jej objętości. Porowatość ogólną obliczono na podstawie wartości gęstości fazy stałej i gęstości objętościowej gleby. Pełną pojemność wodną w kg kg^{-1} obliczono na podstawie porowatości ogólnej i gęstości gleby. Polową pojemność wodną (przy potencjale wody glebowej $-15,5 \text{ kPa}$) oznaczono w komorach niskociśnieniowych na porowatych płytach ceramicznych. Wilgotność punktu trwałego wędnięcia roślin (przy -1554 kPa) oznaczono w komorach wysokociśnieniowych, stosując celofan jako membranę. Retencję wody użytecznej dla roślin w kg kg^{-1} obliczono na podstawie połowej pojemności wodnej i wilgotności trwałego wędnięcia. Zawartość grup porów glebowych ($>20 \mu\text{m}$, $0,2\text{--}20 \mu\text{m}$ i $<0,2 \mu\text{m}$) obliczono na podstawie wartości pojemności wodnej, wyrażonych w $\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$.

Wyniki oznaczeń zostały poddane analizie wariancji dla klasyfikacji podwójnej w układzie całkowicie losowym. Istotność uzyskanych różnic weryfikowano testem Tukeya.

WYNIKI

Badane gleby pod względem uziarnienia stanowiły pył ilasty o zawartości 40–46% frakcji o wymiarach $<0,02 \text{ mm}$ (tab. 1). Ilość C organicznego w poziomach Ap zmniejszała się wraz ze wzrostem stopnia zerodowania a odczyn wahał się od kwaśnego do obojętnego.

Zastosowane dawki Viterry istotnie zmniejszyły udział brył o wymiarach $>10 \text{ mm}$ (średnio o 13,2–22,0%) w składzie powierzchniowej warstwy gleb zerodowanych (tab. 2). Równocześnie zwiększyły istotnie zawartość najbardziej korzystnych dla wzrostu roślin agregatów powietrznie suchych o wymiarach 1–5 mm (średnio o 5,6–12,9%), agregatów 0,25–1 mm (o 4,6–9,9%) i mikroagregatów $<0,25 \text{ mm}$. W rezultacie średnia ważona średnica agregatów zmniejszyła się istotnie o 2,9–4,5 mm w porównaniu z glebami nieulepszanymi.

Wniesienie dawek 0,05% i 0,1% hydrożelu spowodowało w warstwie 0–5 cm badanych gleb istotne zwiększenie zawartości agregatów wodoodpornych

o wymiarach od 0,25 do 10 mm, średnio o 13,4–24,6% (tab. 3). Wzrosła zwłaszcza zawartość stabilnych frakcji o wymiarach 5–10 mm (średnio o 5,8–10,8%) i 1–5 mm (średnio o 5,3–8,1%). Również średnia ważona średnica agregatów wodoodpornych istotnie się zwiększyła, średnio o 0,62–1,13 mm.

Tabela 1. Skład granulometryczny i niektóre właściwości poziomów Ap gleb
Table 1. Texture and some properties of Ap horizon of soils

Gleba Soil	Procent frakcji o średnicy w mm Percent of fraction of diameter in mm				C orga- niczny Organic C %	Gęstość stałej fazy Particle density Mg l m ⁻³	pH KCl pH in KCl
	1-0,1	0,1-0,02	<0,02	<0,002			
Słabo zerodowana Slightly eroded	0,5	55,5	44	14	0,85	2,65	5,5
Średnio zerodowana Moderately eroded	0,8	53,2	46	17	0,79	2,66	5,7
Całkowicie zerodowana Completely eroded	0,7	59,3	40	12	0,76	2,67	7,0

Tabela 2. Skład powietrznie suchych agregatów glebowych w poziomach Ap gleb
Table 2. Air-dry soil aggregate distribution in Ap horizons of soils

Gleba Soil	Dawka Viterry Rate of Viterra g kg ⁻¹	Powietrznie suche agregaty o średnicy w mm Air-dry aggregates of diameter in mm %						Średnia ważona średnica MWD mm
		>10	5-10	1-5	0,25-1	<0,25	Σ0,25-10	
Słabo zerodowana Slightly eroded	0	33,6	18,5	28,4	13,5	6,0	60,4	8,5
	0,5	20,5	18,1	33,7	20,5	7,2	72,3	5,5
	1	11,2	12,8	46,8	19,0	10,2	78,6	3,7
	średnio mean	21,8	16,5	36,3	17,6	7,8	70,4	5,9
Średnio zerodowana Moderately eroded	0	38,3	15,6	26,0	15,0	5,1	56,6	9,5
	0,5	21,3	16,5	32,7	21,2	8,3	70,4	5,5
	1	11,6	12,4	34,8	30,0	11,2	77,2	3,5
	średnio mean	23,8	14,8	31,1	22,1	8,2	68,0	6,2
Całkowicie zerodowana Completely eroded	0	26,5	13,7	25,7	19,6	14,5	59,0	6,3
	0,5	17,3	16,0	30,5	20,1	16,1	66,6	4,7
	1	9,9	16,5	37,0	22,2	14,4	75,7	3,6
	średnio mean	17,9	15,4	31,0	20,7	15,0	67,1	4,8
Średnia Mean	0	32,9	15,9	26,7	16,0	8,5	58,6	8,1
	0,5	19,7	16,9	32,3	20,6	10,5	69,8	5,2
	1	10,9	13,9	39,6	23,7	11,9	77,2	3,6
NIR LSD α = 0,05	dla dawek for rates for soils	5,1	ni n s	4,6	3,7	3,4	7,1	1,4
	dla gleb for soils interakcja interaction	5,6	ni n s	5,0	4,1	3,7	ni n s	ni n s
		ni n s	ni n s	ni n s	ni n s	ni n s	ni n s	ni n s

ni nieistotne ns not significant

Tabela 3. Zawartość wodoodpornych agregatów glebowych w poziomach Ap gleb
Table 3. Water-stable soil aggregate content in Ap horizons of soils

Gleba Soil	Dawka Viterry Rate of Viterra g kg ⁻¹	Wodoodporne agregaty o średnicy w mm Water-stable aggregates of diameter in mm %						Średnia ważona średnica MWD mm
		5-10	1-5	0,25-1	<0,25	Σ0,25-10	Σ1-10	
Słabo zerodowana Slightly eroded	0	1,4	5,4	33,6	59,6	40,4	6,8	0,45
	0,5	6,5	11,3	35,3	46,9	53,1	17,8	1,02
	1	13,0	15,6	39,1	32,3	67,7	28,6	1,71
	średnio mean	6,9	10,8	36,0	46,3	53,7	17,7	1,06
Średnio zerodowana Moderately eroded	0	1,8	6,4	28,7	63,1	36,9	8,2	0,51
	0,5	10,7	13,2	29,7	46,4	53,6	23,9	1,42
	1	12,4	15,3	35,8	36,5	63,5	27,7	1,63
	średnio mean	8,3	11,6	31,4	48,6	51,4	19,9	1,19
Całkowicie zerodowana Completely eroded	0	1,7	7,3	25,2	65,8	34,2	9,0	0,49
	0,5	5,0	10,6	29,7	54,7	45,3	15,6	0,86
	1	11,9	12,6	29,9	45,6	54,4	24,5	1,48
	średnio mean	6,2	10,2	28,3	55,4	44,6	16,3	0,94
Średnia Mean	0	1,6	6,4	29,2	62,8	37,2	8,0	0,48
	0,5	7,4	11,7	31,6	49,3	50,7	19,1	1,10
	1	12,4	14,5	34,9	38,1	61,8	26,9	1,61
NIR LSD α = 0,05	dla dawek for rates	2,7	1,4	2,2	2,7	2,8	2,9	0,21
	dla gleb for soils	ni n s	ni n s	2,4	3,0	3,0	3,1	0,23
	interakcja interaction	ni n s	ni n s	4,7	5,8	5,9	6,1	0,45

ni nieistotne ns not significant

Pod wpływem Viterry gęstość objętościowa gleby w warstwie 0–5 cm istotnie zmniejszyła się (średnio o 0,14–0,25 Mg m⁻³) w porównaniu z gęstością gleby na obiektach kontrolnych (tab. 4). Wprowadzenie dawek hydrożelu istotnie zwiększyło pełną pojemność wodną gleb (przy potencjale -0,1 kPa) średnio o 0,081–0,163 kg kg⁻¹. Połowa pojemność wodna (przy potencjale -15,5 kPa) tylko na obiektach z dawką 0,1% Viterry była istotnie większa, średnio o 0,041 kg kg⁻¹ w porównaniu z kontrolą. Ponieważ Viterra istotnie zwiększyła również wilgotność trwałego wędnięcia roślin (przy -1554 kPa) o 0,010–0,020 kg kg⁻¹, retencja wody użytecznej dla roślin wzrosła istotnie jedynie w glebach z dawką 0,1% polimeru (średnio o 0,021 kg kg⁻¹).

Średnie wartości porowatości ogólnej w glebach ulepszanych Viterrą były istotnie większe, o 0,051–0,093 m³ m⁻³, w porównaniu z obiektami kontrolnymi (tab. 5). Zastosowane dawki hydrofilowego żelu zwiększyły istotnie zawartość makroporów o średnicy >20 μm w powierzchniowej warstwie gleb, o 0,075–0,114 m³ m⁻³. Pod wpływem dawki 0,1% Viterry wzrosła istotnie również zawartość mikroporów o średnicy <0,2 μm (średnio o 0,008 m³ m⁻³). Natomiast zawartość mezoporów o średnicy 0,2–20 μm w glebach ulepszanych hydrożelem istotnie zmniejszyła się (średnio o 0,030–0,031 m³ m⁻³).

Tabela 4. Właściwości wodne poziomów Ap gleb
Table 4. Water properties of Ap horizons of soils

Gleba Soil	Dawka Viterry Rate of Viterra g kg ⁻¹	Gęstość Bulk density Mg m ⁻³	Pojemność wodna Water capacity kg kg ⁻¹			Retencja wody użytecznej Retention of available water kg kg ⁻¹
			-0,1 kPa	-15,5 kPa	-1554 kPa	
Słabo zerodowana Slightly eroded	0	1,36	0,358	0,263	0,066	0,197
	0,5	1,22	0,442	0,271	0,077	0,194
	1	1,11	0,520	0,297	0,085	0,212
	średnio mean	1,23	0,440	0,277	0,076	0,201
Średnio zerodowana Moderately eroded	0	1,39	0,345	0,274	0,069	0,205
	0,5	1,24	0,432	0,286	0,079	0,207
	1	1,13	0,507	0,332	0,091	0,241
	średnio mean	1,25	0,428	0,297	0,080	0,218
Całkowicie zerodowana Completely eroded	0	1,32	0,387	0,303	0,050	0,253
	0,5	1,20	0,459	0,314	0,059	0,255
	1	1,08	0,550	0,333	0,071	0,262
	średnio mean	1,20	0,465	0,317	0,060	0,257
Średnia Mean	0	1,36	0,363	0,280	0,062	0,218
	0,5	1,22	0,444	0,291	0,072	0,219
	1	1,11	0,526	0,321	0,082	0,239
NIR LSD $\alpha = 0,05$	dla dawek for rates	0,05	0,037	0,035	0,009	0,020
	dla gleb for soils	ni n s	ni n s	0,037	0,010	0,022
	interakcja interaction	ni n s	ni n s	ni n s	0,020	0,043

ni nieistotne ns not significant

Przedstawione wyniki badań wykazały, że dawka 1 g kg⁻¹ hydrożelu była bardziej skuteczna dla ulepszenia właściwości gleb zerodowanych pod uprawą pszenicy jarej od dawki 0,5 g kg⁻¹. Uzyskane wyniki potwierdziły wcześniejsze ustalenia autora o korzystnym wpływie Viterry na polepszenie struktury i właściwości wodno-powietrznych gleb pływających, w różnym stopniu zerodowanych pod pszenicą ozimą i jęczmieniem jarym [Paluszek 2003].

Tworzeniu nowych agregatów glebowych przez kłębki Viterry sprzyjają procesy nawilżania i wysychania gleby. W czasie nawilżania amidowe grupy funkcyjne w usieciowanych łańcuchach ulegają solwatacji i dysocjują, kationy K⁺ odłączają się, a ujemne ładunki łańcucha polimeru odpychają się pod działaniem sił elektrostatycznych [Bereś, Kałędowska 1992]. Powoduje to powolne rozluźnianie zwiniętych kłębków polimeru, które zyskują możliwość dalszego wchłaniania wody i utworzenia żelu. Równocześnie w uwodnionych agregatach glebowych następuje rozluźnienie wiązań między mikroagregatami. Pęczniejący żel pochłania z wodą cząstki elementarne i mikroagregaty glebowe, aż łańcuchy polimeru, tworzące przestrzenną sieć, ulegną maksymalnemu wydłużeniu. W czasie wysychania gleby granulki hydrożelu skupiają wokół siebie mikro-

Tabela 5. Porowatość ogólna i zawartość grup porów w poziomach Ap gleb
 Table 5. Total porosity and pore-size content in Ap horizons of soils

Gleba Soil	Dawka Viterry Rate of Viterra g kg ⁻¹	Porowatość ogólna Total porosity m ³ m ⁻³	Zawartość porów o średnicy Pore-size content m ³ m ⁻³		
			>20 μm	0,2-20 μm	<0,2 μm
Słabo zerodowana Slightly eroded	0	0,486	0,129	0,267	0,090
	0,5	0,539	0,207	0,238	0,094
	1	0,580	0,248	0,237	0,095
	średnio mean	0,535	0,195	0,247	0,093
Średnio zerodowana Moderately eroded	0	0,477	0,097	0,284	0,096
	0,5	0,535	0,181	0,256	0,098
	1	0,574	0,198	0,273	0,103
	średnio mean	0,529	0,159	0,271	0,099
Całkowicie zerodowana Completely eroded	0	0,508	0,109	0,333	0,066
	0,5	0,550	0,174	0,305	0,071
	1	0,594	0,233	0,285	0,077
	średnio mean	0,551	0,172	0,308	0,071
Średnia Mean	0	0,490	0,112	0,295	0,084
	0,5	0,541	0,187	0,266	0,088
	1	0,583	0,226	0,265	0,092
NIR LSD α = 0,05	dla dawek for rates	0,035	0,016	0,027	0,008
	dla gleb for soils	ni ns	0,017	0,028	0,009
	interakcja interaction	ni ns	0,034	ni ns	ni ns

ni nieistotne ns not significant

agregaty, tworząc nowe, trwałe makroagregaty o wymiarach 0,25–5 mm [Słowińska-Jurkiewicz, Paluszek 2001].

We wcześniejszych badaniach autora uzyskano korzystne zwiększenie zawartości mezoporów o średnicy 0,2–20 μm, ale tylko w wyniku zastosowania dawki 0,2 g kg⁻¹ Viterry [Paluszek 2003]. Natomiast większe dawki hydrożelu przyczyniły się do zmniejszenia zawartości mezoporów. Badania Stevensona [1987] wykazały także, że dawki 1–2 g kg⁻¹ hydrożelu Alcosorb mogą polepszyć właściwości wodne i powietrzne gleb. Dawki 0,5 g kg⁻¹ i 1 g kg⁻¹ Viterry spowodowały istotne zwiększenie zawartości mikroporów <0,2 μm utrzymujących wodę niedostępną dla roślin. Również Hetman i Martyn [1996] w podłożach ogrodniczych z udziałem 250–500 g kg⁻¹ hydrożeli Akrygel i Alcosorb stwierdzili, oprócz zwiększenia retencji wody użytecznej, istotne zwiększenie retencji wody niedostępnej. Słowińska-Jurkiewicz i Jaroszuk [2001] udowodniły, że w bardzo korzystnej pojemności wodnej hydrożelu Hidroplus największy udział stanowiła woda adsorpcyjna – niedostępna dla roślin oraz bardzo trudno dostępna (w przedziale od -490,3 do -1554 kPa).

Oddziaływanie Viterry na strukturę i właściwości wodno-powietrzne było najbardziej korzystne na glebie słabo zerodowanej, a najmniej korzystne na całkowicie zerodowanej. We wcześniejszych badaniach najkorzystniejszy wpływ Viterry stwierdzono na glebie płowej średnio zerodowanej [Paluszek 2003].

WNIOSKI

1. Dawki 1 g kg^{-1} i $0,5 \text{ g kg}^{-1}$ Viterry wytworzyły w warstwie powierzchniowej poziomów uprawno-próchnicznych gleb w różnym stopniu zerodowanych nowe agregaty o wymiarach $0,25\text{--}5 \text{ mm}$ oraz istotnie zmniejszyły udział brył $>10 \text{ mm}$.
2. Proporcjonalnie do dawki hydrożelu w ulepszanych glebach istotnie zwiększyła się zawartość wodoodpornych agregatów o wymiarach $0,25\text{--}10 \text{ mm}$, zwłaszcza frakcji $5\text{--}10 \text{ mm}$ i $1\text{--}5 \text{ mm}$ oraz średnia ważona średnica agregatów.
3. Pod wpływem dawek Viterry gęstość gleby w powierzchniowej warstwie poziomów A_p istotnie zmniejszyła się w porównaniu z gęstością gleby na obiektach kontrolnych.
4. Wprowadzenie Viterry istotnie zwiększyło pełną i połową pojemność wodną, retencję wody użytecznej dla roślin, porowatość ogólną i zawartość porów powietrznych.
5. Zdecydowanie skuteczniejszym działaniem wyróżniała się dawka 1 g kg^{-1} Viterry, a najbardziej korzystne zmiany stwierdzono na glebie słabo zerodowanej.

PIŚMIENNICTWO

- Bereś J., Kałędkowska M. 1992. Superabsorbenty. *Chemik* 45, 3, 59–61.
- De Boodt M.F. 1993. Soil conditioning, a modern procedure for restoring physical soil degradation. *Pedologie* 43, 157–195.
- Fullen M.A., Brandsma R.T. 1995. Property changes by erosion of loamy sand soils in east Shropshire – UK. *Soil Technol.* 8, 1–15.
- Hetman J., Martyn W. 1996. Oddziaływanie hydrożeli na właściwości wodne podłoży ogrodniczych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 429, 133–135.
- Langdale G.W., West L.T., Bruce R.R., Miller W.P., Thomas A.W. 1992. Restoration of eroded soil with conservation tillage. *Soil Technol.* 5, 81–90.
- Orlik T. 1998. Zadania agrotechniki jako metody przeciwdziałania degradacji gleb na obszarach erodowanych. *Bibl. Fragm. Agron.* 4A, 315–337.
- Paluszek J. 2003. Kształtowanie syntetycznymi polimerami właściwości gleb erodowanych terenów lessowych. *Rozpr. Nauk. AR w Lublinie* 277.
- Rejman J., Turski R., Paluszek J. 1998. Spatial and temporal variations in erodibility of loess soil. *Soil Till. Res.* 46, 61–68.
- Słowińska-Jurkiewicz A., Jaroszuk M. 2001. Hydrofizyczna charakterystyka superabsorbentu Hidroplus. *Acta Agrophysica* 57, 93–100.
- Słowińska-Jurkiewicz A., Paluszek J. 2001. Morfologiczna i morfometryczna analiza zmian struktury erodowanej gleby lessowej ulepszonej syntetycznymi polimerami. *Acta Agrophysica* 56, 259–270.
- Stevenson D.S. 1987. Effects of three soils conditioners on water contents in two soils at three pressure-plate matric potentials. *Can. J. Soil Sci.* 67, 395–397.
- Turski R., Paluszek J., Słowińska-Jurkiewicz A. 1987. Wpływ erozji na właściwości fizyczne gleb wytworzonych z lessu. *Rocz. Gleb.* 38, 1, 37–49.
- Walczak R., Witkowska B. 1976. Metody badania i sposoby opisywania agregacji gleby. *Probl. Agrofizyki* 19, 1–53.