

THE INFLUENCE OF STOCKOSORB HYDROGEL ON SELECTED STRUCTURE-FORMING PROPERTIES OF GRAY-BROWN PODZOLIC SOIL AND BLACK EARTH

Summary

The research was conducted on standard soil aggregates of 1 cm³ density and moulded structure in air-dry state, in rigorously controlled moisture and compaction conditions. On these aggregates such properties as dynamic and static water resistance, the state of aggregation after dynamic and static water action, the speed of capillary rise and capillary water capacity, so soil structure-forming best characterizing parameters, were marked. These properties were researched on aggregates moulded from the soil material taken from arable horizons of gray-brown podzolic soil (loamy sand) and black earth (sandy loam). As an addition to soil, 4 doses of hydrogel were used in the amount of 0.033; 0.066; 0.132 and 0.264% in dry soil mass. The conducted research proved positive influence of hydrogel on the analyzed physical-mechanical parameters of soil aggregates, regardless of the material they were moulded from. In general, the doses of hydrogel used caused the decrease of soil bulk density and therefore, porosity of aggregates was increasing. In spite of the decrease of dynamic water resistance, secondary aggregation, i.e. the number of aggregates bigger than 0.25mm, was growing within the range of 5-7% along with the increase of the dose of means. Moreover, resistance to static water action improved, and the number of secondary aggregates grew up by 6-12%. The time of water translocation in aggregates decreased significantly, i.e. even twice or thrice. When the time of capillary rise is concerned, maximal capillary capacity increased by 19%v/v in loamy sand (gray-brown podzolic soil) and by over 13%v/v in sandy loam (black earth). This beneficial influence of hydrogel on structure-forming parameters, especially water properties, was confirmed in field researches. On experimental plots with the growing of pea, with the employment of spray irrigation, hydrogel added to soil caused the growth of the crop from 37.8 dt/ha (control) to 46.6 dt/ha (100 g/m² dose), so by more than 23%.

WPLYW HYDROŻELU STOCKOSORB NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI STRUKTUROTWÓRCZE GLEBY PŁOWEJ I CZARNEJ ZIEMI

Streszczenie

Badania realizowano dla standardowych agregatów glebowych o objętości 1 cm³ w stanie powietrznie suchym, o modelowanej strukturze, w ściśle kontrolowanych warunkach wilgotności i zagęszczenia. Na agregatach tych oznaczono takie właściwości, jak: dynamiczną i statyczną wodoodporność, stan agregacji po dynamicznym i statycznym działaniu wody, prędkość podsiąku kapilarnego oraz kapilarną pojemność wodną, a więc parametry najlepiej charakteryzujące właściwości strukturotwórcze gleb. Właściwości te badano na agregatach modelowanych z materiału glebowego pobranego z poziomów uprawnych gleby płowej (piasek gliniasty lekki) i czarnej ziemi (głina piaszczysta). Jako dodatek do gleby zastosowano 4 dawki hydrożelu w ilości: 0,033; 0,066, 0,132 i 0,264 %, w przeliczeniu na suchą masę gleby. Przeprowadzone badania wykazały pozytywny wpływ hydrożelu na analizowane parametry fizykomechaniczne agregatów glebowych, niezależnie od materiału z którego były modelowane. W ogólności zastosowane dawki hydrożelu obniżyły gęstość gleby, a zatem wzrastała porowatość agregatów. Pomimo spadku dynamicznej wodoodporności, wraz ze wzrostem dawki środka wzrastała w przedziale od 5-7% agregacja wtórna, a więc ilość agregatów większych od 0,25 mm. Poprawiła się natomiast odporność agregatów na statyczne działanie wody, a powstała ilość agregatów wtórnych wzrosła do 6-12%. W bardzo znaczący sposób, bo nawet 2-3-krotnie zmniejszył się czas przemieszczania wody w agregatach. W przypadku stałego czasu podsiąku kapilarnego wzrosła maksymalna pojemność kapilarna o około 19 %obj. w piasku gliniastym lekkim (gleba płowa) i o ponad 13% obj. w glinie piaszczystej (czarna ziemia). Ten korzystny wpływ hydrożelu na poprawę parametrów strukturotwórczych, szczególnie właściwości wodnych, znalazł potwierdzenie w badaniach polowych. Na polatkach doświadczalnych z uprawą grochu siewnego, przy zastosowaniu nawodnień deszczownianych, dodany do gleby hydrożel spowodował wzrost plonu z 37,8 dt/ha (kontrola) do 46,6 dt/ha (dawka 100 g/m²), a więc o ponad 23%.

Wstęp

Struktura gleby, definiowana jako rodzaj i sposób wzajemnego powiązania oraz przestrzenny układ elementarnych cząstek fazy stałej i porów glebowych, jest jedną z najważniejszych cech decydujących o żyzności i urodzajności gleb [4, 7, 11, 13, 17, 18, 20]. Powszechnie uważa się, że dobra – z rolniczego punktu widzenia – struktura gleby zależy od obecności trwałych agregatów o wymiarach 0,25-10 mm, a zwłaszcza 1-5 mm [1, 2]. Trwałość

struktury agregatowej, w dłuższym okresie czasowym, oznacza odporność agregatów glebowych na naprężenia mechaniczne oraz odporność na rozmywające działanie wody [17, 21].

Struktura agregatowa powstaje i zanika w strefie przy powierzchniowej, gdzie procesy mrozowe, silne wysychanie, intensywny rozwój systemu korzeniowego roślin powodują rozpadowanie się struktury spójnej monolitycznej. W klimacie umiarkowanie wilgotnym, wilgotnym i umiarkowanie suchym struktura agregatowa trwa zwykle kilka ty-

godni, przekształcając się stopniowo w strukturę spoiwą monolityczną słabo zagęszczoną, a następnie w zagęszczoną. Proces przekształcania i zanikania agregacji zachodzi głównie pod wpływem deszczu, który rozбивa agregaty znajdujące się na powierzchni gleby.

Naturalne organiczne środki wiążące agregaty, czyli mikrobiologiczne i roślinne polisacharydy, są szybko rozkładane przez mikroorganizmy glebowe [3]. Trwałych aromatycznych substancji humusowych jest często w glebach zbyt mało, aby zapewnić wodoodporną strukturę agregatów. Dlatego od kilkadziesiąt lat prowadzi się badania nad znalezieniem bardziej efektywnych i odporniejszych na rozkład mikrobiologiczny środków ulepszających strukturę i właściwości wodne gleb. Działanie naturalnych środków wiążących może być wspomagane przez wprowadzenie do gleby syntetycznych substancji, zdolnych do łączenia cząstek elementarnych i mikroagregatów w trwałe makroagregaty glebowe. Spośród bardzo wielu chemicznych preparatów największe nadzieje pokładane są w zastosowaniu wielkocząsteczkowych polimerów [3, 5, 6, 8, 23, 24]. W ostatnich latach ogromnie wzrosło zainteresowanie wykorzystaniem w rolnictwie polimerów żelowych [15, 19].

Hydrofilowe żele są wielkocząsteczkowymi, usieciowanymi kopolimerami, których wysuszone, szczelnie zwinięte kłębki mają postać krystalicznego proszku lub granulatu, natomiast po zwilżeniu zwiększają swoją objętość i przyjmują postać żelu [9, 10, 24, 25]. Jednym z polimerów żelowych produkowanych w wielu krajach jest Stockosorb. Polimer ten wykorzystano w niniejszej pracy, celem przetestowania jego zdolności strukturotwórczych w warunkach ściśle kontrolowanych na dwóch glebach o zróżnicowanym uziarnieniu i zawartości materii organicznej.

Obiekt i metodyka

Materiał glebowy pobrano z poziomów orno-próchnicznych gleby płowej i czarnej ziemi z pola doświadczalnego Katedry Uprawy Roli i Roślin Akademii Rolniczej w Poznaniu z terenu Zakładu Doświadczalno-Dydaktycznego w Swadzimiu. Uziarnienie oraz podstawowe właściwości materiału glebowego zamieszczono w tab. 1. Oznaczenie tych właściwości przeprowadzono metodami ogólnie znanymi i stosowanymi w gleboznawstwie [12].

Komponentem dodawanym do gleb był hydrożel (organiczny polimer) o nazwie handlowej Stockosorb. Polimer ten ma neutralny odczyn, jest całkowicie nieszkodliwy dla roślin, żywych organizmów glebowych i wód gruntowych. Hydrożel zatrzymuje wodę i rozpuszczone w niej składniki pokarmowe oraz zabezpiecza korzenie roślin przed nadmiernym wysuszeniem. Jego specyficzną cechą jest możliwość wchłaniania i zatrzymywania wody oraz oddawania jej roślinom w razie potrzeby w okresie suszy. Jeden gram hydrożelu może zmagazynować około 300 ml wody dostępnej dla roślin. Środek ten jest przyjazny dla środowiska, a więc pewny ekologicznie. W badaniach hydrożel zastosowano w czterech dawkach (tab. 2).

Badania struktur glebowych realizowano w oparciu o opublikowane w latach 1983-1990 oryginalne rozwiązania metodyczne [16], gdzie podano koncepcję, zasady i szczegółowe procedury analityczne. W niniejszej pracy wykorzystano jedynie niektóre, najistotniejsze elementy obszernego programu badawczego. Stan i zmienność struktury warstwy uprawnej wytypowanych gleb pod wpływem za-

stosowanego hydrożelu oceniano poprzez określenie następujących parametrów:

- dynamiczną wodoodporność agregatów glebowych (DW) – przy pomocy analizatora dynamicznej wodoodporności agregatów; oznaczenie polega na pomiarze energii potrzebnej do rozbicia agregatu glebowego o $V = 1 \text{ cm}^3$ poprzez uderzenia spadających kropeł o masie 0,05 g z wysokości 1 m (energia kinetyczna 1 kropli – $E = 4,905 \cdot 10^{-4} \text{ J}$),
- statyczną wodoodporność agregatów glebowych (SW) – przy pomocy urządzenia WSW; pomiar tej cechy sprowadza się do określenia czasu rozpadu („czasu rozmakania”) agregatów zanurzonych w wodzie,
- stan agregacji wtórnej po dynamicznym i statycznym działaniu wody – oznaczono metodą sitową na mokro na zestawie sit o średnicy oczek: 7, 5, 3, 1, 0,5, 0,25 mm. Sita zanurzano w naczyniu z wodą, gdzie następowała segregacja agregatów na frakcje,
- prędkość kapilarnego podsiąku (T_k) – przeprowadzono w płaskim naczyniu szklanym z podkładką i bibułą filtracyjną, wypełnionym wodą do wysokości podkładu. Pomiar czasu podsiąku rozpoczęto od momentu zetknięcia się agregatu z wodą podsiąkającą, a kończono w momencie całkowitego nawilgocenia górnej powierzchni agregatu,
- kapilarną pojemność wodną minimalną (V_{kmin}) i maksymalną (V_{kmax}) – określono odpowiednio po podejściu frontu zwilżania do górnej powierzchni agregatu oraz po 2 godz. całkowitego wysycania wodą agregatów.

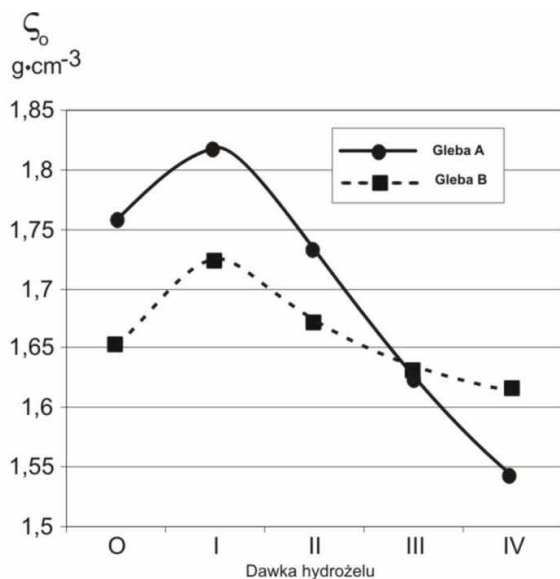
Wyniki i dyskusja

W badaniach struktur glebowych, w tym szczególnie struktur agregatowych, cechami charakteryzującymi ich zdolności strukturotwórcze są takie właściwości, jak: wodoodporność, agregacja wtórna, prędkość podsiąku kapilarnego i pojemność wodna agregatów. Wyniki badań wymienionych właściwości agregatów modelowanych z dwóch gleb zróżnicowanych pod względem uziarnienia i zawartości próchnicy z czterema dawkami hydrożelu zestawiono w tab. 3 i zinterpretowano graficznie na rys. 1-5. Wpływ hydrożelu Stockosorb na zmienność tych cech oraz pojawiające się charakterystyczne tendencje czy prawidłowości skomentowano poniżej w ujęciu syntetycznym.

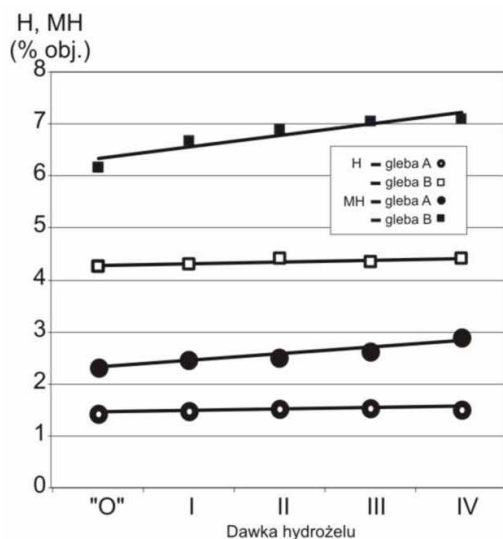
Dodawanie do gleby różnych komponentów zarówno mineralnych, jak i organicznych powoduje zmiany w trójfazowym ośrodku glebowym tak w ilościowym, jak i w jakościowym układzie faz: stałej, ciekłej i gazowej. Zastosowany w badaniach hydrożel, ze względu na możliwość sorbowania dużej ilości wody wolnej, wpływał będzie przede wszystkim na właściwości fazy ciekłej, głównie na zmienność jej lepkości, a więc również na przemieszczanie się w przestrzeni glebowej. Fakt ten znalazł potwierdzenie już na etapie zagęszczania i formowania modelowanych agregatów glebowych, których gęstość objętościowa najpierw nieco wzrosła przy niskiej dawce hydrożelu, a następnie stopniowo spadała wraz ze wzrostem dawki środka (rys. 1). Ta zmiana struktury wewnątrz agregatu (spadek zagęszczenia a przyrost porowatości) wpłynęły na wzrost zarówno pojemności higroskopowej, jak i maksymalnej pojemności higroskopowej agregatów wraz ze wzrostem dawki hydrożelu (rys. 2).

Zastosowane dawki hydrożelu wpłynęły w znaczący sposób na dynamiczną wodoodporność; wraz ze wzrostem dawki środka wodoodporność spadała zarówno w agregata-

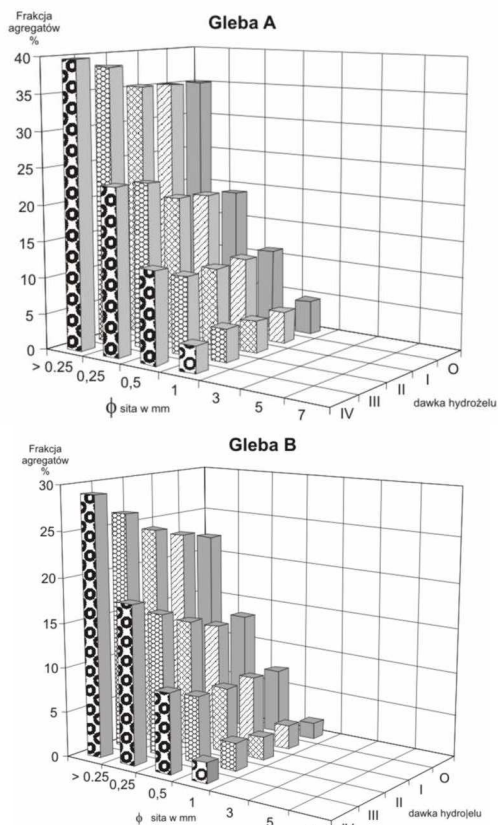
tach gleby A, jak również gleby B, przy czym znacznie większy spadek odnotowano w agregatach modelowanych z gliny piaszczystej (B), o większej zawartości próchnicy (tab. 3). Maksymalna IV dawka hydrożelu wywołała obniżenie wodoodporności agregatów o około 25% w stosunku do kontroli w przypadku piasku gliniastego i o ponad 33% w glinie piaszczystej. Zaobserwowano, iż spadek wodoodporności wywołany został zmniejszeniem się gęstości objętościowej, a więc wzrostem porowatości agregatów. W piasku gliniastym lekkim zależność ta jest wprost proporcjonalna; wzrost porowatości przy dawce IV wyniósł około 22%. Natomiast w glinie piaszczystej odnotowano znacznie szybszy spadek wodoodporności niż przyrost porowatości agregatów.



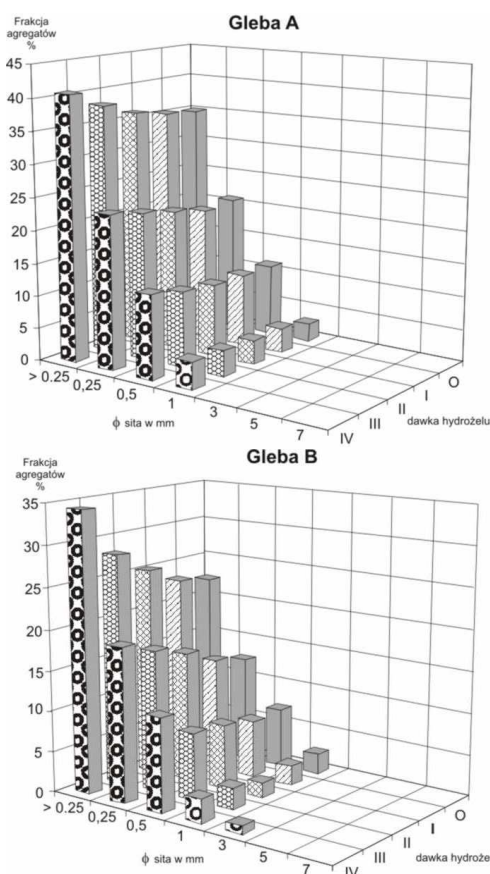
Rys. 1. Wpływ dawek hydrożelu na gęstość objętościową ζ_0 modelowanych agregatów glebowych
 Fig. 1. The effect of hydrogel doses on bulk density ζ_0 of modelled soil aggregates



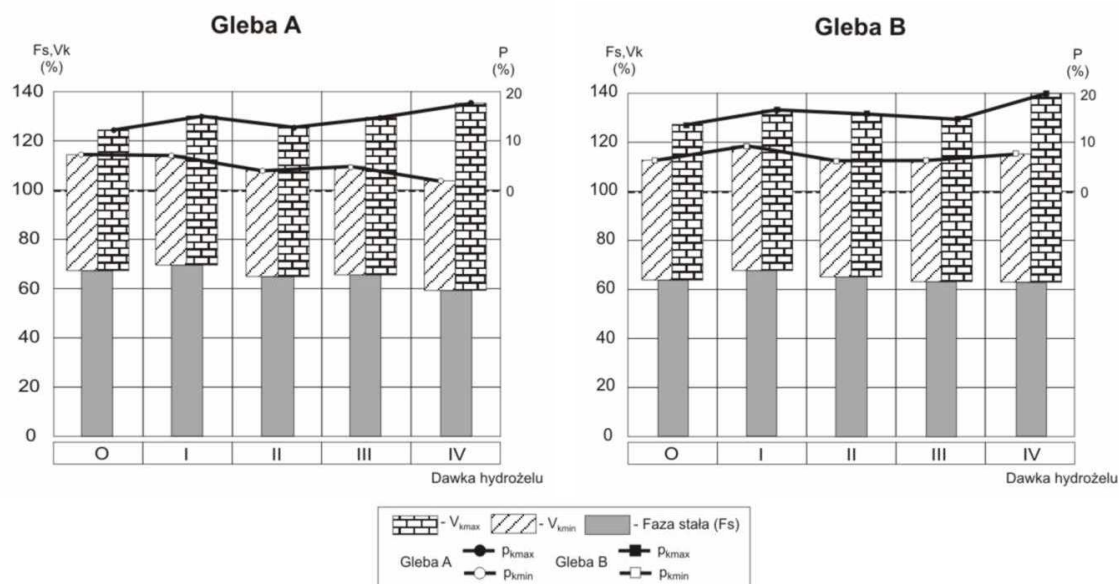
Rys. 2. Wpływ dawek hydrożelu na pojemność higroskopową (H) i maksymalną pojemność higroskopową (MH) modelowanych agregatów glebowych
 Fig. 2. The effect of hydrogel doses on hygroscopic capacity (H) and maximal hygroscopic capacity (MH) of modelled soil aggregates



Rys. 3. Stan agregacji wtórnej po dynamicznym działaniu wody w zależności od zastosowanej dawki hydrożelu
 Fig. 3. The state of secondary aggregation after dynamic water action according to the dose of hydrogel used



Rys. 4. Stan agregacji wtórnej po statycznym działaniu wody w zależności od zastosowanej dawki hydrożelu
 Fig. 4. The state of secondary aggregation after static water action according to the dose of hydrogel used



Rys. 5. Minimalna i maksymalna pojemność wodna oraz pęcznienie agregatów glebowych z różnymi dawkami hydrożelu
 Fig. 5. Minimal and maximal water capacity and swelling of soil aggregates with different doses of hydrogel

Tab. 1. Skład granulometryczny oraz podstawowe właściwości fizyczne i chemiczne badanych gleb
 Table 1. Texture and basic physical and chemical properties of investigated soils

Lp No	Właściwość Property	Symbol Symbol	Jednostka Unit	Gleba A Soil A	Gleba B Soil B
1.	Skład granulometryczny, zawartość frakcji: - 2,0-0,05 mm, - 0,005-0,002 mm - <0,002 mm	- - - -	- % % %	p _g 81 16 3	g _p 69 26 5
2.	Gęstość fazy stałej	ζ	g·cm ⁻³	2,61	2,57
3.	Gęstość gleby	ζ ₀	g·cm ⁻³	1,509	1,457
4.	Porowatość	P	%	42,2	43,3
5.	Pojemność higroskopowa	H	%obj.	0,68	2,08
6.	Maksymalna pojemność higroskopowa	MH	%obj.	3,46	5,03
7.	Zawartość próchnicy		%	1,44	2,14
8.	Zawartość CaCO ₃		%	0,85	3,68
9.	Odczyn w 1 M KCl	pH	-	6,85	7,45

Tab. 2. Dawki hydrożelu zastosowane w mieszankach z glebą
 Table 2. Doses of hydrogel used in mixtures with soil

Dawka hydrożelu, Doses of hydrogel	Ilość hydrożelu w warunkach, Amount of hydrogel in conditions			Dawki środków syntetycznych, Doses of synthetic means (%)
	połowych, in-field (g/m ²)	laboratoryjnych, in-laboratory (g/500 g gleby)	% w s.m. gleby, in dry soil mass	
I	25	0,167	0,033	0,01 – 0,2
II	50	0,334	0,066	
III	100	0,668	0,132	
IV	200	1,336	0,264	

Tab. 3. Dynamiczna (DW) i statyczna (SW) wodoodporność oraz prędkość (T_k) przemieszczania się wody kapilarnej w modelowanych agregatach glebowych z różnymi dawkami hydrożelu

Table 3. Dynamic (DW) and static (SW) water resistance and speed of capillary water translocation (T_k) in moulded soil aggregates with different doses of hydrogel

Gleba Soil	Dawka hydrożelu Dose of hydrogel	Gęstość agregatów Density of aggregates ($g \cdot cm^{-3}$)	Porowatość agregatów Porosity of aggregates (%)	DW (liczba standardowych kropeł – number of standard drops)	SW (czas rozpadu – time of desintegration) (s)	T_k (czas podsiąku kapilarnego – time of capillary rise) (s)
A	O	1,758	32,6	41	25	57
	I	1,818	30,3	37	28	56
	II	1,702	34,8	35	33	46
	III	1,684	35,5	33	66	37
	IV	1,542	40,9	31	394	19
B	O	1,652	35,7	54	53	132
	I	1,723	33,0	46	51	122
	II	1,670	35,0	45	50	116
	III	1,630	36,6	42	48	107
	IV	1,616	37,1	36	38	65

Tab. 4. Wpływ wariantów wodnych i dawki hydrożelu na plon nasion grochu siewnego (dt/ha)

Table 4. The effect of water variants and hydrogel dose on the crop of pea (dt/ha)

Wariant wodny Water variant	Dawka hydrożelu - Dose of hydrogel (g/m^2)			
	0	25	50	100
Deszczowany	37,8	43,5	44,7	46,6
Nie deszczowany	12,3	12,4	11,7	12,7

Styczne działanie wody przebiega w terenie w znacznie dłuższym okresie czasu niż działanie dynamiczne. Sprzyjają temu warunki panujące w glebie nawet przy dużej porowatości, czyli istnieniu punktów kontaktowych pomiędzy poszczególnymi agregatami [17]. W przypadku modelowanych agregatów glebowych w warunkach laboratoryjnych statyczne działanie wody na agregaty przebiega podobnie jak w terenie w dwóch fazach. Pierwsza faza to infiltracja wody w głąb agregatu wywołana gradientem wilgotności. Efekt jej działania zależy od wilgotności agregatu, a także od jego zagęszczenia, które warunkuje liczbę oraz wielkość mezo- i mikroporów. Faza druga, dłuższa, związana jest z powolnym pęcznieniem koloidalnych frakcji mineralno-organicznych. W wyniku tych procesów następuje zwiększenie objętości badanego agregatu i zmniejszenie liczby makroporów, przy czym tak samo jak w przypadku dynamicznej wodoodporności następuje całkowity rozpad pojedynczego agregatu.

Czas rozpadu agregatów w glebie, podczas badania statycznej wodoodporności, wahał się w zależności od zastosowanej dawki hydrożelu w bardzo szerokich granicach od 25 do 294 sekund. Czas ten wydłużał się w miarę wzrostu dawki hydrożelu; w agregatach bez dodatku środka wynosił on 25 sekund, przy I dawce wzrósł zaledwie do 28 sekund, przy dawce III był już ponad 2-krotnie dłuższy, a przy IV dawce nastąpił ponad 15-krotny wzrost czasu całkowitego rozpadu agregatu. Natomiast w glebie B dawki hydrożelu obniżały statyczną wodoodporność w znacznie mniejszym zakresie czasowym (53-38 sekund), przy czym czas rozpa-

du ulegał sukcesywnemu skróceniu wraz ze wzrostem dawki hydrożelu.

Według klasyfikacji wodoodporności agregatów glebowych [14, 17] zarówno dynamiczna, jak i statyczna wodoodporność modelowanych agregatów z różnymi dawkami hydrożelu odpowiadają wodoodporności agregatów większości gleb Polski, wytworzonych z materiału glebowego o składzie granulometrycznym piasków gliniastych i glin lekkich. W przypadku wodoodporności dynamicznej są to wielkości odpowiadające 1 i 2 stopniowi wodoodporności, a więc wodoodporność ekstremalnie mała (<40 kropeł) i bardzo mała (40-100 kropeł) zarówno dla agregatów gleby A, jak i gleby B. Dla wodoodporności statycznej uzyskane wartości oznaczają 1, 2, 3 i 4 stopień wodoodporności agregatów gleby A, czyli ekstremalnie małą (<40s), bardzo małą (40-90s), średnio małą (91-180s) oraz małą (181-480s). W glebie B czas rozpadu agregatów w przedziale 38-53 sekund wskazuje zaledwie na 1 i 2 stopień wodoodporności.

Bardzo ważną właściwością agregatów glebowych jest ich zdolność do tworzenia agregacji wtórnej pod wpływem dynamicznego i statycznego działania wody. Rezultaty przeprowadzonych badań wykazały, iż ważny jest nie tylko stopień, lecz także charakter (sposób) tego rozpadu, czyli procentowa zawartość poszczególnych frakcji agregatów wtórnych (rys. 3, 4). W obu rodzajach gleb, w wyniku dynamicznego działania wody, powstawały agregaty wtórne o wymiarach: >0,25; 0,5 oraz 1 mm. Największą procentową zawartość bo około 10-25% wykazywała frakcja agregatów

najdrobniejszych o wymiarach 0,25-0,50 mm. Frakcja o wymiarach 0,5-1,0 mm charakteryzowała się znacznie mniejszą procentową zawartością, bo tylko 2-18%. Natomiast suma agregatów >0,25 mm wynosiła około 37-39%, przy czym w glebie A zauważalny był większy procentowy udział wszystkich frakcji niż w glebie B. W obu rodzajach gleb zaobserwowano wzrost sumy agregatów >0,25 mm wraz ze wzrostem dawki hydrożelu, przy czym procentowe zawartości tej frakcji były większe w glebie A niż w glebie B. Odnosząc podane wyżej wartości agregacji wtórnej do wspomnianej klasyfikacji wodoodporności agregatów – pomimo stałego wzrostu ilości sumy agregatów >0,25 mm wraz ze wzrostem dawki hydrożelu – należy ocenić stopień agregacji wtórnej jako 5-średni (36-50%) w materiale piaszczystym (gleba A) oraz jako 4-mały (21-35%) w materiale gliniastym (gleba B).

Nieco korzystniejsze charakterystyki agregacji wtórnej uzyskano podczas statycznego działania wody. Również we wszystkich przypadkach stwierdzono występowanie agregatów wtórnych o wymiarach: >0,25; 0,5 i 1 mm. Natomiast przy dawce IV hydrożelu pojawiła się minimalna ilość (około 1%) frakcji o wymiarach 3 mm. W obu glebach (gleba A i B) stwierdzono największą procentową zawartość bo około 15-30% frakcji 0,5-0,25 mm. Jednocześnie była ona większa niż w agregacji po dynamicznym działaniu wody. Wzrósł również procentowy udział frakcji 1-0,5 mm (5-22%). Zawartość sumy agregatów > 0,25 mm kształtowała się w przedziale 35-41% w agregatach gleby A, a więc stopień agregacji był mały i średni (4 i 5 stopień agregacji wtórnej). W przypadku agregatów gleby B zawartość tej frakcji mieściła się w granicach 23-34%, a zatem była mała na poziomie 4 stopnia agregacji wtórnej (21-35%).

W celu scharakteryzowania wpływu struktury agregatowej na kształtowanie klimatu glebowego, a w szczególności na właściwości wodne gleby, ważnym parametrem jest prędkość przemieszczania się wody w agregatach oraz ich kapilarna pojemność wodna. Poddając ocenie te parametry zaobserwowano, iż zarówno w glebie A, jak i B wraz ze wzrostem dawki hydrożelu w agregatach glebowych czas podsiąku kapilarnego ulegał skróceniu w porównaniu z próbką kontrolną. Rezultaty badań ukazujące bardzo zróżnicowane zachowania agregatów glebowych w procesie ich nawilżania zamieszczono w tab. 3 i zilustrowano graficznie na rys. 5. Prędkość podsiąku kapilarnego zależała głównie od składu granulometrycznego i porowatości agregatów glebowych. W agregatach modelowanych z wytypowanych do badań gleb zróżnicowany czas podsiąku kapilarnego jest porównywalny z wynikami badań analizowanych wcześniej 55 gleb Polski [17], w których czas ten również mieścił się w bardzo szerokim przedziale od kilkunastu sekund w glebach piaszczystych do kilkunastu sekund w glebach gliniastych. W badanym materiale glebowym czas podsiąku kapilarnego zawierał się w przedziale 57-19 sekund w agregatach gleby piaszczystej i 132-65 sekund w agregatach gleby gliniastej, wykazując systematyczny wzrost prędkości podsiąku wraz ze wzrostem dawki hydrożelu. W agregatach gleby A dawka IV hydrożelu skróciła czas podsiąku kapilarnego nawet 3-krotnie, natomiast 2-krotnie w agregatach gleby B. Pomimo niskich w ogólności wartości czasu podsiąku kapilarnego, wpływ hydrożelu na zmiany tej cechy należy ocenić jako bardzo istotny, co z kolei determinuje ilość wody kapilarnej, jaką może pochłonąć agregat glebowy.

Podczas podsiąku kapilarnego agregat może ulec wysyceniu wodą w mniejszym, równym lub większym stopniu od jego aktualnej porowatości. Rezultaty badań przedstawione na rys.5 dowodzą, że minimalna pojemność kapilarna agregatów w różnych dawkami hydrożelu była zróżnicowana w obu rodzajach gleb i zawierała się w przedziale od 43% obj. (gleba A) do 52% obj. (gleba B). W jeszcze szerszym przedziale bo od 57% obj. (gleba A) do 76% obj. (gleba B) kształtowała się maksymalna pojemność kapilarna agregatów. Dodatek hydrożelu obniżał minimalną kapilarną pojemność wodną agregatów gleby A i tylko nieznacznie ją podnosił w agregatach gleby B. Natomiast w przypadku maksymalnej kapilarnej pojemności wodnej wartości jej wzrastały wraz ze wzrostem dawki hydrożelu, przy czym zdecydowanie większy jej przyrost z 57,51% do 76,30% następował w agregatach gleby A niż w agregatach gleby B, a mianowicie z 63,24% do 76,44%.

We wszystkich agregatach zarówno bez dodatku żelu, jak i z różnymi jego dawkami, niezależnie od ilości wody pochłoniętej przez agregaty, ich pojemność kapilarna przekraczała pierwotną porowatość agregatów. Oznacza to, że agregaty zwiększyły swoją objętość początkową (1cm^3) o objętość będącą różnicą pomiędzy objętością wody pochłoniętej a pierwotną objętością porów w agregatach. W badaniach modelowych struktur glebowych ten wzrost objętości pierwotnej określany jest jako swobodne pęcznienie agregatów [14, 16, 17]. Uwzględniając złożenie fazy stałej (gęstość i porowatość), przy podsiąku kapilarnym minimalnym odnotowano spadek pęcznienia agregatów gleby A i nieznaczny tylko jego wzrost w agregatach gleby B (rys. 5). Natomiast przy maksymalnym wysyceniu wodą (V_{kmax}) pęcznienie agregatów obydwu gleb wzrastało wraz ze wzrostem dawki hydrożelu.

Przedstawiony wyżej w badaniach modelowanych pozytywny wpływ hydrożelu Stockosorb na parametry strukturotwórcze materiału glebowego pobranego z poziomów orno-próchnicznych gleby płowej i czarnej ziemi znalazł potwierdzenie również w badaniach polowych (tab. 4). Zastosowany w analogicznych dawkach (25, 50 i 100 g/m²) hydrożel na glebie płowej pod uprawę grochu siewnego wpłynął na wzrost jego plonu z 37,8 dt/ha (kontrola) do 46,6 dt/ha (III dawka), a więc o około 23,4%. Warunkiem korzystnego działania hydrożelu było jednak nawadnianie. W wariantcie nie nawadnianym plony grochu siewnego kształtowały się na poziomie 11,7-12,7 dt/ha niezależnie od zastosowanej dawki hydrożelu.

Podsumowanie

Zastosowany hydrożel o nazwie Stockosorb wpływał w znaczącym stopniu na zmiany badanych właściwości fizyko-mechanicznych gleb. Przede wszystkim zmniejszało się zagęszczenie gleb, a więc wzrastała ich porowatość. Konsekwencją tego był szybszy i korzystniejszy jakościowo rozpad agregatów pierwotnych na agregaty wtórne; suma agregatów > 0,25 mm wzrosła od kilku do kilkunastu procent, przy czym największy jej przyrost wystąpił przy wyższych dawkach hydrożelu. Wraz ze wzrostem dawek hydrożelu wzrastała pojemność wodna agregatów, szczególnie maksymalna pojemność kapilarna. W ogólności wymienione parametry, charakteryzujące stan struktury poziomu uprawnego, stwarzają korzystne warunki powietrzno-wodne w glebie, a więc kształtują odpowiedni klimat glebowy. Ostateczny efekt działania tego polimeru zależy

jednak od wysokości zastosowanej dawki oraz od właściwości gleby, zwłaszcza jej uziarnienia i zawartości materii organicznej, a więc naturalnych środków strukturotwórczych.

Literatura

- [1] Amézketa E.: Soil aggregate stability: a review. *J. Sustain. Agricult.*, 14 (2/3), 82-151, 1999.
- [2] Braunack M.V., Dexter A.R.: Soil aggregation in the seedbed: a review. I. Properties of aggregates and beds of aggregates. *Soil Till. Res.* 14, 259-279, 1989.
- [3] De Boodt M.F.: Application of polymeric as physical soil conditioner. W: *Soil colloids and their associations in aggregates* (re. M.F. De Boodt, M. Hayes, A. Herbillon), NATO ASI Series, Ser. B: Physics, 215, Plenum Press, New York, 517-556, 1990.
- [4] De Boodt M.F.: Soil conditioning, a modern procedure of resorting physical soil degradation. *Pedologie* 43, 157-195, 1993.
- [5] Dechnik i., Dębicki R.: Wykorzystanie syntetycznych środków do ulepszania gleb. *Probl. Agrofizyki* 23, 1977.
- [6] Dechnik I., Dębicki R.: Ocena wpływu wybranych środków syntetycznych i odpadowych na właściwości fizyczne gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 315, 43-62, 1986.
- [7] Dexter A.R.: Advances in characterisation of soil structure. *Soil Till. Res* 11, 199-238, 1988.
- [8] Gabriels D.: Application of soil conditioners for agriculture and engineering. W: *Soil colloids and their associations in aggregates* (re. M.F. De Boodt, M. Hayes, A. Herbillon), NATO ASI Series, Ser. B: Physics, 215, Plenum Press, New York, 557-565, 1990.
- [9] Hetman J., Martyn W.: Oddziaływanie hydrożeli na właściwości wodne podłoży ogrodniczych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 429, 133-135, 1996.
- [10] Johnson M.S., Leah R.T.: Effects of superabsorbent polyacrylamides on efficiency of water use by crop seedlings. *J. Sci. Food Agric.* 52, 431-434, 1990.
- [11] Kay B.D.: Soil structure and organic carbon: a review. W: *Soil processes and the carbon cycle* (re. R. Lal, J.M. Kimble, R.F. Follett, B.A. Stewart), CRS Press, Boca Raton, Florida, 169-197, 1998.
- [12] Mocek A., Drzymała S., Maszner P.: Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. *Wyd. AR, Poznań*, 2000.
- [13] Oades J.M.: Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant Soil* 76, 319-337, 1984.
- [14] Owczarzak W.: Struktura gleb mineralnych Polski – badania modelowe. *Rocz. AR w Poznaniu, Rozpr. Nauk* 328, 2002.
- [15] Paluszek J.: Kształtowanie syntetycznymi polimerami właściwości gleb erodowanych terenów lessowych. *Wyd. AR w Lublinie. Rozpr. Nauk.* 277, 2003.
- [16] Rząsa S., Owczarzak W.: Modelling of soil structure and examination methods of water resistance, capillary rise and mechanical strength of soil aggregates. *Ann. Pozn. Agric. Univ. Sci Diss.*, 1-135, 1983.
- [17] Rząsa S., Owczarzak W.: Struktura gleb mineralnych Polski. *Wyd. AR, Poznań*, 2004.
- [18] Słowińska-Jurkiewicz A.: Struktura i właściwości wodno-powietrzne gleb wytworzonych z lessu. *Rocz. Nauk Rol. Ser. D Monografie* 218, 1989.
- [19] Słowińska-Jurkiewicz A., Paluszek J.: Morfologiczna i morfometryczna analiza zmian struktury erodowanej gleby lessowej ulepszanej syntetycznymi polimerami. *Acta Agrophysica* 56, 259-270, 2001.
- [20] Systematyka Gleb Polski: *Wydanie 4, Rocz. Glebozn.* 40, (3/4), 1-150, 1989.
- [21] Walczak R., Witkowska B.: Metody badania i sposoby opisywania agregacji gleb. *Probl. Agrofizyki* 41, 1976.
- [22] Wallace A.: Some living plants and some additional products useful as soil conditioners and in various technologies. W: *Handbook of soil conditioners: substances that enhance the physical properties of soil* (red. A. Wallace, R.E. Terry) Marcel Dekker Inc., New York, 463-510, 1998.
- [23] Wallace A., Wallace G.A.: Effects of very low rates of synthetic soil conditioners on soils. *Soil Sci.* 141, 1986, 324-327.
- [24] Wallace G.A.: Use of soil conditioners in landscape soil preparation. W: *Handbook of soil conditioners: substances that enhance the physical properties on soil.* (red. A. Wallace, R.E. Terry) Marcel Dekker Inc., New York, 1998, 511-542.
- [25] Wegener H.G., Wegener O.: Die Wirkung von Hydroabsorbentien auf Kenndaten des Bodenwasserhaushalts sandiger bis lehmiger Boden. *Mat. Kongress: Bodenschutz in einen vereinten Europa.* Wien, 1-9 September 2001.