Acta Agrophysica, 2001, 56, 233-245

WŁAŚCIWOŚCI WODNO-POWIETRZNE ERODOWANYCH GLEB PŁOWYCH WYTWORZONYCH Z LESSU

J. Paluszek

Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Akademia Rolnicza
ul. S. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
e-mail: paluszek@consus.ar.lublin.pl

Streszczenie. Celem pracy była ocena wpływu składu granulometrycznego, zawartości próchnicy, składu agregatowego, zawartości wodoodpornych agregatów i gęstości gleby na właściwości wodno-powietrzne poziomów Ap gleb płowych wytworzonych z lessu, w różnym stopniu zerodowanych. Uzyskane wyniki wykazały, że gleby słabo, średnio i silnie zerodowane charakteryzowały się, w porównaniu z glebami nie erodowanymi, mniejszą polową pojemnością wodną, retencją wody użytecznej dla roślin i zawartością mezoporów o średnicy 20-0,2 μm, natomiast większą zawartością mikroporów, retencjonujących wodę niedostępną dla roślin. Tylko gleby całkowicie zerodowane miały badane właściwości wodno-powietrzne zbliżone do właściwości gleb nie erodowanych. Pogorszenie wodno-powietrznych właściwości gleb zerodowanych było rezultatem zwiększenia zawartości iłu koloidalnego (<0,002 mm) a zmniejszenia zawartości frakcji pyłu (0,1-0,02 mm) w poziomach uprawno-próchnicznych, utworzonych w całości, lub w części z poziomu iluwialnego Bt. Mniejszy wpływ na badane właściwości gleb zerodowanych wywarło zmniejszenie zawartości próchnicy, pogorszenie składu agregatowego, zmniejszenie zawartości wodoodpornych agregatów i zwiększenie gęstości gleby.

Słowa kluczowe: właściwości wodno-powietrzne, gleby erodowane, gleby płowe.

WSTĘP

Zdolność gleb do retencjonowania wody dostępnej dla roślin i utrzymywania powietrza zależy od składu granulometrycznego, zawartości próchnicy, zagęszczenia oraz wielkości i wodoodporności agregatów glebowych. Ogólnie

przyjmuje się, że najlepszymi właściwości wodno-powietrznymi charakteryzują się gleby o składzie utworów pyłowych lub glin średnich, zasobne w próchnicę, o trwałej strukturze agregatowej, w której przeważają agregaty o wymiarach 1-5 mm, nie ulegające nadmiernemu zagęszczeniu [1, 2, 5, 7, 11].

Gleby wytworzone z lessu charakteryzują się bardzo korzystnymi właściwościami wodnymi, średnio dobrymi właściwościami powietrznymi oraz łatwością uprawy. Jednak pod wpływem erozji wodnej powierzchniowej, następują zmiany w ich składzie granulometrycznym, zubożenie w próchnicę i składniki pokarmowe roślin, pogorszenie składu agregatowego i wodoodporności agregatów, zwiększenie gęstości gleby, zmniejszenie infiltracji i retencji wody użytecznej dla roślin oraz zmniejszenie głębokości korzenienia się roślin [3, 4, 6, 8-10].

Celem pracy była ocena wpływu składu granulometrycznego, zawartości próchnicy, składu agregatowego, zawartości wodoodpornych agregatów oraz zagęszczenia gleby, na właściwości wodne i powietrzne gleb płowych wytworzonych z lessu, w różnym stopniu zerodowanych.

MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań były gleby pola produkcyjnego RZD Elizówka na Wyżynie Lubelskiej, obejmującego falistą wierzchowinę i zbocze o nachyleniu do 12%. Do badań wybrano następujące odmiany gleb płowych typowych (po 6 profilów z każdej), wg klasyfikacji Turskiego i in. [10]:

- nie erodowane o wzorcowym profilu Ap-Eet-B1t-B2t-BtC-Cca,
- słabo zerodowane o profilu Ap-B1t-B2t-BtC-Cca, w których poziom Ap wytworzył się z poziomu Eet i częściowo B1t,
- średnio zerodowane o profilu Ap-B2t-BtC-Cca, w których poziom Ap wytworzył się głównie z poziomu B1t i częściowo B2t,
- silnie zerodowane o profilu Ap-BtC-Cca, w których poziom Ap wytworzył się z poziomu BtC,
- całkowicie zerodowane (pararędziny inicjalne) o profilu Apca-Cca, w których poziom Apca wytworzył się z lessu węglanowego.

Badania prowadzono w maju, kiedy pole znajdowało się pod uprawą pszenicy ozimej w fazie strzelania w źdźbło. Próbki glebowe, w tym o zachowanej budowie do metalowych cylindrów o objętości 100 cm^3, w trzech powtórzeniach, pobierano ze środkowej części poziomów genetycznych.

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

w dwóch powtórzeniach. Zawartość wodoodpornych agregatów glebowych analizowano zmodyfikowanym aparatem Bakszejewa, wykonanym w Instytucie Agrofizyki PAN w Lublinie, w 3 replikacjach.

Gęstość objętościową gleby obliczono na podstawie stosunku masy gleby wysuszonej w 105°C do jej objętości. Pojemność wodną w przedziale potencjału wody glebowej od -0,1 kPa do -49,03 kPa (pF 0-2,7) w komorach niskociśnieniowych na porowatych płytach ceramicznych, a w przedziale potencjału od -155 kPa do -1550 kPa (pF 3,2-4,2) w komorach wysokociśnieniowych, stosując celofan jako membranę. Retencję różnych form wody glebowej obliczono na podstawie odpowiednich wartości pojemności wodnej, wyrażonych w $kg \cdot kg^{-1}$. Na podstawie oznaczeń retencji wody użytecznej w poszczególnych poziomach genetycznych, wyrażonej w $cm^3 \cdot cm^{-3}$, obliczono w mm sumaryczną zdolność retencyjną gleb w warstwie korzenienia się roślin (0-50 i 0-100 cm).

Porowatość ogólną obliczono na podstawie wartości gęstości fazy stałej i gęstości gleby. Zawartość grup porów glebowych obliczono na podstawie wartości pojemności wodnej, wyrażonych w $cm^3 \cdot cm^{-3}$. Przepuszczalność powietrzną przy potencjale wody glebowej -15,5 kPa oznaczono za pomocą aparatu LPiR do badania przepuszczalności powietrznej mas formierskich, wyprodukowanego przez Instytut Odlewnictwa w Krakowie.

Skład granulometryczny oznaczono metodą areometryczną Bouyoucosa-Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, z oddzieleniem frakcji piasku na sicie o wymiarach oczek 0,1 mm, gęstość fazy stałej metodą piknometryczną, zawartość próchnicy metodą Tiurina w modyfikacji Simakowa i odczyn potencjometrycznie.

Wyniki oznaczeń zostały poddane statystycznej analizie wariancji (istotność różnic weryfikowano testem Tukey'a) oraz analizie korelacji prostej.

WYNIKI BADAŃ

Badane gleby zerodowane istotnie różniły się właściwościami od gleb płowych typowych nie erodowanych. Objęcie uprawą poziomu iluwialnego Bt spowodowało w składzie granulometrycznym poziomów Ap zwiększenie zawartości części spławialnych (<0,02 mm) i iłu koloidalnego (<0,002 mm) oraz zmniejszenie zawartości pyłu (0,1-0,02 mm), w porównaniu do gleb nie erodowanych (Tab. 1). Również we wszystkich glebach zerodowanych zmniejszyła się zawartość próchnicy. Poziomy Ap charakteryzowały się odczynem słabo kwaśnym, z wyjątkiem gleb całkowicie zerodowanych, w których stwierdzono odczyn obojętny.

Zmiany w składzie agregatowym poziomów Ap badanych gleb, spowodowane przez zerodowanie, polegały na zwiększeniu zawartości brył o wymiarach >10 mm, a zmniejszeniu zawartości agregatów o wymiarach 1-5 mm, 0,25-1 mm i mikroagregatów <0,25 mm (Tab. 2). Jedynie w glebach całkowicie zerodowanych wzrosła zawartość mikroagregatów <0,25 mm, co świadczyło o znacznym rozpyleniu gleby. Zawartość brył >10 mm korelowała ściśle dodatnio z zawartością części spławialnych (r = 0,69) i iłu koloidalnego (r = 0,77). Zawartość agregatów o wymiarach 1-10 mm, najbardziej korzystnych dla wzrostu roślin, wykazywała słabą korelację dodatnią z zawartością próchnicy (r = 0,38). W składzie poziomów podpowierzchniowych zdecydowanie dominowały bryły >10 mm.

Tabela 1. Skład granulometryczny i niektóre właściwości gleb (wartości średnie z 6 profilów)
Table 1. Particle-size distribution and some properties of soils (mean values in 6 profiles)

Stopień zerodowania gleb	Poziom	Głębokość (cm)	Zawartość frakcji o wymiarach w mm (%)				Próchnica (%)	Gęstość stałej fazy Mg m^{-3}	Odczyn pH KCl
			1-0,1	0,1-0,02	<0,02	<0,002			
Nie erodowane	Ap	0-26	1,1	59,9	39	9	1,54	2,64	5,7
	Eet	26-39	0,8	62,2	37	8	0,59	2,65	5,6
	B1t	39-67	0,6	52,4	47	20	0,37	2,67	5,5
	B2t	67-104	0,3	56,7	43	17	0,33	2,68	5,8
Słabo zerodowane	Ap	0-25	0,9	55,1	44	15	1,36	2,65	5,6
	B1t	25-39	0,3	51,7	48	21	0,41	2,67	5,4
	B2t	39-72	0,5	55,5	44	18	0,35	2,68	5,5
	BC	72-123	0,4	57,6	42	15	0,34	2,69	6,1
Średnio zerodowane	Ap	0-24	0,7	53,3	46	18	1,30	2,66	5,8
	B2t	24-45	0,3	56,7	43	16	0,35	2,68	6,1
	BC	45-101	0,5	58,5	41	14	0,30	2,69	6,3
Silnie zerodowane	Ap	0-24	0,8	56,2	43	15	1,25	2,67	6,1
	BC	24-55	0,6	57,4	42	14	0,31	2,69	6,2
	Cca	>55	1,0	61,0	38	11	0,28	2,69	7,2
Całkowicie zerodowane	Apca	0-22	1,2	58,8	40	12	1,24	2,67	7,1
	Cca	>22	0,8	60,2	39	12	0,29	2,69	7,2
NIR (α=0,05)			n.i.	2,1	2	2	0,15	-	0,4

n.i. - różnice statystycznie nieistotne

Zawartość wodoodpornych agregatów glebowych o wymiarach 0,25-10 mm w poziomach Ap gleb zerodowanych istotnie zmniejszyła się o około 10-22% (Tab. 2). Gleby zerodowane zawierały bardzo mało trwałych agregatów o wymiarach powyżej 1 mm. Zawartość wodoodpornych agregatów o wymiarach 0,25-10 mm korelowała ściśle z zawartością próchnicy (r = 0,81), natomiast słabo z zawartością powietrznie suchych agregatów 1-5 mm (r = 0,40). W poziomach podpowierzchniowych zawartość wodoodpornych agregatów była bardzo mała.

Tabela 2. Zawartość powietrznie suchych i wodoodpornych agregatów glebowych (wartości średnie z 6 profilów)

Table 2. Air-dry and water-stable soil aggregate content (mean values in 6 profiles)

Stopień zerodowania gleb	Poziom	Skład powietrznie suchych agregatów o wymiarach w mm (%)					Zawartość wodoodpornych agregatów o wymiarach w mm (%)	
		>10	5-10	1-5	0,25-1	<0,25	0,25-10	1-10
Nie erodowane	Ap	18,8	15,8	36,3	16,3	12,8	49,8	14,1
	Eet	36,0	15,5	29,4	13,9	5,2	26,5	3,4
	B1t	48,2	14,8	23,1	9,7	4,3	13,2	1,4
Słabo zerodowane	Ap	30,0	15,9	32,0	14,9	7,2	39,2	7,9
	B1t	53,4	15,5	21,6	7,5	2,1	15,9	1,6
	B2t	46,8	19,2	24,3	7,3	2,4	12,8	1,0
Średnio zerodowane	Ap	34,2	15,3	27,6	15,9	7,0	33,6	6,8
	B2t	44,7	16,0	23,9	11,2	4,2	13,1	1,0
Silnie zerodowane	Ap	27,3	18,8	35,1	12,9	5,9	29,5	6,7
	BC	44,0	15,6	24,3	11,8	4,4	10,9	0,8
Całkowicie zerodowane	Apca	24,4	16,8	29,4	15,8	13,7	27,5	8,0
	Cca	42,8	16,3	25,1	8,5	7,4	15,1	5,3
NIR (α=0,05)		8,2	n.i.	5,7	5,1	3,7	5,7	2,4

n.i. - różnice statystycznie nieistotne

Gęstość objętościowa gleby suchej w poziomach Ap gleb słabo i średnio zerodowanych była istotnie wyższa, w porównaniu z glebami nie erodowanymi (Tab. 3). Na podstawie uzyskanych wartości gęstości, układ gleb oceniono jako słabo zagęszczony. Gęstość poziomów Ap korelowała ściśle dodatnio z zawartością części spławialnych (r = 0,60) i iłu koloidalnego (r = 0,53). Układ poziomów podpowierzchniowych był najczęściej zagęszczony.

Pełna pojemność wodna (przy potencjale wody glebowej -0,1 kPa) nieznacznie zmniejszyła się w poziomach Ap gleb słabo, średnio i silnie zerodowanych a wzrosła w glebach całkowicie zerodowanych, w stosunku do gleb nie erodowanych (Tab. 3). Wykazywała ścisłą dodatnią korelację z zawartością frakcji pyłu (r = 0,58) i ujemną z gęstością gleby (r = -0,99) (Tab. 4).

Polowa pojemność wodna (-15,5 kPa) istotnie zmniejszyła się w poziomach uprawno-próchnicznych gleb zerodowanych w stopniu słabym, średnim i silnym o 0,039-0,064 kg kg^{-1} (Tab. 3). PPW w poziomach Ap gleb zerodowanych była podobna do pojemności poziomów podpowierzchniowych. Wykazywała ścisłą dodatnią korelację z zawartością frakcji pyłu (r = 0,76) i zawartością wodoodpornych agregatów 1-10 mm (r = 0,62) oraz słabą z zawartością powietrznie suchych agregatów 1-5 mm (r = 0,36) (Tab. 4).

Tabela 3. Właściwości wodne gleb (wartości średnie z 6 profilów)

Table 3. Water properties of soils (mean values in 6 profiles)

Stopień zerodowania gleb	Poziom	Gęstość Mg m^{-3}	Pojemność wodna (kg kg^{-1})			Retencja wody (kg kg^{-1})			
			-0,1 kPa	-15,5 kPa	-1550 kPa	użytecznej	bardzo łatwo dostępnej	łatwo dostępnej	trudno i bardzo trudno dostępnej
Nie erodowane	Ap	1,36	0,357	0,295	0,057	0,238	0,058	0,132	0,048
	Eet	1,42	0,327	0,292	0,047	0,245	0,058	0,137	0,050
	B1t	1,54	0,276	0,233	0,076	0,157	0,031	0,077	0,049
	B2t	1,52	0,287	0,242	0,079	0,163	0,026	0,095	0,042
Słabo zerodowane	Ap	1,43	0,321	0,252	0,067	0,185	0,038	0,107	0,040
	B1t	1,53	0,278	0,235	0,090	0,145	0,029	0,072	0,044
	B2t	1,50	0,296	0,241	0,080	0,161	0,034	0,080	0,047
	BC	1,51	0,291	0,250	0,061	0,189	0,039	0,116	0,034
Średnio zerodowane	Ap	1,43	0,322	0,231	0,074	0,157	0,035	0,078	0,044
	B2t	1,51	0,289	0,239	0,079	0,160	0,028	0,087	0,045
	BC	1,50	0,297	0,252	0,061	0,191	0,041	0,117	0,033
Silnie zerodowane	Ap	1,41	0,334	0,256	0,066	0,190	0,040	0,108	0,042
	BC	1,50	0,297	0,253	0,061	0,192	0,042	0,117	0,033
	Cca	1,49	0,301	0,263	0,045	0,218	0,036	0,151	0,031
Całkowicie zerod.	Apca	1,36	0,359	0,288	0,057	0,231	0,045	0,144	0,042
	Cca	1,47	0,307	0,269	0,045	0,224	0,040	0,153	0,031
NIR (α=0,05)		0,07	0,033	0,021	0,006	0,024	0,010	0,029	0,009

Wilgotność punktu trwałego więdnięcia roślin (-1550 kPa) zwiększyła się istotnie w poziomach Ap gleb słabo, średnio i silnie zerodowanych, o 0,009-0,017 kg kg^{-1} w porównaniu z glebami nie erodowanymi (Tab. 3). Korelowała dodatnio z zawartością części spławialnych (r = 0,88) i iłu koloidalnego (r = 0,83) oraz z zawartością brył >10 mm (r = 0,78) (Tab. 4).

Właściwości retencyjne gleb w wyniku erozji wodnej pogorszyły się, najbardziej w glebach średnio zerodowanych. Retencja wody użytecznej dla roślin (od -15,5 kPa do -1550 kPa) istotnie zmniejszyła się w poziomach Ap gleb słabo, średnio i silnie zerodowanych, o 0,048-0,081 kg·kg^{-1} (Tab. 3). Retencja wody użytecznej korelowała ściśle dodatnio z zawartością frakcji pyłu (r = 0,82) i zawartością agregatów wodoodpornych 1-10 mm (r = 0,62) oraz słabo z zawartością powietrznie suchych agregatów 1-5 mm (r = 0,36) (Tab. 4). Z poziomów podpowierzchniowych największą retencja wody użytecznej charakteryzowały się poziomy Eet i Cca, natomiast najmniejszą – poziom B1t, najsilniej wzbogacony w ił koloidalny.

Tabela 4. Współczynniki korelacji (r) pomiędzy właściwościami wodno-powietrznymi a składem granulometrycznym, zawartością próchnicy i wskaźnikami struktury poziomów Ap gleb (n = 30)
Table 4. Correlation coefficients (r) between water-air properties and particle-size distribution, humus content and structure indices of Ap horizon of soils (n = 30)

Zmienne	Frakcja granulometryczna			Próchnica	Agregaty powietrznie suche		Agregaty wodoodporne		Gęstość gleby
	0,1-0,02 mm	<0,02 mm	<0,002 mm		>10 mm	1-5 mm	0,25-10 mm	1-10 mm	
Pełna PW	0,59**	-0,58**	-0,49**	-0,04	-0,28	-0,21	0,03	0,34	-0,99**
Polowa PW	0,76**	-0,75**	-0,81**	0,31	-0,71**	0,36*	0,20	0,62**	-0,54**
Punkt TW	-0,89**	0,88**	0,83**	-0,23	0,78**	-0,31	-0,20	-0,51**	0,48**
Retencja WU	0,89**	-0,88**	-0,84**	0,30	-0,75**	0,36*	0,21	0,62**	-0,54**
Reten. WBŁD	0,53**	-0,52**	-0,62**	0,31	-0,54**	0,30	0,36*	0,56**	-0,52**
Reten. WŁD	0,66**	-0,65**	-0,65**	0,19	-0,54**	0,23	0,03	0,45*	-0,37*
Porowatość	0,58**	-0,57**	-0,48**	0,08	-0,27	-0,21	-0,01	0,31	-0,99**
Pory >20 μm	-0,25	0,25	0,37*	-0,36*	0,48**	-0,58**	-0,17	-0,32	-0,40*
Pory 0,2-20μm	0,76**	-0,75**	-0,80**	0,32	-0,75**	0,45*	0,20	0,58**	-0,35
Pory <0,2 μm	-0,92**	0,91**	0,84**	-0,19	0,73**	-0,21	-0,19	-0,53**	0,68**

Objaśnienia: PW – pojemność wodna, TW – trwałe więdnięcie, WU – woda użyteczna dla roślin, WBŁD – woda bardzo łatwo dostępna, WŁD – woda łatwo dostępna, *Poziom istotności α=0,05, **Poziom istotności α=0,01

Retencja wody użytecznej dla roślin, obliczona dla warstwy 0-50 cm, w glebach nie erodowanych wynosiła średnio 155,9 mm, podczas gdy w glebach zerodowanych w stopniu słabym, średnim i silnym była istotnie mniejsza, odpowiednio o 31,8 mm, 36,8 mm i 16,7 mm. Nieco mniejsze różnice między stopniami zerodowania gleb stwierdzono porównując zdolność retencyjną w warstwie 0-100 cm.

Z poszczególnych kategorii dostępności wody, istotnie zmniejszyła się retencja wody bardzo łatwo dostępnej (zawartej w przedziale potencjału od -15,5 do -70,8 kPa), we wszystkich glebach zerodowanych, o 0,013-0,023 kg kg^{-1}. W glebach średnio zerodowanych istotnie zmniejszyła się również retencja wody łatwo dostępnej dla roślin (od -70,8 do -196 kPa), o 0,054 kg kg^{-1} (Tab. 3). Retencja wody bardzo łatwo dostępnej wykazywała ścisłą dodatnią korelację z zawartością frakcji pyłu (r = 0,53) i zawartością wodoodpornych agregatów 1-10 mm (r = 0,56) oraz słabą z agregatami wodoodpornymi 0,25-10 mm (Tab. 4). Retencja wody łatwo dostępnej korelowała dodatnio tylko z frakcją pyłu (r = 0,66) i zawartością wodoodpornych agregatów 1-10 mm (r = 0,45).

Porowatość ogólna zmniejszyła się nieznacznie w poziomach Ap gleb słabo, średnio i silnie zerodowanych (Tab. 5). Kształtowała się odwrotnie niż gęstość gleby, wykazując korelację dodatnią z zawartością frakcji pyłu (r = 0,58) (Tab. 4).

W składzie porów glebowych wszystkich badanych gleb mezopory (o średnicy ekwiwalentnej 20-0,2 μm) przeważały nad makroporami (o średnicy >20 μm) i mikroporami (<0,2 μm). Zawartość makroporów, równa polowej pojemności powietrznej, w poziomach Ap była niezbyt duża. W glebach zerodowanych objętość porów powietrznych zwiększyła się nieznacznie, w porównaniu z glebami nie erodowanymi. (Tab. 5). Zawartość makroporów korelowała dodatnio tylko z zawartością powietrznie suchych brył o wymiarach >10 mm (r = 0,48) (Tab. 4).

Zawartość mezoporów, utrzymujących wodę użyteczną dla roślin, zmniejszyła się istotnie w poziomach Ap gleb słabo, średnio i silnie zerodowanych o 0,049-0,096 cm^3 cm^{-3} (Tab. 5). Objętość mezoporów wykazywała istotną korelację z zawartością frakcji pyłu (r = 0,76), powietrznie suchych agregatów o wymiarach 1-5 mm (r = 0,45) i wodoodpornych agregatów 1-10 mm (r = 0,58) (Tab. 4). Większą zawartością mezoporów, od poziomów Ap gleb słabo, średnio i silnie zerodowanych, odznaczały się poziomy podpowierzchniowe Eet i Cca.

Zawartość mikroporów o średnicy <0,2 μm, utrzymujących wodę niedostępną dla roślin, była największa w poziomach Ap gleb słabo i średnio zerodowanych, powstałych z poziomów B1t (Tab. 5). Zawartość mikroporów korelowała do-

datnio z zawartością części spławialnych (r = 0,91), iłu koloidalnego (r = 0,84) i zawartością brył >10 mm (r = 0,73) (Tab. 4).

Przepuszczalność powietrzna przy potencjale wody glebowej -15,5 kPa, wpoziomach Ap gleb nie erodowanych i zerodowanych była istotnie mniejsza, niż w poziomach podpowierzchniowych B1t, B2t i BC (Tab. 5). Świadczy to o małym udziale drożnych makroporów, zdolnych do wymiany gazowej. Przepuszczalność wykazywała ścisłą korelację z zawartością makroporów >20 μm (r = 0,68) i słabą korelację z porowatością ogólną (r = 0,44).

Tabela 5. Porowatość i właściwości powietrzne gleb (wartości średnie z 6 profilów)

Table 5. Porosity and air properties of soils (mean values in 6 profiles)

Stopień zerodowania gleb	Poziom	Porowatość ogólna ($cm^3 cm^{-3}$)	Zawartość porów o średnicy ($cm^3 cm^{-3}$)			Przepuszczalność powietrzna przy -15,5 kPa ($10^{-8} m^2 Pa^{-1} s^{-1}$)
			>20 μm	0,2-20 μm	<0,2 μm	
Nie erodowane	Ap	0,485	0,083	0,324	0,078	12,3
	Eet	0,464	0,050	0,347	0,067	11,1
	B1t	0,423	0,064	0,241	0,118	29,6
	B2t	0,435	0,068	0,247	0,120	44,6
Słabo zerodowane	Ap	0,460	0,098	0,266	0,096	8,8
	B1t	0,426	0,065	0,223	0,138	39,7
	B2t	0,442	0,082	0,240	0,120	48,0
	BC	0,439	0,062	0,285	0,092	31,3
Średnio zerodowane	Ap	0,461	0,120	0,225	0,106	14,1
	B2t	0,436	0,075	0,242	0,119	33,4
	BC	0,444	0,067	0,286	0,091	32,8
Silnie zerodowane	Ap	0,471	0,109	0,268	0,094	11,2
	BC	0,444	0,065	0,288	0,091	30,7
	Cca	0,447	0,057	0,324	0,066	10,8
Całkowicie zerodowane	Apca	0,489	0,096	0,316	0,077	12,8
	Cca	0,452	0,056	0,329	0,067	9,6
NIR (α=0,05)		0,025	0,041	0,034	0,009	8,6

DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały istotne, niekorzystne zmiany w poziomach Ap gleb słabo, średnio i silnie zerodowanych, polegających na zmniejszeniu polowej pojemności wodnej i zawartości mezoporów, retencjonujących wodę

użyteczną dla roślin, a zwiększeniu gęstości gleby i zawartość mikroporów, retencjonujących wodę niedostępną dla roślin. Tylko nieznacznie zwiększyły się, w stosunku do gleby nie erodowanej, polowa pojemność powietrzna i przepuszczalność powietrzna. Również właściwości poziomów podpowierzchniowych w glebach słabo, średnio i silnie zerodowanych były mniej korzystne. Natomiast gleby całkowicie zerodowane charakteryzowały się właściwościami wodno-powietrznymi zbliżonymi do gleb nie erodowanych.

Pogorszenie właściwości gleb zerodowanych było przede wszystkim rezultatem zwiększenia zawartości części spławialnych <0,02 mm, w tym iłu koloidalnego <0,002 mm, a zmniejszenia udziału frakcji pyłu (0,1-0,02 mm), w poziomach Ap, utworzonych w całości lub w części z poziomu iluwialnego Bt. Decydujący wpływ zwiększenia zawartości iłu na zmniejszenie retencji wody użytecznej i zwiększenie wilgotności trwałego więdnięcia roślin, w glebach erodowanych, podkreślali w swoich pracach Ebeid i in. [3] oraz Frye i in. [4]. Według Thomasa i in. [9], polowa pojemność wodna (-10 kPa) i wilgotność trwałego więdnięcia (-1500 kPa) zwiększały się wraz ze wzrostem stopnia zerodowania i zwiększeniem zawartości iłu w poziomach Ap, natomiast zmiany retencji wody użytecznej były nieznaczne.

Korzystny wpływ zawartości frakcji pyłu, a zwłaszcza pyłu drobnego (0,05-0,02 mm) na zdolność retencyjną gleb jest powszechnie znany. Taka wielkość ziaren glebowych gwarantuje największą zawartość porów wewnątrzagregatowych, o średnicy ekwiwalentnej 20-2 μm [2, 5, 7, 11]. O retencjonowaniu dużej ilości wody niedostępnej dla roślin decyduje zdolność adsorbowania jej na powierzchni cząstek koloidalnych, charakteryzujących się największą powierzchnią właściwą.

Znacznie mniejszy wpływ na właściwości wodno-powietrzne gleb erodowanych wywarło zmniejszenie zawartości próchnicy glebowej. Według Ebeida i in. [3], retencja wody użytecznej dodatnio korelowała z zawartością C organicznego. Zawartość próchnicy tylko pośrednio wpływa na polową pojemność wodną i retencję wody użytecznej, poprzez polepszenie agregacji i zapobieganie nadmiernemu zagęszczeniu [2, 5, 7, 8, 11]. Natomiast wpływ bezpośredni wywiera na zawartość wody niedostępnej dla roślin, adsorbując ją na powierzchni cząstek.

Również zmiany w składzie agregatowym wywarły mniejszy wpływ na właściwości wodno-powietrzne gleb zerodowanych. Dla zawartości mezoporów, retencjonujących wodę użyteczną dla roślin, najbardziej korzystne były frakcje powietrznie suchych agregatów o wymiarach 1-5 mm, natomiast zdecydowanie niekorzystne były bryły o wymiarach >10 mm. Natomiast zawartości porów

powietrznych, o ekwiwalentnej średnicy >20 μm, sprzyjała większa zawartość brył >10 mm. Badane właściwości wodno-powietrzne nie wykazywały istotnej korelacji z zawartością agregatów powietrznie suchych o wymiarach 5-10 mm i 0,25-1 mm. Przyczyną tego było naturalne osiadanie gleby, sprzyjające łączeniu się agregatów [2,11]. Wg Braunacka i Dextera [1], w glebie przygotowanej do siewu zbóż, dla najlepszego wykorzystania wody najbardziej korzystne są powietrznie suche agregaty 0,5-2 mm, dla zapewnienia dobrej wewnątrzagregatowej aeracji najlepsze są agregaty <2 mm, a dla dużej międzyagregatowej aeracji - agregaty >2 mm.

Również mniejszy wpływ na pogorszenie właściwości wodno-powietrznych, niż zmiany w uziarnieniu gleb, wywarło zmniejszenie w glebach zerodowanych zawartości wodoodpornych agregatów. Na kształtowanie zawartości mezoporów, utrzymujących wodę użyteczną dla roślin, korzystnie oddziaływała łączna zawartość trwałych agregatów o wymiarach 1-10 mm, natomiast wpływ poszczególnych frakcji (7-10 mm, 5-7 mm, 3-5 mm, 1-3 mm, 0,5-1 mm i 0,25-0,5 mm) był niewielki. Przyczyny niezbyt wysokich współczynników korelacji należy upatrywać w ogólnie słabej wodoodporności agregatów gleb zerodowanych [3, 8, 10]. Według Witowskiej-Walczak [12], badającej specjalnie przygotowane próbki gleb o różnym składzie granulometrycznym, najwięcej wody użytecznej retencjonują agregaty o wymiarach 0,25-0,5 mm i mikroagregaty <0,25 mm. Natomiast agregaty >1 mm korzystnie wpływają na porowatość ogólną i zawartość porów powietrznych.

Zwiększenie gęstości gleby suchej, będącej miarą upakowania cząstek glebowych, zawsze zmniejsza zawartość porów powietrznych i mezoporów, utrzymujących wodę użyteczną dla roślin, a zwiększa ilość mikroporów o ekwiwalentnej średnicy <0,2 μm, utrzymujących wodę bardzo silnie związaną z fazą stałą gleby [2,5,7,11]. Jednak różnice w zagęszczeniu między badanymi poziomami Ap gleb były zbyt małe, aby współczynniki korelacji z badanymi właściwościami wodno-powietrznymi osiągnęły wyższe wartości.

WNIOSKI

1. Badania wykazały niekorzystne zmiany we właściwościach wodno-powietrznych poziomów Ap gleb płowych słabo, średnio i silnie zerodowanych, w porównaniu z glebami nie erodowanymi. Zmniejszyła się polowa pojemność wodna, retencja wody użytecznej dla roślin, w tym wody bardzo łatwo i łatwo dostępnej oraz zawartość mezoporów o średnicy 20-0,2 μm,

a zwiększyła retencja wody niedostępnej. Natomiast gleby całkowicie zerodowane charakteryzowały się właściwościami wodno-powietrznymi zbliżonymi do gleb nie erodowanych.

2. Pogorszenie badanych właściwości było głównie rezultatem zwiększenia zawartości iłu koloidalnego i zmniejszenia zawartości frakcji pyłu (0,1-0,02 mm), w poziomach Ap utworzonych w całości, lub w części, z poziomu Bt.
3. Również niekorzystny wpływ, ale mniejszy, na właściwości wodno-powietrzne wywarło zmniejszenie zawartości próchnicy glebowej, pogorszenie składu agregatowego, zmniejszenie zawartości wodoodpornych agregatów glebowych i zwiększenie gęstości gleby.
4. Dla badanych właściwości retencyjnych gleb w różnym stopniu zerodowanych, najbardziej korzystne były powietrznie suche agregaty 1-5 mm, a najbardziej niekorzystne - bryły >10 mm. Z agregatów wodoodpornych, najbardziej korzystny wpływ wywarła łączna zawartość frakcji o wymiarach 1-10 mm.

PIŚMIENNICTWO

1. **Braunack M.V., Dexter A.R.:** Soil aggregation in the seedbed. II. Effect of aggregate size on plant growth. Soil Till. Res., 14, 281-298, 1989.
2. **Domżał H.:** Zagęszczenie fazy stałej i jego rola w kształtowaniu wodno-powietrznych właściwości gleb. Rozprawa habilitacyjna. Wyd. AR, Lublin, 1977.
3. **Ebeid M.M., Lal R., Hall G.F., Miller E.:** 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, 1995.
4. **Frye W.W., Ebelhar S.A., Murdock L.W., Blevins R.L.:** Soil erosion effects on properties and productivity of two Kentucky soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 46, 1051-1055, 1982.
5. **Kern J.S.:** Evaluation of soil water retention models based on basic physical properties. Soil Sci. Soc. Am. J., 59, 1134-1141, 1995.
6. **Licznar M., Drozd J., Licznar S.E.:** Rola procesów erozji w kształtowaniu żyzności i urodzajności gleb topogenicznych na obszarze występowania gleb płowych. Erozja gleb i jej występowanie. Wyd. AR, Lublin, 7-19, 1991.
7. **Nimmo J.R.:** Modelling structural influences on soil water retention. Soil Sci. Soc. Am. J., 61, 712-719, 1997.
8. **Paluszek J.:** Zmiany struktury i właściwości fizycznych czarnoziemów pod wpływem erozji wodnej. Rocz. Glebozn., 46 (1/2), 21-35, 1995.

9. **Thomas P.J., Simpson T.W., Baker J.C.:** Erosion effect on productivity of Cecil soils in the Virginia Piedmont. Soil Sci. Soc. Am. J., 53, 928-933, 1989.
10. **Turski R., Paluszek J., Słowińska-Jurkiewicz A.:** Wpływ erozji na fizyczne właściwości gleb wytworzonych z lessu. Rocz. Glebozn. 38, 1, 37-49, 1987.
11. **Walczak R.:** Modelowe badania zależności retencji wodnej od parametrów fazy stałej gleby. Probl. Agrofizyki, 41, 1984.
12. **Witkowska-Walczak B.:** Wpływ struktury agregatowej gleb mineralnych na ich hydrofizyczne charakterystyki (badania modelowe). Acta Agrophysica, 30, 1-96, 2000.

WATER-AIR PROPERTIES OF ERODED LESSIVÉS SOILS DEVELOPED FROM LOESS

J. Paluszek

Institute of Soil Science and Environment Management, University of Agriculture
S. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
e-mail: paluszek@consus.ar.lublin.pl

Summary. The aim of the research was to evaluate the influence of soil texture, organic mater content, aggregate size distribution, water-stable aggregate content and bulk density on the water-air properties the Ap horizons of lessivés soils developed from loess, in various classes of erosion. The results obtained prove that the slightly, moderately and strongly eroded soils were characterised by a lower field capacity, retention of water useful to plants and content of mesopores, and a greater content of micropores relating water inaccessible to plants, in comparison to non-eroded soils. On the other hand, the water-air properties of completely eroded soils were similar to the characteristics of non-eroded soils. The deterioration of the studied properties of eroded soils was above all a result of increase of clay content <0,002 mm, and decrease of silt content (0,1-0,02 mm) in Ap horizons formed from Bt horizons. The decrease of organic matter content, deterioration of aggregate size distribution, reduction of water-stable aggregate content and increase of bulk density had a less pronounced effect on the deterioration in water-air properties of eroded soils, than was in the case of the changes in particle size distribution.

Keywords: water properties, air properties, eroded soils, lessivés soils.