ISSN 1644-0765
DOI: http://dx.doi.org/10.15576/ASP.FC/2016.15.3.3
www.formatiocircumiectus.actapol.net/pl/

ACTA SCIENTIARUM POLONORUM

Acta Sci. Pol. Formatio Circumiectus 15 (3) 2016, 3–19

PRZYCZYNY NADMIERNEGO UWILGOTNIENIA GLEB W PRUSACH KOŁO KRAKOWA

Andrzej Bogdał, Tomasz Kowalik, Łukasz Borek, Krzysztof Ostrowski

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań gleboznawczych przeprowadzonych na gruntach Rolniczego Zakładu Doświadczalnego w Prusach, które pozwoliły ustalić przyczyny okresowo występującego nadmiernego uwilgotnienia gruntów ornych. W ramach badań wykonano 4 odkrywki glebowe, w których z każdego poziomu genetycznego pobrano próby do analiz laboratoryjnych. Określono podstawowe właściwości fizyko-wodne, przepuszczalność oraz zdolności retencyjne gleb. Na podstawie analizy wyników badań ustalono, że na obiekcie przeważającym typem gleb są gleby brunatne właściwe eutroficzne, czarnoziemy i gleby deluwialne czarnoziemne. Pod względem gatunkowym są to jednorodne gleby lessowe, o składzie granulometrycznym pyłów ilastych. Mają one duże potencjalne możliwości retencjonowania wody, które jednak nie mogą być w pełni wykorzystane ze względu na małą przepuszczalność warstw wierzchnich, powodującą wyłączenie głębszych poziomów profilu z retencjonowania wody. Porowatość, szczególnie wierzchnich warstw profili glebowych, powinna być większa, ponieważ za optymalny uznaje się zazwyczaj układ, w którym wynosi ona około 50%. Ciężkie gleby pylaste występujące w omawianym obiekcie charakteryzują się dużą pojemnością wodną i pęczliwością, dlatego w wyniku intensywnych opadów atmosferycznych magazynują zbyt duże ilości wody i stają się mniej przepuszczalne oraz ulegają uplastycznieniu. W celu poprawy stosunków powietrzno-wodnych gleb zaleca się zastosować drenowanie niesystematyczne i częściowe wraz z towarzyszącymi zabiegami agromelioracyjnymi.

Słowa kluczowe: gleba, przepuszczalność, retencyjność, melioracje użytków rolnych

WSTĘP

Środowisko produkcji rolniczej, które w znacznym stopniu pozbawione jest cech środowiska naturalnego, trzeba świadomie kształtować za pomocą środków biologicznych i technicznych, aby zachować jego cenne walory przyrodnicze i uzyskiwać

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Andrzej Bogdał, dr hab. inż. Tomasz Kowalik, Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30–058 Kraków, e-mail: rmbogdal@cyf-kr.edu.pl, t.kowalik@ur.krakow.pl.

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2016

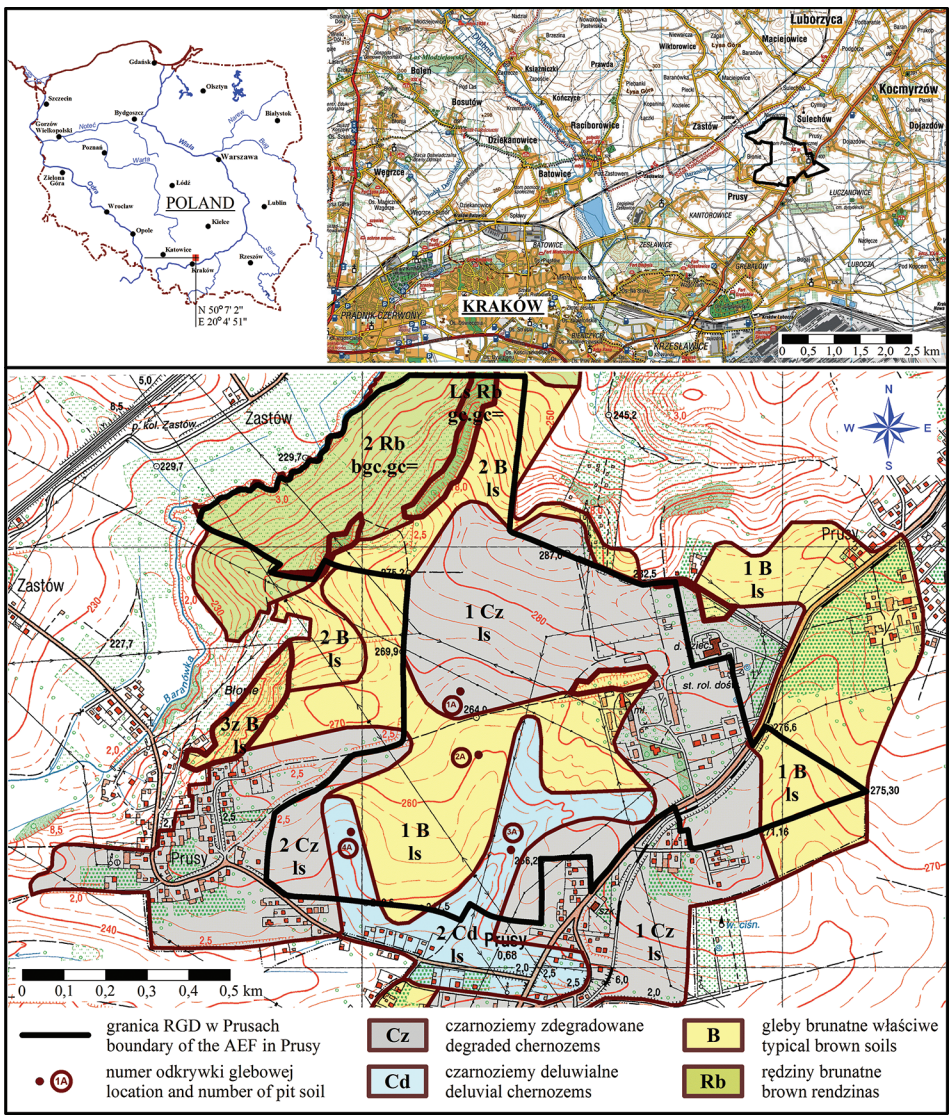
zadowalające efekty gospodarcze [Cieśliński i Miatkowski 1995, Drupka 2007]. Duża zmienność czasowo-przestrzenna zasobów wodnych wynika nie tylko ze zmienności zjawisk atmosferycznych, ale również z małej zdolności retencyjnej zlewni rzecznych [Mioduszewski i Jankowska-Huflejt 2011]. Biorąc pod uwagę wymogi ochrony środowiska, konieczne jest poszukiwanie bliskich przyrodzie metod poprawy struktury bilansu wodnego i ograniczenia strat gospodarczych powodowanych nadmiarem lub niedoborem wody [Łoś 2001, Jankowiak i Bieńkowski 2011]. Istotnym elementem gospodarki wodnej na obszarach wiejskich, oprócz małej retencji jako elementu poprawiającego bilans wodny małych zlewni rzecznych, są melioracje. Polegają one na regulacji stosunków wodnych w celu polepszenia zdolności produkcyjnej gleby, ułatwienia jej uprawy oraz na ochronie użytków rolnych m.in. przed erozją [Kuczera 2008, Kowalewski i Mioduszewski 2011]. Nadmierne uwilgotnienie, czyli nieodpowiednia proporcja wody do powietrza w glebie, wpływa ujemnie na wiele elementów środowiska. Szczególnie widać to na przykładzie gleb ciężkich, które mają duże potencjalne zdolności retencyjne, ale w bardzo wielu przypadkach nie są one w pełni wykorzystywane [Bogdał i in. 2011]. Wpływ na to ma najczęściej bardzo mała przepuszczalność warstw wierzchnich, powodująca wyłączenie głębszych poziomów profilu gleby z retencjonowania wody. Na terenach bogato urzeźbionych o obiegu wody w glebie i powstawaniu spływów powierzchniowych i podpowierzchniowych oraz erozji wodnej, poza takimi czynnikami jak: spadki terenu, długość zboczy, natężenie opadów, sposób uprawy i rozmieszczenie działek, decyduje także przepuszczalność warstwy ornej i podornej oraz pojemność wodna gleb [Rajda i in. 2004]. Migracja wody w głąb profilu oraz dynamika uwilgotnienia gleb mają decydujący wpływ na kształtowanie bilansu wodnego. Właściwości retencyjne i przepuszczalność gleb decydują nie tylko o ilości wody dostępnej dla roślin, lecz także o ilości wody infiltrującej do wód gruntowych i odpływających [Bykowski i in. 2001, Pęczkowski i in. 2008].

Poprzez racjonalne gospodarowanie wodą można istotnie zwiększyć ilość wody retencjonowanej w zlewni lub na danym obiekcie. Ilość ta zależy nie tylko od wielkości zasobów dyspozycyjnych wód, lecz również od właściwie prowadzonego rozrządu wody i retencjonowania wód gruntowych i powierzchniowych [Kostuch i Lipski 2006, Mioduszewski i Jankowska-Huflejt 2011, Kaca i Mioduszewski 2012]. Prawidłowe kształtowanie rolniczych zasobów wodnych jest jednym z ważniejszych czynników gwarantujących zrównoważony rozwój obszarów wiejskich, jak również poprawę biologicznej różnorodności krajobrazu rolniczego [Miatkowski i Cieśliński 2002, Kowalewski i Mioduszewski 2011, Kowalik i in. 2014]. Znajomość właściwości fizyko-wodnych gleb jest więc potrzebna do interpretacji i przewidywania przebiegu w zasadzie wszystkich procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych, jakie zachodzą w środowisku glebowym [Stasik i in. 2008, Stachowski i in. 2015].

Badania przepuszczalności, retencyjności i innych cech fizyko-wodnych gleb na podstawie których to badań powstała niniejsza praca, przeprowadzono w celu ustalenia przyczyn okresowo występującego nadmiernego uwilgotnienia gruntów ornych na terenie Rolniczego Zakładu Doświadczalnego w Prusach.

MATERIAŁY I METODY

Rolnicze Gospodarstwo Doświadczalne (RGD) w Prusach należące do Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, położone jest około 2 km na północny wschód od granicy Krakowa w południowej części gminy Kocmyrzów-Luborzyca, w powiecie krakowskim województwa małopolskiego (ryc. 1).



Ryc. 1. Położenie obiektu Rolniczego Gospodarstwa Doświadczalnego (RGD) w Prusach oraz lokalizacja odkrywek glebowych
Fig. 1. Location of Agricultural Experimental Farm (AEF) in Prusy and location of pit soils

Obiekt o powierzchni 105 ha znajduje się na pograniczu Płaskowyżu Proszowickiego oraz Doliny Wisły i jest odwadniany przez niewielką rzekę Baranówkę – lewostronny dopływ rzeki Dłubni. Na podstawie cyfrowych map glebowo-rolniczych ustalono, że obszar ten zbudowany jest z utworów lessowych o miąższości dochodzącej miejscami nawet do kilku metrów. Gleby należą w około 70% do klas bonitacyjnych RI i RII oraz na niewielkiej powierzchni – w mniej korzystnych zagłębieniach terenu i miejscach bezodpływowych – do klasy IIIa i IIIb. Przeważające typy gleb to: gleby brunatne właściwe, czarnoziemy zdegradowane i deluwialne, mady oraz rędziny brunatne, które należą do kompleksów rolniczej przydatności: 1 – pszennego bardzo dobrego, i 2 – pszennego dobrego (ryc. 1). Bardzo korzystne warunki abiotyczne dla produkcji rolniczej na omawianym obszarze są okresowo zakłócane intensywnymi opadami atmosferycznymi. Przykładem takiej sytuacji był rok 2010, w którym intensywne opady spowodowały nadmierne uwilgotnienie gleb, co w konsekwencji przełożyło się na częściową stratę plonu zbóż. (ryc. 2 i 3). W tym miejscu należy nadmienić, że problemy z nadmiernym uwilgotnieniem gleb gruntów ornych położonych w częściach dolinowych RGD w Prusach nie pojawiły się tylko w 2010 roku. Tego typu problemy występują prawie zawsze w latach mokrych, jednakże nie mają one charakteru trwałego, na co wskazuje brak występowania form oglejenia profili glebowych.

W październiku 2010 roku przeprowadzono wstępną inwentaryzację gruntów rolnych RGD w Prusach, której celem było zapoznanie się z problemami i skalą nadmiernego uwilgotnienia gleb. Dokładną inwentaryzację terenową przeprowadzono w kwietniu 2011 roku – podczas niej wyznaczono (kartowanie) na mapie topograficznej i ortofotomapie obszar gruntów ornych o niekorzystnym uwilgotnieniu. W ramach badań terenowych prowadzonych w kwietniu 2011 roku wykonano na obszarze wcześniej wyznaczonym do melioracji cztery reprezentatywne odkrywki glebowe do głębokości 150 cm: 1A, 2A, 3A i 4A (ryc. 1) z pełnym opisem cech morfologicznych. W opisie tym określono dla każdego poziomu genetycznego: miąższość, barwę, gatunek, uwilgotnienie, strukturę, układ, liczebność korzeni, przejście do następnego poziomu, formę oglejenia i wytrąceń żelazistych, zawartość $CaCO_3$, pH oraz występowanie szkieletu i domieszek. Ponadto w pobliżu każdej odkrywki glebowej pomierzono w trzech powtórzeniach przepuszczalność warstwy ornej (gł. 10 cm) i podornej (40 cm). Pomiary te wykonano za pomocą podwójnych cylindrów wbijanych współosiowo do badanej warstwy gruntu na głębokość około 10 cm – w trakcie pomiaru mierzono ilość wody dolewanej do cylindra wewnętrznego oraz upływ czasu. Średnią prędkość wsiąkania obliczono, dzieląc sumaryczną objętość wody dolanej do cylindra w trakcie całego pomiaru przez czas jego trwania, który wahał się od 1,5 do ponad 2,5 godziny. Do obliczenia infiltracji wykorzystano dane z dwóch powtórzeń, które były najbardziej zbliżone do siebie.

Z każdego poziomu genetycznego wszystkich odkrywek glebowych, pobrano po cztery próbki o naturalnej strukturze i wilgotności oraz jedną o naturalnym uziarnieniu. W laboratorium Katedry Melioracji i Kształtowania Środowiska Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie wykonano szczegółowe analizy, w których oznaczono w trzech powtórzeniach: wilgotność masową i objętościową, gęstość objętościową – metodą suszarkowo-wagową; gęstość fazy stałej – piknometrycznie; zawartość węgla organicznego, którą przeliczono na zawartość substancji organicznych – metodą Tiurina; skład granulometryczny, na podstawie którego określono gatunki gleb [PTG 2009] – metodą

Ryc. 2. Widok z bliska na glebę pokrytą warstwą wody
Fig. 2. View at close range on ground covered with a water layer

Ryc. 3. Nadmierne uwilgotnienie gleb przyczyną niezebrania plonu pszenicy
Fig. 3. Excessive soil wetness as the reason for non-harvesting of wheat

areometryczną. Potencjał wodny gleb (siłę ssącą gleby) oceniono za pomocą ekstraktorów ciśnieniowych – 5- (pF w przedziale 1,6–3,0) i 15-barowych (pF w przedziale 3,4–4,2).

Stosując ogólnie znane i wykorzystywane w gleboznawstwie metody analizy danych empirycznych [Mocek i Drzymała 2010], obliczono na podstawie wyników uzyskanych z badań laboratoryjnych porowatości ogólne, odciekalności i pojemno-

ści wodne w procentach objętościowych oraz zapasy wody w mm, przy charakterystycznych stanach uwilgotnienia gleb, mających istotne znaczenie dla optymalnego rozwoju roślin.

Na wykresach zaprezentowano wyniki pomiarów przepuszczalności w funkcji czasu, które przedstawiono na tle klas infiltracji ustalonej zaproponowanej przez FAO [Mocek i Drzymała 2010]: infiltracja bardzo mała – < 0,024 $m \cdot d^{-1}$; mała – 0,024–0,12 $m \cdot d^{-1}$; średnio mała – 0,12–0,48 $m \cdot d^{-1}$; średnia – 0,48–1,56 $m \cdot d^{-1}$; średnio duża – 1,56–4,20 $m \cdot d^{-1}$; duża – 4,20–5,81 $m \cdot d^{-1}$; bardzo duża – > 5,81 $m \cdot d^{-1}$.

W pracy oceniono również warunki pluwiotermiczne panujące na obiekcie badawczym, odnosząc opady atmosferyczne i temperatury powietrza z 2010 r. do danych z wielolecia 1971–2000. Do oceny charakteru opadowego miesięcy i lat wykorzystano metodę Kaczorowskiej [1962], a charakter termiczny poszczególnych miesięcy ustalono na podstawie kryteriów opracowanych dla Krakowa przez Ziernicką [2001].

WYNIKI BADAŃ

Analiza danych meteorologicznych (tab. 1) wskazuje, że jedną z przyczyn nadmiernego uwilgotnienia gleb gruntów ornych Rolniczego Gospodarstwa Doświadczalnego w Prusach były warunki pluwiotermiczne. Rok 2010, w którym do powierzchni ziemi dotarło o 368 mm więcej wody niż przeciętnie w wieloleciu 1971–2000, był skrajnie wilgotny. Szczególnie mokrymi miesiącami były maj, sierpień i wrzesień, w których opady atmosferyczne były odpowiednio o 3,2, 2,1 i 1,7 razy większe niż normalnie, co pozwoliło pierwsze dwa miesiące zaliczyć do skrajnie wilgotnych, a trzeci uznać za bardzo wilgotny. Duże opady wystąpiły również w wilgotnym czerwcu i lipcu. Łącznie tylko w pięciu miesiącach wiosenno-letnich (maj–wrzesień) do powierzchni ziemi dotarło 760 mm wody, czyli prawie o 100 mm więcej niż średnio rocznie w wieloleciu (tab. 1).

Na tak niesprzyjające uwarunkowania związane z opadami atmosferycznymi nałożyły się również niekorzystne warunki termiczne. Ogólnie cały 2010 rok był tylko nieznacznie chłodniejszy niż przeciętnie w wieloleciu, ale zdecydowanie zimniejszy od kilku poprzednich lat. Szczególnie chłodne okazały się wrzesień, październik i grudzień, których średnie dobowe temperatury powietrza były na tyle niższe od przeciętnych z wielolecia, że zaliczono pierwszy miesiąc do zimnych, a dwa pozostałe uznano za bardzo zimne (tab. 1).

Na podstawie map glebowo-rolniczych oraz własnych badań gleboznawczych ustalono, że gleby południowej części RGD w Prusach (będące przedmiotem badań) należą do klas bonitacyjnych RI, RII i RIIIa, co oznacza, że są to odpowiednio grunty orne najlepsze, bardzo dobre i średnio dobre. W częściach dolinowych zalegają zgodnie z obowiązującą Systematyka gleb Polski [PTG 2011] gleby deluwialne czarnoziemne typowe (CYt) – odkrywka nr 3A i 4A, które zaliczają się do 2. kompleksu przydatności rolniczej – pszennego dobrego. Natomiast na terenach wyżej położonych i na stokach występują gleby należące do kompleksu pszennego bardzo dobrego, w postaci czarnoziemów z poziomem argic (CWar) – odkrywka nr 1A oraz gleby brunatne eutroficzne typowe (BEt) – odkrywka nr 2A.

Tabela 1. Analiza termiczno-wilgotnościowa roku 2010 roku na tle wielolecia 1971–2000 dla stacji IMGW w Krakowie
Table 1. The thermic-humidity analysis of 2010 in comparison with the many years period 1971–2000 for the station IMGW in Krakow

Lata Years	Miesiące – Months												Rok Year
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Opady atmosferyczne – Precipitations, mm													
1971–2000	35	30	35	50	74	94	81	76	60	50	40	38	663
2010	40	41	40	40	240	140	120	160	100	20	50	40	1031
Charakter okresu[1] Character of period	p	w	p	p	sw	w	w	sw	bw	bs	p	p	sw
Temperatury powietrza – Air temperature, °C													
1971–2000	–2,3	–0,9	3,0	8,0	13,4	16,2	17,9	17,5	13,2	8,4	2,7	–0,6	8,0
2010	–6,0	–2,0	3,0	9,0	13,0	18,0	21,0	19,0	12,0	6,0	7,0	–5,0	7,9
Charakter okresu[2] Character of period	z	n	n	n	n	bc	sc	bc	z	bz	sc	bz	–

[1] Charakter opadowy miesięcy i lat – Characteristics of rainfall in months and years: bs – bardzo suchy – very dry, p – przeciętny – average, w – wilgotny – humid, bw – bardzo wilgotny – very humid, sw – skrajnie wilgotny – extreme humid

[2] Charakter termiczny miesięcy – Character of thermal months: sc – skrajnie ciepły – extreme warm, bc – bardzo ciepły – very warm, n – normalny – normal, z – zimny – cold, bz – bardzo zimny – very cold

Pod względem gatunkowym są to bardzo jednorodne gleby lessowe, o składzie granulometrycznym pyłów ilastych (pyi). Zawartość frakcji piasku w tych glebach waha się w granicach 8–20%, pyłu na poziomie 66–74%, natomiast iłu jest od 13 do 18%. Z uwagi na dużą procentową zawartość frakcji pyłowej, gleby te pod względem ciężkości agrotechnicznej należą do gleb ciężkich pyłowych, kategorii 7 (tab. 2).

Wartości porowatości ogólnej w wierzchnich warstwach profili glebowych nr 1A i 4A wynoszą w granicach 38,9–42,5% i są przeważnie większe niż w głębszych partiach gleby. W odkrywce nr 2A największe porowatości gleby stwierdzono w dwóch dolnych poziomach genetycznych, a w profilu glebowym reprezentowanym przez odkrywkę nr 3A odnotowano trend malejący wraz z głębokością – od 38,3 do 34,1% (tab. 3). Ze względu na autokorelację z porowatością ogólną, również wraz z głębokością zmieniają się wartości gęstości objętościowej, z tą jednak różnicą, że większym porowatościom odpowiadają mniejsze wartości gęstości objętościowej (tab. 3). Jeśli chodzi o gęstość właściwą, to jej wartości kształtowały się na bardzo zbliżonym poziomie 2,60–2,64 $Mg \cdot m^{-3}$ (tab. 3), co ma związek z tym, iż wszystkie analizowane gleby są zbudowane z tej samej skały macierzystej.

Tabela 2. Skład granulometryczny i kategorie ciężkości agrotechnicznej gleb – obiekt Prusy
Table 2. Granulometric composition and agronomic categories of soils – Prusy object

Numer profilu Profile number	Głębokość Depth cm	Poziom genetyczny[1] Genetic horizons	Procentowa zawartość frakcji w mm The percentage of fractions content in mm			Gatunek gleby[2, 3] Soils types	Kategorie ciężkości agrotechnicznej gleb[2] Agronomic categories of soils
			Piasek – Sand 2,0–0,05	Pył – Silt 0,05–0,002	Ił – clay < 0,002		
1A	0–30	Ap	15	71	14	pyi	7
	30–100	Bw	12	74	14	pyi	7
	100–150	C	13	73	14	pyi	7
2A	0–35	Ap	15	71	14	pyi	7
	35–60	Bw	20	66	14	pyi	7
	60–94	Bw/C	15	70	15	pyi	7
	94–150	C	8	74	18	pyi	7
3A	0–30	Ap	16	70	14	pyi	7
	30–75	B	15	71	14	pyi	7
	75–120	B/C	16	69	15	pyi	7
	120–150	C	17	69	14	pyi	7
4A	0–27	Ap	15	71	14	pyi	7
	27–80	B	11	74	15	pyi	7
	80–100	B/C	12	74	14	pyi	7
	100–150	C	15	72	13	pyi	7

[1] wg PTG 2011 – acc. to PTG 2011; [2] wg PTG 2009 – acc. to PTG 2009; [3] pyi – pył ilasty – clayey silt

Porównując wartości wilgotności objętościowej z porowatością ogólną, stwierdzono, że w okresie pobierania prób do analiz laboratoryjnych uwilgotnienie gleb w wielu przypadkach było bliskie lub niewiele mniejsze od pełnej pojemności wodnej (tab. 3). Można zatem stwierdzić, iż w badanych glebach kilka miesięcy po wystąpieniu intensywnych opadów atmosferycznych panowały nadal mało korzystne warunki powietrzno-wodne.

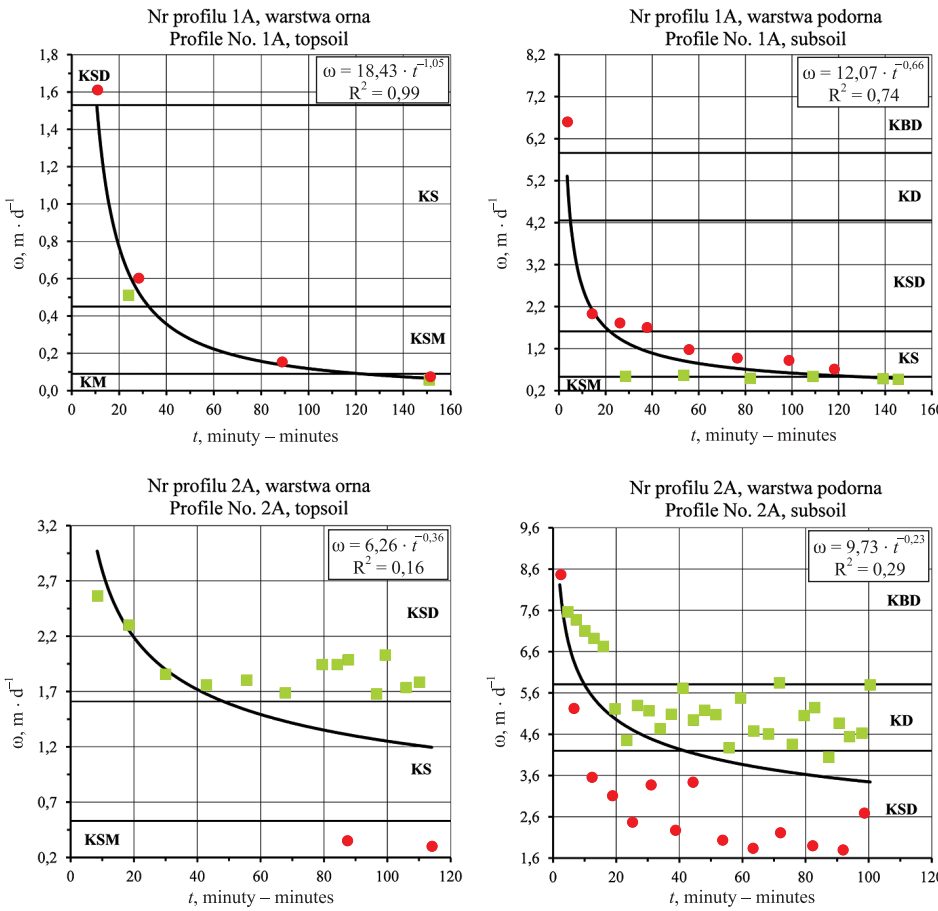
Poziomy orno-próchniczne (Ap) badanych gleb są zasobniejsze w substancję organiczną, a jej zawartości zawierały się w przedziale 1,0–1,5%. W warstwie podornej zawartość materii organicznej malała, przy czym w warstwach głębszych utrzymywała się na tym samy poziomie lub nieznacznie wzrastała (tab. 3).

Tabela 3. Wybrane właściwości fizyko-wodne gleb – obiekt Prusy
Table 3. Selected physical and water properties of soils – Prusy object

Numer profilu Profile numer	Głębokość Depth	Gęstość właściwa Specific density	Gęstość objętościowa Soil bulk density	Stan zagęszczenia[1] State of compaction	Porowatość ogólna Total porosity	Substancja organiczna Organic matter	Wilgotność gleby Soil moisture		Aktualny zapas wody Actual soil water resources	Udział trzech faz w glebie Three phases in the soil		
										Faza stała Solid pgase	Faza ciekła Liquid phase	Faza gazowa Gaseous phase
	cm	Mg · m^{-3}		—	%		% m/m	% v/v	mm	% v/v		
1A	0–30	2,61	1,50	z	42,5	1,0	25,7	38,6	116	57,5	38,6	3,9
	30–100	2,63	1,53	z	41,8	0,7	22,2	34,0	238	58,2	34,0	7,8
	100–150	2,62	1,52	z	41,9	0,7	26,6	40,4	202	58,1	40,4	1,5
2A	0–35	2,62	1,54	z	41,2	1,2	24,1	37,1	130	58,8	37,1	4,1
	35–60	2,61	1,56	z	40,2	0,4	24,5	38,2	96	59,8	38,2	2,0
	60–94	2,61	1,48	słz	43,3	0,8	27,0	40,1	136	56,7	40,1	3,2
	94–150	2,60	1,49	słz	42,7	0,8	28,1	41,9	235	57,3	41,9	0,8
3A	0–30	2,61	1,61	z	38,3	1,5	23,5	37,8	113	61,7	37,8	0,5
	30–75	2,62	1,62	z	38,1	0,4	21,3	34,5	155	61,9	34,5	3,6
	75–120	2,64	1,65	z	37,7	0,7	21,2	34,9	157	62,3	34,9	2,8
	120–150	2,64	1,74	sz	34,1	0,9	18,9	32,9	99	65,9	32,9	1,2
4A	0–27	2,61	1,60	z	38,9	1,5	22,5	35,9	97	61,1	35,9	3,0
	27–80	2,62	1,49	słz	43,1	0,4	23,0	34,3	182	56,9	34,3	8,8
	80–100	2,60	1,53	z	41,2	0,8	23,3	35,5	71	58,8	35,5	5,7
	100–150	2,62	1,57	z	40,0	1,0	23,2	36,5	183	60,0	36,5	3,5

[1] Stan zagęszczenia gleby – State of soil compaction: słz – słabo zbity – poorly compacted, z – zbity – compacted, sz – silnie zbity – heavily compacted

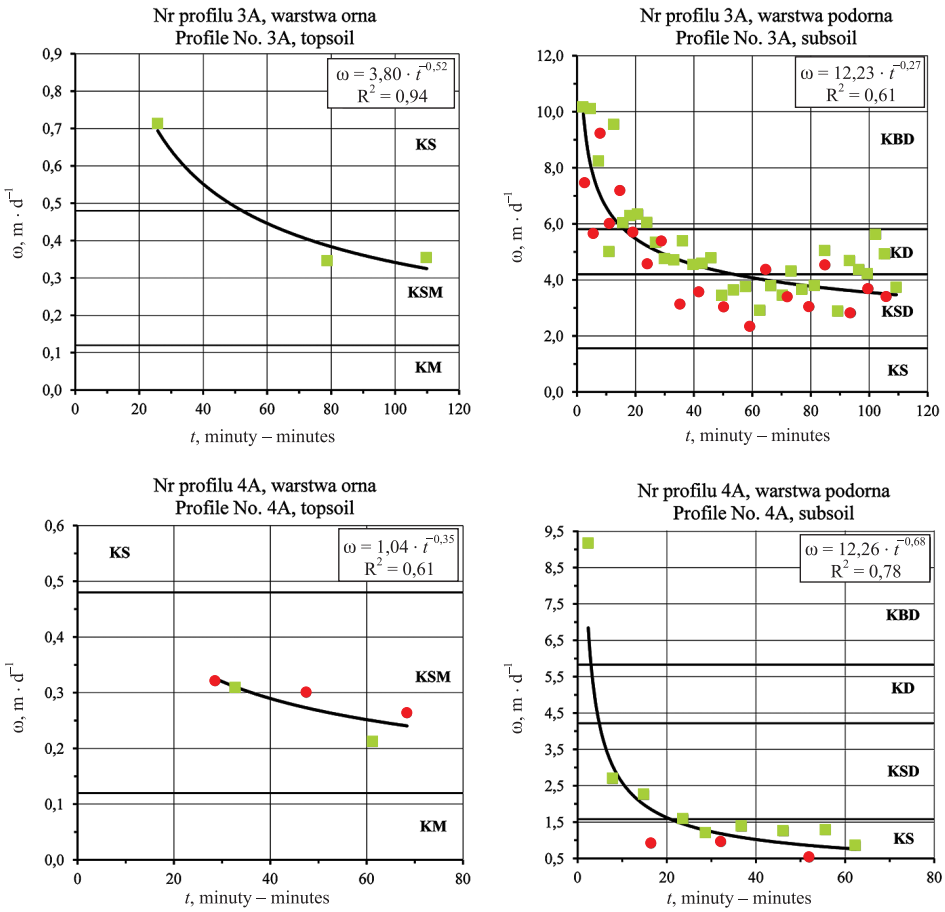
W pobliżu każdej z czterech odkrywek glebowych, w warstwie ornej (gł. 0,10 m) i podornej (gł. 0,40 m) wykonano pomiary przesiąkliwości gleb. W wierzchniej warstwie gleb średnia przesiąkliwość malała w miarę upływu czasu od 1,53 do 0,10 m · d^{-1} (odkrywka 1A), 3,00–1,15 m · d^{-1} (odkrywka 2A), 0,72–0,33 m · d^{-1} (odkrywka 3A) oraz 0,33–0,24 m · d^{-1} (odkrywka 4A). W warstwie podornej przesiąkliwość kształtowała się w zakresie 5,37–0,46 m · d^{-1} (odkrywka 1A), 8,48–3,37 m · d^{-1} (odkrywka 2A), 10,57–3,44 m · d^{-1} (odkrywka 3A) oraz 7,12–0,72 m · d^{-1} (odkrywka 4A) (ryc. 4 i 5).



Klasy przepuszczalności gleb – Soil permeability classes: KM – mała – slow, KSM – średnio mała – moderately slow, KS – średnia – moderate, KSD – średnio duża – moderately rapid, KD – duża – rapid, KBD – bardzo duża – very rapid

Ryc. 4. Przepuszczalność wodna w warstwie ornej i podornej na obiekcie Prusy; ● – pierwsze powtórzenie, ■ – drugie powtórzenie

Fig. 4. Soil water permeability in the topsoil and subsoil, Prusy object; ● – first repetition, ■ – second repetition



Klasy przepuszczalności gleb – Soil permeability classes: KM – mała – slow, KSM – średnio mała – moderately slow, KS – średnia – moderate, KSD – średnio duża – moderately rapid, KD – duża – rapid, KBD – bardzo duża – very rapid

Ryc. 5. Przepuszczalność wodna w warstwie ornej i podornej na obiekcie Prusy; ● – pierwsze powtórzenie, ■ – drugie powtórzenie

Fig. 5. Soil water permeability in the topsoil and subsoil, Prusy object; ● – first repetition, ■ – second repetition

Współczynnik determinacji, będący kwadratem współczynnika korelacji, przyjmuje wartości z zakresu 0,16–0,99 w warstwach wierzchnich gleb, natomiast w partiach niższych jego wartość kształtuje się na poziomie 0,29–0,78 (ryc. 4 i 5). Na podstawie przeprowadzonych analiz przepuszczalności gleby ustalono, że w warstwie ornej odkrywki nr 1A, wartość infiltracji ustalonej po 150 minutach wyniosła 0,10 $m \cdot d^{-1}$, co odpowiada klasie gleb o małej przepuszczalności. W glebach deluwialnych czarnoziemnych typowych w odkrywka 3A i 4A, wartości infiltracji ustalonej wyniosły odpowiednio 0,33 i 0,24 $m \cdot d^{-1}$ i odpowiadały klasie gleb o średnio małej przepuszczalności. Natomiast w warstwie ornej odkrywki nr 2A odnotowano, po 110 minutach trwania pomiaru, infiltrację ustaloną na poziomie 1,15 $m \cdot d^{-1}$, co odpowiada średniej przepuszczalności

(ryc. 2 i 3). W przypadku warstwy podornej infiltracja ustalona po 75–150 minutach pomiaru, była kilkukrotnie większa niż warstw wierzchnich gleb, i tak: w odkrywce nr 2A i 3A odpowiadała klasie gleb o średnio dużej przepuszczalności (odpowiednio 3,44 i 3,37 $m \cdot d^{-1}$), w okrywce nr 4A spełniała kryterium dla gleb o średniej przepuszczalności (0,72 $m \cdot d^{-1}$), a w odkrywce nr 1A odpowiadała klasie gleb o średnio małej przepuszczalności (0,46 $m \cdot d^{-1}$). Zdecydowanie większa przepuszczalność warstwy podornej jest spowodowana widoczną w profilach glebowych intensywną działalnością dżdżownic ziemnych (*Lumbricus terrestris*), spulchniających glebę i drążących w niej małe kanaliki, które korzystnie wpływają na przewiewność i przepuszczalność gleb, co polepsza właściwości fizyczne zwłaszcza gleb bardzo ciężkich i ciężkich.

Badania potencjału wodnego gleb wykazały, że wartości polowej pojemności wodnej kształtowały się w granicach 32,2–37,2% obj. w glebach odkrywki nr 1A, 36,6–38,0% obj. w glebach brunatnych eutroficznych odkrywki nr 2A, 29,6–33,7% obj. w glebach odkrywki nr 3A oraz 27,5–32,6% obj. w glebach odkrywki nr 4A. Punkt trwałego więdnięcia roślin waha się od 7,9 w dolnych partiach odkrywki nr 4A do 11,0% wilgotności objętościowej w wierzchniej warstwie odkrywki nr 2A i w warstwie podornej odkrywki nr 4A (tab. 4). Powyżej przedstawione wyniki badań wskazują na duże podobieństwo właściwości wodnych gleb na badanym obiekcie. Desorpcja wody z gleby ze stanu pełnego jej nasycenia (pF = 0,0) do potencjału pF = 4,2 wynosiła w wierzchnich warstwach gleby od 73 (odkrywka nr 2A) do 78% (odkrywka nr 1A). Z kolei w dolnych partiach odkrywek glebowych wahała się w granicach 73–80%.

Potencjalna retencja użyteczna w warstwie 0–50 cm wahała się od 103 mm w glebie odkrywki nr 4A do 130 mm w przypadku odkrywki nr 1A. W warstwie 0–100 cm retencyjność kształtuje się w granicach 194–263 mm – odpowiednio w okrywce nr 4A i 2A. Największe zdolności retencyjne ma gleba pyłowo-ilasta odkrywki nr 2A, która w 1,5 metrowej warstwie gleby może zretencjonować 399 mm wody, a więc o 4% więcej niż gleba z odkrywki nr 1A i 26% więcej niż gleby deluwialne czarnoziemne okrywek nr 3A i 4A. Gleby czarnoziemne (odkrywka nr 1A, 3A i 4A) mają natomiast od 1,4 do 1,8 raza większą zdolność do oddania wody pod wpływem siły ciężkości niż gleba brunatnoziemna badana w odkrywce nr 2A (tab. 5). Z tych względów największe problemy z nadmiernym uwilgotnieniem występują okresowo w glebach brunatnych eutroficznych typowych, reprezentowanych przez odkrywkę nr 2A. Gleby deluwialne czarnoziemne typowe z odkrywki nr 4A, mające ten sam typ i podtyp co gleby odkrywki nr 3A, posiadają w 1,5 m warstwie gleby o 1,3 razy większą odciekalność i taką samą retencję użyteczną – 316 mm (tab. 5).

W celu poprawy stosunków powietrzno-wodnych gleb okresowo nadmiernie uwilgotnionych, postuluje się przeprowadzić melioracje gruntów ornych. Ze względu na występujące niedomagania tylko w częściach dolinowych i przydolinowych (łącznie na obszarze o powierzchni około 11,2 ha, zlokalizowanym w pobliżu wykonanych odkrywek glebowych – ryc. 1), proponuje się zastosować drenowanie niesystematyczne i częściowe za pomocą rurociągów z PVC. Sprawne odprowadzenie nadmiaru wody z obiektu będzie wymagać wybudowania jednego rowu odpływowego „A" oraz 4 zbieraczy (o średnicy od 80 do 100 mm) posadowionych na głębokości o 10 cm większej od głębokości drenowania, która dla całego badanego obszaru wynosi 0,90 m [PN-B-12075:1998] – głębokość przyjęto dla pól ornych okresowo podmokłych przy procen-

Tabela 4. Charakterystyczne stany uwilgotnienia gleb – obiekt Prusy
Table 4. Charakteristic states of humidity of the soils – Prusy object

Numer profilu Profile number	Głębokość Depth	MPW	PPW	GWPr	WTW	Q	PRU = WOD	ERU = WŁD	WTD
		pF 0,0	pF 2,5	pF 3,7	pF 4,2	pF 0–2,5	pF 2,5–4,2	pF 2,5–3,7	pF 3,7–4,2
	cm	% v/v							
1A	0–30	43,5	37,2	13,3	9,7	6,3	27,5	24,0	3,6
	30–100	40,8	32,2	12,3	8,7	8,6	23,6	20,0	3,6
	100–150	42,9	36,9	16,3	9,7	6,1	27,2	20,5	6,6
2A	0–35	40,8	37,1	13,5	11,0	3,7	26,1	23,6	2,5
	35–60	40,2	36,6	13,5	9,7	3,7	26,9	23,1	3,8
	60–94	42,5	37,0	12,7	9,7	5,5	27,3	24,2	3,1
	94–150	43,7	38,0	17,6	10,7	5,8	27,3	20,4	6,9
3A	0–30	37,9	33,7	13,8	9,7	4,2	24,0	19,9	4,1
	30–75	37,0	29,7	11,2	9,2	7,3	20,5	18,5	2,0
	75–120	37,4	29,6	12,2	9,2	7,8	20,4	17,4	3,0
	120–150	35,7	29,0	11,2	9,2	6,7	19,8	17,8	2,0
4A	0–27	37,8	32,6	11,7	8,7	5,2	23,9	20,9	3,0
	27–80	41,3	27,5	14,3	11,0	13,8	16,5	13,2	3,3
	80–100	39,1	30,9	11,2	9,7	8,2	21,2	19,7	1,5
	100–150	38,6	32,3	11,7	7,9	6,3	24,4	20,6	3,8

MPW – maksymalna pojemność wodna – maximum water capacity, PPW – polowa pojemność wodna – field water capacity, GWPr – granica wody produkcyjnej – boundary of water production, WTW – punkt trwałego więdnięcia – stable wilting point, Q – ociekalność – water effluent, PRU – potencjalna retencja użyteczna – potential useful retention, WOD – woda ogólnie dostępna – total available water, ERU – efektywna retencja użyteczna – readily useful retention, WŁD – woda łatwo dostępna – easily accessible water, WTD – woda trudno dostępna – hard accessible water

towej zawartości części spławianych od 35–50%. Oprócz samych zbieraczy, w pobliżu odkrywki nr 2A, wystąpi potrzeba wykonania w układzie skośnym sączków z PVC o średnicach 5 cm. Dreny o długości do 250 m, powinny mieć spadki dna w zakresie 5–100‰. Ze względu na stosunkowo nieduże zagrożenie zamuleniem częściami stałymi i związkami żelaza, postuluje się, aby sączki były zabezpieczone jedynie otuliną z geowłókniny. Na podstawie kryteriów glebowo-rolniczych [PN-B-12075:1998] ustalono, że dreny powinny być zaprojektowane w rozstawie 13–14 m. Sieć drenarska będzie również wymagać wykonania 3 krytych studzienek kontrolnych typu S-2 oraz dwóch wylotów typu W-1.

Tabela 5. Odciekalność i potencjalne zdolności retencyjne gleb – obiekt Prusy
Table 5. Water effluent and potential retention capacity of the soils – Prusy object

Numer profilu Profile number	Głębokość Depth	Q	MPW	PRU = WOD	ERU = WŁD	WTD
		pF 0–2,5	pF 0,0	pF 2,5–4,2	pF 2,5–3,7	pF 3,7–4,2
	cm	mm – m · cm^{-1}				
1A	0–30	19 – 0,6	131 – 4,4	83 – 2,8	72 – 2,4	11 – 0,4
	30–100	60 – 0,9	286 – 4,1	165 – 2,4	140 – 2,0	25 – 0,4
	100–150	31 – 0,6	215 – 4,3	136 – 2,7	103 – 2,1	33 – 0,7
2A	0–35	13 – 0,4	143 – 4,1	91 – 2,6	83 – 2,4	9 – 0,3
	35–60	9 – 0,4	101 – 4,0	62 – 2,5	58 – 2,3	10 – 0,4
	60–94	19 – 0,6	145 – 4,3	93 – 2,7	82 – 2,4	11 – 0,3
	94–150	33 – 0,6	245 – 4,4	153 – 2,7	114 – 2,0	39 – 0,7
3A	0–30	13 – 0,4	114 – 3,8	72 – 2,4	70 – 2,3	12 – 0,4
	30–75	33 – 0,7	167 – 3,7	92 – 2,1	83 – 1,9	9 – 0,2
	75–120	35 – 0,8	168 – 3,7	92 – 2,0	78 – 1,7	14 – 0,3
	120–150	20 – 0,7	107 – 3,6	59 – 2,0	53 – 1,8	6 – 0,2
4A	0–27	14 – 0,5	102 – 3,8	65 – 2,4	56 – 2,1	8 – 0,3
	27–80	73 – 1,4	219 – 4,1	88 – 1,7	70 – 1,3	18 – 0,3
	80–100	16 – 0,8	78 – 3,9	42 – 2,1	39 – 2,0	3 – 0,2
	100–150	32 – 0,6	193 – 3,9	122 – 2,4	103 – 2,1	19 – 0,4

Ze względu na to, że gleby w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Prusach są nadmiernie uwilgotnione tylko w latach bardzo mokrych, powinno się wykonać urządzenia melioracyjne w dwóch etapach. W pierwszym etapie proponuje się wybudować rów odpływowy, wykonać wszystkie zbieracze wraz z wylotami i studzienkami drenarskimi oraz założyć w odpowiedniej rozstawie sączki na prawo od odkrywki nr 2A (ryc. 1). Ponadto, w celu poprawy właściwości fizyko-wodnych wierzchnich warstw gleby należy przeprowadzić orkę agromelioracyjną płytką do głębokości 35–45 cm lub głęboszowanie do głębokości 55 cm. W drugim etapie, gdyby wcześniejsze zabiegi okazały się niewystarczające, powinno się wykonać sączki na pozostałym obszarze nadmiernie uwilgotnionym.

WNIOSKI

W oparciu o analizę danych meteorologicznych oraz wyniki przeprowadzonych badań glebowych wyciągnięto następujące wnioski:

1. W podłożu gruntów ornych Rolniczego Zakładu Doświadczalnego w Prusach zalegają głównie czarnoziemy z poziomem argic (CWar), gleby brunatne eutroficzne typowe (BEt) oraz gleby czarnoziemne deluwialne typowe (CYt). Są to ciężkie gleby lessowe o składzie granulometrycznym odpowiadającym pyłom ilastym, które zawierają znaczne ilości frakcji pylastej (66–74%) oraz ze względu na swoje pochodzenie są bogate w substancje organiczne.
2. Jedną z przyczyn nadmiernego uwilgotnienia gleb gruntów ornych RGD w Prusach były warunki termiczno-wilgotnościowe panujące w 2010 roku. Rok ten był skrajnie wilgotny, o opadach o 368 mm większych od średnich wieloletnich. W pięciu miesiącach wiosenno-letnich do powierzchni ziemi dotarło 760 mm wody, czyli prawie o 100 mm więcej niż średnio rocznie w wieloleciu. Dodatkowo warunki termiczne były niekorzystne, ponieważ cały 2010 rok był chłodniejszy niż przeciętnie, co ograniczyło ewapotranspirację.
3. Kolejną przyczyną nadmiernego uwilgotnienia gleb są ich właściwości fizyko-wodne oraz dolinowe położenie, które utrudnia swobodny odciek wody z wierzchnich poziomów genetycznych gleb i z wyżej położonego terenu.
4. Badane gleby charakteryzują się niezbyt dużą odciekalnością, dużą pojemnością wodną i wykazują dużą pęczliwość, dlatego w wyniku intensywnych opadów atmosferycznych magazynują duże ilości wody, w wyniku czego stają się mniej przepuszczalne i ulegają uplastycznieniu.
5. Gleby RGD w Prusach cechują się zróżnicowaną wodoprzepuszczalnością, wahającą się od małej do średnio dużej. Zdecydowanie większą przesiąkliwością charakteryzuje się warstwa podorna wszystkich profili glebowych, co oznacza, iż wierzchnie warstwy są nadmiernie zagęszczone i wymagają zabiegów agromelioracyjnych.
6. Badane gleby posiadają duże potencjalne zdolności retencyjne, które nie są w pełni wykorzystywane. Wpływ na to ma mała przepuszczalność warstw wierzchnich, powodująca ograniczenie funkcji retencyjnych głębszych poziomów genetycznych gleb.
7. W celu poprawy stosunków powietrzno-wodnych gleb Rolniczego Gospodarstwa Doświadczalnego w Prusach, zaleca się zastosować drenowanie niesystematyczne i częściowe, które w latach mokrych poprawi warunki oraz przyczyni się do szybszego odprowadzania nadmiaru wód z obiektu, a ze względu na duże zdolności retencyjne gleb nie spowoduje zubożenie ich zasobów wodnych w latach suchych.

PIŚMIENNICTWO

Bogdał, A., Kowalik, T., Ostrowski, K., Żarnowiec, W. (2011). Właściwości fizyko-wodne gleb zlewni potoku Korzeń w aspekcie zamulania planowanego zbiornika wodnego. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol., 561, 25–34.

Bykowski, J., Szafrański, Cz., Fiedler, M. (2001). Wpływ spulchniana na zmienność przestrzenną gęstości i uwilgotnienia gleb. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 477, 29–34.

Cieśliński, Z., Miatkowski, Z. (1995). Zabiegi agromelioracyjne w kształtowaniu retencji wodnej gleby. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Konferencje, 8 (266), 211–220.
Drupka, S. (2007). Czynniki i działania warunkujące powstawanie maksymalnie możliwej retencji glebowej pozadolinowych obszarów wiejskich. Wiad. Mel. Łąk., 2, 55–58.
Jankowiak, J., Bieńkowski, J. (2011). Kształtowanie i wykorzystanie zasobów wodnych w rolnictwie. Infrastr. Ekol. Ter.Wiej., 5, 39–48.
Kaca, E., Mioduszewski, W. (2012). Woda w rolnictwie. Wiad. Mel. Łąk., 1, 5–6.
Kaczorowska, Z. (1962). Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. Prace Geogr. IG PAN, 33, 1–112.
Kostuch, R., Lipski, Cz. (2006). Sposoby i możliwości zwiększenia retencji wodnej gleb. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 27 (433), 67–73.
Kowalewski, Z., Mioduszewski, W. (2011). Melioracje wodne i mała retencja elementem zarządzania środowiskiem. Wiad. Mel. Łąk., 1, 27–32.
Kowalik T., Kanownik W., Bogdał A., Policht-Latawiec A. (2014). Effect of change of small upland catchment use on surface water quality course. Ann. Set Environ. Protec. (Rocz. Ochr. Środ.), 16, 223–238.
Kuczera, M. 2008. Mała retencja w Polsce. Ekopartner, 6(200), 18–19.
Łoś, M.J. 2001. Problemy sterowania małą retencją. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol., 477, 87–92.
Mioduszewski, W., Jankowska-Huflejt, H. (2011). Woda i użytki zielone w krajobrazie rolniczym. Wiad. Mel. Łąk., 2, 55–55.
Miatkowski, Z., Cieśliński, Z. (2002). Zmiany retencji użytecznej czarnej ziemi kujawskiej w zależności od jej zagęszczenia. Woda Środ. Obsz. Wiej., 2, 2(5), 109–117.
Mocek, A., Drzymała, St. (2010). Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. Wyd. UP, Poznań, ss. 418.
Pęczkowski, G., Strzelczyk, M., Orzepowski, W., Kowalczyk, T. (2008). Rozkład zasobów retencji wodnej gleb ciężkich na przykładzie badań w terenach podgórskich. Wiad. Mel. Łąk., 2, 71–74.
PN-B-12075 (1998). Drenowanie. Projektowanie rozstaw i głębokości drenowania na podstawie kryteriów glebowo-rolniczych. PKN, Warszawa.
PTG (2009). Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych – PTG 2008. Rocz. Glebozn., 60, 2, 5–16.
PTG (2011). Systematyka gleb Polski. Rocz. Glebozn., 62, 3, 5–142.
Rajda, W., Ostrowski, K., Piórecki, M. (2004). Przesiąkliwość i retencyjność gleb w mikrozlewni zbiornika Czorsztyn-Niedzica. Wiad. Mel. Łąk., 3, 126–129.
Stachowski, P., Liberacki, D., Fiedler, M. (2015). Ocena zwiększenia retencji siedlisk leśnych objętych programem NATURA 2000. Nauka Przyr. Technol., 9, 2, #30.
Stasik, R., Szafrański, Cz., Korytowski, M., Liberacki, D. (2008). Próba oceny możliwości zwiększenia retencji wody w glebach wybranych siedlisk leśnych. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 528, 305–312.
Ziernicka, A. (2001). Klasyfikacja odchyleń od normy temperatury powietrza w Polsce południowo-wschodniej. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 390, Inż. Środ., 22, 7–18.

CAUSES OF EXCESSIVE SOIL MOISTURE IN PRUSY NEAR KRAKOW

Abstract. The paper presents the results of soil research conducted in the area of Agricultural Experimental Station in Prusy, which allowed to determine the cause of occasionally occurring excessive soil moisture of the arable land. Four soil pits were made as part of the project, from which samples for laboratory analyses were taken from each soil horizon. Basic physical and water properties were assessed, as well as permeability and soil retention capacity. On the basis of the results analysis the prevailing soil type in this area was determined as eutrophic brown soils, chernozems and deluvial black earths. Regarding

their kind these are homogenous loess soils with granulometric composition of clay silts. The soils have considerable potential of water retention, however it cannot be fully utilized because of low permeability of the top layer of the soil profile causing exclusion of the deeper horizon levels from water retention. Porosity, particularly of the top layer of the soil profiles should be bigger, because the structure where it constitutes about 50% is regarded as optimal. Heavy silt soils occurring in this place are characterized by a high water capacity and reveal a big swelling, therefore in result of heavy precipitations they store too big amounts of water, become less permeable and undergo plastication. In order to improve the soil air and water regime, it is recommended to use unsystematic and partial drainage with accompanying agri-reclamation measures.

Key words: soil, soil permeability, retention, land reclamation

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 6.09.2016

Do cytowań – For citation: Bogdał, A., Kowalik, T., Borek, Ł., Ostrowski, K. (2016). Przyczyny nadmiernego uwilgotnienia gleb w Prusach koło Krakowa. Acta. Sci. Pol., Formatio Circumiectus, 15(3), 3–19.