

WPLYW UGNIATANIA I PROCESÓW MROZOWYCH NA WŁAŚCIWOŚCI WODNE GLEB

M. Bryk, B. Kołodziej, T. Serzysko

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

Streszczenie. Badania przeprowadzono na trzech glebach: płowej typowej wytworzonej z lessu, rędzynie czarnoziemnej wytworzonej z kredy piszącej i glebie mułowo-glejowej wytworzonej z łu pylastego. Stwierdzono, że procesy mrozowe i ugniatanie spowodowały przeobrażenia we właściwościach wodnych badanych gleb. Wielkość i kierunek zmian w wartościach badanych cech uzależniony był od typu gleby oraz liczby cykli zamarzania-rozmarzania. Najsilniejszą reakcją na zagęszczanie wykazała gleba mułowo-glejowa. W stanie naturalnym procesy mrozowe ujawniły największy wpływ na właściwości gleby płowej, natomiast w stanie zagęszczonym – rędziny.

Słowa kluczowe: gleba, właściwości wodne, ugniatanie, mrożenie.

WSTĘP

Gleby użytkowane rolniczo ulegają w znacznym stopniu degradacji fizycznej w wyniku ugniatania kołami maszyn i narzędzi rolniczych. Przejawia się ona wzrostem zagęszczenia warstwy uprawnej i pogorszeniem struktury gleby, co pociąga za sobą zmianę właściwości fizycznych, odpowiedzialnych w dużej mierze za wzrost i plonowanie roślin oraz warunki życia organizmów glebowych [3, 5, 6]. Intensywne zabiegi uprawowe, poprawiające okresowo makrostrukturę warstwy uprawnej, w dłuższym czasie okazują się czynnikiem degradującym [2]. Powstające w wyniku rozdrabniania masy glebowej agregaty-okruchy są bowiem nieodporne na niszczące działanie wody i szybko zanikają. Pociąga to za sobą konieczność wykonywania kolejnych zabiegów spulchniających, a co za tym idzie – kolejnych przejazdów ciężkiego sprzętu po glebie [1]. Ponadto, w strefie nie objętej działaniem narzędzi uprawnych, następuje kumulacja nacisków, obja-

wiająca się wzrastającym zagęszczeniem podglebia [4]. W naszej strefie klimatycznej istnieje naturalny, nie wymagający nakładów ekonomicznych, proces poprawiający strukturę gleby – proces mrozowy, wpływający również na magazynowanie wody.

Celem niniejszego opracowania było określenie wpływu procesów mrozowych, w zależności od stanu (stan naturalny i gleba zagęszczana) oraz liczby cykli działania niskich temperatur na wybrane właściwości fizyczne zróżnicowanych typologicznie gleb.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzone były na trzech glebach: glebie płowej typowej wytworzonej z lessu (Huta Turobińska, Roztocze Zachodnie, pole uprawne), rędzynie czarnoziemnej wytworzonej z kredy piszącej (Sielec, Pagóry Chełmskie, pole uprawne) oraz glebie mułowo-glejowej wytworzonej z iłu pylastego (Tarnawka, Padół Zamojski, łąka).

Aby zbadać wybrane właściwości fizyczne gleb w stanie naturalnym, z odległej powierzchniowej warstwy 0–10 cm do standardowych cylindrów o objętości 100 cm^3 pobrano próbki o nienaruszonej strukturze. Oprócz tego pobrano glebę o częściowo zmienionej budowie w celu przygotowania zagęszczonych próbek. Glebę ugniatano w cylindrach w aparacie trójosiowym stosując nacisk 490 kPa ($5 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$). Czas trwania nacisku wynosił 2 s. Po zagęszczaniu nadmiar gleby odcinano. Otrzymano w ten sposób próbki na poziomie zagęszczenia, które wynosiło: dla gleby płowej: $1,46 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$; dla rędziny: $1,40 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$; dla gleby mułowo-glejowej: $1,14 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Następnie przeprowadzono 1 i 3-krotne mrożenie próbek w stanie naturalnym i próbek zagęszczonych. Próbki bez mrożenia pozostawiono jako kontrolę. Mrożenie prowadzono w komorze chłodniczej w temperaturze -15°C przez okres 72 godzin. Wyboru temperatury mrożenia dokonano na podstawie analizy średnich wieloletnich przebiegów temperatury w regionie, biorąc pod uwagę najniższą temperaturę występującą rokrocznie. Rozmarzanie następowało w temperaturze pokojowej w ciągu 48 godzin.

Tak przygotowane próbki wykorzystano do oznaczenia właściwości wodnych gleby. W tym celu po końcowym rozmarznieniu zostały one doprowadzone do stanu pełnego nasycenia wodą. Następnie wykonano oznaczenia zawartości wody

w glebie w stanie potencjału: $-15,54$ kPa (pF 2,2) w komorze niskociśnieniowej na porowatych płytach ceramicznych metodą Richardsa. Tę samą glebę po usunięciu jej z cylindrów wykorzystano do oznaczenia zawartości wody w glebie w stanie potencjału: -1554 kPa (pF 4,2) w komorze wysokociśnieniowej, stosując jako membranę celofan. Na podstawie otrzymanych wyników określono: retencję wody grawitacyjnej, użytecznej oraz niedostępnej dla roślin (adsorpcyjnej). Ze względu na głębokość lustra wody gruntowej w badanych glebach, w niniejszej pracy za połowę pojemność wodną przyjęto stan gleby, w którym wodą wypełnione są pory o średnicy mniejszej od $20 \mu\text{m}$, co odpowiada potencjałowi wody glebowej: $-15,54$ kPa (pF 2,2). Wyniki oznaczeń właściwości retencyjnych podano w g/100g. Zależność wilgotności od potencjału wody glebowej przedstawiono w formie graficznej.

Ponadto wyznaczono gęstość objętościową gleby metodą grawimetryczną ze stosunku masy gleby wysuszonej w temperaturze 105°C do wyjściowej objętości gleby (100 cm^3). Wyniki wyrażono w $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$.

W celu stwierdzenia istotności różnic między rezultatami przeprowadzono analizę wariancji dla klasyfikacji pojedynczej (czynnik zmienności to liczba cykli zamarzania-rozmarzania) i podwójnej (liczba cykli zamarzania-rozmarzania i stan gleby – naturalny lub zagęszczony). Testy statystyczne prowadzone były na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI

W Tabeli 1 i 2 przedstawiono wartości wybranych właściwości fizycznych badanych gleb w stanie naturalnym i zagęszczonym, a w Tabeli 3 dokonano porównania tych wartości w obu stanach. Zmiany charakterystyk potencjał wody glebowej – wilgotność pod wpływem mrożenia i ugniatania można dodatkowo prześledzić na Rys. 1–3.

Gęstość gleby, jeden z najważniejszych wskaźników stanu fizycznego gleby, jest cechą zależną od składu granulometrycznego, mineralogicznego, zawartości substancji organicznej i struktury. W glebach uprawnych ostatni z wymienionych elementów ulega częstym zmianom w wyniku działania czynników zewnętrznych, powodując znaczne wahania gęstości. Najwyższą gęstość w stanie naturalnym wykazywała gleba płowa (średnio $1,32 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$), rędzina miała gęstość średnio $1,26 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Najniższą gęstością, pomimo najcięższego składu granulomet-

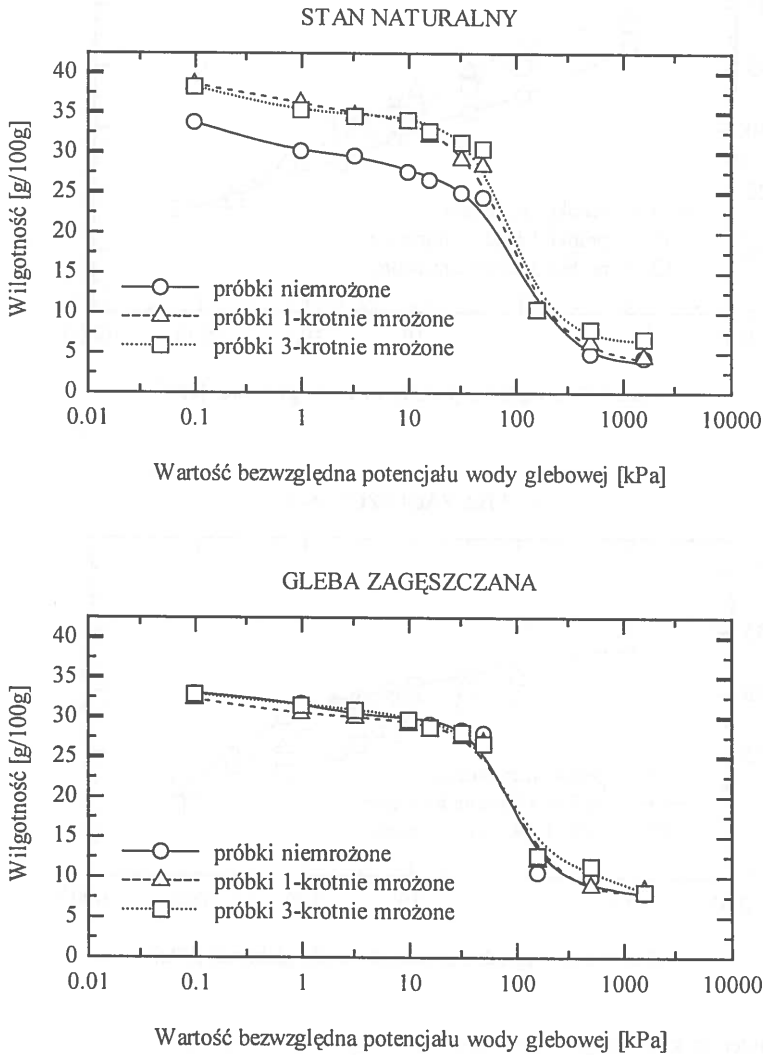
rycznego, charakteryzowała się gleba mułowo-glejowa (średnio $0,81 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$). Prawdopodobnie wynikało to z bardzo wysokiej zawartości substancji organicznej. Poddanie badanych gleb w warunkach laboratoryjnych naciskowi 490 kPa spowodowało wzrost ich wartości gęstości do $1,46$ dla gleby płowej, $1,38$ dla rędziny i $1,15 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ dla gleby mułowo-glejowej. W przypadku wszystkich gleb zmiana ta była statystycznie istotna w porównaniu ze stanem naturalnym (Tabela 3). Natomiast liczba mrożeń nie miała wpływu na wartości gęstości dla żadnej gleby.

Pełna pojemność wodna w stanie naturalnym niemrożonej gleby płowej wynosiła $33,8$; nieco wyższa była dla rędziny: $36,7$; a dla gleby mułowo-glejowej osiągnęła wartość $66,8 \text{ g}/100\text{g}$. Mrożenie spowodowało istotny wzrost wartości omawianej cechy dla gleby płowej i mułowo-glejowej (Tabela 1, Rys. 1 i 3). Po zagęszczeniu dla rędziny i szczególnie dla gleby mułowo-glejowej zaobserwowano istotny statystycznie spadek wartości pełnej pojemności wodnej, w odniesieniu do stanu naturalnego (Tabela 3). Natomiast mrożenie gleb w stanie zagęszczonym, zarówno jedno- jak i trzykrotne, nie wpłynęło na zmianę wartości pełnej pojemności wodnej.

Wartość polowej pojemności wodnej gleby płowej w stanie naturalnym wynosiła przed mrożeniem $26,6 \text{ g}/100\text{g}$ i wzrosła istotnie na skutek mrożenia (Tabela 1, Rys.1). Niemrożona rędzina w stanie naturalnym charakteryzowała się połową pojemnością wodną na poziomie $29,1 \text{ g}/100\text{g}$, a gleba mułowo-glejowa: $56,8 \text{ g}/100\text{g}$. W obu przypadkach mrożenie nie wywołało statystycznie istotnych zmian. Dla gleby płowej i rędziny nie stwierdzono statystycznych różnic w wartości polowej pojemności wodnej pomiędzy stanem naturalnym i zagęszczonym. Natomiast ugniatanie gleby mułowo-glejowej przyczyniło się do istotnego spadku wartości tej cechy do około $42 \text{ g}/100\text{g}$ (Tabela 3, Rys. 3). Mrożenie wywołało redukcję wielkości omawianej cechy dla zagęszczanych próbek rędziny (Tabela 2, Rys. 2).

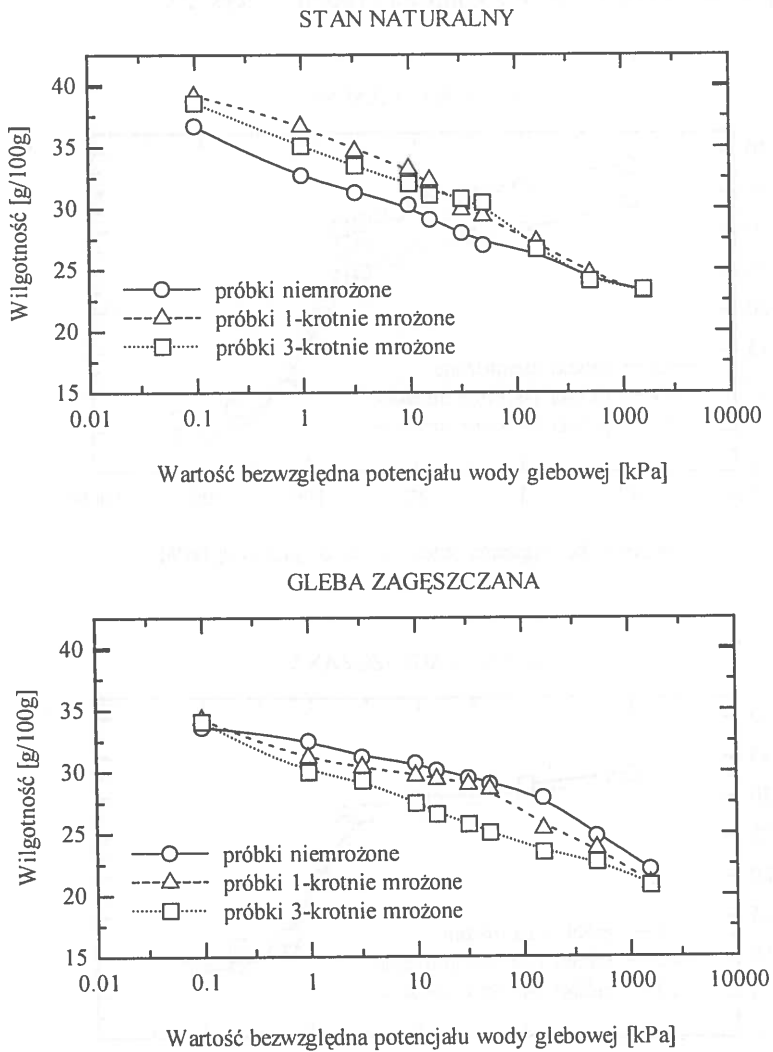
Retencja wody grawitacyjnej kształtowała się w niemrożonej glebie płowej i rędzinie ze stanu naturalnego na poziomie około $7 \text{ g}/100\text{g}$, a dla gleby mułowo-glejowej była nieco wyższa: $10 \text{ g}/100\text{g}$. Zagęszczane próbki gleby płowej i gleby mułowo-glejowej charakteryzowały się istotnie niższymi wartościami retencji wody grawitacyjnej w porównaniu do stanu naturalnego. Zagęszczanie obniżyło wielkość retencji wody grawitacyjnej badanych gleb do około $5 \text{ g}/100\text{g}$ (Tabela 3,

Rys. 1 i 3). Mrożenie zagęszczanych próbek rędziny wywołało istotny wzrost omawianej cechy w porównaniu z kontrolą (Tabela 2, Rys. 2).



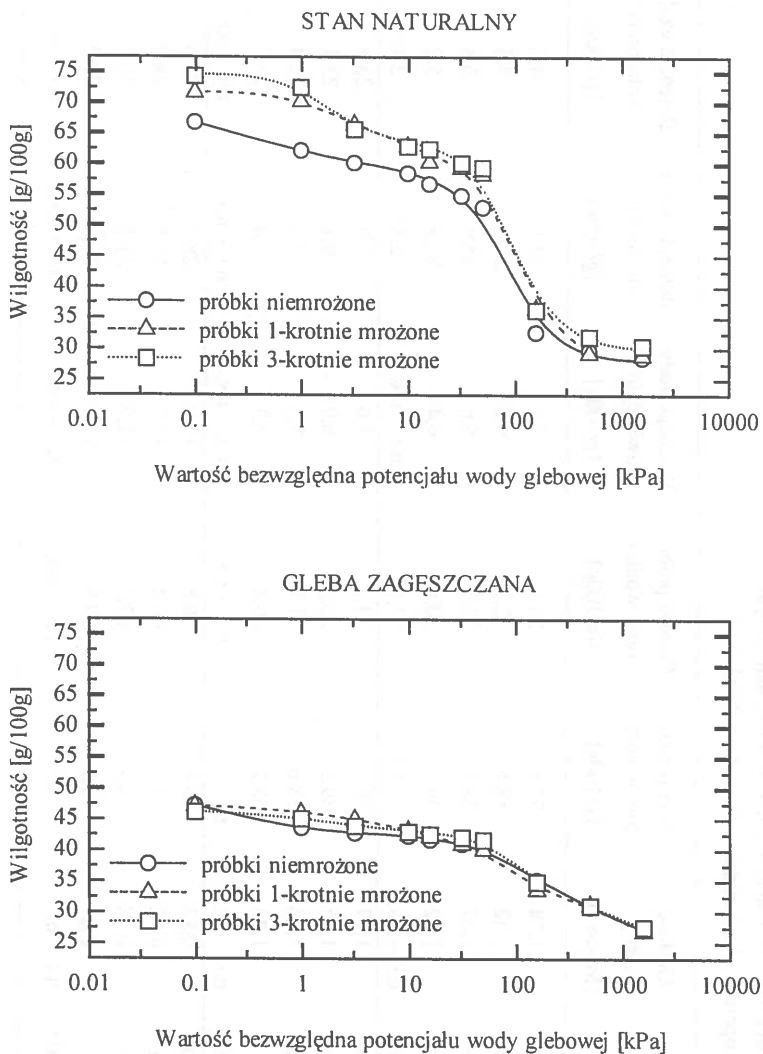
Rys. 1. Charakterystyki potencjału wody glebowej – wilgotność dla gleby pługowej.

Fig. 1. Soil water potential – soil moisture characteristics of soil lessivé.



Rys. 2. Charakterystyki potencjał wody glebowej – wilgotność dla rędziny.

Fig. 2. Soil water potential – soil moisture characteristics of rendzina.



Rys. 3. Charakterystyki potencjału wody glebowej – wilgotność dla gleby mułowo-glejowej.
Fig. 3. Soil water potential – soil moisture characteristics of mud-gley soil.

Tabela 1. Wybrane właściwości fizyczne badanych gleb w stanie naturalnym
 Table 1. Selected physical properties of examined soils at the natural state

Objekt	Liczba mrożeń	Gęstość gleby [Mg·m ⁻³]	Pełna pojemność wodna [g/100g]	Połowa pojemność wodna [g/100g]	Retencja wody grawitacyjnej [g/100g]	Retencja wody użytecznej [g/100g]	Retencja wody niedostępnej [g/100g]
Gleba płowa	kontrola	1,34	33,8	26,6	7,2	22,1	4,4
	1-krotne	1,32	38,6	32,1	6,5	27,6	4,5
	3-krotne	1,31	38,3	32,7	5,6	25,9	6,8
	\bar{x}	1,32	36,9	30,5	6,4	25,2	5,2
	NIR - LSD	n.i. - n.s.	2,97	2,82	n.i. - n.s.	2,57	2,42
Rędzina	kontrola	1,27	36,7	29,1	7,6	5,6	23,4
	1-krotne	1,25	39,2	32,3	6,9	9,1	23,1
	3-krotne	1,26	38,6	31,1	7,5	7,6	23,4
	\bar{x}	1,26	38,2	30,8	7,3	7,4	23,3
	NIR - LSD	n.i. - n.s.	n.i. - n.s.	n.i. - n.s.	n.i. - n.s.	n.i. - n.s.	n.i. - n.s.
Gleba mułowoglejowa	kontrola	0,83	66,8	56,8	10,0	28,3	28,6
	1-krotne	0,82	71,7	60,4	11,3	31,5	28,9
	3-krotne	0,78	74,4	62,5	11,9	31,6	30,5
	\bar{x}	0,81	71,0	59,9	11,1	30,5	29,3
	NIR - LSD	n.i. - n.s.	7,33	n.i. - n.s.	n.i. - n.s.	n.i. - n.s.	n.i. - n.s.

Tabela 3. Porównanie wybranych właściwości fizycznych badanych gleb w stanie naturalnym i zagęszczonym
 Table 3. Comparison of selected physical properties of soils at the natural and compacted state

Obiekt	Stan gleby	Gęstość gleby [Mg·m ⁻³]	Pełna pojem- ność wodna [g/100g]	Polowa pojem- ność wodna [g/100g]	Retencja wody grawitacyjnej [g/100g]	Retencja wody użytecznej [g/100g]	Retencja wody nieodostępnej [g/100g]
Gleba płowa	stan naturalny	1,32	36,9	30,5	6,7	25,2	5,2
	gleba zagęszczona	1,46	32,7	28,8	4,3	20,7	8,3
	NIR - LSD	0,025	n.i. - n.s.	n.i. - n.s.	2,37	n.i. - n.s.	n.i. - n.s.
Rędzina	stan naturalny	1,26	38,2	30,8	7,3	7,5	23,3
	gleba zagęszczona	1,38	34,0	28,7	5,3	7,4	21,3
	NIR - LSD	0,029	2,35	n.i. - n.s.	n.i. - n.s.	n.i. - n.s.	1,65
Gleba mułowo- glejowa	stan naturalny	0,81	71,0	59,9	10,9	30,7	29,3
	gleba zagęszczona	1,15	46,9	42,2	4,6	15,0	27,2
	NIR - LSD	0,052	1,08	6,04	3,97	5,23	1,87

Zawartość wody użytecznej w próbkach ze stanu naturalnego gleby płowej utrzymywała się przed mrożeniem na poziomie 22,2 g/100g, a dla rędziny 5,6 g/100g. Najwyższą spośród badanych gleb retencję wody użytecznej wykazywała przed mrożeniem gleba mułowo-glejowa w stanie naturalnym (28,1 g/100g). Mrożenie gleby płowej w stanie naturalnym spowodowało wzrost jej zdolności retencyjnych w odniesieniu do wody użytecznej dla roślin (Tabela 1, Rys. 1). Zagęszczane próbki rędziny reagowały na trzykrotne mrożenie istotnym spadkiem zawartości wody użytecznej (Tabela 2, Rys. 2). Zagęszczanie wpłynęło ponadto w sposób istotny na zawartość wody użytecznej w glebie mułowo-glejowej, co objawiło się dwukrotnym spadkiem wartości tej cechy (Tabela 3, Rys. 3).

Retencja wody niedostępnej w glebie płowej ze stanu naturalnego przed mrożeniem kształtowała się na najniższym spośród badanych gleb poziomie 4,4 g/100g i wzrastała istotnie pod wpływem mrożenia (Tabela 1, Rys. 1). W analogicznych kontrolnych próbkach rędziny i gleby mułowo-glejowej retencja ta wynosiła odpowiednio 23,4 i 38,6 g/100g i nie zmieniała się istotnie pod wpływem mrożenia. Natomiast pod wpływem nacisku, zarówno w rędzinie, jak i w glebie mułowo-glejowej wystąpił, potwierdzony statystycznie, spadek wartości retencji wody niedostępnej (Tabela 3, Rys. 2 i 3). Mrożenie próbek glebowych w stanie zagęszczonym nie miało istotnego wpływu na wartość retencji wody niedostępnej.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Uzyskane wyniki badań pozwalają stwierdzić, że zarówno pojawienie się zmienności właściwości fizycznych wywołanych przez procesy mrozowe, jak i kierunek zmian, są zróżnicowane w zależności od typu gleby i intensywności działania niskich temperatur.

1. W stanie naturalnym procesy mrozowe ujawniły największy wpływ na właściwości gleby płowej. Spowodowały wzrost wartości: pełnej pojemności wodnej, połowej pojemności wodnej, retencji wody użytecznej i niedostępnej.
2. W stanie zagęszczonym najbardziej podatną na działanie mrozu glebą okazała się rędzina. Mrożenie wywołało różnokierunkowe zmiany w wartości połowej pojemności wodnej, retencji wody grawitacyjnej i użytecznej.

3. Najsilniejszą reakcją na zagęszczanie wykazała gleba mułowo-glejowa. Do zjawisk niekorzystnych zaliczyć należy obniżenie wartości retencji wody użytecznej, które wystąpiło w zagęszczanych próbkach tej gleby.

PIŚMIENNICTWO

1. **Domżał H., Hodara J.:** Zmiany zagęszczenia gleby w warstwie o miąższości 0,5 m wywołane ugniataniem kołami maszyn. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 388, 29–40, 1990.
2. **Domżał H., Hodara J., Słowińska-Jurkiewicz A., Turski R.:** Użytkowanie rolnicze jako czynnik powodujący wzrost gęstości gleb. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 398, 27–35, 1992.
3. **Dzienia S., Sosnowski A.:** Wpływ ugniatania gleby przez ciągniki rolnicze na jej właściwości fizyczne i plonowanie jęczmienia jarego i pszenicy jarej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 356, 133–139, 1988.
4. **Håkansson I., Voorhees W. B., Elonen P., Raghavan G. S., Lowery B., van Wijk A. L., Rasmussen K., Riley H.:** Effect of high axle-load traffic on subsoil compaction and crop yield in humid regions with annual freezing. Soil Tillage Res., 10, 259–268, 1987.
5. **Słowińska-Jurkiewicz A., Mikosz A.:** Changes in the soil structure resulting from intensive action of the wheels of agricultural machinery. Polish J. Soil Sci., 28 (1), 11–18, 1995.
6. **Van Ouwerkerk C., Soane B. D.:** Conclusions and recommendations for further research on soil compaction in crop production. [w:] Soil Compaction in Crop Production (red. B. D. Soane, C. van Ouwerkerk). Elsevier, Amsterdam, 627–642, 1994.

EFFECT OF COMPACTION AND FREEZING PROCESSES ON SOIL WATER PROPERTIES

M. Bryk, B. Kołodziej, T. Serzysko

Institute of Soil Science and Environment Management, University of Agriculture,
ul. Króla Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin, Poland; e-mail: majka@consus.ar.lublin.pl

Summary. The research was conducted on three types of soils: typical soil lessivé developed from loess, chernozemic rendzina developed from chalk and mud-gley soil developed from silty clay. It was stated that freezing processes and compaction made significant changes in water properties of examined soils. The changes in the values of analysed parameters depended on the soil type and the number of freezing-thawing cycles. The mud-gley soil showed the most notable reaction to compaction. The greatest influence of the freezing processes on the water properties at the natural state was noticed for soil lessivé, and at the compacted state – for rendzina.

Keywords: soil, water properties, compaction, freezing.