

WPLYW PODWÓJNEGO GŁĘBOSZOWANIA NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE GLEB PŁOWYCH

Łukasz Borek

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. W pracy przedstawiono wpływ podwójnego głęboszowania na wybrane właściwości fizyko-wodne gleb uprawnych w miejscowości Kolińany w powiecie nitrzańskim na Słowacji. Badania obejmowały prace terenowe i laboratoryjne. W terenie wykonano dwie odkrywki glebowe (OK1 i OK2) oraz pomiar przepuszczalność wodnej gleb w warstwie ornej i podornej w czterech punktach (PK1, PK2, PK3 i PK4). Badania przeprowadzono w glebie niegłęboszowanej (OK1) oraz głęboszowanej dwukrotnie (OK2) – jesienią 2012 roku do głębokości 35 cm i po raz drugi wiosną 2013 roku do głębokości 60 cm. Pomiar przepuszczalności wykonano w glebie niegłęboszowanej (PK1), w glebie głęboszowanej dwukrotnie (PK2) oraz głęboszowanej jednorazowo (PK3 i PK4) do głębokości 35 cm. W laboratorium oznaczono podstawowe właściwości fizyczne gleb metodami powszechnie stosowanymi w gleboznawstwie. Uzyskane wyniki wykazały, że dwukrotne, pogłębione głęboszowanie profilu glebowego na obiekcie Kolińany przyczyniło się znacznie do wzrostu przepuszczalności wodnej gleb.

Słowa kluczowe: głęboszowanie, zagęszczenie gleb, przepuszczalność wodna gleb

WSTĘP

Jednym z zagrożeń jakie występuje obecnie w przestrzeni rolniczej, jest zagęszczanie gleby, spowodowane zarówno przez czynniki naturalne, do których należy skład granulometryczny, jak i przez czynniki antropogeniczne wynikające z mechanizacji prac polowych. Zjawisko to, będące jedną z form degradacji gleb uprawnych, powoduje zmniejszenie objętości porów glebowych, prowadząc w konsekwencji do wystąpienia nadmiaru wody, ograniczenia ilości powietrza glebowego oraz uaktywnienia procesów redukcyjnych i rozpuszczania składników toksycznych (Al, Mn), co niekorzystnie wpływa na system korzeniowy uprawianych roślin [Ruszkowska i Terelak 1992, Wälzcykowa i Frankowicz 1996, Badalíková 2010]. Obecność powietrza glebowego jest

Adres do korespondencji – Contact address: dr inż. Łukasz Borek, Katedra Melioracji i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, e-mail: l.borek@ur.krakow.pl

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, Kraków 2016

ważna nie tylko dla samych roślin, ze względu na lepszy rozwój strefy korzeniowej, ale także wpływa na infiltrację, poprawę podsiąku kapilarnego oraz retencyjność gleb [Bryk i in. 2007].

Postęp techniczny jaki dokonał się w sektorze rolniczym sprawił, że rolnicy korzystają z szerokiego spektrum maszyn i urządzeń usprawniających prace polowe, co zwiększa efektywność produkcji rolniczej. Ten postęp powoduje jednak różne skutki dla środowiska naturalnego, w tym gleby. Zagęszczenie podglebia, spowodowane przez zintensyfikowaną uprawę mechaniczną, wywołuje niekorzystne zmiany w profilu glebowym. Często w wyniku prac mechanicznych przekraczany jest dopuszczalny poziom naturalnej wytrzymałości gleby, co prowadzi do nadmiernego jej zagęszczenia zarówno w warstwie ornej, jak i podornej. Ponadto wraz ze wzrostem uwilgotnienia gleby powiększa się zasięg i stopień jej zagęszczenia [Szeptycki 2003].

Najbardziej na zagęszczenie podatne są wierzchnie warstwy gleby stykające się bezpośrednio z kołami maszyn rolniczych. Największe zagęszczenie gleby obserwuje się w koleinach i ich sąsiedztwie. Wyraźnie mniejsze zagęszczenia stwierdzano w głębszych warstwach profilu [Powalka 2008, Buliński i Sergiel 2011]. Zagęszczanie gleby zmniejsza jej porowatość, która jest ważna dla rozwoju korzeni roślin oraz przemieszczania się wody i dostępności składników odżywczych [Kim i in. 2010]. Nadmierne zagęszczenie wpływa również niekorzystnie na faunę oraz procesy biologiczne w glebie [Beylich i in. 2010].

Czołową rolę w zakresie radzenia sobie z zagęszczeniem podglebia odgrywają głębosze, a zabieg wykonywany przy ich użyciu zwykło się nazywać głęboszowaniem lub głębokim spulchnianiem profilu glebowego [Walczykova 1986, Cieśliński 1997, Miatkowski 2001, Souch i in. 2004, Ragassi i in. 2012]. W spulchnionej w taki sposób glebie zmniejsza się gęstość objętościowa, a zwiększa przewiewność i porowatość [Bogdał i in. 2014].

Celem pracy była ocena wpływu podwójnego głęboszowania profilu glebowego, na gęstość objętościową, porowatość ogólną, wilgotność gleby, stosunki powietrzno-wodne i przepuszczalność wodną gleb.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na gruntach ornych z plantacją kukurydzy, w miejscowości Koliňany, położonej w powiecie nitrzańskim, w kraju nitrzańskim na terenie Słowacji (ryc. 1). Punkty pomiarowe zlokalizowane były na stoku o wystawie zachodniej i średnim spadku powierzchniowym wynoszącym około 33%. W krajobrazie dominowała rzeźba niskofalista pagórkowata.

Miejscowość Koliňany ma charakter rolniczy i leży w Kotlinie Panońskiej. Pod względem geomorfologicznym cała Słowacja, w tym obiekt badawczy, należy do systemu alpejsko-himalajskiego [Mazúr i Lukniš 1986]:

- podsystemu: Kotlina Panońska (słow. Panónska panva),
- prowincja: Kotlina Zachodniopanońska (słow. Západopanónska panva),
- subprowincja: Mała Dunajska Kotlina (słow. Malá dunajská kotlina),
- obszar: Nizina Naddunajska (słow. Podunajská nížina),
- Wysoczyzna/Pogórze Naddunajskie (słow. Podunajská pahorkatina).

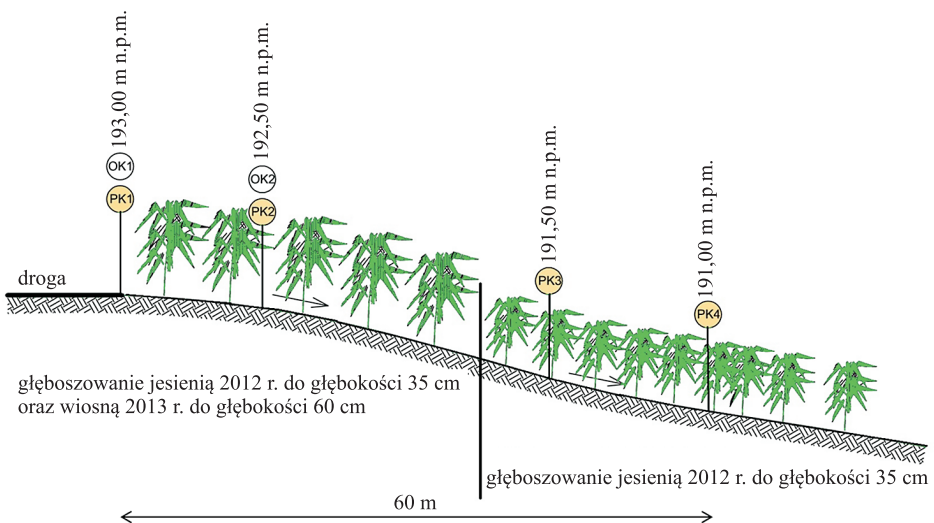


Ryc. 1. Położenie administracyjne i geograficzne obiektu badań. Opracowanie własne na podstawie <https://www.google.pl/maps/>; <http://www.travelin.pl/panstwo/slowacja/mapa>
Fig. 1. Administrative and geographical location of research object. Own study according to <https://www.google.pl/maps/>; <http://www.travelin.pl/panstwo/slowacja/mapa>

Zakres badań obejmował pomiary terenowe przeprowadzone w dniach 07.10–09.10.2013 roku, polegające na wykonaniu dwóch odkrywek glebowych, w których opisano cechy morfologiczne poszczególnych poziomów genetycznych, dokonano klasyfikacji glebowej zgodnie z Polską Klasyfikacją Glebową [PTG 2011] oraz pobrano materiał badawczy do analiz laboratoryjnych. W pracy przyjęto następujący schemat opisu:

- dla odkrywek glebowych symbol O z pierwszą literą nazwy miejscowości K, w której wykonano odkrywkę, oraz numer 1 dla gleby niegłęboszowanej (OK1) i numer 2 dla gleby głęboszowanej podwójnie (OK2),
- dla pomiarów przepuszczalności wodnej symbol P z pierwszą literą nazwy miejscowości K, w której wykonano pomiar, oraz numer 1 dla gleby niegłęboszowanej (PK1), numer 2 dla gleby głęboszowanej podwójnie (PK2), numery 3 i 4 dla gleby głęboszowanej jednorazowo (PK3 i PK4) (ryc. 2).

Odkrywkę pierwszą (OK1) wykonano do głębokości 150 cm na polu niegłęboszowanym ($48^{\circ}21'36.78''N$, $18^{\circ}12'41.141''E$; 193,00 m n.p.m.), natomiast drugą (OK2) do głębokości 65 cm na polu głęboszowanym dwukrotnie ($48^{\circ}21'36.876''N$, $18^{\circ}12'39.161''E$, 192,50 m n.p.m.) (ryc. 2).



Ryc. 2. Lokalizacja odkrywek i punktów pomiarowych przepuszczalności wodnej gleb na obiekcie Kolińany

Fig. 2. Location of soil pits and measurement points of soil water permeability on the Kolińany object

W celu określenia wpływu głęboszowania na właściwości fizyko-wodne gleby, bezpośrednio w terenie (07.10–09.10.2013) wykonano, w trzech powtórzeniach metodą podwójnych pierścieni [Mocek i Drzymała 2010], pomiary przepuszczalności wodnej w warstwie ornej (na głębokości 10 cm) i podornej (na głębokości 40 cm) gleby niegłęboszowanej (PK1), głęboszowanej dwukrotnie (PK2) – po raz pierwszy jesienią 2012 roku do głębokości 35 cm oraz wiosną 2013 roku do głębokości 60 cm, a także głęboszowanej

jednorazowo do głębokości 35 cm (PK3 i PK4) (ryc. 2). Do analizy przyjęto tylko wyniki z dwóch pomiarów, o najbardziej zbliżonych wartościach. Dla każdej warstwy wykonano wykresy zmian przepuszczalności wodnej w czasie. Ponadto dodano linie trendu oraz odpowiadające im równania (ω) i współczynniki determinacji (R^2).

W doświadczeniu polowym wykorzystano głębsz bierny 7-zębowy firmy Maschio. Do ramy przymocowane były elementy robocze – redlice o długiej grzędzieli. Efektywna głębokość pracy głębsza wynosiła od około 45 do 60 cm. Rozstaw między zębami ułożony był mijankowo co 50 cm.

W laboratorium, w pobranym materiale glebowym oznaczono:

- skład granulometryczny metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego [PN-R-04032:1998], na podstawie którego określono gatunki gleb [PTG 2009],
- wilgotność objętościową – metodą suszarkowo-wagową jako ilość wody zawartej w glebie w chwili jej pobrania w terenie wyrażaną jako stosunek objętości wody zawartej w próbce gleby (V_{H_2O}) do objętości całej próbki gleby (V) w % [Mocek i Drzymała 2010]:

$$W_{av} = \frac{V_{H_2O}}{V} \cdot 100, \quad \% \text{ v/v}$$

- gęstość objętościową – metodą suszarkowo-wagową (w trzech powtórzeniach) jako stosunek masy próbki gleby wysuszonej do całkowitej objętości próbki w stanie naturalnym [Mocek i Drzymała 2010]:

$$\rho_o = \frac{M}{V}, \quad \text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$$

gdzie:

M – masa gleby wysuszonej w 105°C, Mg,

V – całkowita objętość próbki gleby w stanie naturalnym, m³,

- gęstość fazy stałej – metodą piknometryczną jako stosunek stałej masy gleby do objętości przez nią zajmowanej [Mocek i Drzymała 2010]:

$$\rho = \frac{M}{V_s}, \quad \text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$$

gdzie:

M – masa gleby wysuszonej w 105°C, Mg,

V_s – objętość fazy stałej gleby, m³,

- wartości pH gleby w H₂O i 1 mol · dm⁻³ KCl metodą potencjometryczną [PN-ISO 10390:1997],
- zawartości węgla organicznego (C_{org}) – metodą Tiurina, a następnie przeliczenie na zawartość próchnicy (M.O.) wg wzoru: M.O. = $C_{org} \cdot 1,724$ [Bednarek i in. 2011],
- porowatość ogólną gleby – obliczaną na podstawie wielkości gęstości fazy stałej oraz gęstości objętościowej gleby suchej:

$$P = \frac{\rho - \rho_o}{\rho} \cdot 100, \% \text{ v/v}$$

gdzie:

ρ, ρ_o – oznaczenia jw.,
100 – przelicznik na procenty.

- przybliżony procentowy udział trzech faz w glebie, % v/v:
 - faza ciekła = W_{av}
 - faza gazowa = $P - W_{av}$
 - faza stała = $100 - P$.

Na podstawie wilgotności aktualnej (w % v/v), obliczono zapas wody w każdej warstwie (h) profili glebowych w milimetrach słupa wody (mm), według wzoru [Kaczmarczyk i Nowak 2006]:

$$Z_w = \frac{W_v \cdot h}{10} \text{ mm}$$

gdzie:

Z_w – zapas wody, mm,
 W_v – wilgotność aktualna, % v/v,
 h – miąższość warstwy gleby, cm.

Kategorie zbitości gleb przyjęte za Baranem i Turskim [1996] ustalono w oparciu o wartości gęstości objętościowej każdego poziomu genetycznego.

WYNIKI

Profile glebowe zlokalizowane były na stoku w terenie pagórkowatym, użytkowanym jako grunt orny utrzymany w dobrej kulturze rolnej, okresowo za wilgotny. W granicach miejscowości Kolińany znajdują się gleby zaliczane zgodnie z typologią słowacką do gleb ornych produkcyjnych – O4, i średnio produkcyjnych – O5 [Program hospodárskeho... 2011]. Gleby te, wg World Reference Base [IUSS WRB 2006] to *Haplic Luvisol* [PTG 2011, s. 146], natomiast wg polskiej systematyki glebowej [PTG 2011] należą do rzędu gleb płwoziemnych (P), typu gleb płowych (PW), podtypu gleb płowych typowych (PWt).

W analizowanych profilach (OK1 i OK2) wyodrębniono poziom orno-próchniczny (Ap) o strukturze foremnowielościennnej zaokrąglonej (s2os). Barwa tego poziomu w skali Munsella była żółtobrunatna (10YR 5/3). Przejście poziomu Ap w poziom wymywania (Et) było ostre. Z poziomu tego następowało eluwalne wymycie frakcji ilastej (Et). W profilu OK1 pod względem uziarnienia, do głębokości 65 cm, występował słabo wilgotny pył ilasty (pyi), natomiast w odkrywce OK2 glina pylasto-ilasta (gpyi). W obu przypadkach cząstki gleby wykazywały strukturę foremnowielościennną zaokrągloną (s2os), a granice przejścia poziomu wymywania w poziom iluwalny (Bt) było ostre. W poziomie tym zalegała wilgotna glina pylasto-ilasta (gpyi) o strukturze foremnowie-

łościennej zaokrąglonej (s2os) z iluwalną akumulacją minerałów ilastych (Bt), a pod nią występował poziom mieszany (Be/C) z akumulacją półtoratlenków żelaza i glinu. Poziom właściwej skały macierzystej (C) pod względem gatunkowym i struktury był podobny jak poziom zalegający powyżej. Poziom ten zasobny był w węglan wapnia (CaCO_3), co potwierdziły również badania Kobierskiego [2013] prowadzone na glebach płowych na terenie województwa kujawsko-pomorskiego. Warstwy leżące poniżej poziomu Ap miały podobny odcień, jasność i nasycenie barw opisane symbolami 10YR 5/4.

W profilach glebowych nie stwierdzono występowania wód gruntowych. Badane gleby nie zawierały cząstek frakcji szkieletowej ($\phi > 2$ mm), a ze względu na zawartość frakcji piaskowej (15–21%), pyłowej (50–60%) oraz ilowej (25–35%) zakwalifikowano je pod względem kategorii ciężkości agrotechnicznej jako gleby ciężkie (4) oraz ciężkie pyłowe (7) (tab. 1) [PTG 2009].

Tabela 1. Skład granulometryczny i kategorie ciężkości agrotechnicznej gleb

Table 1. Granulometric composition and agronomic categories of soils

Numer profilu Profile number	Głębokość Depth cm	Poziom genetyczny Genetic horizons	% frakcji o średnicy, mm % fraction with diameter, mm			Gatunek gleby* Soil texture	Kategorie ciężkości agrotechnicznej gleb Agronomic categories of soils
			2,0–0,05	0,05–0,002	< 0,002		
OK1	0–35	Ap	16	60	24	pyi	7
	35–65	Et	20	55	25	pyi	7
	65–85	Bt	16	51	33	gpyi	4
	85–110	Be/C	16	52	32	gpyi	4
	110–150	C	16	53	31	gpyi	4
OK2	0–35	Ap	19	51	30	gpyi	4
	35–65	Et	15	50	35	gpyi	4

* Gatunki gleb – Soils texture: pyi – pył ilasty – SiL – silt loam; gpyi – glina pylasto-ilasta – SiCL – silty clay loam

Odczyn badanych gleb w H_2O był od lekko kwaśnego do zasadowego (6,37–7,41), natomiast w KCl-u od kwaśnego do obojętnego (5,02–6,74), jest to cecha charakterystyczna dla gleb płowoziemnych [Kobierski 2013].

Lokalizacja odkrywki OK1 w stosunku do OK2 spowodowała zmianę gatunku gleby odpowiednio z pyłu ilastego w dwóch pierwszych poziomach na glinę pylasto-ilastą w wyniku przemieszczania się materiału glebowego po stoku (tab. 1). Stąd usytuowanie odkrywki OK2 mogło wpłynąć na uzyskane wyniki badań. Przypuszczenie to potwierdzają badania Zaleskiego [2012], dotyczące zmian właściwości hydrofizycznych gleb płowoziemnych na skutek uwarunkowań geomorfologicznych i pedogenicznych w terenach pagórkowatych.

Gęstość stałej fazy gleby wynosiła od $2,67 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ do $2,74 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (tab. 2), co jest typowe dla gleb mineralnych [Zawadzki 2002].

Gęstość objętościowa w poziomie orno-próchnicznym (Ap) w profilu OK1 była mniejsza niż w profilu OK2 o $0,07 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$. W poziomie wymywania (Et) wartość gęstości objętościowej była większa w profilu OK2 o $0,05 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$. Według Zaleskiego [2012] dużej wartości gęstości objętościowej w głębszych poziomach genetycznych utworów pyłowych nie należy przypisywać tylko ugniataniu gleby w wyniku zabiegów agrotechnicznych, ale naturalnym czynnikiem będącym wynikiem pedogenezy – procesu przemieszczania się frakcji łu (lessiważu). Układ gleby w obu przypadkach był zbity (z), co wynika ze wzbogacenia gleb płowych w koloidy glebowe zatykające pory i szczeliny glebowe [Szymański i in. 2012] (tab. 2).

Wartości porowatości ogólnej w dwóch przypowierzchniowych poziomach genetycznych były zbliżone w obu profilach glebowych. Nieznacznie większą porowatość (o 1,9%) notowano w warstwie ornej profilu OK1 niż w profilu OK2. W warstwie podornej większą porowatość (o 0,4%) notowano w profilu OK2 (tab. 2).

Zawartość substancji organicznej wahała się od 0,4 do 1,4%. Najzasobniejsze w substancję organiczną były poziomy Ap. Wraz z głębokością profilu glebowego procentowy udział materii organicznej spadał (tab. 2).

Aktualna wilgotność objętościowa (% v/v) w dwóch przypowierzchniowych poziomach gleby głęboszowanej (OK2, Ap i Et) była większa odpowiednio o 5,4 i 3,1% v/v niż w tych samych poziomach gleby niegłęboszowanej (OK1) (tab. 2).

Większe o 19 mm aktualne zapasy wody glebowej w 35 cm wierzchniej warstwie gleby odnotowano w profilu OK2. Podobna tendencja występowała w drugim poziomie genetycznym, lecz przy różnicy 39 mm na korzyść profilu OK2 (tab. 2).

Zawartość powietrza glebowego w warstwie ornej profilu OK1 była wyższa o 7,3%, a w warstwie podornej o 12,7% w porównaniu z tymi samymi warstwami odkrywką OK2. Natomiast profil OK2 charakteryzował się większym o 5,4% udziałem fazy ciekłej w warstwie ornej i o 13,1% w warstwie podornej (tab. 2).

Na obiekcie Kolińany, na polu głęboszowanym (PK2) na głębokości 10 cm przepuszczalność wodna ustalona po 120 minutach wynosiła $\omega_{\text{ust.}} = 18,63 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$ (ryc. 3b), co odpowiada bardzo dużej klasie infiltracji. Przepuszczalność ta była 49-krotnie większa, niż na obiekcie niegłęboszowanym (PK1), gdzie odnotowano wartość $\omega_{\text{ust.}} = 0,38 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$, co odpowiada średnio małej klasie infiltracji (ryc. 3a). W warstwie podornej na głębokości 40 cm przepuszczalność wodna ustalona po 180 minutach była większa na polu głęboszowanym ($\omega_{\text{ust.}} = 4,75 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$), niż po 210 minutach na niegłęboszowanym ($\omega_{\text{ust.}} = 0,92 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$) (ryc. 3d i c). W pierwszym przypadku odpowiadała ona klasie dużej, a w drugim średniej. W punkcie PK1 przepuszczalność w warstwie podornej była o 142% większa niż w ornej, a w PK2 prawie 3-krotnie większą przepuszczalność stwierdzono w warstwie wierzchniej.

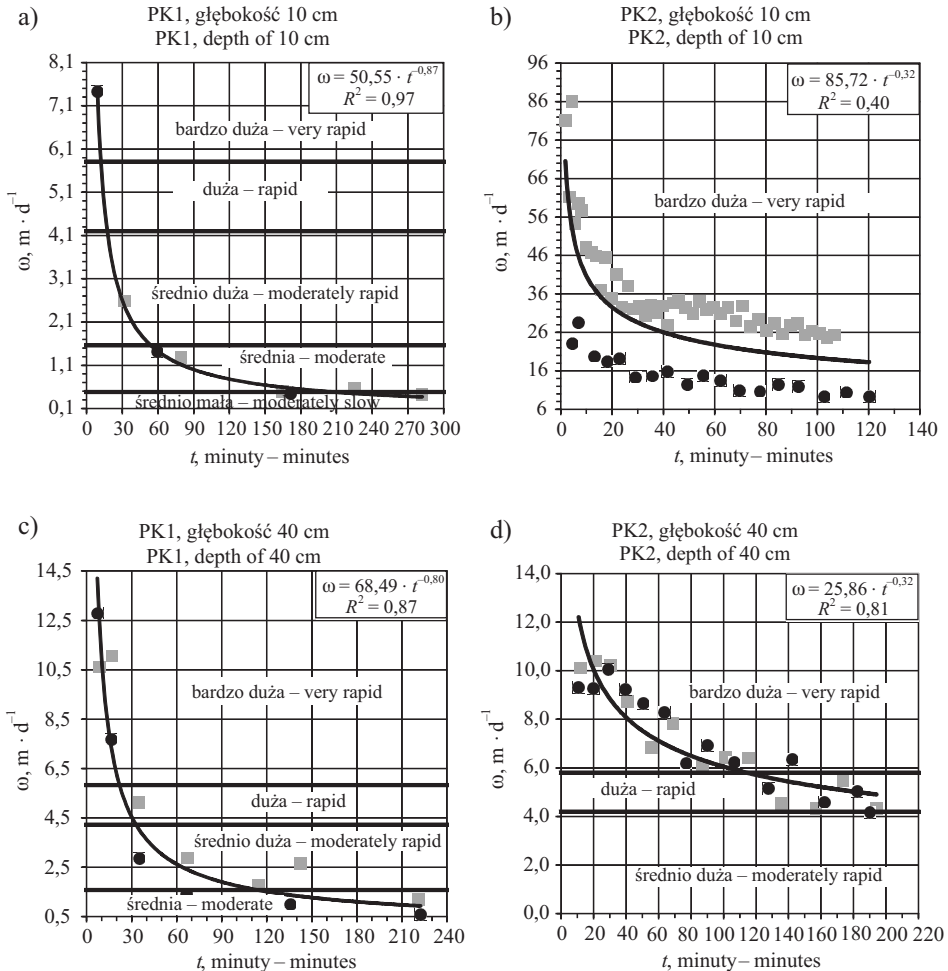
Na głębokości 10 cm (PK1) początkowo przepuszczalność nieustalona była bardzo duża. Po 12 minutach zmalała do dużej, po około 18 minutach do średnio dużej, po 55 minutach osiągnęła klasę średnią, a po około 211 minutach średnio małą (ryc. 3a). Na głębokości 40 cm na początku pomiaru przepuszczalność nieustalona zmieniała się również od bardzo dużej po około 22 minutach obniżyła się do dużej, po 33 minutach do średnio dużej, by po 113 minutach osiągnąć klasę infiltracji średniej (ryc. 3c). Natomiast

Tabela 2. Wybrane właściwości fizyko-wodne gleb niegłębszowanej (OK1) i głębszowanej (OK2)
 Table 2. Selected physical and water properties of soils without subsoiling (OK1) and with subsoiling (OK2)

Numer profilu Profile number	Głębokość Depth	Gęstość właściwa Specific density	Gęstość objętościowa Soil bulk density	Stan zagęszczenia gleby* State of soil compaction	Porowatość ogólna Total porosity	Substancja organiczna Organic matter	Wilgotność gleby Soil moisture		Udział trzech faz w glebie Three phases in the soil		
							% v/v	%	Faza stała Solid phase	Faza ciekła Liquid phase	Faza gazowa Gaseous phase
cm	Mg · m ⁻³	-	% v/v	%	% v/v	mm	mm	% v/v	Actual soil water resources		
OK1	0-35	2,67	1,55	z	41,9	1,4	27,1	95	58,1	27,1	14,8
	35-65	2,69	1,67	z	37,9	1,0	21,7	65	62,1	21,7	16,2
	65-85	2,74	1,64	z	40,1	0,7	24,5	49	59,9	24,5	15,6
	85-110	2,72	1,59	z	41,5	0,6	26,5	66	58,5	26,5	15,0
OK2	0-35	2,70	1,62	z	40,0	1,1	32,5	114	60,0	32,5	7,5
	35-65	2,74	1,69	z	38,3	0,4	34,8	104	61,7	34,8	3,5

*Stan zagęszczenia gleby – State of soil compaction: z – zbity – compacted

w punkcie PK2 na głębokości 10 cm przepuszczalność nieustalona od początku do końca pomiaru była bardzo duża (ryc. 3b), a w warstwie podornej na początku była również bardzo duża, dopiero po około 106 minutach zmalała do dużej (ryc. 3d).



Ryc. 3. Przepuszczalność wodna gleb na obiekcie Koliňany (Nitra, Słowacja): a) i c) gleba niegłęboszowana, b) i d) gleba głęboszowana; kolor czarny ● – pierwsze powtórzenie, kolor szary ■ – drugie powtórzenie

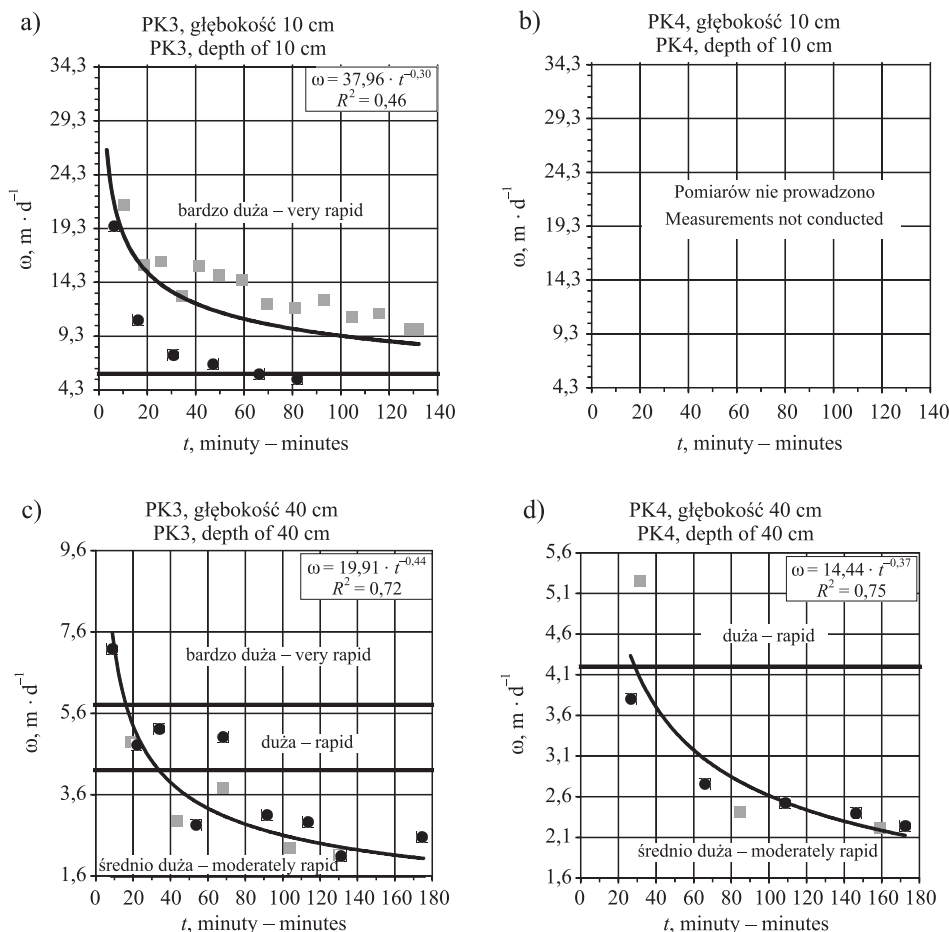
Fig. 3. Soil water permeability on the Koliňany object (Nitra, Slovakia): a) and c) soil without subsoiling, b) and d) soil with subsoiling; black color ● – first repetition, grey color ■ – second repetition

W punkcie pomiarowym PK3, w warstwie ornej – na głębokości 10 cm przepuszczalność ustalona po 120 minutach wynosiła $\omega_{ust} = 8,81 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$ (ryc. 4a) i odpowiadała bardzo dużej klasie infiltracji. W warstwie ornej w punkcie PK4 badań nie prowadzono. W warstwie podornej (40 cm) w punkcie pomiarowym PK3 wartość przepuszczalności

ustalonej po około 180 minutach wynosiła $\omega_{ust.} = 2,13 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$ (ryc. 4b). Podobną wartość zanotowano w punkcie PK4 $\omega_{ust.} = 2,11 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$ (ryc. 4c). W obu przypadkach odpowiada to średnio dużej klasie infiltracji.

W punkcie PK3 przepuszczalność wodna w warstwie ornej od początku do końca trwania pomiaru mieściła się w klasie bardzo dużej (ryc. 4a). W warstwie podornej zmieniła się w czasie od bardzo dużej, po 16 minutach spadła do dużej, a po 34 minutach do średnio dużej (ryc. 4c). W punkcie PK4 na głębokości 40 cm przez około 30 minut przepuszczalność nieustalona mieściła się w klasie dużej, następnie spadła do klasy średnio dużej (ryc. 4d).

Zwiększenie infiltracji na skutek głębszowania gleb pływych, ale zlokalizowanych na terenie Polski, wykazano w pracy Bogdała i in. [2014].



Ryc. 4. Przepuszczalność wodna na obiekcie Koliňany (Nitra, Słowacja): a) c) i d) gleba głębszowana; kolor czarny ● – pierwsze powtórzenie, kolor szary ■ – drugie powtórzenie

Fig. 4. Soil water permeability on the Koliňany object (Nitra, Slovakia): a) c) and d) soil with subsoiling; black color ● – first repetition, grey color ■ – second repetition

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Głęboszowanie gleb uprawnych staje się obecnie jednym ze sposobów przeciwdziałania nadmiernemu zagęszczeniu gleby, powodującemu negatywne zmiany właściwości fizycznych, powietrznych i wodnych w profilu glebowym [Leskiw i in. 2012]. Szczególne znaczenie ma stosowanie tego zabiegu w przypadku gleb usytuowanych na stokach. Głębokie spulchnianie prowadzi do zwiększenia przepuszczalności nieustalonej i ustalonej gleb co w konsekwencji skutkuje zmniejszeniem spływu powierzchniowego oraz zjawisk erozyjnych [Greenwood 1989]. Ponadto wyniki badań wykazują, że na glebie głęboszowanej uzyskiwane są średnio o 12–18% wyższe plony w porównaniu z glebą niegłęboszowaną [Hong-ling i in. 2008, Bielek i in. 2015].

Na podstawie analizy uzyskanych wyników badań sformułowano następujące wnioski:

- gleby płowe na obiekcie Kolińany podlegają degradacji (zagęszczeniu), wynikającej z ich pedogenezy i ugniatania w wyniku przejazdu ciężkim sprzętem rolniczym, potwierdzonej wysokimi wartościami gęstości objętościowej,
- na skutek erozyjnego odsłonięcia poziomu iluwialnego i przemieszczania się cząstek gleby po stoku następowała ich akumulacja w jego niższych partiach, w wyniku czego stwierdzono zmianę gatunku oraz niektórych właściwości hydrofizycznych gleby na polu głęboszowanym, gdzie odnotowano większą gęstość objętościową gleby głęboszowanej niż niegłęboszowanej i prawie takie same wartości porowatości ogólnej,
- zabieg głęboszowania przyczynił się do zmian warunków powietrzno-wodnych wzruszonej głęboszem warstwie profilu, powodując wzrost aktualnych zasobów wodnych kosztem zmniejszenia się zawartości powietrza glebowego,
- dwukrotne głęboszowanie profilu glebowego na obiekcie Kolińany przyczyniło się do infiltrowania do gleby całkowitych zasobów wody, docierających na tę powierzchnię w postaci opadów atmosferycznych,
- gleba głęboszowana podwójnie posiada większą przepuszczalność nie tylko od gleby nieobjętej tym zabiegiem, ale również od poddanej temu zabiegowi jednokrotnie na mniejszą głębokość.

W pracy opublikowano część materiału z rozprawy doktorskiej, pt. „Wpływ głęboszowania na niektóre właściwości fizyko-wodne wybranych gleb uprawnych”.

Autor pracy uczestniczył w tygodniowych badaniach terenowych na terenie stacji doświadczalnej w miejscowości Kolińany, należącej do Słowackiego Uniwersytetu Rolniczego w Nitrze w ramach programu „Global Water Partnership Central and Eastern Europe. Integrated Drought Management Programme in Central and Eastern Europe”.

PIŚMIENNICTWO

- Badalíková, B. (2010). Influence of Soil Tillage on Soil Compaction. *Soil Engin. Soil Biol.*, 20, 19–30.
- Baran, S., Turski, R. (1996). Degradacja i ochrona i rekultywacja gleb. Wyd. 2. Lublin, tab. 23, ss. 62.
- Bednarek, R., Dziadowic, H., Pokojska, U., Prusinkiewicz Z. (2011). *Badania ekologiczno-gleboznawcze*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

- Beylich, A., Oberholzer, H.R., Schrader, S., Höper, H., Wilke, B.M. (2010). Evaluation of soil compaction effects on soil biota and soil biological processes in soils. *Soil Tillage Res.*, 109, 133–143.
- Bielek, P., Hůska, D., Otepka, P., Maga, J., Demo, M., Prčík, M., Borek, L., Broošová, N. (2015). Drought management by agricultural practices and measures increasing soil water holding capacity. Activity 5.1. duration of Activity: 2013–2015, Slovak University of Agriculture, Nitra.
- Bogdał, A., Borek, L., Ostrowski, K. (2014). Wpływ głębszowania na zmiany właściwości fizyko-wodnych gleby pługowej. *Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 13(4), 35–43.
- Bryk, M., Kołodziej, B., Serzysko, T. (2007). Wpływ procesów mrozowych na właściwości powietrzne ugniatanej rędziny. *Acta Agrophys.*, 9(3), 571–582.
- Buliński, J., Sergiel, L. (2011). Wpływ wilgotności gleby na jej zagęszczenie kołem ciągnika. *Inżyn. Roln.*, 8 (133), 45–51.
- Cieśliński, Z. (1997). Agromelioracje w kształtowaniu środowiska rolniczego. Wydawnictwo AR, Poznań.
- Greenwood, P.B. (1989). The effects of subsoiling on soil physical properties and crop production. Unpublished PhD thesis, Lincoln College, University of Canterbury, Lincoln (New Zealand), ss. 550.
- Hong-ling, Q., Wang-sheng, G., Yue-cun, M., Li, M., Chun-mei, Y., Zhe, Ch., Chun-lan, Ch. (2008). Effects of subsoiling on soil moisture under no-tillage for two years. *Agric. Sci. in China*, 7(1), 88–95.
- IUSS Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2006. Update 2007. World Soil Resources Reports, 103, FAO, Rome 2007.
- Karczmarczyk, S., Nowak, L. (2006). Nawadnianie roślin. PWRiL, Poznań, ss. 479.
- Kim, H., Anderson, S.H., Motavalli, P.P., Gantzer, C.J. (2010). Compaction effects on soil macropore geometry and related parameters for an arable field. *Geoderma*, 160, 244–251.
- Kobierski, M. (2013). Morfologia, właściwości oraz skład mineralny gleb pługowych zerodowanych w wybranych obszarach morenowych województwa kujawsko-pomorskiego. Rozprawy 166. Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego, Bydgoszcz.
- Leskiw, L.A., Welsh, C.A., Zeleke, T.B. (2012). Effect of subsoiling and injection of pelletized organic matter on soil quality and productivity. *Canad. J. Soil Sci.*, 92, 262–276.
- Mazúr, E., Lukniš, M. (1986). Geomorfologické členenie SSR a ČSSR. Časť Slovensko. Slovenská kartografia, Bratislava.
- Miatkowski Z. 2001. Wpływ zabiegów agromelioracyjnych na właściwości fizyczno-wodne gleb związanych oraz ukorzenie i plon roślin. Biblioteczka Wiadomości IMUZ Falenty, 99, 9–15.
- Mocek, A. (red.) (2015). Gleboznawstwo. PWN, Warszawa, ss. 571.
- Mocek, A., Drzymała, S. (2010). Geneza, analiza i klasyfikacja gleb. Wydawnictwo UP, Poznań.
- PN-ISO 10390:1997 Jakość gleby. Oznaczenie pH.
- PN-R-04032. 1998. Gleby i utwory mineralne. Pobieranie próbek i oznaczanie składu granulometrycznego. PKN.
- Powałka, M. (2008). Zmiany właściwości gleby w warstwie ornej pod wpływem nacisków kół agregatów ciągnikowych. *Inżyn. Rol.*, 1(99), 339–343.
- Program hospodárskeho a sociálneho rozvoja Nitrianskeho samosprávneho kraja 2012–2018 (návrh). November 2011.
- 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.
- Ragassi, C.F., Lopes, C.A., Guedes, Í.M.R. (2012). Effect of Soil Compaction Alleviation on Quality and Yield of Potato. *Sustainable Potato Production: Global Case Studies*, 403–418.

- Ruszkowska, M., Terelak, T. (1992). Wpływ warunków powietrzno-wodnych na zachowanie się składników pokarmowych w glebie i na procesy fizjologiczne roślin. PWRiL, Poznań, 53–64.
- Souch, C.A., Martin, P.J., Stephens, W., Spoor, G. (2004). Effects of soil compaction and mechanical damage at harvest on growth and biomass production of short rotation coppice willow. *Plant and Soil* June, 263, 1, 173–182.
- Szeptycki, A. (2003). Wpływ ciężkich maszyn rolniczych na fizykochemiczne właściwości gleby. *PIMR.*, 48 (2), 38–42.
- Szymański, W., Skiba, S., Nikorych, V.A., Polchyna, S.M. (2012). Gleby płowe (luvisols) pogórza i przedgórze karpackiego z obszaru Polski i Ukrainy. *Rocz. Bieszcz.*, 20, 268–280.
- Walczykowa, M. (1986). Głęboszowanie jako sposób na usuwanie nadmiernego zagęszczenia podglebia. *Maszyny i Ciągniki Rol.*, 10/11, 6, 16–19.
- Walczykowa, M., Frankowicz, R. (1996). Wpływ wybranych wilgotności i obciążeń na zagęszczenie gleby piaszczystej i gliniastej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 425, 275–280.
- Zaleski, T. (2012). Rola pedogenezy w kształtowaniu właściwości hydrofizycznych, retencji, reżimu i bilansu wodnego gleb wytworzonych z utworów pyłowych Karpat. *Zesz. Nauk. UR Krak.*, 494, ss. 114.
- Zawadzki, S. (2002). Podstawy gleboznawstwa. PWRiL, Warszawa, ss. 178.

EFFECT OF DOUBLE SUBSOILING ON PHYSICAL PROPERTIES OF SOIL LESSIVÉS

Abstract: The paper presents the effect of double subsoiling on selected physical and water properties of compacted soils in Koliňany object in the district of Nitra in Slovakia. The research included field work and laboratory tests. In the field made two soil pits (OK1 and OK2) and water permeability were measured in the arable layer and subsoil layer in four points (PK1, PK2, PK3 and PK4). The research was conducted in the soil without subsoiling (OK1) and subsoiling twice – in autumn 2012 to a depth of 35 cm and a second time in the spring of 2013, a depth of 60 cm. Water permeability test was conducted in the soil without subsoiling (PK1), subsoiling twice (PK2) and once subsoiling (PK3 and PK4) to a depth of 35 cm. Laboratory work included the determination of the basic physical properties of soils methods commonly used in soil science. Results of research showed that the double subsoiling of soil profile on the object Koliňany contributed significantly to increase the soil water permeability.

Keywords: subsoiling, soil compaction, soil water permeability

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 1.09.2016

Do cytowań – For citation: Borek, Ł. (2016). Wpływ podwójnego głęboszowania na właściwości fizyczne gleb płowych. *Acta. Sci. Pol., Formatio Circumiectus*, 15(3), 21–34.