

OPÓR PENETRACJI GLEBY NA ZBOCZU WINNICY

Bogusław Usowicz¹, Aldo Ferrero², Jerzy Lipiec¹

¹Institut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin
e-mail: Usowicz@demeter.ipan.lublin.pl

²Istituto per le Macchine Agricole e Movimento Terra, Consiglio Nazionale delle Ricerche
Strada delle Cacce 73, 10135 Torino

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań nad wpływem przejazdów ciągnika gąsienicowego i maszyn rolniczych wzdłuż międzyrzędzi winorośli i w poprzek zbocza na opór penetracji i zagęszczenie gleby. Badania prowadzono w winnicy, w której utrzymywano ugór czarny i murawę między rzędami winorośli. Otrzymane wyniki wskazują, że opór penetracji gleby w śladach pod gąsienicami ciągnika znacząco się różnił; większy był pod gąsienicą dolną niż pod gąsienicą górną, pomiędzy gąsienicami był najmniejszy. Rozkład zagęszczenia gleby był związany głównie z rozkładem ciężaru maszyny na zboczu, również zależał od rozkładu wilgotności gleby w międzyrzędziu. Większe zagęszczenie gleby obserwowano w dolnej części międzyrzędzia, znacznie mniejsze w jej górnej części i najmniejsze w części środkowej. Stwierdzono, że przejazdy ciągnika i maszyn rolniczych powodowały większe zagęszczenie gleby w obiekcie z czarnym ugiem niż murawą. Wilgotność gleby kształtowała się odmiennie na poszczególnych obiektach, była największa w obiekcie z czarnym ugiem w części środkowej międzyrzędzia i w części dolnej w obiekcie z murawą. Najmniejszą wilgotność obserwowano w części górnej międzyrzędzia w obu obiektach.

Słowa kluczowe: opór penetracji, gęstość, wilgotność, gleba, winnica, zbocze

WSTĘP

Utrzymanie odpowiednich warunków do wzrostu winorośli wymaga wielu zabiegów uprawowych gleby i agrotechnicznych [4,6]. Zabiegi te powodują zarówno spulchnienie jak też zagęszczenia gleby. Na procesy te oddziałują ponadto naturalne osiadanie gleby pod wpływem sił ciężkości i warunków meteorologicznych. Zakres oddziaływania tych czynników zależy od szaty pokrywy i systemu korzeniowego roślin.

Konieczność stosowania licznych przejazdów maszyn i narzędzi rolniczych oprócz pożądaných skutków ma równocześnie niepożądane skutki, takie jak lo-

kalne nadmierne zagęszczenie pod śladami kół lub gąsienic zarówno w warstwie ornej jak też podornej lub podglebiu w przypadku utrzymywania murawy. Lokalne zaburzenia w przestrzennym rozkładzie zagęszczenia gleby nie mogą pozostać bez wpływu na strukturę gleby, rozwój systemu korzeniowego roślin i plony, szczególnie przy zbyt dużej liczbie przejazdów [1,2,3]. Należy także wziąć pod uwagę, że wzrost gęstości gleby pod śladami kół lub gąsienic pojazdów rolniczych pociąga za sobą zmiany właściwości wodnych, cieplnych i powietrznych gleby, które determinują przepływ masy i energii w ośrodku glebowym, a w konsekwencji termiczne, wilgotnościowe i powietrzne warunki wzrostu i rozwoju roślin. Rozpoznanie zmian zagęszczenia gleby w wyniku przejazdów maszyny pozwoli lepiej zrozumieć naturę tych zmian, może stanowić także bazę danych do szacowania właściwości termo i hydro- fizycznych gleby oraz może być podstawą do określenia dopuszczalnej liczebności przejazdów maszyn i narzędzi rolniczych tak, aby nie zdegradować uprawianej gleby.

Celem pracy było określenie wpływu przejazdów ciągnika gąsienicowego i maszyn rolniczych pomiędzy rzędami winorośli w poprzek zbocza na rozkład oporu penetracji i zagęszczenia gleby pod gąsienicami ciągnika przy danych warunkach wilgotnościowych. Badania prowadzono w obiektach z czarnym ugiem i murawą.

OBIEKT I METODYKA BADAŃ

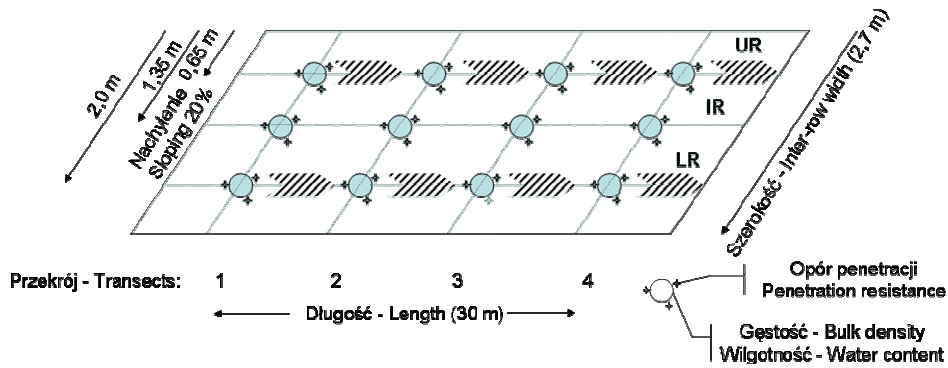
Badania wpływu przejazdów maszyn i urządzeń rolniczych na wybrane cechy gleby prowadzono w winnicy we Włoszech w regionie Piemontu (rys.1). Glebę z winnicy określono jako glinę pylastą. Gleba ta zawiera 33% piasku 58% pyłu, 9% ilu i około 3% materii organicznej. Gęstość fazy stałej gleby wynosiła około $2,6 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Pomiary prowadzono na zboczu (nachylenie około 20%) pomiędzy rzędami winorośli oddalonych od siebie około 2,7 m. W poprzek rzędu, w czterech przekrojach oddalonych od siebie o 10 m w śladach i między śladami gąsienic mierzono opór penetracji, gęstość i wilgotność gleby (rys. 2). Opór penetracji gleby, mierzono w trzech powtórzeniach, do głębokości 25 cm co 2,5 cm za pomocą penetrometru ze stożkiem o kącie wierzchołkowym 30° i powierzchni 1 cm^2 [7]. Punkty pomiarowe oporu penetracji były rozłożone równomiernie wokół okręgu o promieniu około 20 cm. Ze środka każdego okręgu, z trzech warstw: 1-8, 9-16 i 17-25 cm, pobierano do cylindrów o objętości 100 cm^3 próbki gleby w celu określenia jej gęstości i wilgotności. Do wykonania zabiegów uprawowych i innych zabiegów agrotechnicznych używano ciągnika gąsienicowego o masie 2,82 Mg i rozstawie gąsienic 1,31 m. Pomiary przeprowadzono we wrześniu 2001 roku.

Do badań wybrano dwa międzyrzędzia. W jednym z nich utrzymywano czarny ugi, w drugim zaś – murawę. Zaobserwowano, że w obiekcie z czarnym ugiem ślad gąsienicy dolnej był ponad dwukrotnie głębszy niż ślad pozostawiony przez maszynę uprawową.

stawiony przez gąsienicę górną. W obiekcie z murawą ślad pod gąsienicą dolną był również głębszy niż pod gąsienicą górną, ale różnice te jak też głębokość śladów były mniejsze niż w obiekcie z ugorem czarnym.



Rys. 1. Ogólny widok winnicy we Włoszech w regionie Piemontu
Fig. 1. General viewed of vineyard in Italy, at Piedmont district



Rys. 2. Rozmieszczenie punktów pomiarowych na obiekcie badań (UR – ślad gąsienicy górnej, IR – między gąsienicami, LR – ślad gąsienicy dolnej)
Fig. 2. The location of measurements points in the study object (UR – upper rut, IR – Inter rut, LR – lower rut)

WYNIKI

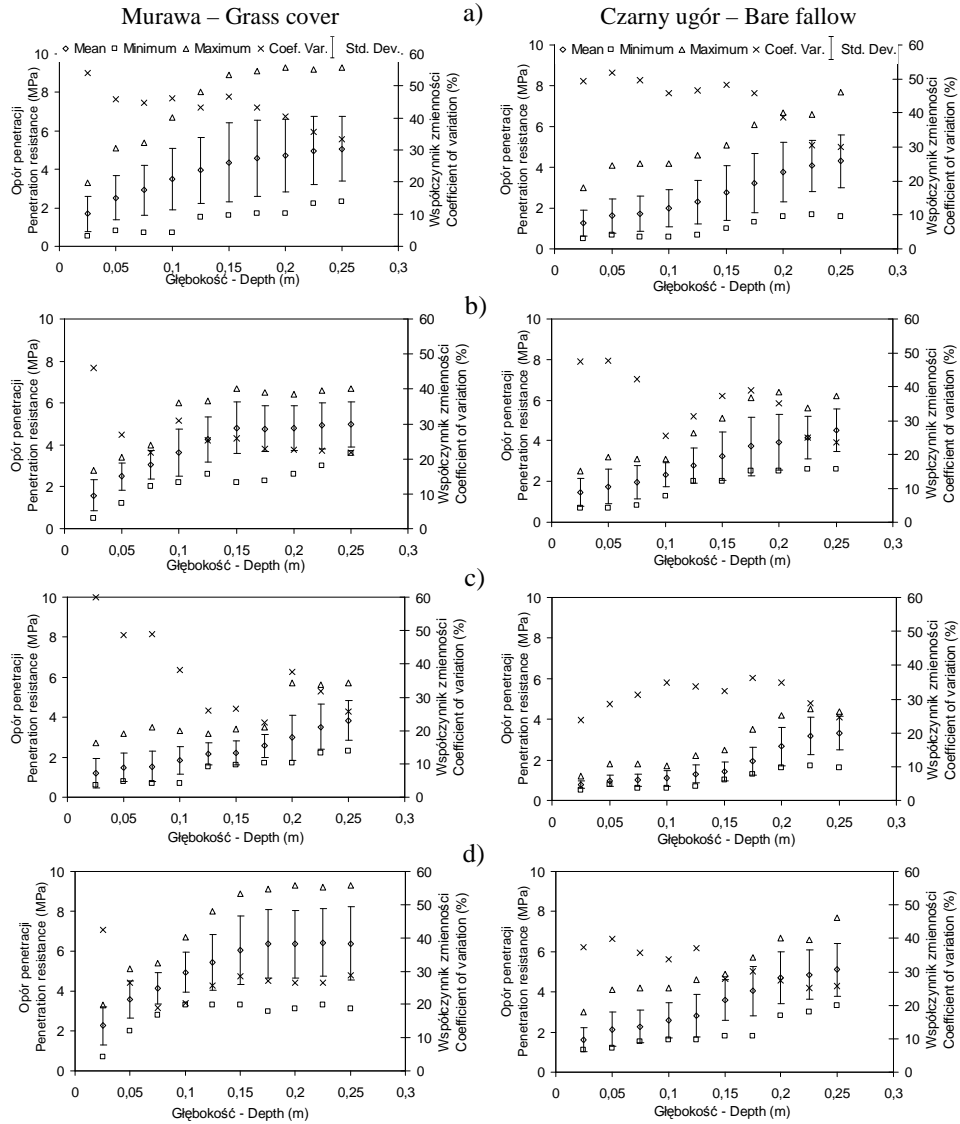
Rozkład oporu penetracji, gęstości i wilgotności gleby w profilu glebowym przedstawiono na rysunkach 3-5. Na tych rysunkach pokazano podstawowe statystyki, tj. wartość średnią, standardowe odchylenie, wartość minimalną i maksymalną, współczynnik zmienności z poszczególnych warstw. Wyniki zestawiono w układzie obiekt z trawą i czarnym ugorzem. Każdy obiekt zawierał wyniki analiz statystycznych dla: wszystkich danych (a), danych ze śladu gąsienicy górnej (b), danych z pomiędzy gąsienic (c) i danych ze śladu gąsienicy dolnej (d).

Mając na uwadze, że szczególnie istotną miarą tendencji centralnej rozkładu jest wartość średnia oraz że jest ona tym bardziej pewna im większa jest liczebność próby, w pierwszej kolejności przeanalizowano parametry statystyczne dla wszystkich danych. Stwierdzono, że opór penetracji gleby w obiekcie z murawą był znacznie większy niż w obiekcie z czarnym ugorzem (rys. 3a). Wzrastał on wraz z głębokością w obu obiektach. Intensywniejszy wzrost obserwowano w obiekcie z murawą do głębokości 15 cm, poniżej tej głębokości był on już nieznaczny. Czarny ugorz wykazywał odwróconą kolejność zmian; nieznaczny wzrost opór penetracji do głębokości 10 cm i znacznie większy poniżej tej głębokości.

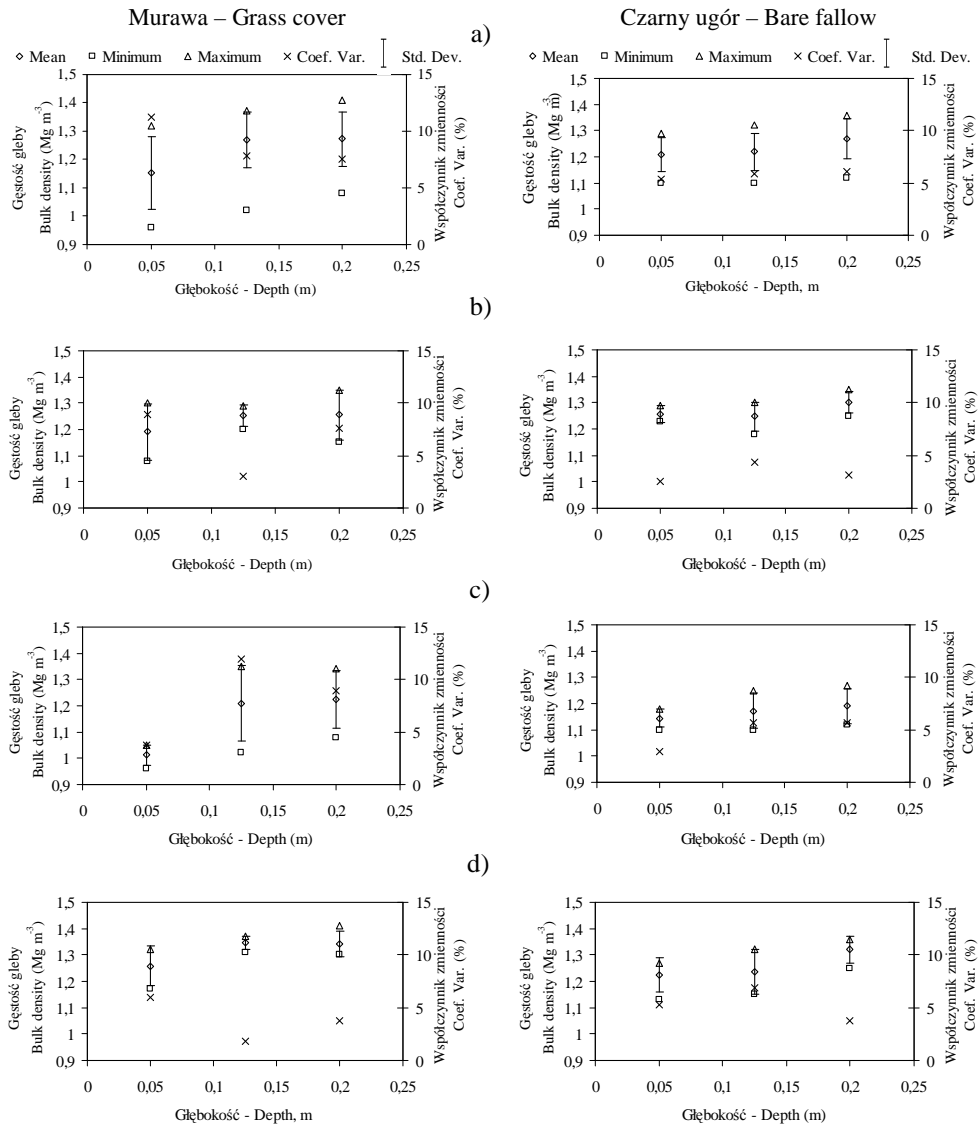
Gęstość gleby wzrastała z głębokością. Nieco większy był wzrost w obiekcie z murawą niż z czarnym ugorzem, natomiast wartości średnie gęstości na obu obiektach nie różniły się wiele (rys. 4a). Wilgotność gleby wzrastała z głębokością w obiekcie z czarnym ugorzem, pod murawą zaś malała (rys. 5a). Większy rozstęp wartości wszystkich badanych cech zaobserwowano na obiekcie porośniętym trawą (rys. 3-5a).

Otrzymane wyniki przebiegów oporu penetracji można opisać w profilu glebowym pod śladem gąsienicy górnej, dolnej i między gąsienicami rodzajami krzywych typu Gaussowskiego i sferycznego (rys. 3b-d) [8]. Typ sferycznej zależności występuje w glebie z czarnym ugorzem i między gąsienicami na murawie. Gaussowski typ wystąpił pod gąsienicami przejazdu ciągnika na obiekcie z trawą. Przejazd ciągnika po czarnym ugorzem spowodował wzrost oporu penetracji pod gąsienicami, większy pod dolną niż górną, został jednak zachowany kształt przebiegu, jaki zaobserwowano między gąsienicami. Przejazd ciągnika po murawie spowodował również różny wzrost oporu penetracji, przy czym zmienił się kształt rozkładu oporu penetracji. Obserwowano intensywny wzrost oporu do głębokości około 15 cm i jego stabilizację na określonym poziomie poniżej tej głębokości (rys. 3b, d). Biorąc pod uwagę rozkład zagęszczenia gleby i rozkład wilgotności w tych samych miejscach gdzie był dokonywany pomiar oporu penetracji można stwierdzić, że decydujący wpływ na taki przebieg oporu penetracji miało zagęszczenie gleby (rys. 4b-d).

OPÓR PENETRACJI GLEBY NA ZBOCZU WINNICY

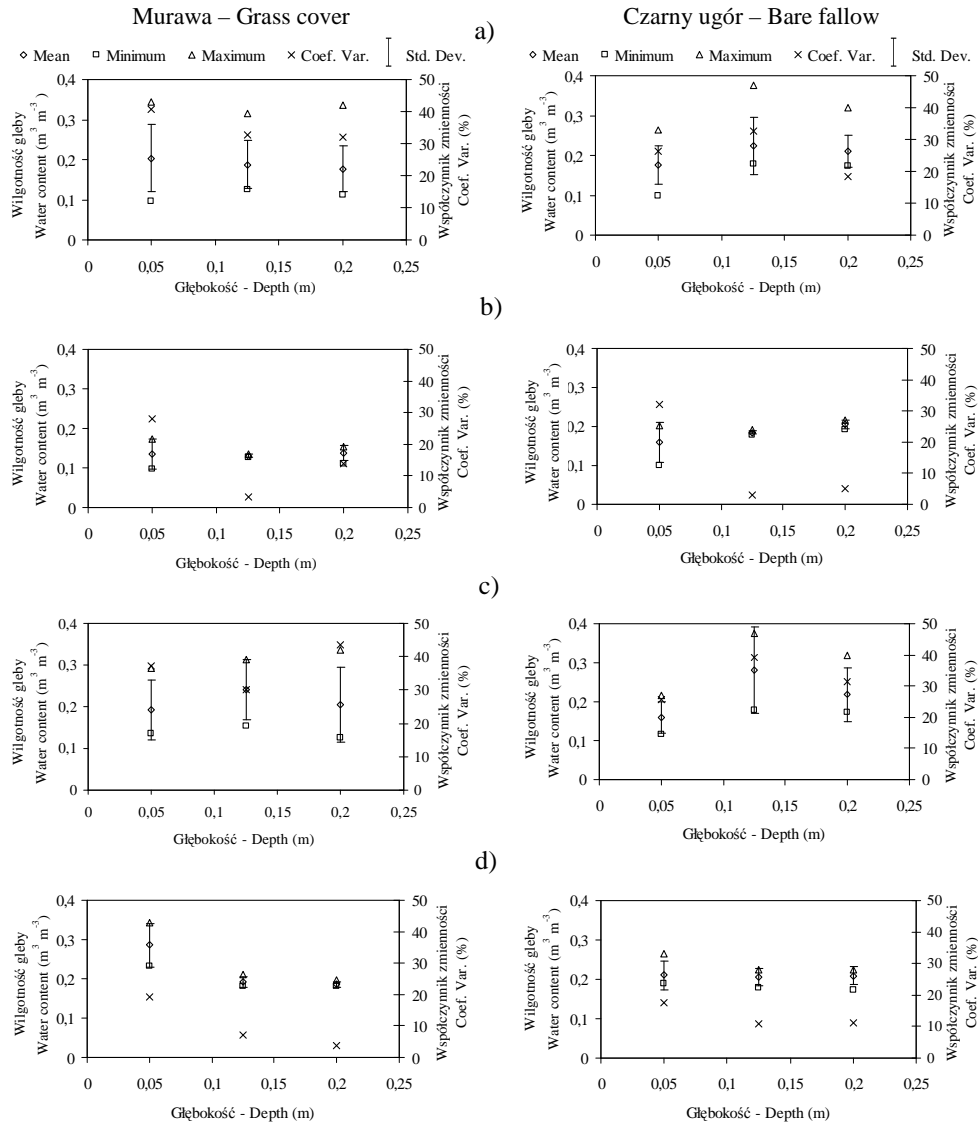


Rys. 3. Opór penetracji gleby w profilu glebowym w obiektach z murawą i czarnym ugorem, a) wszystkie dane, b) dane ze śladu górnego, c) dane z pomiędzy gąsienic, d) dane ze śladu dolnego
Fig. 3. Penetration resistance of soil in soil profile on grass and bare fallow, a) all data, b) data from upper rut, c) inter rut and d) lower rut



Rys. 4. Gęstość gleby w profilu glebowym w obiektach z murawą i czarnym ugiem, a) wszystkie dane, b) dane ze śladu górnego, c) dane z pomiędzy gąsienic, d) dane ze śladu dolnego
Fig. 4. Bulk density of soil in soil profile on grass and bare fallow, a) all data, b) data from upper rut, c) inter rut and d) lower rut

OPÓR PENETRACJI GLEBY NA ZBOCZU WINNICY



Rys. 5. Wilgotność gleby w profilu glebowym w obiektach z murawą i czarnym ugorem, a) wszystkie dane, b) dane ze śladu górnego, c) dane z pomiędzy gąsienic, d) dane ze śladu dolnego
Fig. 5. Water content of soil in soil profile on grass and bare fallow, a) all data, b) data from upper rut, c) inter rut and d) lower rut

Niewielka gęstość gleby na murawie w powierzchniowej warstwie i znacznie większa, ale ustabilizowana w głębszych warstwach ma swe odbicie w rozkładzie oporu penetracji, szczególnie po przejeździe ciągnika. Podobnie można zinterpretować rozkład zagęszczenia na czarnym ugorze, gdzie obserwowano niewielki wzrost zagęszczenia z głębokością (rys. 4b-d). Ten kształt zagęszczenia został zachowany w śladach po przejeździe maszyn, ale stopień zagęszczenia był różny, większy pod dolną gaśienicą. Rozkład wilgotności w profilu glebowym i wzdłuż zbocza, był nieco odmienny (rys. 5b-d). W obiekcie z murawą mniejszą wilgotność obserwowano w górnej części zbocza i jej wzrost w dolnej części. Czarny ugor miał bardziej wyrównaną wilgotność nie tylko w profilu, ale i wzdłuż zbocza. Taki rozkład wilgotności miał prawdopodobnie wpływ na rozkład oporu penetracji gleby w profilu.

Jak istotny wpływ na opór penetracji miał rozkład gęstości i wilgotności gleby w profilu glebowym zostało przedstawione w tabeli 1. Zestawione współczynniki korelacji pomiędzy poszczególnymi zmiennymi wskazują na to, że gęstość gleby, w odróżnieniu od wilgotności gleby, istotnie korelowała z oporem penetracji. Z badań literaturowych [5] wiemy, że wilgotność gleby przy określonym poziomie ma istotny wpływ na opór penetracji. Biorąc pod uwagę stan uwilgotnienia gleby, skład granulometryczny oraz zawartość materii organicznej, można stwierdzić, że głównym czynnikiem determinującym opór penetracji w tym przypadku było zagęszczenie gleby, wilgotność gleby miała drugorzędne znaczenie.

Tabela 1. Współczynniki korelacji oporu penetracji, gęstości i wilgotności gleby na obiekcie z murawą i czarnym ugorze

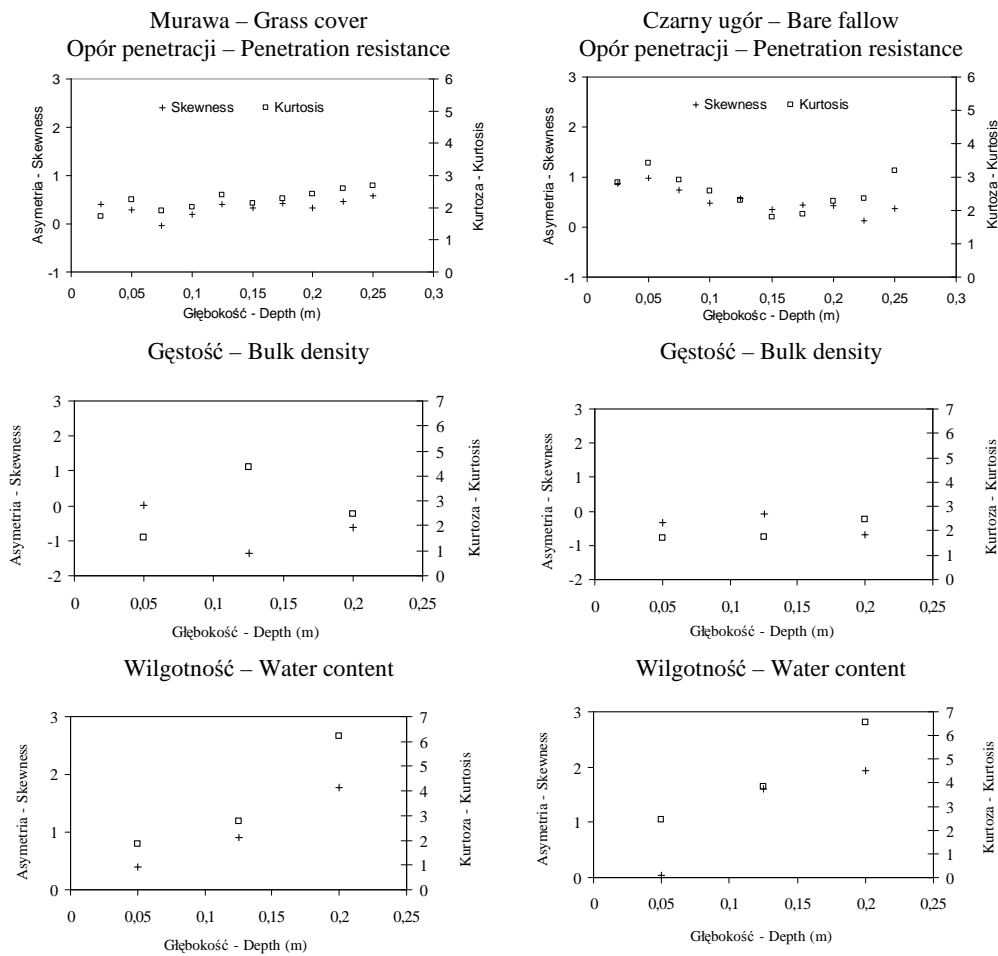
Table 1. Correlation matrix for penetration resistance, bulk density and water content of soil on grass and cultivated field

Oznaczone współczynniki korelacji są istotne (pogrubione) z $p < 0,001$ i $^*p < 0,05$, $N = 108$						
	PR Murawa	PR Ugór	Gęstość Murawa	WC Murawa	Gęstość Ugór	WC Ugór
PR Murawa	1,00	0,72	0,58	-0,06	0,43	0,02
PR Ugór		1,00	0,53	-0,15	0,49	-0,03
Gęstość Murawa			1,00	0,05	0,58	-0,20*
WC Murawa				1,00	-0,14	0,25*
Gęstość Ugór					1,00	-0,08
WC Ugór						1,00

PR – opór penetracji (penetration resistance), WC – wilgotność (water content), Gęstość – Bulk density, Murawa – Grass, Ugór – Bare fallow, N – liczebność (number).

OPÓR PENETRACJI GLEBY NA ZBOCZU WINNICY

Stopień asymetrii rozkładu wokół jego średniej jak i charakterystykę wysmukłości czy płaskości rozkładu badanych cech w porównaniu z rozkładem normalnym (asymetria 0, kurtoza 3) przedstawiono na rysunku 6. Opór penetracji i wilgotność gleby charakteryzowała się prawostronną asymetrią na obu badanych obiektach, lewostronną asymetrią rozkładu zaobserwowano dla gęstości gleby. Największy wzrost asymetrii z głębokością zaobserwowano dla wilgotność gleby. Opór penetracji gleby na obiekcie z trawą wykazywał niewielki dodatni liniowy wzrost asymetria z głębokością, natomiast na czarnym ugorze asymetria z głębokością zmieniała się sinusoidalnie.



Rys. 6. Asymetria i kurtoza oporu penetracji, gęstości i wilgotności gleby w profilu glebowym pod murawą i na czarnym ugorze dla wszystkich danych

Fig. 6. Skewness and kurtosis of penetration resistance, bulk density and water content of soil in soil profile on grass and bare fallow for all data

Gęstość gleby wykazywała tendencję spadkową asymetrii rozkładu z głębokością, nieco mniejszą na czarnym ugorze niż na obiekcie z trawą. Kurtoza wykazywała podobne przebiegi z głębokością jak asymetria rozkładu. Zbliżonymi wartościami kurtozy do rozkładu normalnego charakteryzował się opór penetracji gleby. Rozkład gęstości gleby wykazywał niewielką płaskość, natomiast wilgotność gleby przechodziła z niewielkiej płaskości rozkładu na powierzchni gleby do znacznej wysmukłości na najgłębszym badanym poziomie (kurtoza ponad 6).

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania wykazały, że opór penetracji gleby między rzędami winorośli wzdłuż zbocza był znacznie większy pod śladem gąsienicy ciągnika w niższej części zbocza w porównaniu do tego oporu między śladami i pod śladem w wyższej części zbocza w obiektach z czarnym ugorem i murawą. Opór penetracji i gęstość gleby rosły wraz z głębokością w obu obiektach, przy czym wzrost oporu penetracji w obiekcie z murawą był intensywniejszy do głębokości 15 cm, a w obiekcie z ugorem czarnym – poniżej tej głębokości. W obiekcie z murawą przebieg oporu penetracji w profilu glebowym pod gąsienicami górną i dolną dobrze opisuje krzywa typu Gaussowskiego, a między gąsienicami – krzywa typu sferycznego. Natomiast w obiekcie z ugorem czarnym przebieg ten jest typu sferycznego niezależnie od miejsca w międzyrzędziu. Rozkład oporu penetracji w profilu glebowym był w większym stopniu zależny od rozkładu gęstości niż wilgotności. Wilgotność gleby w profilu glebowym jak też wzdłuż zbocza była bardziej wyrównana w obiekcie z murawą niż z ugorem czarnym. Asymetria rozkładu oporu penetracji wokół średniej zmieniała się sinusoidalnie wraz z głębokością w obiekcie z czarnym ugorem, natomiast w obiekcie z murawą – rosła liniowo.

PIŚMIENNICTWO

1. **Czyż E., Tomaszewska J.:** Changes of aeration conditions and the yield of sugar beet on sandy soil of different density. *Pol. J. Soil Sci.*, XXVI (1), 1-9, 1993.
2. **Ferrero A., Lipiec J.:** Determining the effect of trampling on soils in hillslope – woodlands. *Int. Agrophysics*, 14, 9-16, 2000.
3. **Lipiec J., Hatano R.:** Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. *Geoderma* 116, (issues 1-2), 107-136, 2003.
4. **Lisa L., Parena S., Laura Lisa:** Working times and production cost of grapes in grass covered or tilled vineyards of Piedmont. *GESCO, Proc. 8th Meeting*, 3-5 July 2000, Vairão (Portugal), 325-330, 1995.
5. **Lowery B., Morrison Jr., J.E.:** Soil penetrometers and penetrability. In: Dane, J.H., Topp, G.C. (Eds), *Methods of Soil Analysis Part 4, Physical Methods*. Soil Sci. Soc. of Am. Book Series, vol. 5. Madison, WI, 363-388, 2002.
6. **Van Dijk S.J.E., van Asch Th.W.J.:** Compaction of loamy soils due to tractor traffic in vineyards and orchards and its effect on infiltration in southern France. *Soil and Till. Res.*, 63, 141-153, 2002.

7. **Walczak R., Orłowski R., Pukos A.:** A manual spring penetrometer of soil with a recorder. Polish J. Soil Sci., 2, 87-94, 1973.
8. **Webster R.:** Quantitative Spatial Analysis of Soil in the Field. Advances in Soil Sci., 3, 1-70, 1985.

PENETRATION RESISTANCE OF SOIL IN HILLSLOPE VINEYARD

Bogusław Usowicz¹, Aldo Ferrero², Jerzy Lipiec¹

¹Institute of Agrophysics, Polish Academy Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin

²CNR, Institute for Agricultural and Earth Moving Machines, Turin

Abstract. This study showed that soil penetration resistance between the vine rows along the slope in both bare fallow and grass covered plots was much greater under lower crawler rut than in the inter rut area and under upper crawler rut. In both plots the penetration resistance increased with depth. This increase was more intensive to the depth of 15 cm and below the depth - in the bare fallow. In the grass covered plot the course of penetration resistance in soil profile under upper and lower crawler ruts can be well described by curve of Gauss and under inter-rut area – by spherical type curve. However, this course in bare fallow soil is spherical type in all three places. In both plots, the course of penetration resistance was more influenced by bulk density than water content. The course of water content in both soil profile and along the slope was less variable in grass covered than bare fallow plot. Asymmetry of the penetration resistance distribution around the mean changed sinusoidally with depth under the bare fallow and under grass cover – increased linearly.

Keywords: penetration resistance, bulk density, water content, soil, vineyard, hillslope