

METODA OCENY ZWIĘZŁOŚCI GLEBY W WARSTWIE SIEWNEJ

Zbigniew Kogut, Czesław Pintara

Zakład Mechanizacji Produkcji Roślinnej,

Oddział w Kłudzienku,

Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie

Wstęp

Jakość uprawy gleby w warstwie siewnej, przed wysianiem w nią nasion, charakteryzowana jest wieloma wskaźnikami, w tym m.in. jej spulchnieniem, kruszeniem i zbryleniem [PN-83/R-55000.03]. Wskaźniki te informują o strukturze gleby i są używane w ocenie agrotechnicznej oraz jakości pracy narzędzi uprawowych. Jednakże nie mają zastosowania w ocenie stanu doprawienia gleby w aspekcie wartości oporów elementów roboczych w niej pracujących, np. redlic siewników. Wynika to z braku potwierdzonej korelacji pomiędzy nimi a oporem. Występuje natomiast stwierdzona korelacja między zwięzłością gleby a oporem elementów roboczych w niej pracujących. Wg LEJMANA [1998] zwięzłość gleby jest nawet jednym z najważniejszych czynników – drugim po głębokości, a przed szerokością skrawania determinującym wartość oporów roboczych. Wynika to zapewne bezpośrednio z jej definicji: jest to siła zespalająca ze sobą poszczególne cząsteczki gleby [DROESE i in. 1978]. Innymi słowy, zwięzłość gleby (jednostkowa, bo odniesiona do powierzchni przekroju czujnika pomiarowego) jest miarą oporu, jaki stawia gleba siłom dążącym do jej rozklinowania, rozcinania lub rozgniatania. Wskaźnik ten kumuluje w sobie wpływ wielu zmiennych [PUKOS, WALCZAK 1990], w tym również charakteryzujących środowisko glebowe, np. tarcie wewnętrzne, zawartość wody, przestrzeń porów.

Dotychczas najbardziej rozpowszechnionymi zarówno w Polsce, jak i w Europie metodami pomiaru zwięzłości gleby są metody jednopunktowe [m.in. DECHNIK i in. 1972; WALCZAK i in. 1973; LIPIEC, STĘPNIIEWSKI 1995; BARONE, FAUGNO 1996], stosowane w rolnictwie generalnie w zakresie głębokości 0,1–0,8 m. Wykorzystują najczęściej zwięzłość statyczną, tzn. przy stałej prędkości przesuwu czujnika pomiarowego. Stosowana jest również, aczkolwiek rzadko, zwięzłość dynamiczna, dla której to stałą jest energia czujnika [PUKOS, WALCZAK 1990].

Jednakże zarówno metody te, jak i stosowane w nich zwięzłościomierze nie mają zastosowania do oceny zwięzłości gleby w warstwie siewnej. Wynika to ze znacznie mniejszej, bo od 0 do 120 mm głębokości przeprowadzanych pomiarów. Inna jest też, bardziej zróżnicowana pod względem wartości wiążących sił, struktura gleby.

Próby stosowania mikrozwężłościomierzy do pomiarów zwięzłości w wierzchnich warstwach gleby były prowadzone przez wielu autorów w różnych ośrodkach [TESSIER i in. 1990; TESSIER i in. 1991; CHI, TESSIER 1995; DARMORA, PANDEY 1995]. W szczególności mierzono opór gleby przy wzroście koleoptylu i korzonków roślin, stopień zeskorpupienia gleby oraz stopień jej ugniecenia podczas pracy różnych redlic siewników. Większość z używanych w tych badaniach mikrozwężłościomierzy składała się z jednego mikroczujnika – sondy, a wyniki uzyskiwano poprzez jego wielokrotne zagłębianie. Jedynie TESSIER i in. [1990, 1991] oraz CHI i TESSIER [1995] zastosowali 11-czujnikowy mikrozwężłościomierz. Wykorzystali w nim czujniki rozstawione w linii prostej co 10 mm. Jednakże zastosowana metodyka – rozstaw czujników w linii prostej i to co 10 mm – nie jest najwłaściwsza do zastosowania w ocenie zwięzłości w aspekcie warunków pracy redlic siewników. Punkty pomiarowe powinny być równomiernie rozłożone na powierzchni i w odległości większej niż 10 mm od siebie.

Celem pracy było opracowanie metody i wykonanie przyrządu pomiarowego, umożliwiającego ocenę zwięzłości gleby w warstwie siewnej, w aspekcie warunków pracy redlic siewników.

Zasada pomiarów

W skład aparatury pomiarowej, niezbędnej w tej metodzie oceny zwięzłości gleby, wchodzi:

- wieloczujnikowy mikrozwężłościomierz,
- mikroprocesorowa jednostka centralna sterująco-rejestrująca pomiary.

Pomiary polegają na określeniu statycznego oporu stożkowych sond na rozklinowanie (w funkcji głębokości) równocześnie, w wielu punktach powierzchni pomiarowej. Wykonany w tym celu przyrząd pomiarowy (mikrozwężłościomierz) umożliwia równoczesny pomiar w sześciu punktach. Przyjęto ich rozstaw w kwadratach 25 mm × 25 mm, a minimalną liczbę nie mniejszą niż 12 szt. na powierzchni pomiarowej. Wykonanym mikrozwężłościomierzem uzyskuje się je w dwóch seriach pomiarowych „I” (tj. po dwukrotnym – przesuniętym wzajemnie o 25 mm – wciskaniu w głębę). Badania powtarza się na „k” powierzchniach pomiarowych.

Podczas wykonywania pomiarów, z jednego próbkowania realizowanego w funkcji głębokości sond, uzyskuje się zapis następujących wielkości:

- oporów jednostkowych (po automatycznym przeliczeniu) Z_{ijk} (MPa) pojedynczych sond glebowych, gdzie: i – nr serii ($i = 1-2$), j – nr czujnika ($j = 1-6$), k – nr powierzchni pomiarowej (tj. powtórzenia);
- głębokości sond h_z (mm).

Ocenę zwięzłości gleby w warstwie siewnej scharakteryzowano w funkcji głębokości h_z następującymi wskaźnikami:

- średnią arytmetyczną Z_{srk} (MPa), określającą średnią zwięzłość dla powierzchni pomiarowej;
- odchyleniem standardowym S_{zk} (MPa) dla powierzchni pomiarowej;
- błędem standardowym δ_z (MPa) dla badanego pola, z tym że głównym nośnikiem informacji są miary zmienności zwięzłości: odchylenie standardowe (w ocenie mikropowierzchni) i jego estymacja w postaci błędu standardowego (w ocenie makropowierzchni).

Przyjęto krok podziałowy dla głębokości czujników $\Delta h_z = \pm 5$ mm. Oznacza to, że wskaźniki oceny zwięzłości są określane dla głębokości $h = 5; 15; 25; \dots 150$ mm.

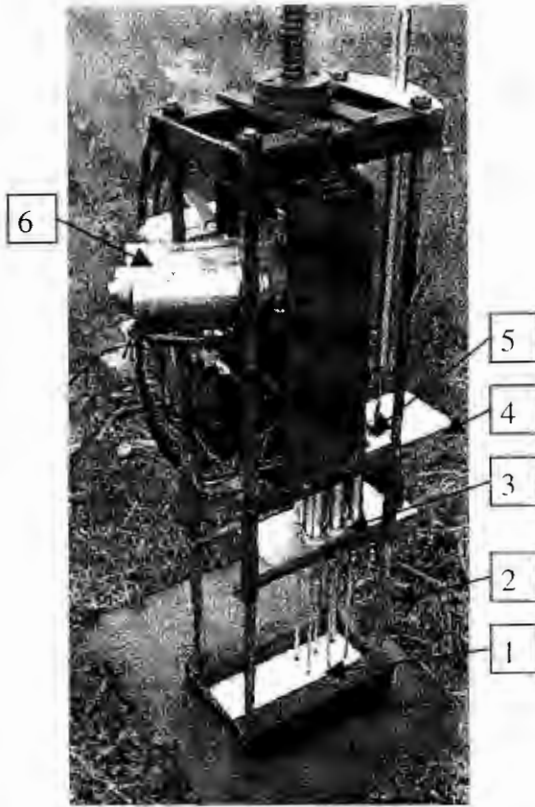
Zasada działania mikrozwężłościomierza

Opracowany i wykonany mikrozwężłościomierz do oceny zwięzłości gleby składa się z dwóch podzespołów: układu czujników pomiarowych i mechanizmu prowadząco-napędowego (rys. 1). Podstawowe jego parametry zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1; Table 1

Podstawowe parametry eksploatacyjno-techniczne mikrozwężłościomierza
The basic operating and technical parameters of a micro-penetrometer
for measuring seed row compaction

Wyszczególnienie parametrów Specification of parameters	Wartości eksploatacyjno-techniczne Operating and technical values
1. Zakres wartości mierzonego oporu Range of measured resistance values	0,2–3,0 MPa (N·mm ⁻²)
2. Zakres głębokości pomiarów oporu Range of depth of resistance measurements	10–150 mm
3. Liczba czujników pomiarowych Number of sensors	$j_{\max} = 6$
4. Liczba punktów pomiarowych na powierzchni Number of measuring points on the measuring surface	$i_{\max} \times j_{\max} = 12$
5. Rozstaw czujników; Spacing of sensors	25 mm × 25 mm
6. Wymiary pojedynczego czujnika Dimensions of a single sensor	stożek o kącie 60 deg i średnicy 6 mm; cone with angle of 60 deg and diameter of 6 mm
7. Prędkość liniowa czujników Speed of the single sensor	2 mm·s ⁻¹
8. Maksymalny błąd odczytu zwięzłości jednego czujnika Maximal reading error of soil compaction for the single sensor	$\Delta Z_j \leq 0,022$ MPa (N·mm ⁻²)
9. Maksymalny błąd odczytu głębokości mierzonej zwięzłości Maximal reading error of depth of measured soil compaction	$\Delta h_z \leq 1,5$ mm
10. System pomiaru wartości oporu gleby System of measurement of soil resistance values	sprężyna naciskowa walcowo-śrubowa, sprzężona z transformatorowym przetwornikiem przemieszczeń liniowych; a cylindrico-helical push spring coupled with a transformer transducer of linear displacement
11. Rejestracja danych; Data logging	ciągła w postaci sygnałów analogowych, zapisywanych w kodzie ASCII; continuous as analog signals coded ASCII
12. Zasilanie; Power supply	prąd stały 12 V; DC 12 V



- 1 – zestaw czujników do pomiaru zwięzłości; a set of sensors for soil compaction measurement
 2 – prowadnice mechanizmu napędowego; guides of driving gear
 3 – tuleje przetworników liniowych; a sleeve of a linear transducer
 4 – przesuwne płyty nośne; slidable skid plates
 5 – czujnik do pomiaru głębokości; a sensor for depth measurement
 6 – silnik elektryczny z reduktorem; an electric motor with a reducer

Rys. 1. Widok mikrozwężłościomierza

Fig. 1. A view of a micropenetrometer

Układ czujników pomiarowych. Zadaniem jego jest bezpośredni pomiar oporu gleby na rozklinowanie w sześciu różnych punktach jednocześnie, z równoczesnym wskazaniem głębokości pomiarów. Składa się z sześciu transformatorowych przetworników przemieszczeń liniowych typu PSx5, zamocowanych w oddzielnych tulejach na wspólnych płytach nośnych. Zastosowane przetworniki są modyfikacją wersji seryjnie produkowanych w Polsce. Modyfikacja polega na:

- docisku trzpieni sprężynami specjalnie w tym celu zaprojektowanymi, z uwzględnieniem zakresu mierzonego oporu i wysokiej ich jakości;
- zakończeniu trzpieni stożkami o średnicy 6 mm; celem zminimalizowania tarcia między trzpieniami a glebą zastosowano średnicę trzpieni mniejszą o 2 mm od średnicy stożków.

Sześć jednakowych przesuwnych trzpieni porusza się w sześciu cylindrycznych obudowach przetworników. Z jednej (dolnej) strony trzpienie zakończone są stożkami rozklinowującymi glebę, z drugiej zaś strony rdzeniami magnetycznymi. Rdzenie poruszają się w obudowach transformatorów różnicowych. Przesunięcie rdzeni powoduje rozrównowanie transformatorów: na ich wyjściach pojawia się napięcie proporcjonalne do wielkości przesunięcia poszczególnych rdzeni. Na każdym rdzeniu znajduje się w dolnej części cylindrycznej obudowy sprężyna, która stawia opór przesuwaniu rdzenia w stosunku do uzwojeń transformatora. Opór ten jest taki sam co do wartości, jaki stawia gleba zagłębianemu stożkowi. Znając charakterystyki sprężyn w wyniku wzorcowania, automatycznie uzyskujemy przeliczenie (w mikroprocesorowej jednostce sterująco-rejestrującej) mierzonej w rzeczywistości analogowej wartości napięcia U_z (mV) na wartości występującego w glebie oporu zagłębiania stożków (w MPa). Uzyskiwane wyniki zapisywane są na dyskietkach komputerowych i analizowane statystycznie dostępnymi programami.

Cylindryczne obudowy przetworników transformatorowych na dolnej zewnętrznej powierzchni mają stożkowe poziome nacięcia. Natomiast tuleje posiadają zatrzaski kulkowo-sprężynowe (o regulowanej sile docisku), unieruchamiające podczas pomiarów przetworniki. W przypadku natrafienia dowolną sondą w glebie na kamień następuje wypięcie obudowy przetworników z zatrzasku i uniesienie całego czujnika w tulei do góry. Takie zamocowanie przetworników stanowi niezależne ich zabezpieczenie przed przeciążeniem i uszkodzeniem.

Do pomiaru głębokości mierzonej zwężłości zastosowano jeden – centralny – transformatorowy przetwornik przemieszczeń liniowych typu PTx200. Wskazuje on położenie układu sześciu stożków w stosunku do mechanizmu prowadząco-napędowego, przy wyskalowaniu zerowego położenia na powierzchni gleby.

Mechanizm prowadząco-napędowy. Zadaniem jego jest wciskanie czujników pomiarowych ze stałą prędkością $2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ w glebę i ich powrót w położenie wyjściowe (zerowe) oraz przestawianie układu czujników z jednego z dwóch położeni „I” (lub więcej w zależności od metodyki badań) w następne położenie. Pierwsza część zadania wynika z techniki pomiaru zwężłości statycznej. Przyjęta wartość prędkości wciskania stożków jest maksymalną prędkością niewpływającą jeszcze istotnie na wyniki oporu rozklinowania gleby. Druga część zadania wynika z zastosowania tylko sześciu sond stożkowych, gdy tymczasem należy przeprowadzić pomiar oporu gleby na dwunastu (lub nawet osiemnastu) punktach jednej powierzchni pomiarowej.

Podsumowanie

Z uzyskanych charakterystyk wzorcowania wynika, że maksymalny błąd pomiarowy odczytu zwężłości dla pojedynczego czujnika wynosi $0,022 \text{ MPa}$. Jest on równy błędowi standardowemu estymacji uzyskanego modelu matematycznego (oddzielnie dla każdego czujnika) zwężłości w funkcji zmian wartości wyjściowego sygnału analogowego. Zawiera w sobie błędy: liniowości, histerezy, powtarzalności i dokładności odczytu, odnoszące się zarówno do ugięcia sprężyny, jak i jej sprężystości.

Maksymalny błąd pomiarowy odczytu głębokości wynosi $1,5 \text{ mm}$ przy wyzerowaniu na -1 mm i wynika głównie z przemieszczenia stożków wraz z ugięciem

sprężyn. Przy wartości odczytu np. 15 mm (odpowiadającej m.in. głębokości siewu nasion rzepaku) powoduje to błąd pomiarowy rzędu 10%. W oparciu o standardową aparaturę badawczą dostępną na rynku krajowym otrzymano stosunkowo prosty i tani miernik do pomiarów zwięzłości gleby w warstwie siewnej, pozwalający uzyskiwać wiarygodne wyniki w założonym zakresie 0,2–3,0 MPa. Najmniejsza dokładność, obarczona 10% błędem, wystąpi przy najmniejszych wartościach założonego przedziału zwięzłości. Przez wymiennosć stożków czujników i sprężyn oraz rozstawu ich zamocowania uzyskano także dużą uniwersalność mikrozwężłościomierza.

Literatura

- BARONE I., FAUGNO S. 1996. *Penetration tests for measurement of soil strength: Assessment of the contribution of shaft friction*. J. Agric. Engng Res. 64: 103–108.
- CHU L., TESSIER S. 1995. *A portable micro-penetrometer for measuring seed row compaction*. Soil & Tillage Research 34: 27–39.
- DARMORA D.P., PANDEY K.P. 1995. *Evaluation of performance of furrow openers of combined seed and fertiliser drills*. Soil & Tillage Research 34: 127–139.
- DECIŃNIK I., GROCHOWICZ M., STAWIŃSKI J., WALCZAK R. 1972. *Soil penetrometer*. Polish J. Soil Sci. 5(2): 103–108.
- DROESE II., DOMAŃSKA H., GAWROŃSKA-KULESZA A., KOWALSKI S., ROSZAK W., ŚMIERZCHAŁSKI L., TRZECKI S. 1978. *Ogólna uprawa roli i roślin*. Materiały pomocnicze do ćwiczeń. Wyd. 3. PWN, Warszawa: 23–29.
- LEJMAN K. 1998. *Czynniki determinujące wartość oporu skrawania gleby*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 454: 97–102.
- LIPIEC J., STEPIŃSKI W. 1995. *Effects of soil compaction and tillage systems on uptake and losses of nutrients*. Soil & Tillage Research 35: 37–52.
- PN-83/R-55000.03. *Metody badań narzędzi i maszyn uprawowych – charakterystyka jakości pracy*. Polska Norma. Maszyny rolnicze.
- PUKOS A., WALCZAK R. 1990. *Methodical aspects of the construction of soil penetrometers as applied to the evaluation of soil compaction*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 388: 149–159.
- TESSIER S., SAXTON K.E., HYDE G.M., PAPENDICK R.I. 1990. *Seed row compaction and crust meter*. Trans. ASAE 33(1): 91–94.
- TESSIER S., SAXTON K.E., PAPENDICK R.I., HYDE G.M. 1991. *Zero-tillage furrow opener effects on seed environment and wheat emergence*. Soil & Tillage Research 21: 347–360.
- WALCZAK R., ORŁOWSKI R., PUKOS A. 1973. *A manual spring-penetrometer of soil with a recorder*. Polish J. Soil Sci. 6(2): 87–94.

Słowa kluczowe: siewniki, metody pomiarów, zwięzłość gleby, czujniki pomiarowe

Streszczenie

Przedstawiono analogową metodę oceny zwięzłości gleby w warstwie siewnej w aspekcie warunków pracy redlic siewników. Metoda oparta jest na określe- niu – w funkcji głębokości h_z – równocześnie w wielu punktach statycznej zwięz- łości gleby za pomocą sond stożkowych. Ocena zwięzłości scharakteryzowano w funkcji głębokości wskaźnikami: średnią arytmetyczną Z_{srk} (MPa) i odchyleniem standardowym S_{zk} (MPa) dla pojedynczej k-tej powierzchni pomiarowej oraz jed- nym błędem standardowym δ_z (MPa) dla wszystkich powierzchni. Do opracowa- nej metody zaprojektowano i wykonano 6-punktowy mikrozwięzłościomierz gle- bowy. Zastosowano czujniki o średnicy 6 mm i kącie 60 deg. Umożliwia on dwus- topniowy pomiar zwięzłości w dwunastu punktach powierzchni pomiarowej przy stałej prędkości przesuwu czujników $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$. Maksymalny błąd pomiarowy od- czytu zwięzłości dla pojedynczego czujnika nie przekracza 0,022 MPa. Zamiesz- czono podstawowe dane eksploatacyjno-techniczne i zasadę działania.

A METHOD OF SOIL COMPACTNESS EVALUATION IN THE SEED ROWS

Zbigniew Kogut, Czesław Pintara

Department of Crop Production Mechanization,
Branch Kłudzienko, Institute for Building, Mechanization
and Electrification of Agriculture, Warszawa

Key words: drills, measuring methods, soil compactness, measuring sensors

Summary

An analog method of the seed row compactness evaluation from the point of view of the operating conditions of furrow openers is presented. The method is based on the determination of static soil compactness as the function of depth h_z by means of cone penetrometers at many points at the same time. The seed row compactness evaluation was defined as a function of depth by means of indexes: the arithmetic mean Z_{srk} (MPa), the standard deviation S_{zk} (MPa) for the single k-th measured surface and a standard error δ_z (MPa) for the whole field. For the method a six-point micro-penetrometer unit was designed and built. As the sensor with 6 mm diameter and an angle of 60 deg was used, the two-stage measurement was possible, at twelve points of measured surface at the constant sensor transport speed of $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$. The maximum measuring error of the soil compactness reading for a single sensor was not over 0.022 MPa. The basic operating and technical data, the principle of operation and the characteristics of the sensor calibration are presented.

Dr inż. Zbigniew Kogut

Zakład Mechanizacji Produkcji Roślinnej

Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa

Oddział w Kłudzienku

05-824 KŁUDZIENKO