

problemy agrofizyki

POLSKA AKADEMIA NAUK • ZAKŁAD AGROFIZYKI



PROBLEMY AGROFIZYKI

26

**METODY BADANIA I WSKAŹNIKI OCENY
AGROFIZYCZNEGO EFEKTU DZIAŁANIA
NARZĘDZI UPRAWOWYCH NA GLEBĘ**

WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSOŁINSKICH
WROCŁAW WARSZAWA KRAKÓW GDAŃSK

PROBLEMY AGROFIZYKI

26

WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

PROBLEMY AGROFIZYKI

26

RYSZARD TURSKI, HENRYK DOMŻAŁ,
ANNA SŁOWIŃSKA-JURKIEWICZ, JAN HODARA

METODY BADANIA I WSKAŹNIKI OCENY AGROFIZYCZNEGO EFEKTU DZIAŁANIA NARZĘDZI UPRAWOWYCH NA GLEBĘ

WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

1977

Komitet Redakcyjny
BOHDAN DOBRZAŃSKI (przewodniczący)
JAN GLIŃSKI, BOGUSŁAW SZOT

36

Okładkę projektował ZYGMUNT ZIEMKA
Redaktor BARBARA SKWARCZYŃSKA

Wykonano z oryginałów tekstowych
dostarczonych przez Zakład Agrofizyki

Wszelkie prawa zastrzeżone. Printed in Poland

Zakład Narodowy im. Ossolińskich — Wydawnictwo, Wrocław 1977.
Nakład: 400 egz. Objętość: ark. wyd. 3,90, ark. druk 5,75. Papier
offsetowy | kl. III, 70 g, 61 x 86. Oddano do druku 20 X 1977.
Druk ukończono w grudniu 1977. Wrocławska Drukarnia Naukowa.
Zam. 437/77 — G-3 Cena zł 22.—

PODSTAWOWE CELE I SYSTEMY UPRAWY GLEBY

Doprowadzenie gleby do optymalnego dla roślin stanu fizycznego jest jednym z podstawowych problemów nauk rolniczych zajmujących się środowiskiem wzrostu roślin (75). Szczególnie obecnie uzyskanie najkorzystniejszych warunków glebowych przy jednocześnie najmniejszych nakładach energetycznych stanowi niezwykle ważny element prawidłowo prowadzonej gospodarki (130). O uzyskaniu odpowiedniego stanu fizycznego gleby, najlepszego dla rozwoju roślin, decyduje uprawa.

Podstawowym celem uprawy jest rozluźnienie gleby zagęszczonej w wyniku osiadania oraz działania kół maszyn i ciągników, niszczenie chwastów i ich nasion, a także wprowadzenie do gleby pozostałych na polu resztek poźniwnych. Rzadziej celem uprawy jest ugniecenie nadmiernie rozluźnionej roli.

Wprowadzenie na pewnym etapie rozwoju cywilizacji uprawy gleby w miejsce systemu bezuprawowego (np. wypaleniskowego) pozwoliło na systematyczne, coraz bardziej intensywne wykorzystywanie tego samego obszaru. Ciągła uprawa gleby wywoływała jednak szereg niekorzystnych zjawisk, jak nasilenie erozji (102) oraz ugniecenie gleby w koleinach (60). Od czasu wynalezienia chemicznych środków ochrony roślin, a zwłaszcza ich produkcji na skalę przemysłową, orka i inne zabiegi uprawne zaczęły odgrywać mniejszą rolę jako czynnik likwidujący zachwaszczenie (43). W nauce i praktyce rolniczej powróciła idea wprowadzenia bezorkowego systemu uprawy.

Zwolennicy systemu „bezuprawowego” twierdzą, że jest on lepszy ze względu na zwiększenie plonów, obniżenie kosztów produkcji, umożliwienie bardziej intensywnego wykorzystania terenu przez zmniejszenie ograniczeń związanych z ochroną gleby przed erozją (134), co może mieć miejsce przy tradycyjnych metodach uprawy, głównie na terenach intensywnie obsiewanych zbożami (30).

Wielu badaczy wysuwa jednak cały szereg zarzutów przeciwko systemowi „bezuprawowemu”, argumentując, że nie jest on uniwersalny i może znaleźć zastosowanie tylko w przypadku gleb strukturalnych w klimacie ciepłym i suchym, a nawet i w takich warunkach może przynieść określone szkody (102,112). Ogólnie można stwierdzić, że aktualnie zarówno system uprawowy jak i bezuprawowy mają swoich zdecydowanych zwolenników i przeciwników (19, 76,90,97).

Wydaje się, że w klimatycznych i glebowych warunkach Europy Środkowej całkowite zrezygnowanie z wykonywania zabiegów agrotechnicznych jest niemożliwe. Prowadzone są jednak liczne doświadczenia mające na celu stwierdzenie, czy istnieje możliwość zmniejszenia liczby stosowanych uprawek, wyeliminowanie niektórych narzędzi, a głównie pługa, mimo, że liczba jego zwolenników nie maleje (27,29,31,109), lub wprowadzenie narzędzi nowego typu (12,26,52,68,79,86,107,131,132,135).

W tradycyjnym zestawie zabiegów uprawowych podstawowe narzędzie stosowane do spulchnienia gleby to pług. Liczni autorzy są przekonani o bezwzględnej konieczności stosowania pługa (27,29, 31,51,109), inni uważają, że może on być z powodzeniem zastąpiony przez inne narzędzia (19,68,91) lub nawet tylko środki chemiczne (30,134).

Duże zapotrzebowanie na siłę uciągu, przy biernych narzędziach

uprawowych typu pług otrzymujących napęd od kół jezdnych, było powodem konstruowania i wprowadzenia do eksploatacji czynnych maszyn uprawowych: obrotowych i drgających (1,47,48,58,91), otrzymujących część energii bezpośrednio z wału odbioru mocy.

Spśród maszyn obrotowych najszersze zastosowanie znalazła glebogryzarka (9), używana w ogrodnictwie oraz bardzo przydatna do uprawy użytków zielonych (136).

Niektórzy badacze za podstawową wadę glebogryzarki uważają powodowanie nadmiernego rozpylenia gleby (109), jednak inni wykazują, że stopień rozdrobnienia można regulować, zmieniając prędkość pracy narzędzia (137). Maszyny drgające, wahadłowe i wibracyjne nie są jeszcze obecnie produkowane i stosowane na szeroką skalę. Prowadzi się jednak z nimi szereg doświadczeń, ponieważ dają one znaczne obniżenie oporu pracy (nawet o 25%). Z drugiej jednak strony ogólne zużycie energii jest duże ze względu na wydatek energii potrzebnej do wytworzenia drgań. Narzędzia drgające w zadowalający sposób przygotowują rolę do siewu lub sadzenia, dobrze krusząc i spulchniając glebę (9).

Grupę narzędzi pośrednią między narzędziami biernymi a czynnymi stanowią tak zwane narzędzia kombinowane, spośród których w Polsce najbardziej znana jest pługofrezarka (9,91,92). Pługofrezarka nadaje się do uprawy wszystkich gleb, z wyjątkiem kamienistych i pozwala na znaczne rozszerzenie przedziału wilgotności w momencie uprawy. Zawartość wody w glebie ma przy zastosowaniu pługofrezarki wiele mniejsze znaczenie niż w przypadku pług (137). Zróżnicowanie rozdrobnienia gleby osiąga się dzięki zmianie szybkości obrotów spulchniaczy, rozdrobnienie jest tym większe, im wyższa jest szybkość obrotów.

Podsumowując można więc stwierdzić, że czynne narzędzia charakteryzują się wieloma pozytywnymi cechami i niewątpliwie stanowią cenną grupę przyszłościowych narzędzi uprawowych. W chwili obecnej nie mogą one zastąpić jednak pługa jako narzędzia uniwersalnego, gdyż (109):

1) są bardzo skomplikowane i bardziej czułe na działanie czynników zewnętrznych niż pług;

2) nie uwzględniają w pełni zasad mechaniki gleby.

Gleboznawcę, niezależnie od stosowanego systemu uprawy i zróżnicowania narzędzi uprawowych, interesuje przede wszystkim stan środowiska glebowego, które powinno zapewnić roślinom optymalne lub zbliżone do nich warunki wzrostu. Stąd też w centrum zainteresowania tej gałęzi wiedzy znajduje się wypracowanie obiektywnych i łatwych do określenia wskaźników oceny jakości uprawy.

WSKAŹNIKI OCENY PRACY NARZĘDZI UPRAWOWYCH

I STANU GLEBY

Podstawowym wskaźnikiem jakościowej oceny roli jest reakcja roślin na stworzone im warunki, objawiające się intensywnością wzrostu i rozwoju, a w ostatecznym efekcie wielkością wydanego plonu. Wskaźnik ten nie określa jednak stanu gleby bezpośrednio po uprawie i jest ponadto uzależniony od całego szeregu czynników, na przykład atmosferycznych, nie może więc być zastosowany jako jedyny do oceny orki lub innego zabiegu agrotechnicznego. Konieczne się staje w takiej sytuacji określenie, które fizyczne właściwości gleby i w jakim stopniu charakteryzują ilościowo i jakościowo efekty działania elementów roboczych narzędzi uprawowych.

Analiza zmian fizycznych właściwości gleby jest niezbędna:

- 1) przy konstruowaniu i testowaniu nowych narzędzi uprawowych,
- 2) przy ocenie jakości wykonania zabiegów uprawowych,
- 3) przy ocenie trwałości agrofizycznego efektu działania narzędzi uprawowych.

Jako najważniejsze fizyczne właściwości, mogące znaleźć zastosowanie przy ocenie stanu gleby, należy uznać:

1. Cechy określające sposób pracy narzędzia:

- a) równomierność głębokości pracy,
- b) równomierność powierzchni pola,
- c) kąt obrotu skiby przy orce,
- d) wskaźnik mieszania.

2. Cechy charakteryzujące zagęszczenie gleby:

- a) ciężar objętościowy,
- b) porowatość ogólną,
- c) wskaźnik spulchnienia.

3. Cechy charakteryzujące budowę gleby:

- a) skład agregatowy ze szczególnym uwzględnieniem zawartości korzystnych rolniczo agregatów,
- b) strukturę porów glebowych,
- c) wskaźnik zbrylenia,
- d) wskaźnik kruszenia,
- e) wskaźnik rozpylenia.

4. Zdolności retencyjne gleby:

- a) połowę pojemność wodną,
- b) potencjalną retencję użyteczną (pol. poj. wodna-punkt trwałego więdnięcia),
- c) efektywną retencję użyteczną (pol. poj. wodna-punkt całkowitego hamowania wzrostu roślin).

5. Właściwości aeracyjne gleby:
 - a) zawartość powietrza przy połowej pojemności wodnej.
6. Właściwości filtracyjne gleby:
 - a) przepuszczalność wodną,
 - b) przepuszczalność powietrzną.
7. Cechy charakteryzujące mechaniczną wytrzymałość gleby:
 - a) zwięźłość - opór rozklinowania.

Wyniki badań wymienionych właściwości charakteryzują w kompleksowy sposób stan fizyczny gleby i pozwalają określić zmiany wywołane działaniem narzędzi uprawowych oraz ich trwałość. Oczywiście, nie zawsze jest konieczne przeprowadzenie badań wszystkich wyżej wymienionych cech, gdyż zależnie od ciężkości gleby i wymagań uprawianych roślin tylko część z nich będzie w istotny sposób kształtowała warunki wegetacji. W jednym przypadku najważniejsze będzie dobre rozkruszenie gleby i wyrównanie jej powierzchni, w innych - głębokie, równomierne spulchnienie warstwy ornej (74).

OGÓLNE ZASADY POBIERANIA PRÓB PRZY OCENIE AGROFIZYCZNEGO EFEKTU UPRAWY GLEBY

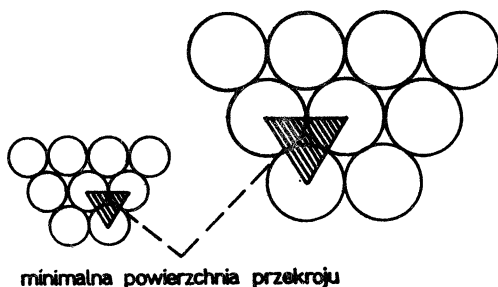
Wszelkie badania agrofizycznych efektów działania narzędzi uprawowych, mimo iż pozornie wydają się proste, są w realizacji bardzo trudne ze względu na niejednorodność masy glebowej, zwłaszcza bezpośrednio po wykonaniu zabiegów agrotechnicznych. W świeżo zaoranej glebie w poprzecznym przekroju skiby istnieją miejsca, w których skupia się masa glebowa niewiele zniszczona w porównaniu z calizną pola, miejsca o nowo powstałym, pulchnym układzie cząstek i agregatów oraz duże, puste przestrzenie. Stopień niejednorodności warstwy ornej po uprawie nie zawsze

jest taki sam, lecz zależy od właściwości gleby i jej stanu w momencie uprawy oraz parametrów konstrukcyjnych narzędzia.

Podstawowe trudności w badaniach agrofizycznych efektów pracy narzędzi uprawowych polegają na pobraniu prób reprezentatywnych dla analizowanej warstwy gleby. Uzyskanie wyników pozwalających na określenie średnich wartości analizowanych cech jest możliwe po spełnieniu następujących warunków: 1) musi być odpowiednia objętość prób glebowych, 2) musi być odpowiednia liczba prób. W wielu przypadkach trudno określić, jakiej wielkości próba powinna być wzięta do badań. Trudności zachodzące przy pobieraniu prób ilustruje doskonale cytata z pracy Kuipersa, van Ouwerkerka i Poesse (74): „Pole po orce tworzy fascynujący obraz równoległych skib, ułożonych niemal w matematycznym porządku. Pozornie przeszło ze stanu heterogenicznego w stan homogeniczny. Jednak biedny fizyk-gleboznawca, który zamierza przeprowadzić standardowe oznaczenia porowatości gleby za pomocą cylindrów o objętości 100 cm^3 , jest znacznie mniej zachwycony. Musi rozstrzygnąć problem, gdzie pobierać próby: w bruzdzie, czy na wierzchu skiby. Prawdopodobnie miejsce najłatwiejsze jest najlepsze, pobiera więc próby z dużych przestrzeni między skibami i wraca do domu z pustymi cylindrami, aby się zastanawiać, jak mierzyć w tych warunkach porowatość gleby. Z pewnością odkryje, że scharakteryzowanie jednorodności gleby jest naprawdę trudnym problemem”. Wybór właściwej objętości pobieranej próby jest zatem ściśle uzależniony od jednorodności budowy gleby, określonej przez cytowanych wyżej autorów jako najmniejsza objętość lub powierzchnia, która dobrze reprezentuje całość.

Teoretycznie należy sądzić, że im większa próba, tym lepiej oddaje ona średni stan gleby. Zależność pomiędzy wielkością

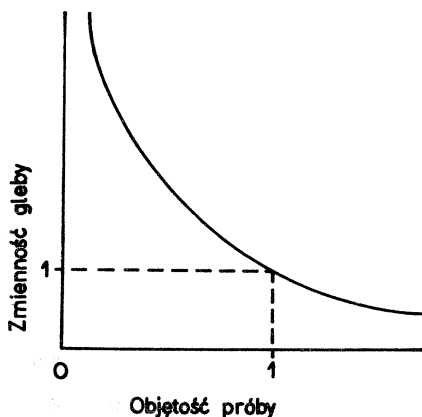
a) regatów i brył gleby a minimalną, reprezentatywną powierzchnią przekroju ukazuje schematycznie ryc. 1. Im mniejsza jest średnica bryłek i agregatów, tym gleba jest bardziej jednorodna i tym



Ryc. 1. Schematyczne przedstawienie minimalnej reprezentatywnej powierzchni przekroju agregatów glebowych o różnych wymiarach według Kuipersa, van Ouwerkerka i Poessego (74)

mniejsza objętość próby może być uznana za reprezentatywną dla całości. Jeżeli zmienność gleby się zwiększa, wzrasta jednocześnie objętość próby charakteryzującej dostatecznie glebę jako całość (ryc. 2). Jednakże pobieranie i analiza dużych prób stwarzają trudności techniczne, a ponadto próby takie nie pozwalają na ocenę zmienności badanej cechy. Pobieranie mniejszych prób jest znacznie łatwiejsze w realizacji i jednocześnie pozwala na określenie analizowanych właściwości w różnych punktach warstwy ornej, przez co możliwe jest scharakteryzowanie niejednorodności jej budowy. Niewątpliwie zaletą pobrania większej ilości mniejszych prób jest możliwość zastosowania przy analizie otrzymanych wyników metod statystycznych i obliczenia przy normalnym rozkładzie zmiennej, wartości odchylenia standardowego, będącego miarą zróżnicowania fizycznego stanu gleby. Jak istotną informację może dostarczyć obliczenie odchylenia standardowego świad-

czy przykład podany przez Kuipersa i współautorów (74). Oznaczono porowatość gleby na polu buraków cukrowych bezpośrednio przed zbiorem i po zbiorze. Średnia porowatość ogólna gleby przed zbiorem wynosiła 46,9%, a po zbiorze 47,0%, różnica była więc minimalna. W pierwszym przypadku odchylenie standardowe wynosiło 1,3% w drugim - 2,2%. Wzrost odchylenia standardowego jest związany



Ryc. 2. Schematyczne przedstawienie zależności między zmiennością gleby a objętością próby według Kuipersa, van Ouwerkerka i Poessego (74)

ze zmniejszeniem jednorodności gleby na skutek częściowego zagęszczenia podczas przejazdu i częściowego rozluźnienia podczas wyciągania korzeni buraków. Te bardzo ważne zmiany stanu gleby nie są możliwe do określenia na podstawie obliczenia średniej porowatości ogólnej, lecz o ich istnieniu świadczy bardzo wyraźne zwiększenie odchylenia standardowego.

Liczba pobranych prób jest również problemem trudnym do rozwiązania. Oczywiście, pobranie bardzo dużej liczby prób jest

z wielu względów korzystne, gdyż pozwala na wykonywanie obliczeń statystycznych. Kuipers, van Ouwerkerk i Poesse twierdzą nawet, że „należy pobrać więcej prób niż można sobie na to pozwolić”. Często jednak ze względów technicznych pobieranie dużej liczby prób jest niemożliwe do wykonania i trzeba ograniczyć się do statystycznie minimalnej liczby prób, pozwalającej na wyciąganie prawidłowych wniosków. W dalszej części niniejszego opracowania zostaną podane normy i dane literaturowe dotyczące wielkości i liczebności prób pobieranych w celu określenia agrofizycznych efektów pracy narzędzi.

Jak ważne jest prawidłowe pobieranie prób świadczy zestawienie źródeł błędów w analizach fizycznych właściwości gleby, podane w *Untersuchungsmethoden des Bodenstrukturzustandes* (124). Przyczyny błędu dzielią autorzy na trzy podstawowe grupy:

1. Spowodowane zmiennością obiektu:

- a) zmienność glebowa, która w pewnym stopniu występuje zawsze, a która często jest bardzo duża;
- b) zmienność wywołana działaniem człowieka podczas uprawy;
- c) zmienność wilgotności, która bezpośrednio lub pośrednio (np. przez wpływ nafauny glebową) oddziałuje na jakość pobieranej gleby.

2. Spowodowane nieodpowiednim pobraniem próby:

- a) za mała liczba powtórzeń;
- b) pobieranie prób z gleby użytkowanej pod różnymi roślinami.

3. Spowodowane nieodpowiednimi przyrządami do pobierania prób:

- a) niedokładna objętość próby;
- b) zniszczenie struktury gleby.

W pracach metodycznych dotyczących źródeł błędów w analizie gleby stwierdzono, że błąd wynikający z nieodpowiedniego pobrania próby może wynosić 84% całkowitego oznaczenia.

METODY I NORMY DOTYCZĄCE TESTOWANIA RÓŻNYCH GRUP NARZĘDZI UPRAWOWYCH

Podstawą do oceny narzędzi i efektów przeprowadzanych zabiegów uprawowych są badania agrofizycznego stanu gleby i rejestrowanie zmian zachodzących w glebie pod wpływem elementów roboczych narzędzi rolniczych. Według systemu Maszyn Rolniczych i Leśnych (1972 r.) w Polsce znajduje się w użyciu 19 grup, w tym 70 wersji różnych typów narzędzi do uprawy gleby (113). Badaniami w zakresie oceny pracy narzędzi zajmują się Zakłady Oceny Sprzętu Rolniczego w oparciu o różnego rodzaju metodyki lub o normy i opracowania zakładowe producenta. Często zbliżone oddziaływanie maszyn i narzędzi mierzy się różnymi metodami, co utrudnia porównywanie wyników (tab. 1). Przyjęte metodyki badań narzędzi uprawowych zawierają:

- 1) ogólną charakterystykę warunków badań i wskazania odnoszące się do pobierania prób w celu oznaczania wilgotności i składu mechanicznego gleby;
- 2) sposoby pomiaru parametrów technicznych i eksploatacyjnych;
- 3) sposoby pomiaru parametrów jakości pracy narzędzi.

Charakterystyka warunków testowania narzędzi

Badania pługów należy wykonywać na glebie mało ugniecionej (ściernisko), bez skupisk luźnej słomy, na terenie płaskim oraz na skłonach do 6° (pługi obracalne na skłonach do 12°), przy prędkości 3 km/h (pługi konne); 5 km/h (ciągnikowe); 5,7, 9 km/h (do szybkiej orki) (57).

Metodyki badań bron zalecają dokonywać oceny jakości pracy bron nie obciążonych, obciążonych częściowo oraz obciążonych maksymalnie według instrukcji. Jakość pracy brony talerzowej określa się w terenie płaskim: $0-5^{\circ}$ i na zboczu: $5-12^{\circ}$ (8) lub na zboczach o skłonach $4-6^{\circ}$; $7-9^{\circ}$ i $11-13^{\circ}$ (81). Każda próba powinna być wykonana przy dwóch prędkościach jazdy ciągnika na trzech glebach o różnej ciężkości (lekka o oporze $20-40 \text{ kg/dcm}^2$, średnia - $40-70 \text{ kg/dcm}^2$ i ciężka - $70-110 \text{ kg/dcm}^2$). Ponadto należy określić wysokość ścierniska, gatunek uprawianej rośliny, stan zachwaszczenia, rodzaj chwastów, ewentualnie zawartość szkieletu (kamieni) w glebie (81). W cytowanych zaleceniach nie określono sposobu oznaczenia oporu gleby ani wilgotności, przy której należy to oznaczenie wykonać. Przedstawione metodyki zalecają ponadto scharakteryzowanie gleby na podstawie opisu odkrywki do głębokości 150 cm (81) lub pobrania z trzech punktów odcinka pomiarowego z głębokości 10 cm prób w trzech powtórzeniach do określenia składu mechanicznego i zawartości próchnicy (8). Próby do oznaczania wilgotności należy pobierać przynajmniej raz dziennie z głębokości 5-8 cm (81) lub 10 cm (8). Przy zmiennej pogodzie należy pobierać próby dwa lub trzy razy dziennie (8). Metodyka badań bron talerzowych (81) nakazuje przy dużych zmianach wilgotności przerwać badania.

Podobne zalecenia w odniesieniu do warunków badań i pobierania prób w celu oznaczenia wilgotności i składu mechanicznego podają metodyki badań innych narzędzi uprawowych (38,39,56,58,65,82,88). Według metodyki badań obsypnika kombinowanego (65), próby do określenia wilgotności należy pobierać łaską Egnera z głębokości 25 cm w odstępach tygodniowych, zaś zwięzłość określać sondą dynamiczną w 20 powtórzeniach. Inne metodyki na-

kazują określać wilgotność w warstwach; 0-10, 10-20 i 20-30 cm w 3 powtórzeniach (58); w warstwie 0-5 cm (88) lub 0-10 cm (38). W zależności od rodzaju narzędzia metodyki zalecają ponadto określić szerokość międzyrzędzi, wysokość roślin, odstępy między roślinami, odchylenie od linii osiowej i in.

Jak wynika z cytowanych metodyk, zalecają one różne sposoby pobierania prób do charakterystyki właściwości gleby. Brak jest w nich ponadto określenia stanu wilgotności, w którym należałoby prowadzić badania, aby ich wyniki były porównywalne.

W całościowej charakterystyce pracy narzędzi ważne jest określenie parametrów technicznych i eksploatacyjnych, do których należą m.in. wydajność, koszty napraw, czas eksploatacji, potrzebna siła uciągu, opór narzędzia, trwałość elementów roboczych itd. Z punktu widzenia uprawy roli najważniejsza jest wysoka jakość pracy tych narzędzi, polegająca na doprowadzeniu gleby do odpowiedniego dla wzrostu i rozwoju roślin stanu agrofizycznego.

Zakłady Oceny Sprzętu Rolniczego testują narzędzia i oceniają ich jakość na podstawie Systemu Maszyn Rolniczych i Leśnych (113). Karty Wymagań SMRiL zawierają liczbowe wskaźniki jakości pracy (techniczne, eksploatacyjne), a oprócz tego bardzo ogólną charakterystykę miejsca pracy i obrabianej gleby, na której te narzędzia winny być oceniane. Takie ogólne dane powodują, że efekty pracy maszyn i narzędzi rolniczych na różnych glebach i przy różnych wilgotnościach odnoszone są do tych samych wskaźników i na tej podstawie oceniane. Ponadto nowe maszyny i narzędzia są testowane i wprowadzane do eksploatacji, zanim jeszcze w nowym wydaniu Krajowego Systemu Maszyn ukażą się nowe wskaźniki do ich oceny.

Wszystko to dowodzi, że istnieje potrzeba opracowania takich wskaźników jakości pracy, do których można by odnosić wyniki badań narzędzi pracujących na różnych glebach i przy różnych wilgotnościach. Zachodzi również konieczność ujednolicenia metod pomiarów podstawowych parametrów.

Ocena jakości pracy narzędzi uprawowych

Ocenę jakości pracy narzędzi uprawowych wstępnie przeprowadza się na podstawie oględzin. Niedopuszczalne są „przepusty”, czyli części pola nie uprawione, nie może być przejazdów maszyn i narzędzi po miejscach uprzednio uprawionych. Pole musi być wyrównane, resztki organiczne dobrze przykryte. Przy pracy pługa i pługofrezarki wszystkie skiby powinny być jednakowo dołożone, tak aby nie można było poznać poszczególnych przejazdów narzędzi.

Przy ocenie prawidłowości pracy narzędzi rolniczych bierze się pod uwagę pewne parametry, które są istotne bez względu na rodzaj narzędzia. Są to: głębokość i szerokość pracy, prostoliniowość i prędkość ruchu.

Głębokość i szerokość pracy, szczególnie zaś ich utrzymanie na jednakowym poziomie, mają bardzo duży wpływ na jakość wykonanego zabiegu agrotechnicznego. Głębokość robocza narzędzia jest to głębokość, na jaką oddziałuje lub winno ono oddziaływać w glebie. Zależy ona od wielu czynników i uwarunkowana jest rodzajem zabiegu. Dla pługa powinna wynosić: 6-8 cm przy podorywce, 15-20 cm przy orce siewnej, 25 cm lub głębiej przy orce przedzimowej. Pługofrezarki, podobnie jak pługi, powinny pracować w glebie na głębokości do 28 cm, glebogryzarki do 20 cm, kultywatory do 15 cm, natomiast inne narzędzia - jak brony, wały, opielacze, spulchniacze, obsypniki - do głębokości ok. 10 cm.

Pomiary głębokości roboczej traktuje się jako ważny wskaźnik prawidłowości pracy narzędzi. Wartość uzyskanych wyników uzależniona jest w znacznym stopniu od sposobu i dokładności pomiaru.

W przypadku pracy pługa głębokość mierzy się najczęściej głębokościomierzem lub linijką od powierzchni pola (calizny) do dna bruzdy, wykonując ponad 40 pomiarów, co najmniej w dwóch przejazdach na czterech działkach o długości przekraczającej 25 m każda (58). Na podstawie tych pomiarów oblicza się głębokość średnią ($a_{\text{śr}}$):

$$a_{\text{śr}} = \frac{\sum a_i}{n}$$

gdzie: a_i - głębokość poszczególnych pomiarów,

n - liczba pomiarów;

a także współczynnik nierównomierności głębokości roboczej (σ_b):

$$\Delta a_i = (a_i - a_{\text{śr}})$$

$$\Delta a_{\text{śr}} = \sqrt{\frac{\sum (\Delta a_i)^2}{n}}$$

$$\sigma_b = \frac{\Delta a_{\text{śr}}}{a_{\text{śr}}} \cdot 100 (\%)$$

Niekiedy głębokość mierzy się dokładniej za pomocą niwelatora lub głębokościomierza rejestrującego (67), wykonując co 0,5 m pomiary na odcinku długości 50 m.

Szerokość pracy narzędzia jest jego cechą konstrukcyjną. Szerokość pracy pługów mierzy się za pomocą linijki, taśmy i innych prostych przyrządów. Po wyregulowaniu pługa i po minimum dwóch przejazdach wbija się kołki równoległe do ścianki bruzdy (10 koł-

ków na jednej działce o długości 25 m) i mierzy odległości od kołka do ścianki bruzdy przed przejazdem pługa (b_0) i po przejeździe (b_1):

$$b_1 = b_0 - b_1$$

Średnią szerokość i nierównomierność szerokości roboczej oblicza się podobnie jak przy głębokości. Pomiar szerokości i głębokości należy wykonywać mniej więcej w tych samych miejscach (58). Parametry te można również mierzyć za pomocą specjalnego mechaniczno-elektromagnetycznego przyrządu, opracowanego przez Krzemińskiego (69). Jego prototyp został przez autora sprawdzony i pracuje prawidłowo w zakresie głębokości 8-35 cm i stosowanej szerokości pracy pługów zawieszanych. Rozbieżność parametrów orki określanych ręcznie i przyrządem, wynosząca $\pm 5\%$, wskazuje, według autora, na dostateczną dokładność przyrządu. Niestety, przyrząd ten nie jest powszechnie używany przy ocenie pracy pługa.

Badania głębokości pracy innych narzędzi prowadzi się, podobnie jak pługa, za pomocą tych samych przyrządów.

Pomiar głębokości pracy bron talerzowych na terenach płaskich przeprowadza się na odcinku 100 m co 1 m i określa średnią arytmetyczną, natomiast szerokość bronowania na tym samym odcinku co 5 m (kołki wbija się w odległości 1 m od krawędzi bruzdy i po przejeździe mierzy ich odległość od tej granicy). Z uzyskanych wyników wylicza się średnią (81). Wyznacza się też wskaźniki nierównomierności podłużnej (ostatniego talerza) i nierównomierności poprzecznej (z wykresów profili poprzecznych wyznacza się głębokość pracy poszczególnych talerzy) (8). Na zboczach pomiary tych parametrów wykonuje się na odcinku 50 m. Takie same zasady dotyczą brony-chwastownika i brony Weedera (8).

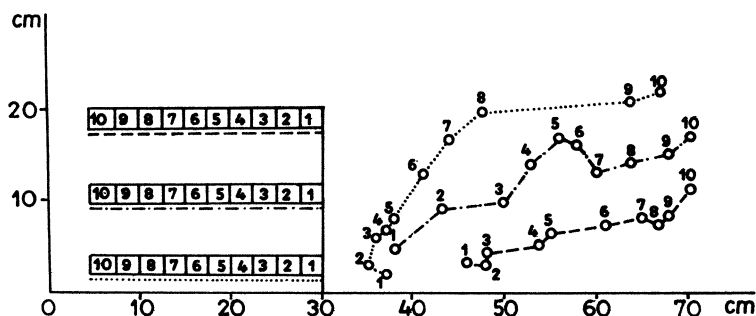
Głębokość pracy glebogryzarki ocenia się na trzech odcinkach po 25 m przy maksymalnej głębokości pracy lub przy głębokości określonego zabiegu (np. podorywka 5-8 m) w odległości około 2 m do końców odcinków pomiarowych, wbijając metalową listwę w spulchnioną glebę (56). Przy narzędziach doprawiających (brony uprawowe, podorywkowe) obowiązuje 20 pomiarów głębokości i szerokości na jednym odcinku pomiarowym w 3 powtórzeniach (82), natomiast przy przerzedzaczach w 5 powtórzeniach. Pomiaru głębokości pracy kultywatorów dokonuje się głębokościomierzem w 20 powtórzeniach na działce o długości 50 m, szerokości zaś - taśmą mierniczą w 10 powtórzeniach na tej samej działce (38). Ocenę głębokości pracy pielników należy wykonywać w 33 powtórzeniach na działce pomiarowej (długość działki uzależniona jest od rodzaju pielnika - np. przy pielniku 3-rzędowym wynosi 30 m, przy 4-rzędowym - 40 m). Długość działki nie może jednak przekraczać 60 m (88). Głębokość pracy należy również ustalić przy pracy walców. Metodyka badań (58) nie podaje jednak sposobu jej określenia.

Inną cechą decydującą o jakości pracy wszystkich narzędzi jest prostoliniowość. Ocenę taką przeprowadza się w prosty sposób, wyznaczając za pomocą sznurka linię, po której prowadzone jest prawe koło ciągnika. Na końcach odcinka pomiarowego wbija się kołki w odległości równej szerokości pracy narzędzi i przeciąga sznurek. Odchyłki od wyznaczonej w ten sposób linii są miarą prostoliniowości. Według metodyki, przy badaniu bron tale-rzowych (81) pomiary te wykonuje się co 1 lub co 5 m (8).

Istotnym parametrem wpływającym na jakość pracy narzędzi jest prędkość ich ruchu. Narzędzie powinno pracować z taką prędkością, na jaką pozwala jego konstrukcja, w innym bowiem wypadku zmieniają się niekorzystnie wskaźniki jakości pracy. Pomiaru

prędkości dokonuje się stoperem, mierząc czas przejazdu na odcinku pomiarowym o długości 20 m (47).

Wspólnym dla wszystkich narzędzi (z wyjątkiem wałów) parametrem jakości pracy jest mieszanie (ryc. 3). Określa się je szczególnie przy pracy pługów, pługofrezarek oraz bron. Jeżeli jednak zabieg agrotechniczny polega przede wszystkim na zmieszaniu z glebą, np. rozsianych na powierzchni nawozów, określa



Ryc. 3. Sposób określania stopnia mieszania gleby przez pług według Feuerleina (28)

się je również przy pracy innych narzędzi. Mieszanie gleby przez narzędzia bada się za pomocą kamyczków o wielkości 2-5 mm (3 kolory). Kamyczki dodaje się do gleby w ilości około 3% w stosunku do suchej masy. Następnie układa się glebę w trzech warstwach, tak aby każda warstwa zawierała kamyczki innego koloru. Grubość tych warstw winna być równa głębokości pracy narzędzia. Badania przeprowadza się w kanale glebowym (32). Efekt mieszania można również określić bezpośrednio w polu. W badaniach działania specjalnych kultywatorów, wg Gruchalskiego (38), do określania mieszania gleby używane są sześciennie kostki o boku 1 cm, ponumerowane i umieszczone w glebie. Podobną metodę oceny mieszania

przedstawia Radomska (91). W glebie wykopuje się kanały długości 5 m, szerokości 2 m i głębokości 0,25 m. W dno kanałów wbija się paliki ze skalą 5 centymetrową i układa warstwy gleby i mielonej cegły lub wapna nawozowego. Przemieszczanie gleby mierzy się również za pomocąznaczonych sześciątów aluminiowych (kostek) o zaokrąglonych krawędziach. Kostki umieszcza się co 5 cm wzdłuż odcinka pomiarowego. Kolejne rzędy kostek leżą o 5 cm głębiej od poprzednich. Ilość poziomych rzędów kostek dostosowana jest do głębokości pracy narzędzia (47). Na podstawie przemieszczenia kamyczków lub cegły, spowodowanego działaniem narzędzia określa się jakość mieszania gleby. Baranowski i Świętochowski (4) podają, że mieszanie gleby, szczególnie przy bronach i kultywatorach, zanalizować można używając wskaźników w postaci aluminiowych granulek, zawierających radioaktywny kobalt Co-60. Wyszukiwanie wskaźników oraz określanie ich współrzędnych wykonuje się w oparciu o pomiary absorpcji promieniowania gamma w glebie. Rid i Süß (94) do określenia mieszania używali radioizotopów. Radioaktywny superfosfat wysiewano na powierzchnię pola 2×1 m.

Effekt mieszania określono radiograficznie (po przejeździe narzędzia zakopywano do gleby klisze, na których po 3 dniach uzyskiwano obraz rozmieszczenia superfosfatu) oraz ilościowo pobierając próbki gleby w odstępach 1-centymetrowych z poszczególnych warstw gleby i mierzono ich aktywność.

Każdy z autorów przedstawionych metod ocenia jakość mieszania gleby na podstawie przyjętych przez siebie kryteriów bądź porównania z innymi narzędziami. Nie ma bowiem odpowiedniego wzorca, uznającego uzyskany efekt mieszania za dobry lub zły.

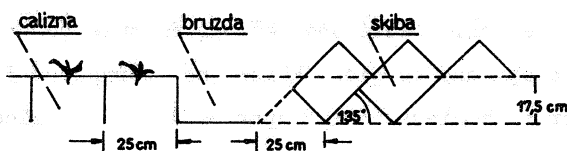
Dokładną analizę przemieszczania cząstek gleby pod wpływem narzędzi rolniczych można przeprowadzać w laboratorium w kanale

glebowym, używając do rejestracji zmian kamery lub aparatu fotograficznego (53,87). Woźniak (133) proponuje użycie kamery również do rejestracji wpływu zagęszczenia na kiełkowanie i wzrost roślin, oddziaływanie opadów na glebę, pomiaru głębokości uprawy i prędkości poruszania się agregatów maszynowych. Badania te można wykonywać za pomocą zdjęć tzw. poklatkowych lub szybkich.

Oceniając pracę narzędzi należy wziąć pod uwagę, oprócz omówionych parametrów, pewne cechy specyficzne, odnoszące się jedynie do niektórych typów narzędzi.

Przy ocenie jakości pracy pługa wykonuje się dodatkowo pomiary: kąta obrotu skiby, odrzutu skiby, wyskibienia, szerokości dna bruzdy, profilu dna bruzdy, profilu i przekroju poprzecznego skiby, drogi zagłębiania się pługa, przykrycia resztek poźniwnych i ścierniska.

Kąt obrotu skiby wyznacza się na profilach poprzecznych skib za pomocą linii prostych wykreślonych drogą interpolacji: wzdłuż linii zetknięcia się przekroju dwóch skib (67) (ryc. 4 i 5).

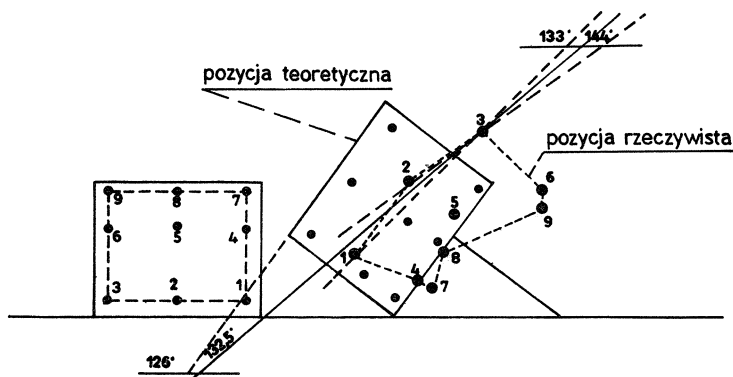


Ryc. 4. Odwracanie skiby podczas orki według Feuerleina (28)

Wyskibienie określa się za pomocą narzędzia składającego się z ekranu z podziałką oraz metalowych prętów, które odwzorowują na ekranie kształt powierzchni dna bruzdy i wyoranych skib (67).

Odrzut skiby mierzy się za pomocą taśmy mierniczej, biorąc pod uwagę odległość najdalej odrzuconych bryłek gleby od ścianki

bruzdy. Do tego celu używa się płótna ($1 \times 0,7$ m) położonego na wyoranych skibach przed przejazdem pomiarowym pługą. Zasięg rozrzutu skiby ocenia się również przez zważenie masy gleby narzuconej na płótna (91). Kuipers, van Ouwerkerk i Poesse (74) pro-



Ryc. 5. Sposób pomiaru kąta obrotu skiby według Feuerleina (28)

ponują do tego celu umieszczenie w glebie, w specjalnie przygotowanych otworach, laseczek z kredy lub innego kruchego materiału. Po przejeździe pługą określa się odległość, na jaką zostały przemieszczone odcięte części wskaźników (ryc. 6).

Szerokość dna bruzdy, profil dna bruzdy, profil i poprzeczny przekrój skiby określa się profilomierzem w dwóch miejscach na działce pomiarowej dla dwóch co najmniej przejazdów pługą. Szerokość dna bruzdy zmierzyć można również zapomocą zwykłej miarki w 10 powtórzeniach na 25-metrowym odcinku pomiarowym (57).

Drogę zagłębiania się pługą należy mierzyć taśmą mierniczą od jego pierwszego śladu do uzyskania pełnej głębokości (7).

Z punktu widzenia agrotechnicznego bardzo ważnym parametrem jest przykrycie ścierniska i resztek poźniwnych. Przed przejaz-

dem pługa z 5 działek pomiarowych, o powierzchni 1 m^2 każda, wycina się żdźbła ścierniska (bez chwastów) i waży. Po przejeździe pługa z innych działek, położonych obok, wycina się widoczne części żdźbeł i również waży. Następnie określa się wskaźnik przykrycia (D).

$$D = \frac{G_o - G}{G_o} \cdot 100 (\%)$$

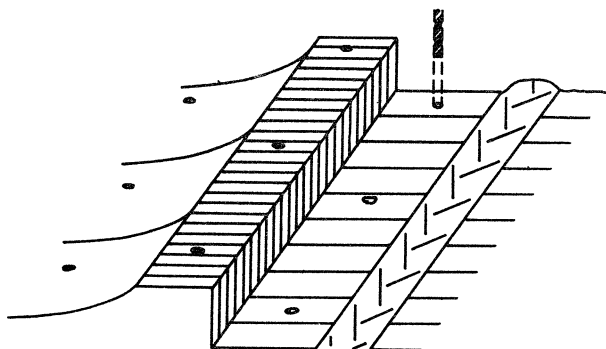
gdzie: G_o - waga żdźbeł przed przejazdem,

G - waga żdźbeł po przejeździe.

Ocenę pracy pługofrezarki przeprowadza się podobnie jak pługa.

Przy ocenie prawidłowości pracy bron talerzowych oprócz głębokości, szerokości, prostoliniowości i mieszania bierze się pod uwagę stopień przykrycia resztek poźniwnych i profil poprzeczny.

Przykrycie resztek (wskaźnik przykrycia) określa się następująco: wzdłuż pasa działania brony na 3 działkach, każda o po-



Ryc. 6. Schematyczne przedstawienie sposobu pomiaru przemieszczania gleby przy orce według Kuipersa, van Ouwerkerka i Poessego (74)

wierzchni 1 m^2 , liczy się osobno źdźbła i chwasty. Po przejeździe roboczym w tych samych miejscach ustala się liczbę źdźbeł i chwastów nie pociętych oraz nie przykrytych, a następnie oblicza wynik w procentach (81).

Jakość pracy bron zębowych można określić dodatkowo na podstawie rozstawienia śladów zębów na szerokości roboczej (ślady zębów na całej szerokości powinny być w takiej samej odległości) i charakterystyki uszkodzeń zbóż oraz niszczenia chwastów. Wyraża się to procentowo metodą liczenia uszkodzonych zbóż i chwastów na jednostce powierzchni.

Prawidłowa praca glebogryzarki polega na dobrym rozdrobieniu gleby i darni oraz właściwym przykryciu resztek poźniwnych.

Rozdrobnienie na gruntach ornych można ustalić przez zbieranie do płachty uprawionej gleby z 1 m^2 , zważenie i przesianie przez sita o wymiarach oczek 70, 50 i 30 mm, a następnie wyliczenie udziału procentowego poszczególnych frakcji. Na łąkach i pastwiskach rozdrobnienie darni określa się podobnie jak poprzednio, przy czym kęsy darni rozdziela się bez specjalnego otrząsania na 2 frakcje (większa i mniejsza od 10 cm), trzecia frakcja to gleba luźna (56).

Przykrycie resztek poźniwnych przez glebogryzarkę ocenia się tak samo jak przy pługu, ewentualnie za pomocą fotografii (56).

Przy ocenie kultywatorów ważnym parametrem jest stopień podcięcia chwastów i przykrycie roślin lub resztek organicznych.

Stopień podcięcia wylicza się ze stosunku liczby podciętych chwastów do ich ogólnej liczby na powierzchni 1 m^2 obrabianej gleby, zaś przykrycie roślin określa się stosunkiem ciężaru porostu nie przykrytego do całkowitego na powierzchni 1 m^2 (38).

Przy ocenie jakości wykonanej pracy narzędzi do upraw między-

rzędowych szczególnie ważne jest określenie: wycinania, uszkodzenia i przysypywania roślin, niszczenia chwastów oraz w przypadku obsypników - profilu poprzecznego redlin.

Uszkodzanie roślin przez obsypniki określa się wizualnie na 10-metrowym odcinku w 5 powtórzeniach, zaś profil poprzeczny - profilografem też w 5 powtórzeniach na tym samym odcinku (65).

Głównym celem pracy pielnika jest jak największe zniszczenie chwastów. Określa się je stosunkiem (88):

$$k = \frac{a_2}{a - a_1} \cdot 100 (\%)$$

gdzie: k - stopień niszczenia chwastów,

a - liczba chwastów przed przejazdem w pasie o szerokości $b - b_1$,

a_1 - liczba chwastów pozostałych na nie uprawionych częściach pasa $b - b_1$,

a_2 - liczba chwastów wyciętych.

Wycinanie, uszkodzanie i przysypywanie roślin przez pielniki ocenia się procentowo jako stosunek ilości uszkodzonych, wyciętych lub przysypywanych roślin do ich ogólnej liczby (88).

Istotnymi wskaźnikami pracy wałów są: głębokość ugniecionej warstwy roli oraz stopień ugniecenia. Stopień ugniecenia charakteryzuje się na podstawie różnicy ciężaru objętościowego warstwy ugniecionej i nie ugniecionej (113).

CECHY CHARAKTERYZUJĄCE ZAGĘSZCZENIE GLEBY

Ciężar objętościowy gleby

Podstawowym wskaźnikiem stanu zagęszczenia gleby jest ciężar objętościowy. Jego wartość oznaczana była w wielu doświadcze-

niach polowych zmierzających do oceny: pracy narzędzi uprawowych (16,54,61), stanu gleby przed i po uprawie (16,17,45,54,61,77, 83,116,118) oraz skutków oddziaływania na glebę kół ciągników, maszyn i narzędzi (15,20,36,37,106,110,123).

Również w doświadczeniach laboratoryjnych mających na celu określenie optymalnych warunków życia i rozwoju roślin oraz zmian zachodzących w glebie na skutek działania obciążeń, ciężar objętościowy jest jednym z najważniejszych wskaźników (103,119). Metody badania ciężaru objętościowego gleby można podzielić na dwie podstawowe grupy:

- 1) metody bezpośrednie,
- 2) metody pośrednie.

Metody bezpośrednie polegają na pobraniu prób gleby o niezniszczonej strukturze i określeniu ciężaru jednostki jej objętości. Najczęściej stosowaną od dawna metodą jest wyznaczanie ciężaru jednostki objętości prób pobieranych do znormalizowanych, metalowych cylindrów, najczęściej o objętości 100 lub 250 cm^3 , rzadziej 500 lub 1000 cm^3 . Sposób ten ma niezaprzeczalne zalety - nie wymaga skomplikowanej aparatury i odznacza się łatwością wykonywania pomiarów. Badania wpływu objętości cylindra na wartości ciężaru objętościowego prowadzili Komornicki i Zasoński (62). Stwierdzili oni, że różnice między wartościami ciężaru objętościowego gleby oznaczonego za pomocą cylindrów 100 i 250 cm^3 są nieistotne (mniejsze od $0,05 \text{ G/cm}^3$) i nie wykazują żadnej tendencji. Autorzy sądzą, że wyniki uzyskane na próbach pobieranych do cylindrów o pojemności 500 lub 1000 cm^3 nie powinny znacznie odbiegać od otrzymanych z cylindrów 100 i 250 cm^3 , a ze względów technicznych cylindry mniejsze są o wiele wygodniejsze.

Ze względu na prosty przebieg i powszechne stosowanie można uznać metodę oznaczania ciężaru objętościowego w cylindrach za standartową. Przy stosowaniu tej metody bezpośrednio po wykonaniu zabiegów uprawowych należy jednak zwracać szczególną uwagę, aby podczas pobierania prób nie zniszczyć aktualnego układu gleby, gdyż wówczas wyniki będą obarczone błędem. Wciskanie cylindra w bardzo pulchną glebę powoduje jej zagęszczanie i w efekcie ciężar objętościowy próby jest większy niż otaczającej próbę gleby.

W literaturze fachowej brak jest prac metodycznych, w których określono by na podstawie badań doświadczalnych minimalną liczbę niezbędnych powtórzeń przy oznaczaniu ciężaru objętościowego w konkretnych warunkach. Należy się spodziewać, że konieczna do wyciągnięcia poprawnych wniosków liczba powtórzeń będzie uzależniona od zmienności ciężaru objętościowego na danym obszarze i powinna być większa w przypadku gleby świeżo zaoranej niż odleżalej. Poszczególni autorzy przyjmowali różną liczbę prób. W cytowanych pracach wynosiła np. 2 (79), 4 (84), 6-10 (194). Komornicki i Zasoński proponują wykonanie oznaczeń w 3-5 powtórzeniach (62). W niektórych badaniach oznaczenia wykonywano w 24 powtórzeniach (115). Ogólnie można stwierdzić, że liczba pobieranych prób musi być określona na podstawie analizy statystycznej rozproszenia badanej cechy (21). Przy badaniach zmian zagęszczenia spowodowanych zabiegami agrotechnicznymi niejednorodność stanu gleby jest bardzo duża. Na pewno liczba oznaczeń, niezbędna do uchwycenia rzeczywistego efektu działania narzędzi uprawowych, powinna być znacznie większa niż stosowana w dotychczasowej praktyce badawczej. Na poparcie tej tezy można przytoczyć fakt, że w badaniach holenderskich dotyczących przyrostu

wysokości warstwy ornej po orce, prowadzonych w celu określenia zmian zagęszczenia gleby, pomiary wykonywane są w 400 powtórzeniach (20 serii pomiarów profilomierzem co 10 cm, w każdej serii 20 pojedynczych wyników (74). W tej sytuacji wydaje się konieczne przeprowadzenie dokładnych metodycznych badań, które pozwoliłyby ustalić minimalną, konieczną liczbę powtórzeń przy oznaczaniu ciężaru objętościowego, w zależności od heterogeniczności gleby.

Do najbardziej znanych pośrednich metod oznaczania ciężaru objętościowego gleby należy zaliczyć:

- 1) metody radiometryczne (23,34,36,40,55,80,95,108),
- 2) metody ultradźwiękowe (41),
- 3) metody rentgenograficzne (35,129).

Spośród tych metod zastosowanie w badaniach gleboznawczych i gruntoznawczych mogą znaleźć przede wszystkim metody radiometryczne. Metody te opierają się na zjawiskach pochłaniania lub rozpraszania promieni gamma przez glebę. Karčzewski i Kowal (55) uważają, że do określania rozkładu zagęszczeń gleby pod kołami pojazdu szczególnie przydatna jest sonda scyntylicyjna, należąca do grupy metod wykorzystujących zjawisko absorpcji promieni gamma.

Metodę opartą na pomiarze rozproszenia promieni gamma wykorzystał praktycznie w polowych doświadczeniach uprawowych Baranowski (5). Używał on gęstościomierza powierzchniowego GP-64 do oznaczenia zmian ciężaru objętościowego gleby piaszczystej i gliniastej w sezonie wegetacyjnym. Jako podstawowe zalety gęstościomierza autor ten wymienia:

- 1) kilkakrotnie skrócony czas wykonywania oznaczeń w porównaniu z metodami tradycyjnymi;
- 2) objęcie jednorazowym pomiarem dość dużej objętości gleby -

około 1000 cm^3 przy zasięgu w głąb 10 cm, co pozwala na 3-krotne zmniejszenie liczby pomiarów w stosunku do metody oznaczania ciężaru objętościowego w cylindrach;

3) możliwość przeprowadzenia pomiarów dowolną ilość razy w tych samych punktach pola, co jest dogodne w badaniach dynamiki zagęszczenia gleby.

Metoda ta jednocześnie posiada szereg wad;

1, Konieczność idealnego wygładzenia powierzchni gleby przylegającej do powierzchni sondy, gdyż w przypadku powstania 10 mm szczeliny błąd pomiaru może dochodzić do 40%. W związku z tym przydatność tej metody do pomiarów zagęszczenia gleby bezpośrednio po wykonaniu zabiegów uprawowych, np. orki, jest bardzo mała, gdyż powierzchnia świeżo zaoranej gleby charakteryzuje się znaczną nierównomiernością.

2. Wyniki uzyskane przy pomocy gęstościomierza charakteryzują ciężar objętościowy chwilowy (ciężar objętościowy gleby wilgotnej), aby zatem otrzymać wartość ciężaru objętościowego gleby suchej konieczne jest wprowadzenie poprawki uwzględniającej zawartość wody.

3. Aparatura do wykonania pomiarów jest bardzo kosztowna i wymaga przy stosowaniu stałego przestrzegania zasad ochrony przed promieniowaniem.

Pomiary ciężaru objętościowego za pomocą metod ultradźwiękowych i rentgenograficznych nie znalazły dotychczas – poza badaniami w warunkach laboratoryjnych – szerszego zastosowania przy charakterystyce zagęszczenia gleby. Nie wydaje się więc prawdopodobne, aby w najbliższej przyszłości metody te mogły być wykorzystywane do badań agrofizycznego efektu działania narzędzi uprawowych.

Porowatość ogólna gleby

Wskaźnikiem charakteryzującym zagęszczenie gleby, obok ciężaru objętościowego, jest porowatość ogólna wyrażana jako procentowy stosunek objętości porów glebowych do całkowitej objętości gleby. Może być ona wyliczona na podstawie wartości ciężaru właściwego γ i objętościowego γ_o gleby ze wzoru:

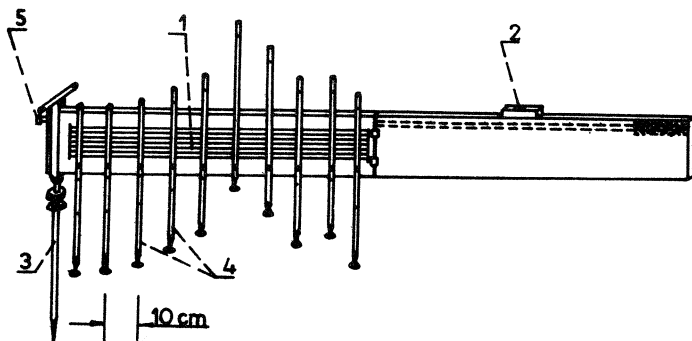
$$P_o = \left(1 - \frac{\gamma_o}{\gamma} \right) \cdot 100\% = \frac{\gamma - \gamma_o}{\gamma} \cdot 100\%$$

Wszystkie metody oznaczania ciężaru objętościowego gleby pozwalają więc na uzyskanie drogą przeliczeń wartości porowatości ogólnej, a uwagi dotyczące zalet i wad poszczególnych metod pomiaru objętościowego odnoszą się w sposób pośredni również i do porowatości.

Ciekawą metodę oznaczania porowatości ogólnej gleby świeżo zaoranej zaproponowali Kuipers i van Ouwerkerk (73). Uważają oni porowatość ogólną za jeden z najważniejszych wskaźników stanu gleby po orce, a jednocześnie zwracają uwagę na trudności w pobieraniu do cylindrów prób bardzo luźnej gleby. Metoda Kuipersa i van Ouwerkerka polega na obliczaniu porowatości ogólnej pulchnej gleby na podstawie przyrostu wysokości warstwy ornej po wykonaniu zabiegów uprawowych. Aby określić porowatość ogólną zaoranej gleby należy:

1) oznaczyć porowatość ogólną gleby przed orką za pomocą prób o zachowanej strukturze, pobranych do cylindrów w dostatecznej liczbie powtórzeń;

2) oznaczyć nierównomierność powierzchni pola przed orką przy użyciu profilomierza (ryc. 7) w 5 miejscach. W każdym miejscu wykonuje się 4 serie pomiarów, po 20 pomiarów w 1 serii. Dokładność odczytu 0,5 cm;

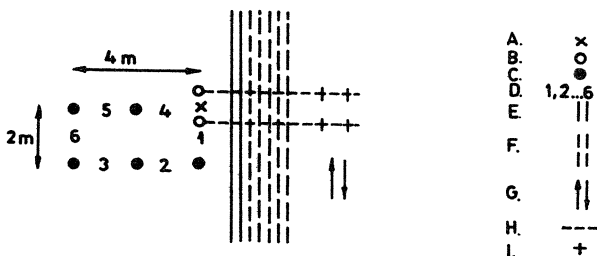


Ryc. 7. Profilomierz Kuipersa (128)

3) określić głębokość orki w 20 miejscach;

4) oznaczyć profilomierzem nierównomierność powierzchni pola po orce w tych samych miejscach, w których wykonywano pomiar przed orką, w takiej samej liczbie powtórzeń (ryc. 8).

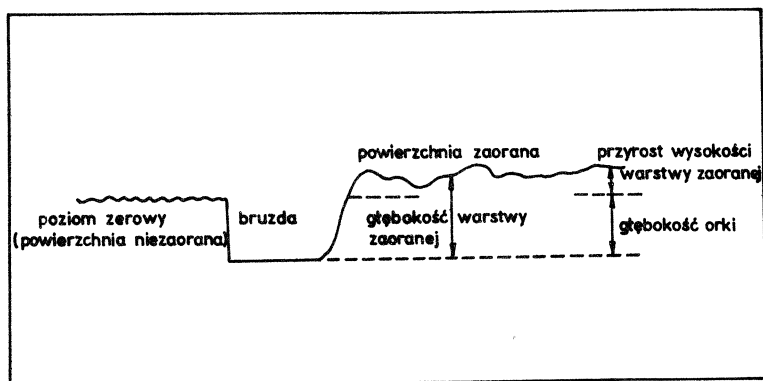
Z każdej serii pomiarów nierównomierności powierzchni pola otrzymuje się 80 pojedynczych wyników. Średnia wartość obliczona



Ryc. 8. Schemat pomiaru nierównomierności powierzchni pola profilomierzem według Kuipersa i van Ouwerkerka (73):

A - drewniany kołek o wysokości 50 cm, B - otwory ze znakami do poziomowania, C - kołki podtrzymujące profilomierz, D - pozycje profilomierza, E - bruzda, F - pola zaorane, G - kierunki orki, H - drut stalowy, I - kołeczki znakujące

z 80 wyników uzyskanych przed orką jest przyjmowana jako wartość zerowa dla każdego miejsca, w którym przeprowadza się pomiar. Średnia wartość dla całego pola obliczona jest na podstawie badań wykonanych w 5 miejscach, stanowi więc średnią z 400 oznaczeń. Średnią głębokość orki wylicza się z pomiarów wykonanych w otwartej bruzdzie. Suma głębokości orki i przyrostu wysokości warstwy ornej, mierzonego w stosunku do poziomu zerowego, równa się głębokości warstwy zaoranej (ryc. 9). Jeśli znana jest porowatość ogólna gleby przed orką, można jej wartość obliczyć dla każdego dowolnego momentu, ponieważ iloczyn procentowej zawartości fazy stałej gleby i głębokości zaoranej warstwy jest wartością stałą.



Ryc. 9. Poprzeczny przekrój przez zaorane pole według Kuipersa i van Ouwerkerka (73)

Przykład obliczenia porowatości ogólnej na podstawie przyrostu wysokości warstwy ornej po orce:

Termin	Głębokość orki	Porowatość ogólna w %	Objętość fazy stałej %
Przed orką	23,8	45,4	54,6

Po wykonaniu orki głębokość warstwy zaoranej zmierzona profilomierzem wynosiła 31,5 cm. Sposób obliczenia:

$$23,8 \text{ cm} \cdot 54,6\% = 1299,48 \quad (\text{wartość stała dla danej głębokości orki})$$

$$1299,48 : 31,5 \text{ cm} = 41,2\% \quad (\text{procentowa objętość fazy stałej po wykonaniu orki})$$

$$100,0\% - 41,2\% = 58,8\% \quad (\text{porowatość ogólna warstwy zaoranej})$$

$$58,8\% - 45,4\% = 13,4\% \quad (\text{przyrost objętości porów spowodowany orką}).$$

Dokładność pomiarów głębokości zaoranej warstwy musi być tym większa, im mniejsza jest głębokość tej warstwy i im mniejsza jest porowatość ogólna gleby.

Do bezpośrednich metod oznaczania porowatości ogólnej gleby można zaliczyć:

1) metodę Nitscha za pomocą piknomietru powietrznego, zmodyfikowaną przez Święcickiego (117);

2) metodę Loebella (128).

Wspólną cechą tych metod jest przeprowadzanie oznaczeń na próbach pobranych do cylindrów o objętości 100 cm^3 (aparaturę przystosowano do prób o tej objętości). Błąd popełniony przy pobieraniu próby będzie więc wpływał na uzyskany wynik, dlatego cylindry muszą być wciskane do gleby bardzo starannie, najlepiej za pomocą odpowiednio skonstruowanych wciskaczy.

Wyniki uzyskane za pomocą bezpośrednich metod pomiaru, poza ewentualnymi błędami wynikającymi z pobierania próbki, mogą być ponadto obciążone błędem spowodowanym zamknięciem niektórych porów glebowych przez koloidalne substancje, na skutek czego powietrze w nich zawarte nie uczestniczy w procesie wyrównywania ciśnień podczas analizy. Wielkość tego efektu nie jest okreś-

lona w literaturze gleboznawczej. Zaletą metod bezpośrednich jest możliwość szybkiego oznaczania aktualnej zawartości powietrza w glebie, co przy znanej wilgotności objętościowej pozwala na wyliczenie porowatości ogólnej. W przypadku prób wysuszonych otrzymuje się oczywiście bezpośrednio wartość porowatości ogólnej gleby. Szczególnie dużą łatwością wykonywania pomiarów charakteryzuje się aparat Loebella w zmodyfikowanej wersji, produkowanej przez IMUZ w Lublinie. Oznaczenia aparatem Loebella powinny być wykonywane w 4-8 powtórzeniach, a aparatem Nitscha w 3-10 (128).

Porowatość ogólną gleby można również określić na podstawie pełnej pojemności wodnej gleby (przy pF 0). Różnice w wartościach porowatości ogólnej, uzyskanych drogą wyliczeń z ciężaru właściwego i objętościowego, oraz metodą całkowitego nasycenia gleby wodą analizował bardzo dokładnie De Leenheer (25). Jak wynika z otrzymanych przez niego wyników, współczynnik korelacji pomiędzy wartością porowatości ogólnej wyliczonej a wartością otrzymaną przy pF 0 wynosi 0,33, jest więc bardzo niski. Średnia wartość porowatości ogólnej wyliczonej uzyskana dla gleb analizowanych przez De Leenheera wynosiła 45,06%, natomiast odpowiadająca pF 0 - 43,08%, co można wyrazić stosunkiem 106 : 100.

W prowadzonych przez autora badaniach obliczanie porowatości ogólnej na podstawie pełnej pojemności wodnej w większej liczbie przypadków pozwalało na stwierdzenie istotnych zależności pomiędzy jej wartością a rzeźbą terenu, pogodą, roślinnością i innymi czynnikami. De Leenheer uważa ponadto, że przy obliczaniu procentowej zawartości grup porów na podstawie krzywej pF bardziej prawidłowe ze względów metodycznych jest przyjmowanie za 100% porowatości ogólnej odpowiadającej pF 0 niż wyliczonej ze wzoru.

Wskaźnik spulchnienia gleby

Na podstawie wartości ciężaru objętościowego, porowatości ogólnej i przyrostu wysokości warstwy ornej można wyliczyć stopień spulchnienia gleby, przyjmując za punkt odniesienia wielkości uzyskane z gleby przed uprawą.

Sposoby obliczania wskaźnika spulchnienia:

$$1) W_S = \frac{\gamma_o - \gamma_{o1}}{\gamma_o} \cdot 100\%$$

gdzie: γ_o - ciężar objętościowy gleby przed uprawą,

γ_{o1} - ciężar objętościowy gleby po uprawie;

$$2) W_S = \frac{P_{o1} - P_o}{P_o} \cdot 100\%$$

gdzie: P_{o1} - porowatość ogólna gleby po uprawie,

P_o - porowatość ogólna gleby przed uprawą;

$$3) W_S = \frac{a_1 - a}{a} \cdot 100\%$$

gdzie: a_1 - głębokość warstwy zaoranej,

a - głębokość orki.

CECHY CHARAKTERYZUJĄCE BUDOWĘ GLEBY

Skład agregatowy, zbrylenie i pokruszenie gleby

Czynnikami decydującymi o strukturze gleby są koloidy mineralne i organiczne, dwuwartościowe kationy wapnia i magnezu, wydzieliny mikroorganizmów i korzeni roślin wyższych oraz przemiaranie gleby w zimie. Również mechaniczna uprawa prowadzona w optymalnym stanie wilgotności (zbliżonym do granicy plastyczności gleby) stanowi jeden z czynników nadających glebie korzystną

rolniczo strukturę - tak zwaną strukturę gruzelkową. Mimo że wpływ zabiegów agrotechnicznych jest stosunkowo krótkotrwały, nie może być jednak pomijany, a niewłaściwie przeprowadzona uprawa może nawet oddziaływać na glebę destruktywnie. Zastosowanie na przykład glebogryzarki na glebieo zbyt niskiej wilgotności prowadzi do nadmiernego, bardzo niekorzystnego rozpylenia gleby (109). Oddziaływanie kół pojazdów i narzędzi rolniczych może również wywierać niszczący wpływ na agregaty strukturalne gleby (171). Z tych względów oznaczanie składu agregatowego i związanej z nim struktury porów glebowych oraz wskaźników zbrylenia, kruszenia i rozpylenia jest konieczne przy charakterystyce wielkości i trwałości agrofizycznego efektu działania narzędzi uprawowych oraz jakości ich pracy.

Metody badania zawartości w glebie korzystnych rolniczo agregatów o $\varnothing$ 15-0,25 mm, a szczególnie o $\varnothing$ 10-1 mm, określenia ich wodoodporności, a także wskaźniki opisujące agregację gleby i trwałość jej elementów zostały bardzo dokładnie omówione w pracy Walczaka i Witkowskiej (126) oraz Bireckiego i współautorów (10). W niniejszym opracowaniu pominiemy więc szczegółowe omówienie najbardziej rozpowszechnionych metod oznaczania składu agregatowego i wodoodporności agregatów. Główny nacisk zostanie natomiast położony na metody pobierania prób służących do oznaczania stanu struktury gleby, gdyż jest to jeden z najważniejszych czynników wpływających na wyniki oznaczeń i formułowane na ich podstawie wnioski.

Pobieranie prób do oznaczeń struktury gleby jest często narażone na błędy wynikające z subiektywnego wyboru miejsca pobrania. Szczególnie po orce, gdy na powierzchni pola znajdują się zarówno duże bryły, jak i gleba dobrze rozdrobniona, pobie-

rájącemu próbę trudno jest podjąć decyzję, w jakich proporcjach i w których punktach pola należy pobierać materiał do oznaczeń. Teoretycznie w takiej sytuacji byłoby najskusniejsze wzięcie dużej ilości gleby z wielu miejsc. Praktycznie jednak możliwości takiego postępowania są ograniczone.

Drugim ważnym czynnikiem wpływającym na wyniki oznaczeń jest możliwie szybkie podsuszenie próby przed transportem i wykonaniem analizy (74). Nie zawsze jednak można wysuszyć próbę w polu i konieczne staje się transportowanie gleby wilgotnej. Jak wiadomo, gleba taka wykazuje niską odporność mechaniczną i bryły łatwo ulegają rozkruszeniu.

W literaturze nie spotyka się wielu opisów metod pobierania prób do oznaczania stanu zagregatowania gleby i stopnia jej kruszenia przez narzędzia uprawowe. Sposoby przedstawione w „Agrofizycznych metodach issledowania poczw” (2) są następujące:

1. Pobieranie próby z bruzdy: Na dnie bruzdy przed przejściem pługa kładzie się folię plastikową lub płótno o wymiarach 1×1 m. Po przejeździe pługa folię z glebą przenosi się na inne miejsce i suszy do stanu powietrznie suchego, a następnie określa zawartość brył i agregatów przesiewając przez zestaw sit.

2. Pobieranie próby i określanie stopnia pokruszenia skiby według norm radzieckich (GOST 2911-54, § 77):

Próby pobiera się po dwukrotnym przejściu pługa w 20 powtórzeniach za pomocą metalowego pojemnika o wymiarach $40 \times 30 \times 30$ cm. Pojemnik wbija się w skibę aż do dna bruzdy, a następnie odcina glebę za pomocą metalowego dna. Glebę usuwa się z pojemnika, waży i rozdziela na frakcje: poniżej 5 cm, 10-15 cm, 15-25 cm i powyżej 25 cm. Poszczególne frakcje brył waży się po rozdzieleniu i policzeniu, po czym oblicza się ich procentową zawartość.

Normy polskie zalecają pobranie próby do badania efektu kruszenia po przejściu narzędzia z powierzchni 1 m^2 , z warstwy gleby o miąższości nieco większej od głębokości pracy narzędzia. Po pobraniu próbę waży się i przesiewa przez sita, wyodrębniając frakcje: powyżej 10 cm, 10-7 cm, 7-5 cm, 5-3 cm i poniżej 3 cm. Następnie oblicza się procentowy udział poszczególnych frakcji lub tylko podaje się ich ciężar. Pomiary należy wykonywać w 6 powtórzeniach (33).

W badaniach mniej dokładnych ocenę stopnia kruszenia można przeprowadzić fotografując na tle obrabianej powierzchni pola przedmiot o znanych wymiarach, np. pudełko zapalek, i porównując jego wielkość z wymiarami brył i agregatów glebowych (8,39,58,82).

Spośród sposobów przygotowywania prób do oznaczania struktury gleby jedną z najwcześniej opisanych jest metoda Puchnera, zmodyfikowana przez Nikołajewa (2). Wykorzystywane jest w niej urządzenie składające się z cylindra o wysokości 1 m, umieszczonego w szerokim, płaskim naczyniu. Cylinder zakończony jest w górnej części koszyczkiem, posiadającym ruchome dno. Dno utrzymywane jest w poziomym położeniu za pomocą zapadki, której naciśnięcie powoduje jego otwarcie. Powietrznie sucha próba gleby o ciężarze 1-2 kg jest umieszczona w koszyczku i po otwarciu jego dna zrzucana na wyscielone gumą dno naczynia. Dopiero po takim przygotowaniu przesiewa się próbę przez zestaw znormalizowanych sit i określa procentową zawartość poszczególnych grup agregatów. Metoda ta może być ponadto wykorzystana do określania wilgotności, przy której następuje najlepsze kruszenie gleby. W tym celu należy przeprowadzić oznaczenie na próbach tej samej gleby, ale o zróżnicowanej wilgotności, w przedziale poniżej połowej pojemności wodnej.

Ważnym parametrem określającym jakość pracy narzędzi uprawowych jest zbrylenie powierzchni pola. Nadmierna ilość brył utrudnia pracę narzędzi pielęgnacyjnych i służących do zbioru. Zbrylenie można wyrazić liczbowo jako procent sumarycznej powierzchni brył o wymiarach powyżej 5 cm w stosunku do powierzchni, na której wykonywany był pomiar. Norma radziecka GOST 2911-54 § 82 (2), zaleca stosowanie ramki o wymiarach 1×1 m, którą losowo układa się na uprawianej glebie. Następnie mierzy się długość i szerokość brył o wymiarach powyżej 5 cm znajdujących się wewnątrz ramki (z dokładnością do 1 cm) i oblicza ich sumaryczną powierzchnię. Badania należy wykonywać w 20 powtórzeniach.

Dokładniejszą metodą oceny zbrylenia jest fotografowanie (127). Na glebę nakłada się ramkę o wymiarach 50 x 50 cm, pomalowaną w pasy białe i czarne o szerokości 5 cm. Powierzchnię gleby fotografuje się celując obiektywem dokładnie w środek ramki. Na poletkach o powierzchni 100-200 m² należy wykonać 8-10 zdjęć. Wywoływany film rzutuje się na papier milimetrowy i obrysowuje zarys brył w ramce. Suma powierzchni wszystkich brył określa wielkość zbrylenia. Można ją również wyrazić w procentach.

Struktura porów glebowych

Struktura porów glebowych (porowatość dyferencjalna) jest ściśle powiązana z budową gleby. Upraszczając można stwierdzić, że w glebach strukturalnych występują zarówno pory o większych średnicach - międzyagregatowe, jak i pory o średnicach mniejszych - wewnątrzagregatowe. W glebach niestukturalnych dominują natomiast poszczególne grupy porów, których średnice wynikają ze składu granulometrycznego gleby. Poznanie porowatości

dyferencjalnej daje bardzo dobrą informację o budowie gleby, a szczególnie o przestrzennym rozmieszczeniu cząstek fazy stałej. Na podstawie rozkładu porów w glebie można ocenić różne ważne z punktu agrotechnicznego właściwości gleby (np. przepuszczalność powietrzną i wodną) oraz stan struktury gleby. Istnieją trzy grupy metod określania struktury porów glebowych:

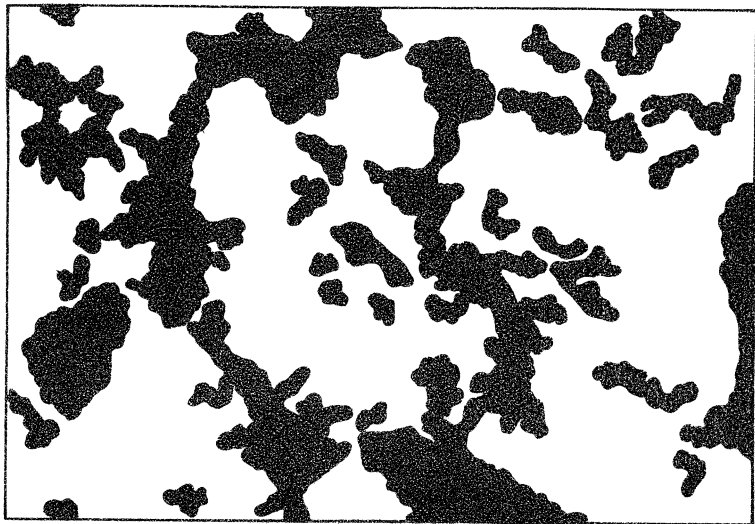
1) analiza szlifów glebowych (2,70,124);

2) określanie zawartości grup porów na podstawie krzywej odwodnienia gleby (121);

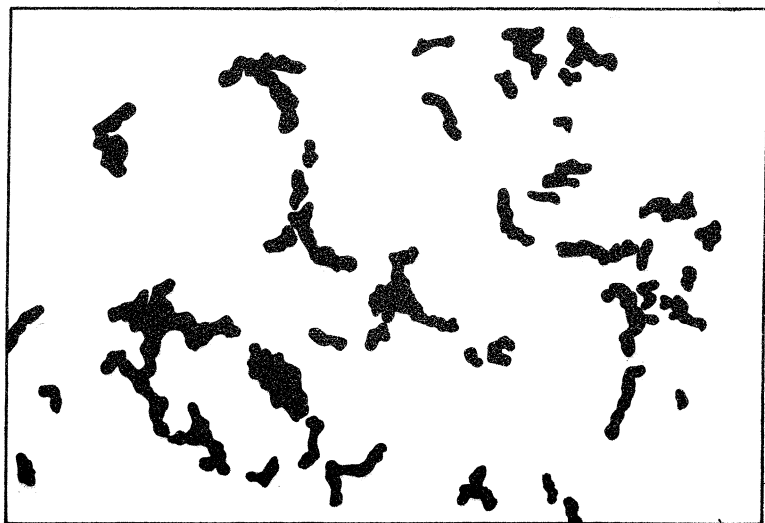
3) wyznaczanie struktury porów za pomocą porozymetrów rtęciowych, wykorzystujących zależność między średnicą porów a wielkością ciśnienia potrzebnego do wprowadzenia rtęci do porów o określonej średnicy (64).

Metoda analizy szlifów glebowych jest szczególnie przydatna do jakościowej oceny rozkładu porów w glebie (ryc. 10, 11). Zaletą tej metody jest fakt, że pozwala ona na opis naturalnych kształtów porów glebowych, w tym również porów największych, występujących w glebie bezpośrednio po wykonaniu zabiegów agrotechnicznych. Przy ilościowym określaniu struktury gleby na podstawie szlifów konieczne jest, w związku z heterogeniczną budową gleby, wykonywanie wielu bardzo pracochłonnych oznaczeń. Za pomocą metody szlifów glebowych można oznaczyć także porowatość ogólną gleby (46) (ryc.12).

Najczęściej stosowaną metodą oznaczania porowatości dyferencjalnej gleby jest wyliczanie objętości grup porów o ekwiwalentnej średnicy, zawartej w określonych przedziałach, na podstawie krzywych odwodnienia gleby. W metodzie tej wykorzystywana jest zależność między siłą wiązania wody w kapilarach glebowych a średnicą tych kapilar. Ma ona szereg zalet, między innymi

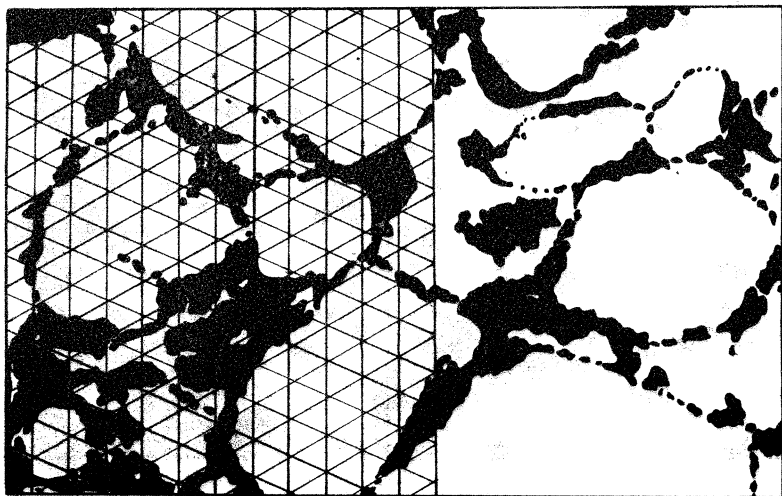


Ryc. 10. Rozkład porów w glebie nie zagęszczanej (22)



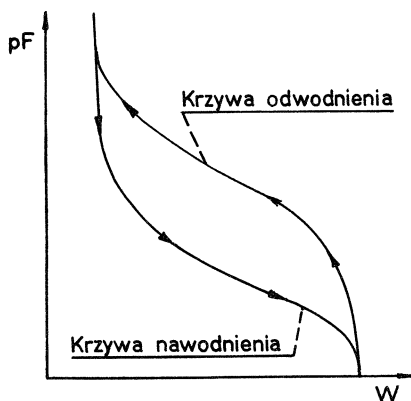
Ryc. 11. Rozkład porów w glebie zagęszczanej (22)

łatwość wykonywania oznaczeń na próbach służących do standardowych badań wodnych właściwości gleb (próby o zachowanej strukturze pobrane do cylindrów metalowych o pojemności 100 cm), i możliwość określania objętości dowolnej grupy porów o średnicy w zakresie $1200-0,2 \mu$ ($1,2-0,0002$ mm). Podstawową wadą opisywanej metody jest to, że w glebach pulchnych i pęczniejących w czasie nasycania wodą przed pomiarem zachodzą zmiany objętości gleby, na skutek czego jej budowa w czasie pomiaru jest inna niż w momencie pobierania próby. Szczególnie dużym zmianom ulega objętość porów największych. W glebach pulchnych nawilżanie powoduje osiadanie gleby i zmniejszanie objętości porów dużych, natomiast w glebach pęczniejących - wzrost. Na uzyskane tą metodą wyniki wpływa również zjawisko histerezy, które wykazują charak-



Ryc. 12. Sposób pomiaru porowatości ogólnej za pomocą szlifów glebowych według Jabłońskiego (46)

terystyki zależności zawartości wody w glebie od potencjału wody glebowej. Zjawisko to spowodowane jest nieregularnością kształtu porów glebowych, skutkiem czego krzywa odwodnienia gleby ma nieco inny przebieg niż krzywa nawodnienia (ryc.13). Prawidłowe wyliczenie objętości grup porów, uwzględniające ich nieregularność,



Ryc. 13. Zależność pomiędzy potencjałem wody glebowej a zawartością wody w glebie przy nawilżaniu i wysuszaniu (zjawisko histerezy)

może być dokonane jedynie w oparciu o oznaczenia zarówno krzywej odwodnienia, jak i nawodnienia oraz zastosowanie przy interpretacji wyników domenowej teorii histerezy (63). Należy jednak zauważyć, że większość stosowanych powszechnie urządzeń do oznaczania krzywych pF (np. płyty ceramiczne Richardsa) jest przystosowana do pomiarów odwodnienia gleby, co nie pozwala na uzyskanie pętli histerezy. Z tego względu ten najbardziej poprawny sposób wyznaczania struktury porów jest praktycznie rzadko realizowany.

Metoda trzecia, polegająca na zastosowaniu porozymetru rtęciowego, pozwala na prawidłowe określenie rozkładu porów małych, o średnicy poniżej 1 μ . Przy oznaczeniach objętości porów większych średnicach metoda ta jest mniej przydatna ze względu na dużą kohezję rtęci i niedokładne jej przyleganie do ścian porów glebowych. Ponadto próby do pomiarów w porozymetrze są bardzo małe (około 1 g), metoda ta może więc znaleźć zastosowanie przede wszystkim do charakterystyki rozkładu porów wewnątrz agregatu, a nie w masie pulchnej, świeżo uprawionej.

Wskaźniki charakteryzujące stan rozdrobnienia gleby w czasie uprawy

Wskaźnik zbrylenia według GOST 2911-54 § 82 (2).

$$W_B = \frac{\text{Powierzchnia brył o } \phi > 5 \text{ (cm}^2\text{)}}{\text{Powierzchnia ograniczona ramką pomiarową (cm}^2\text{)}} \cdot 100\%$$

Wskaźnik kruszenia według GOST 2911-54 § 77 (2).

$$W_K = \frac{\text{ciężar frakcji agregatów o } \phi < 5 \text{ cm (G)}}{\text{ciężar całej próby (G)}} \cdot 100\%$$

Wskaźnik kruszenia według Systemu Maszyn Rolniczych (113):

dla pługofrezarki, glebogryzarki, brony zębowej i wału kruszącego:

$$W_K = \frac{\text{ciężar frakcji agregatów o } \phi < 3 \text{ cm (G)}}{\text{ciężar całej próby (G)}} \cdot 100\%$$

dla brony talerzowej:

$$W_K = \frac{\text{ciężar frakcji agregatów o } \phi < 5 \text{ cm (G)}}{\text{ciężar całej próby (G)}} \cdot 100\%$$

Wskaźnik rozpylenia gleby (89):

$$W_R = \frac{\text{ciężar frakcji agregatów o } \varnothing > 0,25 \text{ mm (G)}}{\text{ciężar frakcji agregatów o } \varnothing < 0,25 \text{ mm (G)}}$$

Wskaźnik optymalnej rolniczo agregacji (2):

$$W_A = \frac{\text{ciężar frakcji agregatów o } \varnothing 0,25 - 10 \text{ mm (G)}}{\text{ciężar całej próby (G)}} \cdot 100\%$$

Współczynnik strukturalności (2):

$$W_S = \frac{\text{ciężar frakcji agregatów o } \varnothing 0,25 - 7 \text{ mm (G)}}{\text{ciężar frakcji o } \varnothing < 0,25 \text{ mm i } > 7 \text{ mm (G)}}$$

WŁAŚCIWOŚCI WODNO-POWIETRZNE GLEBY

Kapilarna i polowa pojemność wodna

Jednym z podstawowych celów uprawy jest poprawa stosunków wodno-powietrznych gleby. Odleżała gleba charakteryzuje się małą zawartością porów aeracyjnych, przez co stosunek objętości powietrza do wody staje się niekorzystny. Mechaniczna uprawa zwiększa pojemność powietrzną gleby, lecz efekt ten jest krótkotrwały, gdyż przeciwdziała mu naturalne osiadanie gleby, potęgowane przez zagęszczające działanie deszczu. Określanie zmian wodno-powietrznych właściwości gleby po uprawie i trwałości tych zmian jest jedną z podstawowych metod oceny efektu działania narzędzi uprawowych (16,24,44,78).

We wszystkich pracach dotyczących zagadnień uprawy gleby prowadzone są oznaczenia wilgotności metodą suszarkową przy charakterystyce stanu gleby w momencie uprawy (16,91,93,114 i inni) oraz oznaczenia pojemności wodnej i powietrznej dla określenia

wielkości zmian wywołanych działaniem narzędzi (16,104,114,115,123). Najczęściej oznaczanymi w badaniach efektu agrofizycznego uprawy są pojemności wodne kapilarna i polowa.

Pomiary kapilarnej pojemności wodnej wykonuje się zazwyczaj w laboratorium w cylindrach o pojemności 100 lub 250 cm³ (62). Wartości uzyskane w ten sposób są jednak mało przydatne do oceny zdolności retencyjnych gleby po uprawie następujących przyczyn:

1) podczas oznaczeń kapilarnej pojemności wodnej na skutek wysycenia gleby wodą następuje osiadanie, zmieniające stan spulchnienia gleby;

2) kapilarna pojemność wodna określa zdolność gleby do zatrzymywania wody w warunkach bezpośredniego kontaktu z lustrem wody gruntowej. Wodą wypełnione są wówczas pory o ekwiwalentnej średnicy do 300-1200 μ . W warunkach polowych w warstwie ornej stan takiego nasycenia wodą może istnieć tylko w czasie ulewnych opadów i jest bardzo krótkotrwały. W związku z tym wyniki oznaczeń kapilarnej pojemności wodnej nie charakteryzują rzeczywistej retencyjności gleby.

Wszystkie uboczne efekty, wynikające z konieczności pobierania prób do cylindrów, są podobne jak przy oznaczeniach ciężaru objętościowego i porowatości ogólnej gleby. Uwagi dotyczące sposobu pobierania prób, ich liczebności i wielkości zamieszczone w części poświęconej zagęszczeniu gleby, są więc aktualne również i przy oznaczeniach jej właściwości wodno-powietrznych.

Ważną charakterystyką wodnych właściwości jest polowa pojemność wodna, odpowiadająca stanowi gleby po odcieknięciu wody grawitacyjnej. Poznanie jej wartości pozwala określić retencję wody dostępnej dla roślin oraz wody produkcyjnej - wielkości bardzo ważnych z agronomicznego punktu widzenia.

Najczęściej stosuje się dwie metody oznaczania polowej pojemności wodnej gleby:

1) metoda małych zalewanych płaszczyzn (2,18),

2) metoda określania zawartości wody w glebie przy odpowiedniej wartości potencjału wody glebowej (120,138).

Metoda małych zalewanych płaszczyzn polega na doprowadzeniu gleby do odpowiedniego stanu nawilżenia i określeniu zawartości w niej wody. W tym celu na wybranym do badań miejscu należy wyznaczyć okrąg o promieniu 1-1,5 m lub kwadrat o boku 2 m. Uzyskaną powierzchnię ogranicza się wałem ziemnym o wysokości 35-40 cm i zalewa wodą. W celu zapobieżenia rozmyciu agregatów glebowych podczas wylewania dużych ilości wody, część przygotowanej płaszczyzny zasłania się grubą warstwą słomy. Aby nasycić glebę wodą do głębokości 1,5 m, na każdy 1 m^2 powierzchni należy wylać 200-300 l wody w przypadku gleb ciężkich i 200 l wody w przypadku gleb piaszczystych. Po wylaniu całej wody badaną powierzchnię pokrywa się folią plastikową oraz warstwą słomy lub trawy i pozostawia do momentu zakończenia odcieku grawitacyjnego. W piaskach odciek ten kończy się po 1 dobie, w glinach piaszczystych i lekkich po 2-3 dobach, w glinach średnich i ciężkich po 3-4 dobach. Po upływie tego czasu pobiera się z centralnego punktu płaszczyzny próby do określenia wilgotności z poszczególnych warstw do głębokości 1,2-1,5 m w 3 powtórzeniach. W celu sprawdzenia uzyskanych wyników należy po upływie określonego czasu, identycznego jak między dniem nawilżenia a dniem pierwszego pobrania, jeszcze raz pobrać próbę do oznaczania wilgotności gleby. Wilgotność prób pobranych w drugim terminie nie powinna być obniżona o więcej niż o 0,5-0,7% (średnio ze wszystkich głębokości). Jeśli po nasyceniu płaszczyzny wodą nastąpiły

duże opady deszczu, to dzień wystąpienia opadów przyjmuje się za moment nawilżenia gleby i od tego dnia oblicza termin określenia polowej pojemności wodnej. Oznaczenia polowej pojemności wodnej można również dokonać bez stosowania specjalnego zalewania gleby - np. na użytkach nawadnianych - po przeprowadzeniu deszczowań, a na nie nawadnianych - wczesną wiosną po nasyceniu gleby wodą powstającą z topniejącego śniegu.

Najważniejszą zaletą metody małych zalewanych płaszczyzn jest wykonywanie oznaczeń w warunkach naturalnych, bez konieczności pobierania do cylindrów prób o zachowanej strukturze. Niestety metoda ta jest wyjątkowo pracochłonna i wymaga dostarczenia bardzo dużej ilości wody (średnio 800-1000 l na każde poletko).

W laboratoriach wyposażonych w aparaturę do wyznaczania zależności wilgotności gleby od potencjału wody glebowej (bloki pyłowe i pyłowo-kaolinowe, komory nisko i wysokociśnieniowe) (111) można oznaczyć wartość polowej pojemności wodnej określając ilość wody w glebie przy odpowiedniej wartości siły ssącej. Poszczególni autorzy podają zróżnicowane wartości potencjału wody dla stanu polowej pojemności wodnej: Birecki i Trzecki przyjmują pF 2,0-2,2 (11), Trzecki - pF 2,54 (121), Rode za Dołgowem - pF 2,15-2,81, średnio pF 2,62 (96), Stakman (111), Zawadzki (138) i Boekel (13) - pF 2,0. Rozbieżność ta wynika przede wszystkim z faktu, że wartość potencjału odpowiadająca polowej pojemności wodnej uzależniona jest od poziomu wody gruntowej i składu mechanicznego gleby. Należałoby wobec tego przy laboratoryjnym oznaczaniu polowej pojemności wodnej przyjmować takie wartości potencjału, które uznaje się na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych za najbliższe konkretnym warunkom panującym w danej glebie. Niestety badania tego typu nie były

prowadzone na większą skalę. W literaturze fachowej można znaleźć jedynie stwierdzenie, że w przypadku wysokiego poziomu lustra wody gruntowej połowa pojemność wodna odpowiada pF 2,0; a w przypadku głębokiego poziomu - pF 2,5 (66). Schroeder (101) uważa, że dla gleb lessowych, charakteryzujących się zazwyczaj głębokim poziomem wody gruntowej, najskuszniesze jest określanie polowej pojemności wodnej przy potencjale wody pF 2,2.

Metoda laboratoryjna, co należy uznać za jej dużą zaletę, pozwala na seryjne prowadzenie dużej liczby nieskomplikowanych oznaczeń na znormalizowanych próbach, pobieranych do cylindrów o objętości 100 cm^3 , staje się więc coraz częściej stosowana w pracowniach gleboznawczych.

Aparatura wykorzystywana do laboratoryjnego określania polowej pojemności wodnej pozwalana wyznaczenie całego szeregu ważnych - z rolniczego punktu widzenia - pojemności wodnych gleby. Są to:

- 1) wilgotność początku hamowania wzrostu roślin (pF 2,85-3,0),
- 2) wilgotność całkowitego hamowania wzrostu roślin (pF 3,7),
- 3) wilgotność trwałego wędnięcia roślin (pF 4,2).

Wartość tych pojemności można odczytać z krzywej obrazującej zależności pomiędzy zawartością wody w glebie a potencjałem wody glebowej (krzywa pF).

Na podstawie wartości polowej pojemności wodnej oraz wilgotności początku hamowania wzrostu roślin oblicza się retencję wody bardzo łatwo dostępnej dla roślin, będącą podstawą ustalania dawki polewowej przy nawadnianiu. Ilość wody zawarta między połową pojemnością a wilgotnością całkowitego hamowania wzrostu roślin jest miarą retencji wody produkcyjnej oraz między połową pojemnością wodną a punktem trwałego wędnięcia - retencji wody

użytecznej. Wpływ zabiegów agrotechnicznych na zawartość w glebie wody produkcyjnej i użytecznej przejawia się przez zmianę wartości polowej pojemności wodnej. Pojemności wodne odpowiadające wyższym potencjałom ($> pF\ 3,0$) są uzależnione bowiem przede wszystkim od składu mechanicznego i chemicznego gleby.

Pojemność powietrzna gleby

Badania wielkości zmian pojemności powietrznej gleby wywołanych działaniem narzędzi uprawowych można prowadzić dwoma sposobami:

1) metodą bezpośredniego pomiaru w aparatach opisanych przy omawianiu porowatości ogólnej gleby, np. w aparacie Loebella lub Nitscha;

2) obliczając różnicę między wartością porowatości ogólnej gleby i wilgotności wyrażonej w procentach objętościowych.

Przy interpretacji wyników uzyskanych drogą bezpośredniego pomiaru należy się liczyć z ich zaniżaniem na skutek zamykania przez wodę części porów glebowych. Zjawisko to może występować głównie w glebach o cięższym składzie mechanicznym.

Przepuszczalność powietrzna gleby

Wielkość pojemności powietrznej gleby wiąże się ściśle z wartością jej przepuszczalności powietrznej (49). Przepuszczalność powietrzna jest cennym wskaźnikiem stanu fizycznego gleby, szczególnie jej zdolności do wymiany gazowej. Pomiary przepuszczalności powietrznej nie wpływają niszcząco na skład gleby, można je więc wykonywać na glebach bardzo pulchnych, bez obawy uszkodzenia ich w czasie pomiaru.

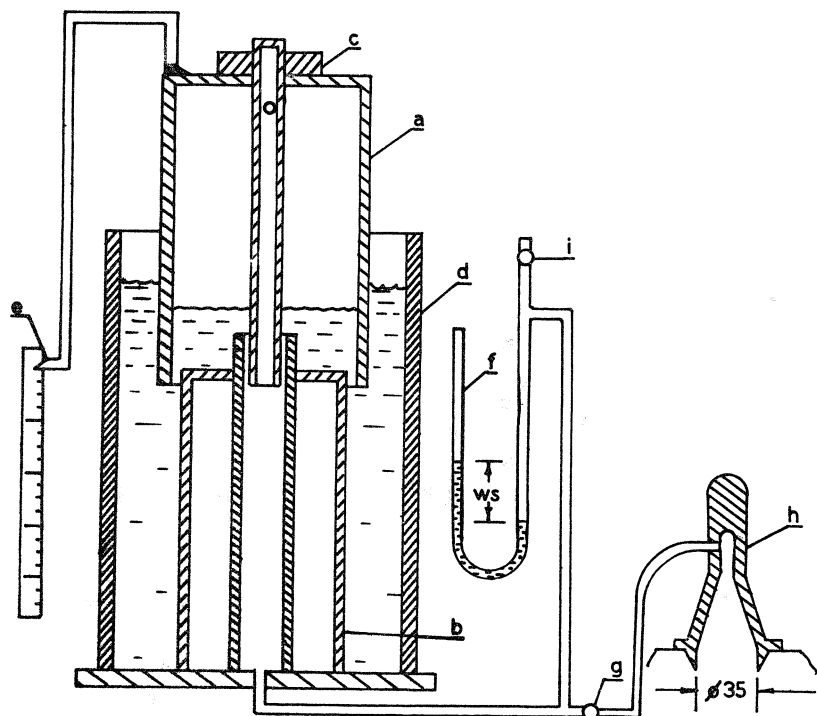
Pomiary przepuszczalności powietrznej materiałów porowatych

mogą być prowadzone przy stałej lub zmiennej wartości ciśnienia powietrza. Janse i Bolt (49) uważają, że do wykonywania oznaczeń przepuszczalności powietrznej gleby bardziej nadają się metody pomiaru przy stałym niskim ciśnieniu, ponieważ nie zachodzi wówczas naruszenie układu fazy płynnej w glebie. Badania przepuszczalności powietrznej gleby wykonuje się w warunkach polowych lub laboratoryjnych (2,124,128). Wyniki uzyskane z badań polowych względu na zróżnicowanie warstwy ornej, szczególnie bezpośrednio po wykonaniu zabiegów uprawowych, nie pozwalają na formułowanie ogólniejszych wniosków. Przepuszczalność powietrzna gleby uzależniona jest bowiem zarówno od zagęszczenia fazy stałej, jak i od zawartości wody w glebie. Tym niemniej dzięki wynikom polowych oznaczeń przepuszczalności powietrznej uzyskujemy ważne informacje na temat stanu panującego w danym momencie w glebie, oznaczenia muszą być jednak przeprowadzane drogą dużej liczby powtórzeń. Do badań porównawczych nadają się szczególnie laboratoryjne metody pomiaru przepuszczalności powietrznej. Wykonując oznaczenia przepuszczalności powietrznej na próbach o tej samej wilgotności, można określać zmiany wywołane w glebie przez narzędzia uprawowe.

W literaturze fachowej opisany jest cały szereg urządzeń do oznaczeń przepuszczalności powietrznej zarówno w polu, jak i w laboratorium (2,6,49,128). Przykładem prostej aparatury przystosowanej do polowych pomiarów przepuszczalności powietrznej jest przyrząd stosowany przez Sacka (99) (ryc. 14). Przed pomiarem wciska się w glebę metalowy cylinder o średnicy 35 mm. Za pomocą dzwonu nurkowego do cylindra zostaje wpompowane powietrze przy ciśnieniu 100 mm słupa wody. Czas zużyty na wprowadzenie do gleby 250 cm^3 powietrza jest uzależniony od przepuszczal-

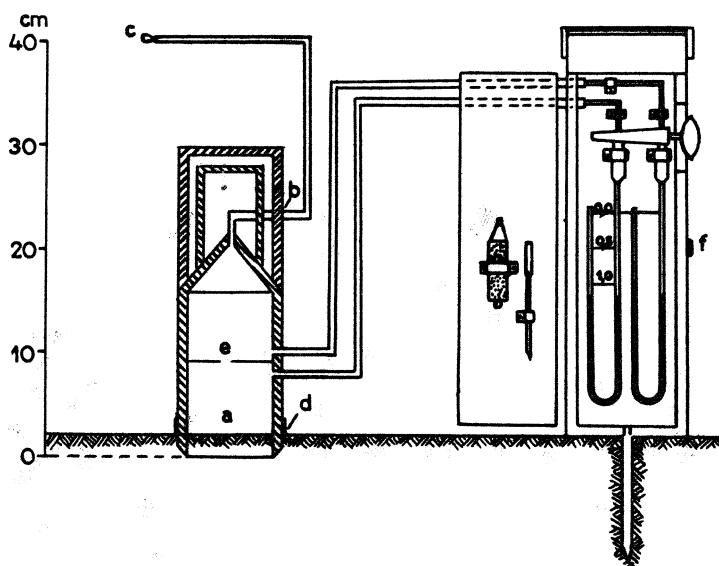
ności powietrznej. Wartość przepuszczalności wyraża Sack w $\text{cm}^3/\text{cm}^2 \cdot \text{sek}$.

Aparat polowy Janerta (124) (ryc. 15) składa się z metalowego cylindra o średnicy 10 cm, wbijanego do gleby. Cylinder zaopatrzony jest w uchwyt ułatwiający wcisnięcie. Górny, stożkowaty koniec cylindra połączony jest z gumowym węzłem, służącym do wpompowywania powietrza. Cylinder podzielony jest wewnątrz na dwie komory za pomocą przegrody, w której znajduje się kalibro-



Ryc. 14. Aparat Sacka do pomiaru przepuszczalności powietrznej gleby (128): a - zbiornik powietrza, b - cylinder, c - obciążnik, d - obudowa, e - wskaźnik, f - manometr, g, i - zawory, h - cylinder pomiarowy wbijany w glebę

wany otwór. Każda z komór połączona jest z manometrem. Powietrze wprowadzone do cylindra przechodzi z górnej komory przez otwór w przegrodzie do dolnej komory, a następnie do gleby. W górnej komorze utrzymywane jest stałe ciśnienie, którego wartość wskazuje jeden z manometrów. Drugi manometr pokazuje wielkość ciśnienia w komorze dolnej. Im większa jest przepuszczalność powietrzna gleby, tym niższe są wskazania manometru połączanego z dolną komorą. Manometr ten wyskalowano w jednostkach wyrażających procentowy stosunek sumarycznej powierzchni porów, w których porusza się powietrze, do całkowitej powierzchni przekroju gleby. Autor zaleca wykonanie oznaczenia w 10 powtórzeniach.



Ryc. 15. Aparat Janerta do pomiaru przepuszczalności powietrznej gleby (124): a - cylinder wbijany w glebę, b - uchwyt, c - wąż gumowy, d - pierścień wciskający, e - przegroda z kalibrowanym otworem, f - podwójny manometr

W badaniach laboratoryjnych duże zastosowanie może znaleźć aparat do badania przepuszczalności powietrznej mas formierskich typu LPIR-1, produkowany przez Instytut Odlewnictwa w Krakowie. Obsługa tego aparatu jest swyjątkowo prosta, a ponadto jest on przystosowany do wykonywania oznaczeń na standartowych próbach o objętości 100 cm^3 . Oznaczenie przepuszczalności powietrznej polega na określeniu ciśnienia panującego między dyszą a próbką umieszczoną w specjalnej komorze, pozwalającej na przepływ powietrza tylko w kierunku pionowym. Pomiar prowadzony jest przy stałym ciśnieniu 100 mm słupa wody, a wyniki wyrażone są w $\text{cm}^4/\text{G. min}$.

Przepuszczalność wodna gleby

Jest to wskaźnik znacznie mniej przydatny przy ocenie agrofizycznego efektu uprawy niż przepuszczalność powietrzna. Podczas pomiarów przepuszczalności wodnej gleby pulchnej, w wyniku całkowitego nasycenia wodą, zachodzi nasiadanie gleby i likwidacja porów o największych średnicach. Przepuszczalność wodna jest natomiast jedną z podstawowych cech branych pod uwagę przy projektowaniu urządzeń nawadniających i odwadniających glebę, a ponadto może być zastosowana do oceny zmian wywołanych w glebie na skutek zagęszczającego działania kół ciągników, maszyn i narzędzi rolniczych.

Z grupy polowych metod pomiarów przepuszczalności wodnej do najprostszych należy metoda zalewanych płaszczyn (2). Polega ona na zastosowaniu drewnianych lub metalowych ramek kwadratowych lub okrągłych. Stosuje się dwa rodzaje ram: pomiarowe o powierzchni 525 cm^2 lub 400 cm^2 i ochronne o powierzchni 2500 cm^2 lub 1600 cm^2 . Zastosowanie ram pomiarowych i ochronnych ma na

celu zapobieżenie stratom wody na skutek przemieszczenia się jej na boki. Przed pomiarem ramy wbija się w glebę (pomiarowe wewnętrzne ochronnych) do głębokości 5-10 cm. W przypadku wykonywania oznaczeń po orce głębokość wbicia ram powinna być równa głębokości warstwy zaoranej. Wodę należy wlewać do ram ostrożnie, najlepiej przez ochronną warstwę siana, słomy lub deseczkę, w takiej ilości, aby poziom wody utrzymywał się na wysokości 5 cm nad powierzchnią gleby. W trakcie właściwego pomiaru wodę wlewa się za pomocą naczyń miarowych, mierząc czas potrzebny na prze-filtrowanie znanej ilości wody. Oznaczenie należy wykonać w 3 powtórzeniach.

Jako najczęściej stosowane laboratoryjne metody określania wielkości przepuszczalności wodnej można wymienić dwie powszechnie znane modyfikacje metody Ostromęckiego: Ziemnickiego (139) i Zawadzkiego (124).

ZWIĘZŁOŚĆ GLEBY

Zabiegi uprawowe, zmieniające fizyczną budowę gleby, wpływają silnie na jej zwięzłość, mierzoną najczęściej wielkością oporu rozklinowania (7). Opór rozklinowania jest to opór stawiany przez glebę wciskanemu w nią wgłębnikowi, najczęściej w kształcie stożka. Wielkość zwięzłości uzależniona jest od oporów elementarnych gleby, przede wszystkim od spójności.

Pomiary zwięzłości prowadzone są za pomocą zwięzłościomierzy, czyli sond. Spośród wielu typów sond, opisanych w literaturze fachowej (2, 22, 100, 124, 128), najczęściej stosowane są sondy z grupy uderzeniowych i ciśnieniowych.

Pomiar sondami uderzeniowymi polega na wbiciu wgłębnika w glebę na określonej głębokości za pomocą obciążnika, opadającego ze

stałej wysokości. Liczba potrzebnych uderzeń obciążnika jest uzależniona od zwięzłości gleby. Wielkość zwięzłości oblicza się mnożąc ciężar obciążnika przez wysokość, z której się go opuszcza i przez liczbę uderzeń, a następnie dzieląc ten iloczyn przez powierzchnię podstawy wglębnika. Ze względu na niejednorodność gleby pomiar zwięzłości powinien być prowadzony w znacznej liczbie powtórzeń. Według Kunzego, pomiar za pomocą jego sondy uderzeniowej należy wykonywać w 10 powtórzeniach, według metody DORNII - w 50 i więcej powtórzeniach (124), według Hartgego - co najmniej w 8-10 powtórzeniach (42). Największą wadą sond uderzeniowych jest brak możliwości oznaczania zwięzłości dla określonego punktu - profilu glebowego (wynik uzyskuje się dla warstwy gleby) oraz fakt, że współzależność między ciężarem odważnika, wysokością jego opadania i powierzchnią przekroju wglębnika jest związana z ich bezwzględными wartościami i nie ma tak ogólnego charakteru, jak to wynika ze wzoru. Należy również zaznaczyć, że wyniki uzyskane sondami uderzeniowymi są o wiele wyższe niż otrzymane drogą innych pomiarów, a ponadto, że w przypadku dużego zróżnicowania zwięzłości (np. po orce) nie pozwalają na uchwycenie jej rzeczywistego rozkładu w badanej warstwie gleby.

Sondy ciśnieniowe działają na zasadzie pomiaru oporu stawianego wglębnikowi wciskaniem w glebę za pomocą stałego ciśnienia. Ciśnienie wywierane jest ręcznie lub mechanicznie. Jako przykład często używanych sond z tej grupy można wymienić pneumatyczny oporomierz Rzasy (98) i sprężynową sondę produkcji Zakładu Agrofizyki PAN w Lublinie (125).

Pomiar pneumatycznym oporomierzem Rzasy polega na wciskaniu w glebę wglębnika za pomocą sprężonego powietrza. Opór gleby od-

czytuje się na manometrze umieszczonym na zbiorniku powietrza. Według tego autora zastosowanie sprężonego powietrza umożliwia powolne i równomierne wciskanie sondy w glebę, co pozwala na wyeliminowanie błędów, powstających w przypadku ręcznego wywierania ciśnienia. Najbardziej prawidłowe wyniki otrzymuje się za pomocą oporomierza Rzasy, przy wykonywaniu pomiarów na glebie o małym zróżnicowaniu zwężności w poszczególnych warstwach. Jeśli pomiar prowadzony jest na glebie o zróżnicowanej zwężności, to następuje zawyżenie wyników, w przypadku przechodzenia wglębnika z warstwy o większej zwężności do warstwy o mniejszej zwężności. Do wad oporomierza pneumatycznego należy również zaliczyć brak urządzenia rejestrującego, co utrudnia dokładne odczytanie wartości oporu dla określonego zanurzenia sondy. Podczas pomiarów zwężności sondami sprężynowymi, w których miarą oporu stawianego przez glebę jest odkształcenie sprężyny, obecność w profilu glebowym warstw o niejednakowej zwężności powoduje obciążenie wyników błędem. Jeżeli wglębnik sondy pokonuje warstwę o bardzo dużej zwężności następuje maksymalne ugięcie sprężyny. Po przejściu wglębnika do warstwy o małej zwężności sprężyna natychmiast rozpręża się i wglębnik zostaje wprowadzony w glebę z siłą przewyższającą stawiany przez glebę opór. Tę podstawową wadę sond sprężynowych wyeliminowano w zwężnościomierzu sprężynowym z ręcznym napędem, produkcji Zakładów Agrofizyki PAN. Zaletą tego aparatu jest mały ciężar, możliwość bezpośredniego odczytania wyniku oraz ciągły zapis wartości oporu. Podsumowując należy stwierdzić, że wyniki oznaczeń zwężności z kilku przyczyn nie mogą stanowić jedynej podstawy do oceny wielkości agrofizycznego efektu uprawy gleby. Przede wszystkim opór rozklinowania jest uzależniony nie tylko od spoistości gleby,

ale również od zagęszczenia i zawartości wody w glebie. Przeprowadzenie badań przy ujednoliconej wilgotności jest praktycznie trudne do zrealizowania. Z tego względu wyniki uzyskane z pomiarów na różnych glebach i w różnych okresach są mało porównywalne.

Zwięźłość, której wartość jest wypadkową wielu właściwości gleby, informuje tylko bardzo ogólnie o zmianach zachodzących w glebie. Wyniki jej oznaczeń mogą być najbardziej przydatne przy badaniach występowania zagęszczonych stref w profilu glebowym (np. podeszwa płuzna) oraz niejednorodności rozmieszczenia masy glebowej po orce, szczególnie wówczas, gdy pomiary wykonywane są z pomocą sond samorejestrujących.

Pomiar zwięźłości jest niekiedy wykorzystywany do określania maksymalnej wielkości oporu gleby, który mogą pokonać korzenie i kielki roślin (22, 122). Należy jednak zauważyć, że rozprzeszczynianie się korzeni w glebie ma zupełnie inny charakter niż przemieszczanie się końcówki penetrometru i wyniki pomiarów zwięźłości dają tylko bardzo przybliżony obraz warunków wzrostu korzeni roślin.

KRYTERIA OCENY STANU FIZYCZNEGO GLEBY

Jak wynika z przedstawionej analizy, zmiany stanu gleby wywołane działaniem narzędzi określane są na podstawie wielu właściwości gleby, których wartości oznacza się przed i po uprawie. Uzyskiwane na drodze tych oznaczeń wyniki odzwierciedlają mniej lub bardziej wiernie agrofizyczny efekt uprawy gleby. Interpretacja uzyskanych wyników nie zawsze jest jednak prosta. Trudności występujące przy ocenie stanu gleby po uprawie wynikają z faktu, że dotychczas opracowano stosunkowo niewiele kryteriów oceny

fizycznych właściwości gleby, a istniejące opracowania nie mogą być w pełni wykorzystywane w każdych warunkach. Właściwości fizyczne gleby są, jak wiadomo, ściśle uzależnione od charakteru tworzywa glebowego, a szczególnie od składu mechanicznego gleby, zawartości próchnicy i stanu struktury. Z tego względu konkretna wartość pojemności wodnej, ciężaru objętościowego czy porowatości charakteryzuje różne - z punktu widzenia wymagań agrotechniki - stany gleby. Podobnie wartości liczbowe zbrylenia, pokruszenia czy rozpylenia należy oceniać różnie, w zależności choćby od składu mechanicznego. Przy ocenie zmian właściwości gleby, wywołanych działaniem narzędzi uprawowych, trzeba brać pod uwagę również to, że efekt końcowy działania narzędzi uzależniony jest od wyjściowego stanu gleby.

Ocena efektów zabiegów agrotechnicznych musi uwzględniać także trwałość zmian zachodzących w glebie. Proces osiadania gleby i utraty uzyskanego w czasie uprawy stanu przebiega z różną intensywnością w poszczególnych rodzajach gleb. Jest on bowiem uzależniony od właściwości materiału glebowego i warunków klimatycznych. Wszystkie te trudności spowodowały, że liczba prac zawierających kryteria oceny stanu fizycznego gleby jest stosunkowo niewielka. Najwięcej opracowań tego typu można znaleźć w literaturze radzieckiej, dysponującej bogatym i różnorodnym materiałem doświadczalnym (2,3,44,50,66,85,93,105,113,118). Należy jednak pamiętać, że kryteria oceny stanu faktycznego gleby i efektów działania narzędzi są opracowywane w konkretnych warunkach glebowych i nie mogą być wykorzystywane przy interpretacji wyników badań prowadzonych na glebach o zasadniczo różnym składzie mechanicznym, próchniczności i innych właściwościach (por. tab. 2,3,4,5,6,7). Wydaje się jednak, iż mimo tych

zastrzeżeń wskaźniki i kryteria oceny właściwości fizycznych gleb opracowane dla stref o podobnych warunkach glebowo-klimatycznych będą przydatne również i w naszych warunkach.

PODSUMOWANIE

Celem uprawy gleby jest stworzenie optymalnego środowiska dla wzrostu i rozwoju roślin w różnych warunkach glebowo-klimatycznych, a jednocześnie zapobieżenie negatywnym zmianom, wynikającym z bezustannej eksploatacji gleby, podnoszenie jej kultury i możliwości produkcyjnych. Nowe odmiany roślin wprowadzane stale do uprawy mogą się częstokroć różnić swymi wymaganiami co do stanu gleby od odmian uprawianych dotychczas. Określenie tych wymagań oraz dostosowanie do nich warunków siedliska jest podstawowym zadaniem agrotechniki.

W pracy omówiono fizyczne właściwości gleby, będące podstawą do określenia wielkości i trwałości agrofizycznego efektu działania narzędzi uprawowych, przedstawiono krytyczną analizę metod ich oznaczania, a także wskaźniki, za pomocą których ocenia się zmiany zachodzące w glebie. Na podstawie literatury fachowej oraz własnych obserwacji należy stwierdzić, że przy charakterystyce wielkości agrofizycznego efektu pracy narzędzi uprawowych słuszniej jest posługiwać się przede wszystkim wynikami badań tych fizycznych właściwości gleby, których oznaczenia nie wymagają całkowitego nasycenia gleby wodą. Układ gleby po uprawie jest pulchny, a jak wiadomo po nasyceniu wodą, pod wpływem działania sił kapilarnych następuje silne zagęszczenie gleby. Bezpośrednie efekty działania narzędzi uprawowych są dobrze charakteryzowane za pomocą ciężaru objętościowego, porowatości ogólnej, pojemności powietrznej, zawartości korzystnych rolniczo agregatów,

rozbrzylenia, rozpylenia gleby oraz struktury porów glebowych. Odmownie tej ostatniej cechy należy jednak podkreślić, że metoda jej oznaczania na podstawie krzywej odwodnienia gleby, ze względu na osiadanie gleby podczas nasycenia wodą jest mniej przydatna. Spośród metod oceny stanu spulchniania gleby po uprawie należy szczególnie zalecić metodę Kuipersa, polegającą na pomiarze przyrostu wysokości warstwy ornej za pomocą profilomierza. Metoda ta pozwala uniknąć obciążenia oznaczeń błędem spowodowanym zagęszczeniem próbki podczas pobierania jej do cylindrów.

Charakterystyka stanu fizycznego gleby odleżalej jest oczywiście znacznie łatwiejsza, gdyż wzrost zagęszczenia gleby, wywołany samoosiadaniem, umożliwia pomiary wodnych właściwości gleby.

Równie trudnym zagadnieniem jak charakterystyka stanu gleby po uprawie jest ocena tego stanu, ze względu na zakres zmienności cechy i wymagania roślin. Wartości graniczne podane w obcej literaturze fachowej muszą być dla naszych warunków traktowane przede wszystkim jako pomocnicze. Zagadnienia te wymagają dalszych szczegółowych badań uwzględniających konkretne warunki glebowo-klimatyczne.

PISMIENNICTWO

1. Achmetżanow K.A.: Niektóre rezultaty issledowanij napriazhenij w słoje poczwy, obrabatywajemoj wibrujuszczym organom maszyn. Naucz. Trudy Kaz. Siel.-choz. Inst. 1971/14.
2. Agrofiziczeskije metody issledowanija poczw. Praca zbiorowa pod red. S.J. Dołgowa Izd. „Nauka”, Moskwa 1966.
3. Bachtin P.U.: Charakteristika kroszenija i stiepieni raspy-

- lenija poczw pri płużnej obrabotkie w razlicznych poczwien-
nych zonach SSSR w zawisimosti ot skorosti wspaszki i właź-
nosti poczwy. Tieor. wopr.obr.poczwo.Leningrad, 1968, wyp. 1.
4. Baranowski R., Świętochowski B.: Charakterystyka mieszają-
cego działania brony i kultywatora sprzężynowego. Roczn.Nauk.
Roln. t. 93-A-2, 1967.
 5. Baranowski R.: Zastosowanie metody gamma-gamma do oznacza-
nia ciężaru objętościowego wierzchniej warstwy gleby w doś-
wiadczeniach polowych. Pam.Puł. - Prace IUNG, 1969, 38.
 6. Barden L., Pavlakis G.: Air and water permeability of com-
pacted unsaturated cohesive soil. Journ of Soil Sci. 1971,
vol. 22.
 7. Bender J.: Głębokość orki i wilgotność jako czynniki kształ-
tujące zwięźłość gleb wytworzonych z piasków i glin lekkich,
Pozn.Tow.Przyj.Nauk. Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśn.,
1966, t. 22, z. 1.
 8. Bernacki H.: Metodyka badań bron talerzowych (uaktualniona),
IMER; Warszawa 1968, VI/28a.
 9. Bernacki H.: Nowa technika uprawy roli.PWRiL,Warszawa 1975.
 10. Birecki M., Droese H., Kowalski L.; Śmierzchalski L.: Zmia-
ny w strukturze roli w okresie rocznym pod niektórymi roślin-
nami, przedstawione przy pomocy różnych wskaźników. Roczn.
Nauk.Roln. 1961, t. 83-A-44.
 11. Birecki M., Trzeci S.: Siła ssąca (pF), pojemność polowa
i niektóre inne wodne właściwości w profilu naturalnym
i sztucznym piaszczystej gleby lekkiej.Zesz.Probl.Post.Nauk.
Roln. 1967, z. 50b.
 12. Blake G.R.: Objectives of soil tillage related of field ope-
rations and soil management. Neth.J.agric.Sci. 1963, vol.11,
No 2, Special Issue.

13. Boekel P.: Soil structure and plant growth - Neth. J.agric. Sci. 1963, vol. 11, No 2, Special Issue.
14. Bocne F.R., Kuipers H.: Remarks on soil structure in relation to zero - tillage. Neth J.agric.Sci. 1970. vol. 18, No 4.
15. Borowiec M.: Wpływ zagęszczenia roli na właściwości fizyczne gleby oraz plonowanie ziemniaków. Roczn.Nauk.Roln. 1972, t. 69-C-3.
16. Borowiec M.: Wpływ różnych sposobów uprawy na właściwości fizyczne gleby i plonowanie ziemniaków. Roczn.Nauk.Roln. 1973, t. 99-A-1.
17. Bosse O., Kunze A.: Untersuchung der auflockernden Wirkung verschiedener Bodenlagerung eines anlehnigen Sandbodens. A.Thaeer - Archiv, 1970, No 9.
18. Burow D.J., Dudinczew E.W., Kazakow G.J.: Izmienije agrofizicheskich svojstw obyknowiennogo czernoziema pri obrabotkie. Poczwowiedienije, 1973, 2.
19. Butterworth B.: Observe and adjust. Big. Fmg Managem. 1975, No 11.
20. Byszewski W., Ostrowska D.: Wpływ ugniatania gleby o zróżnicowanej wilgotności na wzrost, rozwój i plonowanie buraków cukrowych. Roczn.Nauk.Roln. 1973, t. 70-C-3.
21. Chmielewski J., Ślusarczyk E.: Ustalenie minimalnej liczby powtórzeń metodą reprezentacyjną dla oznaczeń średniej wilgotności gleb powierzchniową sondą neutronową. Pam.Puł. - Prace IUNG, 1969, z. 38.
22. Compaction of agricultural soils.pr.zbior. An ASAE Monograph 1971.
23. Czachor H., Walczak R.: Zamknięte źródła radioizotopowe w badaniach fizycznych właściwości gleb.Probl.Agrofiz. 1974, 11.

24. Czeratzki W.: Charakterization of tillage- induced soil properties for plant growth. Proc. of the Intern. Conf. on Charact. Problems in Soil Tillage, 1965, Aas, Norway.
25. De Leenheer L.: The influence of weather, crop and sampling depth on the measurement of pore size distribution in the arable layer of some cultivated silt soils. Soil Sci. 1971, vol. 112, No 2.
26. Engel R.: Auswirkung neuzeitlicher Bodenbearbeitung auf Arbeitswirtschaft, Boden und Ertrag. Landtechn. 1974, H. 3.
27. Feuerlein W.: Geräteeffekte und Arbeitseinsparung bei Bodenbearbeitung. Feldwirtschaft, 1966, H. 1.
28. Feuerlein W.: Characterization of good ploughing. Proc. of the Intern.Conf. on Charakt.Problems. in Soil Tillage, 1965, Aas, Norway.
29. Feuerlein W.: Pflügen - oder was sonst? Landtechnik, 1973, 28/15.
30. Gard L.E., Mc Kibben G.E.: „No-Till" crop production proving a most promising conservation measure. Outlook Agricult, 1973, vol. 7, No 4.
31. Golisch - Weetzen G.: Aspekte des modernen Ackerbaues. Mitt. dt. Landw. - Gess. 1973, H. 29.
32. Godlewski M.: Wpływ prędkości orki na przemieszczenie i wymieszanie gleby pługiem talerzowym. Roczn.Nauk.Roln. 1968, t. 68-C-2.
33. Gołygowski M.: Badania testacyjne zunifikowanej rodziny wałów i zestawów doprawiających do pługów. IBMER, ZOSR Lublin, ZOSR Białystok, Warszawa 1974.
34. Gorski J.B. i inni: Radioizotopnyje metody opriedielenija pieriemieszczenija poczwy. Urożaj 1970.

35. Greacen E.L., Farrel D.A., Forrest J.A.: Measurement of density patterns in soil. J. Agric. Eng. Res. 1967.
36. Grimberger G.: Die Verdichtung des Bodens unter Traktorspuren bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten. Wiss. Zeitschrift Univ. Rostock. Math - naturwiss. Reihe, 1969, H. 3/4.
37. Grinko N.I.: Wlijanije uplotnienija poczwy na niekotoryje swojstwa i jejo biologiczeskuju aktywnost. Tieor. wopr. obrab. poczw. 1968, wyp. 1.
38. Gruchalski W.: Metodyka badań kultywatorów. V/19 IMBER, Warszawa 1966.
39. Gruchalski W.: Metodyka badań brony chwastownika i brony Weedera (oprac. dla SOSR), VI/51, IMER, Warszawa 1961.
40. Hahn M.: Gammastrahlungssonde zur Bodendichtmessung dünner und oberflächennaher Schnitten. Agrartechnik, 1976, H. 2.
41. Haman J., Gawda H., Pietruszewski S., Zdanowicz A.: The application of some measurement techniques to study deformations in soils. Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln. 1976, n. 168.
42. Hartge K.: Die physikalische Untersuchung von Böden. Stuttgart 1971.
43. Hawkins J.C., Brown N.J.: Tillage practices and mechanizations. Neth J. Agric. Sci., 1963, vol. 11, No 2, Special Issue.
44. Ilin I.R.: Wozdusznij rieżim i płatnost oroszajemych poczw Pridniestroja. Tieor. wopr. obrab. poczw. 1968.
45. Iwanow P.K., Korobowa Ł.J.: Płotnost poczwy i płodorodije. Tieor. wopr. obrab. poczw. 1969, wyp. 2.
46. Jabłoński B.: Zastosowanie mikroskopowych preparatów glebowych do oznaczania porowatości gleby. Roczn. Gleb. 1962, t. 11.
47. Jankowski A.: Badania przemieszczania roli przez narzędzie „Aratore Civello” FM-30. Roczn. Nauk. Roln. 1971, t. 68-C-4.

48. Jankowski A.: Wyniki obserwacji polowych pracy narzędzia do uprawy roli „Aratore Civello” PM-30. Roczn.Nauk.Roln. 1972, t. 69-C-1.
49. Janse A.R.P., Bolt G.H.: The determination of the air permeability of soils. Neth J. agric.Sci. 1960, vol. 8, No 2.
50. Kaczyński N.A.: Ocena osnovnych fizycznych swojstw poczwy w agromicznych celach i prirodno go płodorodija ich po miechanicznemu sostawu. Poczwowied. 1958, No 5.
51. Kaczyński N.A.: Osnownyje woprosy obrabotki poczwy. Poczwowied. 1946, No 5.
52. Kalibierda W.M.: Wlijanije prijemow obrabotki poczwy na jejo agrofizicheskie swojstwa, pischzewoj rieżim i urożaj sielskochozjajstwiennych kultur w usłowijach jużnoj czasti Polesja SSSR. Tieor.wopr.obrab.pocz., 1968, wyp. 1.
53. Kaniwiec J.D., Łapunow N.A.: Primienienije skorostnej fotosjemki pri issledowanii dieformacji poczwy raboczimi organami poczwobrabatywajuszczich maszin. Biul. W. naucz.-issl. Inst.Kukuruzy, 1970, No 5.
54. Karasjuk I.M.: Fizicheskie swojstwa poczwy i urożaj sacharnoj swiekły i kukuruzy w zawisimosti ot sposobow zjablewoj obrabotki poczwy w jużnoj zonie lesotiepi Ukrainy. Tieor. wopr.obrab.pocz., 1968, wyp. 1.
55. Karczewski T., Kowal J.: Zastosowanie metody pochłaniania promieniowania γ do pomiarów konsolidacji gleby pod kołami maszyn. Roczn.Nauk.Roln. 1972, t. 69-C-2.
56. Kijowska W.: Metodyka badań glebogryzarek. IMER, VII/29, 1966.
57. Kijowska W.: Metodyka badań pługów dla SOSR (uaktualniona) IMER, 1968, IV/121a.
58. Kijowska W.: Program i metodyka badań rolniczej oceny wałów

różnego przeznaczenia. IMER 1975, VI/118.

59. Kiriłłow W.W., Kobzariew A.J.: Wlijanije skorostnyh riezi-mow na rabotu ratornowo orudija pri obrabotkie sołonconych poczw. Trudy Wołgog.Inst. 1971, t. 39.
60. Klügel H.: Saatbearbeitung mit den richtigen Geräten. Mitt. dt. Land. - Ges., 1974, H. 40/41.
61. Koczurowa S.J.: Wlijanije sposobow osnownoj obrabotki na nie-kotoryje wodno-fiziczieskije swojstwa diernowo-podzolistych poczw.i urożaj kartofiela. Tieor.wopr.obrab.poczv., 1968, wyp. 1.
62. Komornicki T., Zasoński S.: Powtarzalność wyników oznaczeń niektórych właściwości fizycznych gleb. Roczn. Gleb. 1965, t. 15, z. 2.
63. Konstankiewicz K., Pukos A., Walczak R.: Domenowa teoria histerezy dla procesów w glebie. Probl.Agrof. 1974, nr 13.
64. Konstankiewicz K.: The influence of deformation on pore size distribution in the soil of various moisture. Zesz.Probl. Post.Nauk Roln. 1976, z. 168.
65. Kośnicki Z., Frąckowiak L.: Metodyka badań obsypnika kombi-nowanego OKA-4. IBMER, 1973, VIII/92.
66. Kowalik P.: Zarys fizyki gruntów. Wyd. Polit. Gdańskiej, Gdańsk 1975.
67. Kowalski J.: Wpływ systemu regulacji głębokości roboczej pługów zawieszanych na jakość orki. Roczn.Nauk Roln., 1976, t. 72-C-2.
68. Kozłowa L.D.: Srawnitielnaja ocenka kaczestwa obrabotki poczw. raznymi orudiami. Tieor.wopr.obrab.poczv.1968, wyp.1.
69. Krzemiński B.: Przyrząd do rejestracji parametrów orki. Biul.Inform. IMER, 1971, 5 (78).

70. Kubiena W.L.: Die mikromorphmetrische Bodenanalyse. F. Enke Verlag Stuttgart 1967.
71. Kuipers H.: Confined compression tests on soil aggregate samples. Mededel. van de Lanbouwhogeschool en de opzoekingsstations van de staat te Gent. 1959, Deel XXIV, No 1.
72. Kuipers H.: Water content at pF 2,0 as a characteristic in soil cultivation research in the Netherland. Neth.J.agric.Sci., 1961, No 9.
73. Kuipers H., van Ouwerkerk C.: Total pore -space estimations in freshly ploughed soil. Neth.J.agric.Sci. 1963, vol. 11, No 1.
74. Kuipers H., van Ouwerkerk C., Poesse G.J.: The karakterizati-
on of soil structure changes produced by tillage opera-
tions.Proc. of the Intern.Conf. on Charact.Problems in Soil
Tillage, Norway 1965.
75. Kuipers H.: Die anspruche der Kulturpflanzen an die physi-
kalischen Bodeneigenschaften aus der Sicht des Pflanzen-
bauers. Schweizerischer Verband der Ingenieur - Agronomen,
Weiterbildungskurs, 1968.
76. Kuipers H.: Introduction: Historical notes on the zero-til-
lage concept. Neth.J.agric.Sci. 1970, No 18.
77. Kunze A., Kaiser H., Stranak A.: Einfluss der Lagerungsdichte
des Bodens auf Keimung und Entwicklung von Sommergerste.
A. Thaer-Archiv. 1966. H. 10.
78. Larson W.E.: Important soil parameters for evaluating til-
lage practices in the United States.Neth.J.agric.Sci. 1963,
vol. 11, No 2, Special Issue.
79. Laskowski S.: Działanie różnego udziału orek płytkich i głę-
bokich w zmianowaniu na niektóre właściwości fizyczne gleby

- lekkiej oraz zmiany stanu zachwaszczenia. Międz.Konf.Nauk. „Współczesne kierunki w uprawie roli”, Warszawa-Olsztyn-Puławy, 1972.
80. Makowski J.: Zastosowanie izotopów promieniotwórczych w budownictwie wodnym, hydraulice i mechanice gruntów. PWN, Warszawa 1961.
81. Metodyka badań bron talerzowych. Zakł.Biuro Konstr.Fabr. Masz.Roln., Słupsk 1960.
82. Metodyka badań narzędzi doprawiających dla SOSR, 1965.
83. Naumow S.A.: Optimalnaja płetnost sieroj lesnej poczw. dla polowych kultur i rol mechaniczkiej obrabotki w jejo regulowaniu. Tieor.wopr.obrab.pocz. 1969, wyp. 2.
84. Nawrocki S., Miczyński J.: Badania nad celowością stosowania orki pługiem z przedpłużkiem w uprawie pod buraki cukrowe i rośliny zastępcze na glebie wytworzonej z lessu. Annales UMCS, 1965, s.E., vol XX.
85. Nikołajew A.W.: Osnownyje fiziczeskije swojstwa poczw. kak usłowija projawlenija poczwiennego płodorodija. Poczw. 1975, No 11.
86. Nowicki J., Hruszka M.: Efektywność uprawy roli glebogryzarką na tle technologii płuznej. Międz.Konf.Nauk. „Współczesne kierunki w uprawie roli”, Warszawa-Olsztyn-Puławy, 1972.
87. Nowikow Ju.F., Jakuszczenko Ł.: Metody miechaniko-tiechnologicznych issledowanij processa wspaszki. Met. issled processow mechanizacji w szelskim chozjajstwie. - Polewodstwo, 1970, wyp. 2.
88. Orlikowski P.: Metodyka badań pielników. IBMER, 1976, VIII/106.

89. Osnowy agrofizyki. Praca zbiorowa pod red. A.F. Joffe i J.B. Riewuta, Moskwa 1969.
90. Van Ouwerkerk C., Boone F.R.: Soil-physical aspects of zero - tillage experiments. Neth.J.agric.Sci., 1970, vol. 18.
91. Radomska M.: Badania porównawcze nad jakością uprawy wykonywanej pługofrezarką i pługiem. Roczn.Nauk Roln. 1970, t. 97-A-1.
92. Radomska M.: Wpływ parokrotnego stosowania pługofrezarki na właściwości gleby. Roczn.Nauk Roln. 1971, t.97-A-3.
93. Ralczew A.: Otnositielno sprotiwlenije pri oran na izlužen czernoziem smołnica i siwa gorska poczwa. Poczw. i agrochimijs, vol. 2, No 5, 1967, 35-44.
94. Rid H., Süß A.: Zur methodik der Prüfung des Effekts von Bodenbearbeitungsgeräten. Landtechn. Forsch. 1960, H.3.
95. Rieder J.B.: Die Messung von Bodenfeuchte und Bodendichte mit radioaktiven Strahlen in unterschiedlich belasteten Grünlandböden. Bayer. Landw.Jahrb. 1971, H. 3.
96. Rode A.: Woda w glebie. PWRiL, Warszawa 1956.
97. Russel E.W.: Reduced cultivations and direct drilling: the present position and the research needs of these techniques. Outlook Agricult., 1975, vol. 8, Special Issue.
98. Rząsa S.: Pneumatyczny oporomierz glebowy do badań związku gleb i gruntów. Roczn.Gleb., 1960, dod. do t. 9.
99. Sach H.: Über die Ursachen der Bodenverdichtung in der Sohle der Pflugfurche und deren Vermeidung. Grndl. d. Landtechn. 1962, H. 15.
100. Sanglerat G.: The penetrometer and soil exploration. Elsevier Publishing Company. Amsterdam-London-New York 1972.

101. Schroeder G.: Melioracje wodne w rolnictwie, Arkady Warszawa 1972.
102. Sdobnikow S.S.: O pierodiczieskom oborocziwanii pachotnogo słoja poczwy w systemie biezotwalnoj obrabotki. Tieor.wopr. obrab.pocz. 1968, wyp. 1.
103. Sienkiewicz J., Gonet I.: Wpływ ciężaru objętościowego na plonowanie zbóż jarych. Międz.Konf.Nauk. „Współczesne kierunki w uprawie roli”, Warszawa-Olsztyn-Puławy 1972.
104. Słowik K.: Wpływ ugniatającego działania maszyn na właściwości fizyczne gleb i wzrost jabłoni. I. Zmiany właściwości fizycznych gleb pod wpływem ugniatającego działania maszyn. Pr.Inst.Sad., 1970, t. 14.
105. Smorodin G.S.: O tipach słoženija i prijemach obrabotki poczwy. Tieor.wopr.obrab.pocz. 1968, wyp.1.
106. Smorodin G.S., Parszиков W.N.: Wlinjanije słoženija pachotnogo słoja na wodno-fiziczeskij rieżim i płodorodije jużnych karbonatnych czernoziemow Krima. Tieor.wopr.obrab.pocz. 1969, wyp. 2.
107. Soane B.D., Butson M.J., Pidgeon J.D.: Soil-machine interaction in zero - tillage for cereals and raspberries in Scotland. Outlook. Agricult. 1975, vol. 8, Special Issue.
108. Soane B.D., Campbell D.J., Herkes S.M.: Hand - held gamma-ray transmission equipment for the measurement of bulk density of field soils. J.agric.Eng.Reas. 1971, vol. 16, No 2.
109. Söhne W.: Charakterization of tillage - tools. Proc. of the Internat. Confer. on Charact. Problems in Soil Tillage-Norway, 1955.
110. Söhne W.: Einige Grudlagen für eine Landtechnische Bodenmechanik.Grund. d.Landtech. 1956, H. 7.

111. Stakman W.P.: Determination of water retention and water flow in soil. 1 st International Course on Vegetable Growing, Wageningen - The Netherlands, 1971.
112. Stibbe E., Ariel D.: No - tillage as compared to tillage practices in dryland farming of a semiarid climate. Neth.J. agric.Sci. 1970, No 18.
113. System Maszyn Rolniczych. IMER, PWRiL, Warszawa 1967.
114. Szabala A.A.: O wzaimoswiazach kaczestwa kroszenija s sosto-
janijem poczwy i riezimami obrabotki. Nowoje w polewodstwie
Mołdawii. Kiszyniew 1971.
115. Śmierzchalski L., Droese H.: Znaczenie wieloletniego zróż-
nicowania głębokości orok na czarnej ziemi błońskiej.
Cz. III. Wpływ głębokości orok na niektóre właściwości fi-
zyczne gleby. Roczn.Nauk Roln. 1971, t. 97-A-2.
116. Śmierzchalski L.: Wpływ zagęszczenia gleby na plonowanie
niektórych roślin zbożowych i okopowych. Międz.Konf.Nauk.
"Współczesne kierunki w uprawie roli", Warszawa-Olsztyn-
Puławy, 1972.
117. Święcicki Cz.: Nowe metody oznaczania niektórych fizycznych
właściwości gleb. Roczn.Gleb. 1954, t.3.
118. Święcicki Cz., Siuta J., Sienkiewicz J., Trzecki S., Kiers-
nowski J.: Ważniejsze właściwości gleb wpływające na wa-
runki rozwoju mechanizacji. Zesz.Probl.Post.Nauk.Roln.
1972, z. 135.
119. Trietjakow N.N., Iwanow W.K.: Ob optimalnej płochnosti po-
czwy dla propaszných kultur. Tieor.wopr.obrab.pocz. 1968,
wyp. 1.
120. Trzecki S.: Badania zdolności zatrzymywania wody w glebie.
SGGW, Warszawa 1967.

121. Trzecki S., Król H., Szuniewicz J.: Metody oznaczania różnych pojemności wodnych i porowatości różnicowej gleb. PTG, Warszawa 1971.
122. Trzecki S., Kasztelan J.: Próba wyznaczenia granicznych oporów gleby dla wschodów niektórych gatunków roślin uprawnych. Międz.Konf.Nauk. „Współczesne kierunki w uprawie roli” Warszawa-Olsztyn-Puławy 1972.
123. Turski R., Domżał H., Słowińska-Jurkiewicz A.: Badania właściwości wodno-powietrznych gleb ugniatanych kołami ciągników i narzędzi rolniczych podczas wykonywania prac polowych. Roczn.Nauk Roln. 1974, t. 100-A-3.
124. Untersuchungsmethoden des Bodenstrukturzustandes. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag. Berlin 1968.
125. Walczak R., Orłowski R., Pukos A.: A manual spring-penetrometer of soil with a recorder. Pol. J. of Soil Sci. 1973, vol. 6, No 2.
126. Walczak R., Witkowska B.: Metody badania i sposoby opisywania agregacji gleby. Probl.Agrofizyki, 1976, nr 19.
127. Wasiliew J.P., Dospiechow B.A.: Sposób opriedielenija głębi-
bistosti powierzchni poczwy fotografirowanijem. Izd.Timir-
jaz.Siel.-choz. akad. 1970, No 6.
128. West European Methods for Soil Structure Determination. Ghent, Belgium, 1967.
129. Wierniajew O.W., Sokołow M.A.: Miedod ispolzowanija rientge-
nowskich łuczej dla izuczenija tiechnologiczeskogo processa
obrabotki poczwy. Miet.issled. processow miech wsiel.-choz.,
1970, No 2.
130. Wilde A.A., Kantorie G.K.: Issledowanije i agronomiczeskaja
ocenka niekotorych sposobow i sriedstw przedposiewnoj obra-

- botki zjabli. Trudy Łatw.Inst. miech.i elektr. siel.-choz., 1972, t. 4.
131. Wilde A.A., Cesnieks A.Ch.: Izyskanije sposobow i sriedstw obrabotki zasochszichi zatwierdiechszich suglinistych poczw. Trudy Łatw.Inst.miech. i elektr. siel.-choz. 1972, t.4.
 132. Wilde A.A.: O wyborze racjonalnych konstrukcji poczwobratywajuszczich orudij. Naucz.trudy projektno-tiechnol.inst. miech. i elektr. siel.-choz. Siewaro-zapada, 1971.
 133. Woźniak W.: Film metodą badawczą właściwości fizycznych. gleby i roślin uprawnych. Zesz.Probl.Post.Nauk Roln. 1972, z. 135.
 134. Young H.M.: „No- tillage" farming in the United States-its profit and potential. Outlook Agricult. 1973, vol. 7, No 4.
 135. Zabasztanskij S.A., Brazilewskij W.Ju.: Wlijanije rotornoj obrabotki poczwy na agrofiziczeskije swojstwa i urożaj kultur. Poczwowied. 1975, No 10.
 136. Zalecenia Agrotechniczne IUNG, Puławy 1969.
 137. Zalecenia Agrotechniczne IUNG, Puławy 1972.
 138. Zawadzki S.: Laboratoryjne oznaczenie zdolności retencyjnej utworów glebowych. Wiadomości IMUZ, 1973, t. 11, z. 2.
 139. Ziemnicki S., Dobrzański B.: Metoda oznaczania współczynnika przepuszczalności gleb. Annales UMCS, 1958, Sec. E, vol. XIII, 3.

Tabela 1. Podstawowe wskaźniki jakości

	R o d z a j			
	brona talerzowa podorywkowa	plug podorywkowy	plug zagonowy	plug obracalny
Nierównomierność głębokości roboczej (%)	do 15	do 10(15) 1)	10 2), 5	15 2), 5
Nierównomierność szerokości roboczej (%)	-	5	10 2), 5	15 2), 5
Stopień podcięcia ścierniska (%)	min 80	-	-	-
Stopień przykrycia resztek (%)	min 80	80	90(98) 3)	90(98) 3)
Kruszenie brył (%) mniejszych od	-	-	-	-
Stopień podcięcia i przykrycia chwastów (%)	-	-	-	-
Podcięcie skiby na szer. robocz. (%)	-	-	-	-
Wydobycie rozłogów perzu (%)	-	-	-	-
Stopień ugniecenia (%)	-	-	-	-
Głębokość ugniecenia warstwy (%)	-	-	-	-

1 - szerokość powyżej 2 m

2 - plugi konne

pracy narzędzi według SMR i L (113)

n a r z ę d z i a

piug talerzowy	piug do głę- bokiej orki	piugo- frezarka	brona talerzowa	glebo- gryzarka	kultywator	brona zębowa	wał gładki	wał ugnia- tający względnie	wał kruszący
5	5	5	15	-	15	-	-	-	-
10	10	5	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
90	100	90(98) 3)	-	-	-	-	-	-	-
-	-	100(70) 4) 0,03 m	75 0,05m	100 0,03 m	-	100 0,03 m	-	-	80 0,03 m
-	-	-	90	-	90	-	-	-	-
-	-	-	-	100	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	50	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	20	-
-	-	-	-	-	-	-	3-6	15	-

3 - z przedpłużkami

4 - na glebach ciężkich

Tabela 2. Ocena stopnia zagęszczenia na podstawie ciężaru objętościowego i porowatości (2)

Głębokość cm	Ciężar objętościowy G/cm ³ lub porowatość ogólna %	Stopień zagęszczenia gleby					Ciężar właściwy rzeczy wisty G/cm ³
		bardzo luźna	luźna	średnio zagęszczona	za- gęszczona	bardzo za- gęszczona	
Dla gleb zawierających poniżej 4% próchnicy							
0-20	ciężar objęt.	< 1,0	1,0-1,20	1,20-1,40	1,40-1,50	> 1,50	2,60
	porowatość ogólna	> 60	60-53	53-47	47-42	< 42	
20-50	ciężar objęt.	< 1,20	1,20-1,35	1,35-1,48	1,48-1,60	> 1,60	2,65
	porowatość ogólna	> 55	55-60	50-45	45-40	< 40	
50-100	ciężar objęt.	< 1,35	1,35-1,50	1,50-1,60	1,60-1,67	> 1,67	2,70
	porowatość ogólna	> 50	50-45	45-41	41-38	< 38	
Dla gleb zawierających powyżej 4% próchnicy							
0-20	ciężar objęt.	< 0,95	0,95-1,10	1,10-1,20	1,20-1,30	> 1,30	2,50
	porowatość ogólna	> 62	62-56	56-52	52-48	< 48	
20-50	ciężar objęt.	< 1,10	1,10-1,20	1,20-1,30	1,30-1,40	> 1,40	2,60
	porowatość ogólna	> 58	58-54	54-50	50-46	< 46	
50-100	ciężar objęt.	< 1,25	1,25-1,32	1,32-1,40	1,40-1,50	> 1,50	2,70
	porowatość ogólna	> 54	54-51	51-48	48-44	< 44	

Tabela 3. Ocena stopnia zbitości gleby (118)

Ciężar objętościowy	Ocena układu
< 0,9	bardzo pulchny
0,9-1,1	pulchny
1,1-1,3	normalnie zwięzły
1,3-1,5	słabo zbity
1,5-1,7	zbity
1,7-1,9	silnie zbity
1,9-2,1	bardzo silnie zbity

Tabela 4. Wskaźniki budowy warstwy ornej czarnoziemów lasostepu południowej strefy przeduralskiej według Smorodina(105)

Wskaźniki	Budowa			
	bardzo luźna	luźna	zagęszczona	zbita
Ciężar objętościowy G/cm ³	0,8	0,8-1,0	1,0-1,1	1,1-1,3
Porowatość, %	65	60-65	55-60	50-55
Zwięzłość, kg/cm ³	8	8-12	12-16	16-20
Zawartość agregatów > 0,25 mm, %	53-56	56-60	60-63	63-70
Przepuszczalność wodna, mm/h	150-200	100-150	50-100	50
Opór jednostkowy, kg/cm ²	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0,5-0,7

Tabela 5. Próba klasyfikacji stanu zagęszczenia gliniastych gleb doliny Dniestru według Ilina (44)

Budowa gleby	Bardzo pulchna	Pulchna	Słabo zagęszczona	Silnie zagęszczona	Zbita	Bardzo zbita
Ciężar objętościowy G/cm ³	< 101	1,01-1,10	1,11-1,20	1,21-1,30	1,31-1,40	> 1,40

Tabela 6. Klasyfikacja typów budowy szarych gleb leśnych według Naumowa (93)

Budowa	Luźna (pulchna)	Optymalnie zagęszczona	Zbita	Bardzo zbita
Ciężar objętościowy G/cm^3	$< 1,1$	$1,1-1,3$	$1,3-1,4$	$> 1,4$

Tabela 7. Ocena ciężaru objętościowego gleb gliniastych i ilastych według Kaczyńskiego (50)

Ciężar objętościowy G/cm^3	O c e n a
$< 1,0$	Gleba pulchna, zasobna w substancję organiczną
$1,1-1,2$	Świeżo zaorana gleba, o dobrej kulturze
$1,2$	Rola zagęszczona
$1,3-1,4$	Rola silnie zagęszczona
$1,4-1,6$	Warstwy podorne
$1,6-1,8$	Silnie zagęszczone warstwy podobne

Tabela 8. Ocena porowatości gleb wytworzonych z glini iłów według Kaczyńskiego (50)

Porowatość ogólna %	O c e n a
25-40	Typowa dla zbitych poziomów iluwialnych
40-50	Zbyt niska, niewystarczająca dla warstwy ornej
50-55	Wystarczająca dla warstwy ornej
55-65	Typowa dla warstwy ornej gleby o dobrej kulturze
> 70	Gleba pulchna, nadmiernie porowata

Tabela 9. Klasyfikacja przydatnych rolniczo strukturalnych elementów glebowych według Sawwinowa (2)

Rodzaj elementów strukturalnych	Postać elementów strukturalnych	Średnica mm
1. Bryły (elementy o średnicy > 10 mm)	Duże bryły Średnie bryły Małe bryły	> 100 30-100 10-30
2. Gruzelki (elementy o średnicy 0,25-10 mm)	Duże gruzelki Średnie gruzelki Małe gruzelki Elementy ziarniste	3-10 1-3 0,5-1 0,25-0,5
3. Części pyłowe (elementy o średnicy < 0,25 mm)	Elementy mikrostrukturalne Cząstki pyłowo-gliniaste	0,01-0,25 < 0,01

Tabela 10. Skala do oceny przygotowania gleby do siewu na podstawie jej stanu strukturalnego według Dołgowa i Bachtina (2)

Zawartość agregatów o średnicy 0,25-10 mm, %		Ocena stanu strukturalnego
powietrznie suchych	wodoodpornych	
> 80	> 70	doskonały
80-60	70-55	dobry
60-40	55-40	zadowalający
40-20	40-20	niezadowalający
< 20	< 20	zły

Tabela 11. Projekt jakościowej oceny technologicznych wskaźników orki przy orce plugiem
lemieszowym (bez bronowania) według Bachtina (3)

Kruszenie i rozpylenie gleby			Zbrylenie powierzchni roli		Wysztorcowanie skib	
Frakcje, %			Powierzchnia brył < 50 mm, %	Ocena zbrylenia	Średnia głębokość bruzdy między grzbiętami skib, cm	Ocena wysztorcowania
Części pyłowe < 0,25 mm	Gruzelki < 50 mm	Ocena orki				
< 5	100-90	bardzo dobra	< 15	małe	< 3	bardzo małe
5-10	90-70	dobra	30-15	niewielkie	3-6	słabe
10-15	70-50	zadowalająca	45-30	średnie	6-9	średnie
15-20	50-30	niesatysfakcjonująca	60-45	duże	9-12	duże
> 20	> 30	zła	> 60	duże	> 12	duże

Tabela 12. Ocena retencyjności gleby na podstawie zapasu wody, użytecznej i porowatości aeracyjnej według Kohnkego (66)

Zapasz wody użytecznej, % (pF 2,5-4,2)	O c e n a	Porowatość aeracyjna, %	O c e n a
5	sucho	< 5	bardzo mała
10	dostatecznie	5-10	niska
15	średnio	10-15	dostateczna
20	odpowiednio	> 15	dobra

Tabela 13. Charakterystyka stopnia zagęszczenia gleby i jej stanu strukturalnego na podstawie przepuszczalności powietrznej według Dobriakowa (2)

Przepuszczalność powietrza przy polowej pojem- ności wodnej, cm ³ /min	Stopień zagęszczenia gleby	Przepuszczal- ność po- wietrzna po nawilgoceniu cm ³ /min	Stan struktury gleby
0-10	bardzo zbita	0-20	bezstrukturalna
10-30	zbita	20-40	słabo strukturalna
30-50	silnie zagęszczona	40-60	średnio strukturalna
50-70	średnio zagęszczona	> 60	strukturalna
70-90	słabo zagęszczona		
90-99	luźna		

Tabela 14. Kategorie stanu struktury gleby według Nikołajewa (85)

Wskaźnik $\frac{1}{W_S}$	Stan struktury
$< 0,20$	bardzo wysoki
$0,20-0,40$	wysoki
$0,40-0,80$	niewysoki
$0,80-4,00$	niski
$> 4,00$	bardzo niski

Wskaźnik $\frac{1}{W_S}$ określa, ile mikroagregatów ($\phi < 0,25$ mm) potrzebne jest do utworzenia jednego rolniczo cennego agregatu.

$$W_S = \frac{S + L}{T \times D}$$

gdzie: S - zawartość cennych rolniczo wodoodpornych agregatów
o $\phi 0,25-10$ mm,

L - zawartość wodoodpornych i niewodoodpornych agregatów
o $\phi > 10$ mm, które za pomocą zabiegów agrotechnicznych
można przekształcić w cenne rolniczo gruzelki,

T - stopień agregacji gleby,

D - zawartość mikroagregatów o $\phi < 0,25$ mm.

Tabela 15. Kategorie warunków wodnych gleby według Nikolajewa (85)

Wskaźnik W_W	Ocena warunków wodnych
$< 0,50$	skrajnie niedostatecznie (polihydrofobowe)
$0,50-0,75$	niedostateczne (hydrofobowe)
$0,75-1,25$	dostateczne (hydrotypowe)
$1,25-1,50$	nadmierne (hydrofilne)
$> 1,50$	skrajne nadmierne (polihydrofilne)

W_W - wskaźnik warunków wodnych gleby

$$W_W = \frac{0,8M - N}{A + 0,2M}$$

gdzie: M - zapas wody w warunkach polowych, wyrażony w mm, dla określonej warstwy gleby,

N - zapas wody higroskopowej maksymalnej, mm

A - objętość porów glebowych nie zajętych przez wodę, mm.

Tabela 16. Kategorie warunków powietrznych gleby według Nikolajewa (85)

Wskaźnik W_A	Ocena warunków aeracji
$< 1,2$	bardzo niezadowalające (hiperaerofobowe)
$1,2-1,4$	niezadowalające (aerofobowe)
$1,4-1,6$	zadowalające (aeryczne)
$1,6-1,8$	duże (aerofilne)
$> 1,8$	bardzo duże (hiperaerofilne)

W_A - wskaźnik warunków powietrznych gleby

$$W_A = \frac{C}{M}$$

gdzie: C - całkowite objętość porów glebowych, mm,

M - zapas wody, wyrażony w mm, w stanie polowej pojemności wodnej dla określonej warstwy gleby.

Tabela 17. Wskaźniki i kategorie wodno-powietrznych warunków gleby ($W_W \cdot W_A$) wg Nikolaiewa (85)

Warunki powietrzne W_A	Warunki wodne W_W			
	Polihydrofobowe < 0,50	Hydrofobowe 0,50-0,75	Hydrotypowe 0,75-1,25	Hydrofilne 1,25-1,50
Hiperaerofilne 1,0-1,2	Polihydrofobowe Hiperaerofilne < 0,55	Hydrofobowe Hiperaerofilne 0,55-0,83	Hydrotypowe Hiperaerofilne 0,83-1,38	Hydrofilne Hiperaerofilne 1,38-1,68
Aerofilne 1,2-1,4	Polihydrofobowe Aerofilne < 0,65	Hydrofobowe Aerofilne 0,65-0,98	Hydrotypowe Aerofilne 0,98-1,63	Hydrofilne Aerofilne 1,63-1,95
Aeryczne 1,4-1,6	Polihydrofobowe Aeryczne < 0,75	Hydrofobowe Aeryczne 0,75-1,13	Hydrotypowe Aeryczne 1,13-1,88	Hydrofilne Aeryczne 1,88-2,25
Aerofilne 1,6-1,8	Polihydrofobowe Aerofilne < 0,85	Hydrofobowe Aerofilne 0,85-1,88	Hydrotypowe Aerofilne 1,88-2,13	Hydrofilne Aerofilne 2,13-2,55
Hiperaerofilne > 1,8	Polihydrofobowe Hiperaerofilne < 0,95	Hydrofobowe Hiperaerofilne 0,95-1,43	Hydrotypowe Hiperaerofilne 1,43-2,38	Hydrofilne Hiperaerofilne 2,38-2,85

W_W - wskaźnik warunków wodnych gleby (tab. 15),

W_A - wskaźnik warunków powietrznych gleby (tab. 16).

Tabela 18. Ocena fizycznego stanu gleby według Nikolajewa (85)

Wskaźnik	Ocena warunków fizycznych w glebie
< 0,25	bardzo złe
0,25-0,75	złe
0,75-2,00	zadowolające
2,00-7,50	dobrze
> 7,50	bardzo dobre

W - wskaźnik warunków fizycznych panujących w glebie

$$W = \frac{W_W \cdot W_A}{W_S},$$

gdzie: W_W - wskaźnik warunków wodnych gleby (tab.15),

W_A - wskaźnik warunków powietrznych gleby (tab. 16),

W_S - wskaźnik strukturalności (tab. 14).

SPIS TREŚCI

	str.
PODSTAWOWE CELE I SYSTEMY UPRAWY GLEBY	5
WSKAŹNIKI OCENY PRACY NARZĘDZI UPRAWOWYCH I STANU GLEBY .	8
OGÓLNE ZASADY POBIERANIA PRÓB PRZY OCENIE AGROFIZYCZNEGO EFEKTU UPRAWY GLEBY *	10
METODY I NORMY DOTYCZĄCE TESTOWANIA RÓŻNYCH GRUP NARZĘDZI UPRAWNYCH	15
Charakterystyka warunków testowania narzędzi	15
Ocena jakości pracy narzędzi uprawowych	18
CECHY CHARAKTERYZUJĄCE ZAGĘSZCZENIE GLEBY	28
Ciężar objętościowy gleby	28
Porowatość ogólna gleby	33
Wskaźnik spulchnienia gleby	38
CECHY CHARAKTERYZUJĄCE BUDOWĘ GLEBY *	38
Skład agregatowy, zbrylenie i pokruszenie gleby . . .	38
Struktura porów glebowych	42
Wskaźniki charakteryzujące stan rozdrobnienia gleby w czasie uprawy	47
WŁAŚCIWOŚCI WODNO-POWIERZCHNIOWE GLEBY	48
Kapilarna i polowa pojemność wodna	48
Pojemność powietrzna gleby	53
Przepuszczalność powietrzna gleby	53
Przepuszczalność wodna gleby	57
ZWIĘZŁOŚĆ GLEBY	58
KRYTERIA OCENY STANU FIZYCZNEGO GLEBY *	61
PODSUMOWANIE	63
PIŚMIENNICTWO	64
TABELE	78

Dotychczas ukazały się następujące numery

PROBLEMÓW AGROFIZYKI

1. Jan Gliński, Witold Stępniewski - Zastosowanie chromatografii gazowej w badaniach gleboznawczych.
2. Piotr Kowalik - Podstawy teoretyczne pomiarów potencjału wody glebowej.
3. Jan Gliński, Jerzy Duliban - Potencjał oksydoredukcyjny w glebach.
4. Małgorzata Dąbek-Szreniawska - Mikrobiologiczne aspekty tworzenia się agregatów glebowych.
5. Bogusław Szot - Rozwój badań właściwości fizycznych materiałów rolniczych.
6. Ignacy Dechnik, Janusz Stawiński - Powierzchnia właściwa w badaniach fizykochemicznych i fizycznych właściwości gleb.
7. Adam Pukos, Ryszard Walczak - Podstawy teoretyczne badania właściwości mechanicznych gleb.
8. Bogusław Szot, Grażyna Kolemba - Metody oceny wylegania zbóż.
9. Janusz Haman, Bogusław Szot, Wanda Woźniak - Zagadnienie wymiany ciepła i masy w materiałach roślinnych.
10. Materiały seminarium poświęconego fizyce wody glebowej. Praca zbiorowa.
11. Henryk Czachor, Ryszard Walczak - Zamknięte źródła radioizotopowe w badaniach fizycznych właściwości gleb.
12. Zastosowanie analizy spektralnej w badaniach rolniczych. Praca zbiorowa.
13. Krystyna Konstankiewicz, Adam Pukos, Ryszard Walczak - Domenowa teoria histerezy dla termodynamicznych procesów w glebie.
14. Jerzy Szczypa, Zofia Sokołowska - Zastosowanie radioizotopów do badania fizykochemicznych właściwości gleb.
15. Janusz Haman, Adam Pukos - Aktualne zagadnienia mechaniki gleb.
16. Jan Gliński, Zofia Stępniewska - Zastosowanie elektrod selektywnych w badaniach gleboznawczych.
17. Ignacy Dechnik, Jerzy Lipiec - Zwięzłość gleby jako czynnik środowiska rozwoju roślin.

18. Ignacy Dechnik, Stanisław Tarkiewicz - Zmiany właściwości agrofizycznych gleb pod wpływem działania narzędzi aktywnych.
19. Ryszard Walczak, Barbara Witkowska - Metody badania i sposoby opisywania agregacji gleby.
20. Władysław Byszewski, Janusz Pala - Niektóre aspekty związku między poziomem mechanizacji produkcji roślinnej a właściwościami fizycznymi roślin.
21. Ignacy Dechnik, Ryszard Dębicki - Czynniki zaskorupiania gleb oraz metody przeciwdziałania temu zjawisku.
22. Helena Lisowa, Janusz Haman, Tadeusz Lis - Właściwości cieplne ciał kapilarno porowatych i metody ich pomiaru.
23. Ignacy Dechnik, Ryszard Dębicki - Wykorzystywanie syntetycznych środków do ulepszania gleb.
24. Ludomir Pavel, Stanisław Uziak - Metody badania składu i właściwości mineralnych wysokodyspersyjnych składników gleb.
25. Dąbek-Szreniawska Małgorzata, Drażkiewicz Maria - Zagadnienie sorpcji mikroorganizmów w glebach.