

Jarosław Opic

Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin SGGW w Warszawie

Siew bezpośredni a właściwości chemiczne i aktywność biologiczna gleby

Wstęp

Najbardziej rozpowszechnionym systemem uprawy pozostaje, jak dotychczas, uprawa płużna. Od momentu skonstruowania pług o właściwej odkładnicy (XVIII w.), która stawiała mniejsze opory podczas pracy, można tę uprawę wykonywać na głębokość większą niż 15 cm. Jest ona stosowana w różnych warunkach glebowych, klimatycznych czy ekonomicznych. Pomimo wielu zastrzeżeń i uwag pojawiających się od początku XIX w. (Beatson, Horsky, Umissa, Owskiński) ta metoda uprawy dominuje do chwili obecnej. Wykonuje się ją we wszystkich typach gospodarstw rolniczych, zarówno w konwencjonalnych (ekstensywne, intensywne, integrowane), jak i ekologicznych, niezależnie od stopnia dostępności środków produkcji pochodzenia przemysłowego, a także w różnych obszarach geograficznych.

Skrajnym (co nie oznacza gorszym) przykładem ograniczenia uprawy płużnej jest siew bezpośredni lub jak precyzuje to Polska Norma – uprawa zerowa. Należy zdać sobie sprawę, że technologia siewu bezpośredniego nie jest w rolnictwie światowym niczym nowym. Jej rozwój został zapoczątkowany w połowie lat sześćdziesiątych, co wiązało się bezpośrednio z syntezą takich związków jak dikwat i parakwat. W krajach Europy Zachodniej oraz USA, gdzie siew bezpośredni stał się jedną z wielu technologii stosowanych przez rolników, w zależności od warunków przyrodniczo-ekonomicznych plony roślin uprawnych nie odbiegają zupełnie od tych, jakie uzyskuje się przy uprawie płużnej.

W warunkach Polski stosowanie siewu bezpośredniego nie wyszło praktycznie poza fazę doświadczalną i ma bardzo ograniczony zasięg. Przyczyną tego jest zarówno brak produkcji odpowiednich polskich siewników, trudne warunki ekonomiczne oraz nie sprzyjająca wprowadzaniu nowości technicznych struktura polskiego rolnictwa. Pomimo tych ograniczeń należy dążyć do wyjaśnienia możliwie wszystkich aspektów teoretycznych, które po zaistnieniu warunków ekonomicznych sprzyjających wdrożeniom umożliwią opracowanie właściwych zaleceń.

Po rozwiązaniu problemów związanych z odpowiednią konstrukcją siewników oraz zwalczaniem chwastów, głównie jednoliściennych (co gwarantowało osiągnięcie

plonów zbliżonych do uzyskiwanych w uprawie płuźnej), w końcu lat siedemdziesiątych i w latach osiemdziesiątych badania nad siewem bezpośrednim skoncentrowały się w szczególności nad jego wpływem na właściwości gleby. Skupiono się głównie na zmianach właściwości chemicznych i fizycznych gleby, jakie wywołuje ta technika uprawy. Problematyka ta doczekała się wielu opracowań. Stosunkowo niewiele jest natomiast doniesień mówiących o zmianach właściwości biologicznych gleby, wywołanych wieloletnim wykonywaniem siewu bezpośredniego.

Właściwości chemiczne gleby

Stosowanie płuźnej uprawy roli powoduje, że gleba co najmniej raz w roku jest odwracana. Jednocześnie uprawa tradycyjna zakłada wykonywanie wielu zabiegów doprawiających, mających na celu doprowadzenie gleby do takiego stanu, który jest optymalny dla uprawianych gatunków roślin. Te wszystkie zabiegi powodują naruszenie układu gleby. Natomiast siew bezpośredni nie stwarza żadnych możliwości regulowania układu gleby oraz jej właściwości powietrzno-wodnych. Przy dłuższym okresie jego wykonywania konsekwencją może być wzrost gęstości gleby, a co się z tym wiąże – ograniczony dostęp powietrza. W takich warunkach następuje wolniejszy rozkład substancji organicznej. Dlatego też stwierdza się [7, 9, 20, 23, 26, 41, 42], że zaniechanie wykonywania uprawy płuźnej i kilkuletni okres stosowania siewu bezpośredniego powoduje gromadzenie się substancji organicznej w powierzchniowej warstwie gleby. Wzrost ten ogranicza się najczęściej do wierzchniej 0–5 cm warstwy gleby. W porównaniu z uprawą płuźną [11, 34] w warstwie 10–15 cm następuje wyrównanie jej zawartości, a poniżej tego poziomu ilość substancji organicznej znacznie maleje.

Bezpluźna uprawa roli, obok koncentracji substancji organicznej w górnych warstwach profilu glebowego, może powodować również kumulację innych składników pokarmowych. Zjawisko to występuje wyraźnie w odniesieniu do fosforu, a także – jak twierdzą liczni autorzy – dotyczy również potasu [3, 6, 18, 27, 39]. W Wielkiej Brytanii w uprawie zbóż w monokulturze przy wykonywaniu uprawy płuźnej i siewu bezpośredniego stwierdzono [15], że w obiektach bez uprawy następowała większa koncentracja fosforu i potasu w warstwach 0–2,5 cm, 2,5–5,0 cm i 5,0–7,5 cm. Wyrównywanie lub odwrócenie proporcji następowało na głębokości 10–15 cm w wypadku fosforu i 5–10 cm w wypadku potasu. O podobnych zależnościach mówią dane niemieckie [11], z których wynika, że zawartość przyswajalnego potasu w warstwie gleby do głębokości 10 cm była o $15 \text{ mg} \cdot 100^{-9}$ większa po wykonaniu siewu bezpośredniego, a wyrównanie zawartości tego składnika w porównaniu z uprawą płuźną następowało na głębokości 25 cm.

Osobnego omówienia wymaga wzrost zawartości przyswajalnego fosforu po siewie bezpośrednim [11, 15] w warstwach gleby poniżej 5 cm (pomimo powierzchniowego stosowania mineralnych nawozów fosforowych i bez ich mieszania z war-

stwami głębszymi). Jak wiadomo, fosfor – w przeciwieństwie do potasu – jest pierwiastkiem mało ruchliwym, nie przemieszczającym się łatwo do głębszych warstw gleby. Pewnym wytłumaczeniem tego zjawiska może być działalność mezo-fauny glebowej. Otóż w warunkach siewu bezpośredniego następuje wzrost populacji dżdżownic [38], które drążą przestwory glebowe budowane z materiałów, znajdujących się w wierzchnich warstwach gleby. Dżdżownice, transportując te materiały, przenoszą jednocześnie nawozy fosforowe w głąb gleby [24]. Wykazano jednocześnie, iż takie ilości fosforu przeniesionego przez dżdżownice do warstw głębszych mogą oddziaływać na plony roślin [25].

Równie ważna z punktu widzenia roślin jest zawartość azotu w glebie. Stosowanie techniki siewu bezpośredniego powoduje wzrost zawartości azotu ogółem [3, 8, 11, 41, 44] w wierzchnich warstwach gleby. Jednakże mineralizacja azotu organicznego przy siewie bezpośrednim jest znacznie słabsza [14, 36]. Proces ten [1, 2] jest bowiem przyspieszany przez wysoką temperaturę oraz niezakłóconą wymianę powietrza i wody do granicy polowej pojemności wodnej, a z wyjątkiem warunków wilgotnościowych pozostałe czynniki są korzystniejsze na glebach uprawianych płuźnie. Jednocześnie proces przetwarzania organicznie związanego azotu w formy przyswajalne dla roślin w glebach z siewem bezpośrednim jest nie tylko powolniejszy niż po uprawie płuźnej, ale rozpoczyna się później wiosną i kończy wcześniej w lecie.

Zagadnienie uproszczenia uprawy roli rozpatrywane jest również z punktu widzenia zmian, jakie wywołuje ono w odczynie warstwy uprawnej. W pracach dotyczących wprowadzenia siewu bezpośredniego większość autorów [5, 10, 19] przytacza wyniki wskazujące na wyraźne obniżenie pH, głównie powierzchniowych warstw gleby. Te niekorzystne zmiany nie powstają jednak automatycznie wraz z wprowadzeniem siewu bezpośredniego. W wypadku badań Blevinsa i in. [5] spadek wartości pH w warstwie 0–5 cm z 5,7 do 4,6 nastąpił po 5 latach siewu bezpośredniego. Jednocześnie w głębszych warstwach gleby nie stwierdzono zmiany wartości pH.

Wprowadzając do praktyki technikę siewu bezpośredniego, należy liczyć się z ujemnymi skutkami jego wykonywania w postaci wzrostu zakwaszenia powierzchniowych warstw gleby. Przyczyn takiego stanu należy upatrywać w oddziaływaniu kilku nakładających się czynników. Jednym z nich jest zapewne powierzchniowe stosowanie nawozów mineralnych – głównie azotowych – o wysokim indeksie zakwaszania. Brak ich przemieszania z glebą jest prawdopodobnie przyczyną znacznego obniżenia pH wierzchniej warstwy gleby. Jednocześnie siew bezpośredni może powodować modyfikacje w rozmieszczeniu systemu korzeniowego. Główna jego masa (szczególnie w początkowych fazach rozwojowych) może rozwijać się w wierzchniej warstwie gleby [36]. Rośliny, pobierając składniki pokarmowe, wydzielają do gleby jony H^+ , co powoduje obniżenie pH gleby, znajdującej się w obrębie oddziaływania rizosfery. Wydaje się, że w warunkach wykonywania siewu bezpośredniego konieczne staje się stosowanie szybko działających nawozów wapniowych, co mogłoby zapobiec obniżaniu się pH wierzchnich warstw gleby.

Aktywność biologiczna gleby

W warunkach współczesnego rolnictwa, często przy jednokierunkowej produkcji roślinnej i intensywnym stosowaniu środków produkcji pochodzenia przemysłowego (a z takim należy się liczyć, stosując siew bezpośredni), do określenia parametrów jakości gleby konieczne staje się uwzględnienie również czynników biologicznych wpływających na jej żyzność. Stwierdza się bowiem, że procesy mikrobiologiczne i biochemiczne, jakie mają miejsce w środowisku glebowym, przeważają nad reakcjami o czysto chemicznym charakterze [31]. Pomimo że biomasa żywych drobnoustrojów występujących w glebie stanowi zaledwie kilka procent w stosunku do zawartości materii organicznej, to odgrywają one dzięki małym wymiarom komórek, dużej aktywności metabolicznej i szybkiemu rozmnażaniu się ważną rolę w przepływie energii i krążeniu biogennym pierwiastków w agroekosystemach.

O ile zmiany właściwości gleby (dotyczy to głównie właściwości chemicznych i fizycznych), spowodowane siewem bezpośrednim, znajdują stosunkowo szerokie odzwierciedlenie w prowadzonych badaniach i literaturze, to wiedza dotycząca zmian właściwości biologicznych tych gleb jest znacznie bardziej uboga.

Pierwsze doniesienia mówiły o znacznie intensywniejszym rozwoju fauny glebowej w warunkach siewu bezpośredniego w porównaniu do uprawy tradycyjnej [38, 43]. Szczególnie pozytywną rolę odgrywają dżdżownice [38], których obecność po siewie bezpośrednim jest kilkakrotnie większa. W warstwie gleby do głębokości 2 cm stwierdza się 5-krotnie większą, a do głębokości 20 cm 2-krotnie większą liczbę kanalików glebowych pozostawionych przez dżdżownice (tab. 1). Drażąc liczne kanały w glebie, zapewniają one z jednej strony pożądaną przepuszczalność gleby i właściwe jej napowietrzenie, z drugiej zaś – pomimo wieloletniego zaniechania mechanicznej uprawy roli – przyczyniają się do utrzymania na stabilnym poziomie gęstości gleby suchej, a tym samym jej porowatości. To pozytywne oddziaływanie fauny glebowej obserwuje się najczęściej w warstwach do głębokości 15 cm. W warstwach głębszych stwierdzano często proporcje odwrotne, tzn. większą populację dżdżownic i innych organizmów zwierzęcych po wykonaniu orki. Przy znacznej liczbie populacji dżdżownic mogą one w pewnym stopniu zapobiegać również niekorzystnym zmianom w rozmieszczeniu składników pokarmowych w warstwie ornej, o czym wspomniano już powyżej.

Tabela 1. Liczba kanałów glebowych pozostawionych przez dżdżownice na powierzchni 1 m² [17]

Głębokość [cm]	Uprawa tradycyjna	Bez uprawy
2	27,0	117,0
20	79,0	141,0

Tabela 2. Aktywność biologiczna gleby wyrażana wskaźnikiem $\frac{\text{uprawa zerowa}}{\text{uprawa tradycyjna}}$ [13]

Wskaźnik	Warstwa gleby [cm]		
	0–7,5	4,5–15,0	0–15,0
Tlenowce	1,35	0,71	1,03
Beztlenowce	1,57	1,23	1,32

Analiza zmian liczebności poszczególnych grup drobnoustrojów w glebie może stanowić informację o kierunku i skali przeobrażeń warstwy ornej. Badania te powinny być przeprowadzane w płytkich warstwach gleby [13], co pozwala na dokładniejsze poznanie zmian. Pomimo wieloletniego wykonywania siewu bezpośredniego w wierzchniej – 7,5-centymetrowej warstwie gleby stwierdzono większą liczebność zarówno mikroorganizmów tlenowych, jak i beztlenowych (tab. 2). W warstwach głębszych – do 15 cm – w warunkach siewu bezpośredniego panowały mniej korzystne warunki do rozwoju mikroorganizmów tlenowych. Wskazywać to może na niekorzystne zmiany właściwości fizycznych gleby, związanych ze wzrostem gęstości gleby suchej [4, 29, 34]. Również mineralizacja azotu w tej warstwie jest nieznacznie większa po wykonaniu orki. Stan ten może wynikać zarówno z gorszych warunków tlenowych, jak i mniejszej ilości substancji organicznej w warstwach głębszych po siewie bezpośrednim.

Określenie aktywności biologicznej gleby jedynie poprzez określenie liczby drobnoustrojów może być obarczone dużym błędem. Stwierdzenie bowiem ich znacznej liczby nie świadczy jeszcze o tym, że ich metabolizm jest intensywny. I odwrotnie – mała liczba stwierdzonych w glebie drobnoustrojów może charakteryzować się wszechstronnymi możliwościami biochemicznymi, czyli wysoką intensywnością metaboliczną. Dlatego też wydaje się, że bardziej racjonalnymi wskaźnikami aktywności biologicznej gleb są wskaźniki enzymatyczne, należące do metod bioindykacyjnych, wykrywających deformację środowiska glebowego.

Enzymy, działając w środowisku glebowym, biorą czynny udział w procesach rozkładu i syntezy [37]. Dlatego też, badając aktywność, można określić kierunek i intensywność przemian substancji organicznej i mineralnej środowiska glebowego. Podkreśla się, że wysoka aktywność enzymatyczna gleby decyduje o jej żyzności [35], odgrywając dużą rolę w uwalnianiu i akumulacji składników pokarmowych. Enzymy dostają się do gleby następującymi drogami [37]:

- wydzielanie w procesie przemiany materii fauny glebowej,
- wydzielanie podczas autolizy resztek roślinnych i zwierzęcych,
- w wyniku działalności drobnoustrojów,
- w wyniku autolizy drobnoustrojów,
- z systemu korzeniowego roślin.

Aktywność enzymatyczna gleby, tak jak ma to miejsce w wypadku mikroorganizmów, w dużym stopniu jest uzależniona od jej właściwości chemicznych. Te z kolei są wynikiem stosowanej agrotechniki z różną intensywnością nawożenia i sposobami uprawy. Znaczna część enzymów glebowych wykazuje optimum swego działania przy obojętnym, względnie alkalicznym odczynie gleby [21]. I tak np. dla katalazy optymalne pH wynosi 6,8, dla alkalicznej fosfatazy – 9,6, a dehydrogenazy – 7,4–7,6. Wszystkie czynniki modyfikujące odczyn gleby mogą również wpływać na zwiększenie bądź zmniejszenie aktywności enzymów glebowych. Pomiedzy odczynem gleby a aktywnością enzymów istnieje wysoka korelacja [21, 22, 28], która wynosi dla dehydrogenaz 0,76–0,79, dla katalazy – 0,69 i alkalicznej fosfatazy – 0,68–0,80.

Więcej kontrowersji wzbudza zależność pomiedzy aktywnością enzymatyczną a zawartością materii organicznej. Wynikają one najprawdopodobniej z tego, iż brak takiej zależności stwierdzono przy jednocześnie niskich wartościach pH [16]. Dopiero na glebach o odczynie obojętnym lub lekko alkalicznym ujawniają się ściśle zależności pomiedzy zawartością materii organicznej a aktywnością enzymów. I tak np. na glebach o odczynie obojętnym współczynnik korelacji dla dehydrogenaz i C_{org} wynosił $r = 0,974$.

Nieliczne badania określające aktywność enzymatyczną po siewie bezpośrednim [12] wskazują na znaczny jej wzrost wywołany tą technologią uprawy w porównaniu do uprawy konwencjonalnej. 18-letni okres wykonywania siewu bezpośredniego spowodował, że na glebie gliniastej w warstwie gleby 0–7,5 cm stwierdzono 5-krotnie większą aktywność ureazy, jak również większą aktywność inwertazy i fosfatazy zasadowej (tab. 3). Te znaczne różnice dotyczyły jednakże tylko powierzchniowej 7,5-centymetrowej warstwy gleby. Wraz ze wzrostem głębokości obserwowano spadek aktywności enzymów i nie wykazywały one większych różnic bez względu na sposób uprawy.

Wyraża się pogląd [30, 31, 33, 40], że enzymami, które mogą zostać użyte do określenia aktywności biologicznej gleb, są dehydrogenazy. Wchodzą one w skład systemu oddechowego każdej komórki, są więc tworzone przez wszystkie żyjące i biologicznie czynne ciała [30]. Całkowita aktywność dehydrogenaz może świadczyć o aktywności mikrobiologicznej populacji, a zatem jest obrazem warunków, w jakich

Tabela 3. Aktywność enzymatyczna górnego poziomu warstwy uprawnej po długotrwałej uprawie zerowej (ureaza, inwertaza, fosfataza zasadowa [12], dehydrogenaza [32])

Enzymy	Uprawa	
	tradycyjna	zerowa
Ureaza	77	367
Inwertaza	63	134
Fosfataza zasadowa	83	110
Dehydrogenaza	905	1592

rozwijają się mikroorganizmy. Uważa się [40], że aktywność dehydrogenaz w glebie dostarcza informacji o biologicznej aktywności danej gleby, jak i o liczebności mikroorganizmów tę glebę zamieszkujących.

Wprowadzenie do praktyki siewu bezpośredniego wpływa na znaczny wzrost aktywności dehydrogenaz w wierzchniej 5-centymetrowej warstwie gleby (tab. 3). Wzrost ten jednak nie ma trwałego charakteru i wraz z liczbą lat wykonywania siewu bezpośredniego aktywność tych enzymów w wierzchniej warstwie gleby ulegała zmniejszeniu, by po 4 latach osiągnąć niemal ten sam poziom, jaki rejestrowano po uprawie płuźnej. Pamiętając o znacznej zależności pomiędzy aktywnością enzymów a odczynem gleby, fakt ten należałoby wiązać z rejestrowanym corocznie obniżaniem wartości pH warstwy 0–5 cm po siewie bezpośrednim. Natomiast coroczne wykonywanie uprawy tradycyjnej było czynnikiem stabilizującym aktywność dehydrogenaz wierzchniej warstwy gleby. W warstwach głębszych (5–10 cm, 10–15 cm) aktywność enzymatyczna w obydwu porównywanych technologiach uległa wyrównaniu, by na głębokości poniżej 20 cm wykazywać większe wartości po uprawie konwencjonalnej.

Podsumowanie

Wprowadzenie do praktyki rolniczej siewu bezpośredniego wiąże się niewątpliwie z określonymi korzyściami (szybkość wykonywania zasiewu bez konieczności wcześniejszej uprawy, tereny rolnicze zagrożone erozją wodną lub wietrzną). Jednakże należy mieć również świadomość pewnych niebezpieczeństw, jakie może nieść wieloletni okres stosowania tej techniki uprawy. Obok niebezpieczeństwa większego zachwaszczenia należy liczyć się z koniecznością intensywniejszego stosowania środków rekompensujących, które będą zapobiegały niekorzystnym zmianom w środowisku glebowym. Dotyczy to głównie wzrostu zakwaszenia gleby związanego z powierzchniowym stosowaniem nawozów mineralnych.

Technologia siewu bezpośredniego w porównaniu do uprawy płuźnej jest bardziej uwikłana w splot złożonych czynników siedliskowych i agrotechnicznych. Dlatego też trudno oczekiwać, aby stała się ona systemem uniwersalnym. Należy na nią patrzeć raczej jak na rodzaj alternatywy w rękach współczesnego rolnika, który potrafi wykorzystać jej zalety, ale i dostrzec na czas ograniczenia lub zagrożenia.

Wydaje się, że w celu określenia żyzności gleby oraz zmian jej właściwości w większym niż dotychczas zakresie należy uwzględnić jej aktywność biologiczną. Metody służące do jej wyrażania pozwalają bowiem na szybką identyfikację i określenie kierunku deformacji środowiska glebowego.

- [1] Böhm W. 1974. Probleme der Phosphatdüngung im Ackerbau ohne Pflugarbeit. *Kali-Briefe* 3: 1–7.
- [2] Baeumer K. 1981. Stickstoffdüngung zu Getreide bei reduzierter Bodenbearbeitung. *Kali-Briefe* 15: 77–90.
- [3] Baeumer K., Bakermans W.A.P. 1973. Zero tillage. *Adv. in Agricult.* 25: 77–123.
- [4] Bakermans W.A.P., de Wit C.T. 1970. Crop husbandry on naturally compacted soils. *Netherl. Journ. Agric. Sc.* 18: 225–246.
- [5] Beisecker R., Gath S., Frede HG. 1991. Auswirkungen langjährig unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf die Porenstruktur und die Wasserfiltration eines Löss und eines Sandbodens. *Z.f. Kulturtechnik und Landentwck.* 32(2): 87–95.
- [6] Blevins R.L., Murdock L.W., Thomas G.W. 1978. Effect of lime application on no-tillage and conventionally tilled corn. *Agr. Journ.* 70: 322–327.
- [7] Carter M.R. 1992. Influence of reduced tillage systemes on organic matter, microbial biomass, makro-aggregate distribution and structural stability of the surface soil in a humid climate. *Soil and Till. Research* 23(4): 361–372.
- [8] Cavanagh P.P., Koppi A.J. 1991. The effects of minimum cultivation after three years on some physical and chemical properties of a red-brown earth at Forbes. *Aust. J. Soil Research.* 29(2): 263–270.
- [9] Chan K.Y., Roberts W.P., Meenam D.P. 1992. Organic carbon and associated soil properties of an earth after 10 years rotation under different stubble and tillage practices. *Aust. J. Soil. Research.* 30(1): 71–83.
- [10] Davis D.B., Cannel R.Q. 1975. Review of experiments on reduced cultivation and direct drilling in the U.K. 1957–1975. *Outlook on Agricult.* 8: 216–220.
- [11] Debruck J. 1975. Der Einfluß der Minimalbodenbearbeitung auf Bodenfruchtbarkeit und Ertrag. *Kali-Briefe.* 3: 1–13.
- [12] Dick W.A. 1984. Influence of long term tillage and crop rotation combination on soil enzyme activities. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 4P: 569–574.
- [13] Doran J.W. 1975. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. *Soil Sci. Soc. A.J.* 26(1): 53–61.
- [14] Dowdell R.J., Cannell R.Q. 1975. Effect of ploughing and direct drilling on soil nitrate content. *J. Soil Sci.* 26: 53–61.
- [15] Drew M.C., Saker L.R. 1980. Direct drilling and ploughing. *J. Agric. Sci. Camb.* 94: 411–423.
- [16] Dutzler-Franz G. 1977. Der Einfluß einiger chemischer und physikalischer Bodenmerkmale auf die Enzymaktivität verschiedener Bodentypen. *Z. Pflanzenernähr. Bodenkd.* 140: 329–350.
- [17] Ehlers W. 1975. Observations on earthworm channels and infiltrations on tilled and untilled loess soil. *J. Soil Sci.* 119: 242–249.
- [18] Ehlers W., Pape G., Böhm W. 1973. Tiefenverteilung und zeitliche Änderungen der laktatlöslichen Kalium und Phosphorgehalte während einer Vegetationsperiode in unbearbeiteten und bearbeiteten Böden. *Z. Pflanzenernähr. Bodenkd.* 133: 24–36.
- [19] Ellis F.B., Elliot J.G., Pollard F. 1979. Comparison of direct drilling, reduced cultivation and ploughing on the growth of cereals. *J. Agric. Sci. Camb.* 93: 391–401.
- [20] Fleige H., Baeumer K. 1974. Effect of zero-tillage on organic C and total nitrogen content and their distribution in different N-fraction in loessial soils. *Agro-Ecosystems* 1: 19–29.
- [21] Gehlen P., Schröder D. 1989. Variabilität mikrobiologischer Eigenschaften von Boden aus gleicher Substrat und ähnlicher Bewirtschaftung. *Kali-Briefe* 19: 545–556.
- [22] Gehlen P., Schröder D. 1990. Bedeutung von pH-Wert, C_{org.}-Gehalt, Kultur, Substrat und Jahreseinfluß für bodenmikrobiologische Eigenschaften in einheitlich genutzten Ackerboden. *Verband Deutsch. Landwirtsch. Untersuchungs und Forschungsanst.* 30: 467–472.

- [23] Godet J.M. 1977. La simplification du travail du sol en production cerealiere. *Producteur agric. fr.* 203: 18–19.
- [24] Graff O. 1967. Über die Verlagerung von Nährelementen in den Unterboden durch Regenwurm-tätigkeit. *Land. Forschung* 20: 117–127.
- [25] Graff O. 1971. Beeinflussen Regenwurmröhren die Pflanzernahrung. *Landbauforschung Völkens-rod* 21: 103–108.
- [26] Juo A.S.R., Lal R. 1979. Nutrient profile in a tropical alfisol under conventional and no-till systems. *Soil Sci.* 127(3): 168–173.
- [27] Köller K. 1983. Zwischen Pflügen und Direktsaat. *DLG-Mitt.* 98: 1013–1016.
- [28] Kahnt G. 1971. NPK und C-Veränderungen auf 3 Bodentypen nach 5 Jahren pfluglosen Ackerbau. *Landw. Forsch.* 26(I): 273–280.
- [29] Kowalczyk Th., Schröder D. 1988. Beeinflussung bodenmikrobiologischer Parameter durch Boden-ingeschäften auf Standorten mit geringen Unterschieden in C_{org} -Gehalt. *Kali-Briefe* 19: 335–344.
- [30] Lenhard G. 1956. Die Dehydrogenazeaktivität des Bodens als Mass für die Mikroorganism-enaktivität im Boden. *Pflanz. Düng. u. Bodenkd.* 72: 1.
- [31] Myśków W. 1987. Próby wykorzystania wskaźników aktywności mikrobiologicznej do oceny żyzności gleby. *Postępy Mikrobiologii XX(314)*: 1981.
- [32] Opic J. 1995. Wpływ siewu bezpośredniego i głębokości orki na właściwościgleby, zachwaszczenie i plonowanie roślin. Praca doktorska. Biblioteka SGGW W-wa.
- [33] Pauli F.W. 1967. Soil fertility a biodynamical approach. *A. Hilger Ltd.* London: 108–114.
- [34] Radecki A. 1986. Studia nad możliwością zastosowania siewu bezpośredniego na czarnych ziemiach właściwych. Wyd. SGGW Warszawa.
- [35] Rawold W. 1977. Soil microbiological activities and their relations to other soil parameters. *Symp. Biol. Hung.* 11: 255–261.
- [36] Russel R.S. 1977. Plant root systems. London: 241–281.
- [37] Russel S. 1974. Drobnoustroje a życie gleby. PWN Warszawa.
- [38] Schear G.M., Moschler W.W. 1969. Continuous corn by the no-tillage and conventional tillage methods: a six year comparison. *Agr. Jour.* 61: 524–526.
- [39] Schwerdtle F. 1969. Untersuchungen zur Populationsdichte von Regenwürmern bei herkömmlicher Bodenbearbeitung und Direktsaat. *Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten* 76: 635–641.
- [40] Skujins J.J. 1973. Extracellularenzymes in soil. *CRC Critical Reviews in Microbiology* 4(14): 394–421.
- [41] Smettem K.R.J., Rovira A.D. 1992. Effect of tillage and crop rotation on the surface stability and chemical properties of a red-brown earth under wheat. *Soil and Till. Research* 22(1–2): 27–40.
- [42] Śmierchalski L. 1980. Aktualne kierunki zmian w uprawie roli. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 227: 131–148.
- [43] Van de Bund C.F. 1970. Influence of crop and tillage on mites and springtails in arable soil. *Neth. J. Agricult. Sci.* 18: 308–314.
- [44] White P.F. 1990. The influence of alternative tillage systems on the distribution of nutrients and organic carbon in some common Western Australian wheatbelt soils. *Aust. J. Soil Research* 25(1): 95–116.

The influence of direct drilling on soil chemical properties and biological activity

Summary

Long term drilling can change soil chemical properties. It refers mainly to P, K and C_{org.} concentration as well as acidity of surface layer of soil. The main reason for these changes is the superficial usage of mineral fertilizers and modification in plant root distribution.

To qualify soil biological activity one can use many indicators – numbers of soil fauna, number of particular microorganism groups or soil enzyme activity. Among them mostly dehydrogenase activity should be considered. Its activity depends on soil chemical properties. That is why dehydrogenase should be regarded as a very sensitive indicator for all changes occurring in the soil environment.