

¹Institut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska, Akademia Rolnicza w Lublinie,
ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin, Poland

²Katedra Sadownictwa, Akademia Rolnicza w Lublinie

Elżbieta Jolanta Bielińska¹, Henryk Domżał¹, Janusz Lipecki²

Oddziaływanie różnych metod pielęgnacji gleby w sadzie na jej właściwości biochemiczne i plonowanie jabłoni

Influence of various soil treatments in the orchard on the soil biochemical properties
and apple yields

ABSTRACT. The influence of various methods of soil treatment on its enzymatic activity and on the yield of apples cv. Elstar Elshof has been studied. The present research was carried out in the period 1999–2001 in a young apple orchard on a typical podzolic soil (Haplic Luvisols). It follows from the above studies that the soil treatment methods applied in the orchard can be put in the following order with regard to their influence on the soil enzymatic activity: mulching with wheat straw was the most favourable, followed by a mechanical fallow and mulching with needled cloth, followed by a herbicidal fallow maintained by means of Roundup, turf, mulching with black polyethylene foil and herbicidal fallow maintained by means of Azotop. Favourable changes in soil biochemical properties were reflected in better apple yields. A close relationship between the activities of dehydrogenases, phosphatases, ureases and proteases and apple tree yield proves that the above enzymes are good indicators of soil micro-flora activities, forming soil productivity in the orchard studied.

KEY WORDS: soil, enzymatic activity, orchard, apple yields

Konieczność ograniczenia, a w dalszej kolejności zaprzestania stosowania herbicydów doglebowych w sadach wymusza potrzebę poszukiwania alternatywnych metod pielęgnacji gleby. Wpływ przedłużonego wykorzystywania herbicydów dolistnych, a także ściółek różnego pochodzenia na właściwości gleby w sadach jest stosunkowo słabo rozpoznany, co stwarza trudności w diagnostyce nawożenia roślin sadowniczych [Lipecki 1998].

Dobrym markerem zmian zachodzących w środowisku glebowym pod wpływem stosowanych zabiegów agrotechnicznych jest aktywność enzymów odpowiedzialnych za przemiany jej składników [Bielińska 2001]. Podstawowe zalety biologicznych metod oceny stanu środowiska glebowego, opartych na oznaczeniach enzymatycznych, to nie tylko możliwość wykonywania seryjnych analiz, ale przede wszystkim zdolność sumarycznego wyrażenia wpływu licznych czynników oraz dokonywania ocen parametrów niemożliwych do określenia w inny sposób [Nowak 2003]. Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu różnych metod pielęgnacji gleby w sadzie na jej aktywność enzymatyczną i plonowanie jabłoni.

METODY

Badania prowadzono w latach 1999–2001 w Sadzie Doświadczalnym Katedry Sadownictwa Akademii Rolniczej w Lublinie, w młodym sadzie jabłoniowym. Doświadczenie założono na glebie płowej typowej (Haplic Luvisols) niecałkowitej z rzędu brunatnoziemnych, wytworzonej z utworu pyłowego, zalegającego na marglu kredowym. Pod względem użytkowania glebę zaliczono do klasy II UR i kompleksu 1 (pszenny bardzo dobry).

Drzewa odmiany Elstar Elshof na podkładce M9 w rozstawie $3,5 \times 1,5$ m posadzono w kwietniu 1997 roku, w stanowisku po zlikwidowanym 20-letnim sadzie jabłoniowym. Przedplonem była dwuletnia uprawa gorczycy białej i jednoroczna uprawa pszenżyta na przyoranie. Zastosowano następujące nawożenie przed sadzeniem drzew: wapno magnezowe (32% CaO i 5,6% MgO) w ilości 1000 kg ha^{-1} ; sól potasowa 60% – 100 kg ha^{-1} i superfosfat potrójny – 100 kg ha^{-1} . Dawki nawozów ustalono na podstawie wyników analiz gleby.

W schemacie modelowym doświadczenia w sadzie, założonego w układzie niezależnych losowanych bloków, w trzech powtórzeniach (po pięć drzew na poletku doświadczalnym), uwzględniono następujące metody pielęgnacji gleby w rzędach drzew: ugór herbicydowy utrzymywany za pomocą simazyny (Azo-top); ugór herbicydowy utrzymywany za pomocą glifosatu (Roundup 360 SL); murawa (wysiano następującą mieszankę traw: *Poa pratensis* 40%, *Festuca rubra* 20%, *Lolium perenne* „Inka” 20% i *Lolium perenne* „Naki” 20% w ilości $1 \text{ kg na } 50 \text{ m}^2$) koszona i ściółkowana; ściółka czarna folią polietylenową (nieperforowaną) PE 1mm; ściółka słomą pszenną warstwą o grubości ok. 15 cm, uzupełnianą wiosną każdego roku; ściółka włókniną polipropylenową (typ 180F/19 UV) i ugór mechaniczny utrzymywany za pomocą ręcznego gracowania (kilkakrotnie w czasie okresu wegetacyjnego).

Obydwa herbicydy stosowano w dawce 4 l ha^{-1} w maju i jesienią każdego roku. Ściółki czarną folią i włókniną były uzupełniane co 2–3 lata w miarę potrzeby. Szerokość pasów, w których rosły drzewa, wynosiła 1 m.

Od założenia sadu drzewa doświadczalne były nawożone wyłącznie azotem w formie saletry amonowej (34%) w dawce 50 N kg ha^{-1} . Nawozy wysiewano w rzędach drzew, w dawce jednorazowej w końcu kwietnia każdego roku. W sadzie każdego roku wykonywano zabiegi ochrony roślin zgodnie z zaleceniami dla produkcyjnych sadów jabłoniowych.

Próbki gleby do analiz enzymatycznych pobierano z każdego poletka za pomocą świdra glebowego, w odległości 50–70 cm od drzewek z poziomu akumulacyjnego Ap 0–20 cm. We wszystkich latach badań (1999–2001) próbki glebowe pobierano w II dekadzie kwietnia – przed wysianiem saletry amonowej. Po uśrednieniu próbek pobranych z każdego obiektu wykonywano w nich analizy w trzech równoległych powtórzeniach.

Analizy enzymatyczne obejmowały oznaczenia aktywności: dehydrogenaz [Thalman 1968], fosfataz [Tabatabai, Bremner 1969], ureazy [Zantua, Bremner 1975] i proteazy [Ladd, Butler 1972].

W okresie prowadzonych badań corocznie rejestrowano plony z każdego drzewa.

WYNIKI

Sposób utrzymania gleby w sadzie istotnie różnicował jej aktywność enzymatyczną (tab. 1). Stosowane metody pielęgnacji gleby w sadzie można uszeregować pod względem ich oddziaływania na aktywność enzymów następująco: najkorzystniej wpływało ściółkowanie gleby słomą pszenną, potem utrzymywanie gleby w ugorze mechanicznym, ściółkowanie gleby włókniną, ugor herbicydowy utrzymywany za pomocą Roundupu, murawa, ściółkowanie gleby czarną folią polietylenową i ugor herbicydowy utrzymywany za pomocą Azotopu. Mulczowanie gleby słomą pszenną, wzbogacające środowisko glebowe w materię organiczną, miało szczególnie korzystny wpływ na aktywność badanych enzymów. Materia organiczna aktywizuje działalność metaboliczną mikroorganizmów i wpływa dodatnio na tempo rozkładu pestycydów, co w glebach użytkowanych sadowniczo (ze względu na intensywną chemiczną ochronę) odgrywa ważną rolę [Gostkowska i in. 1998]. Jednym z czynników kształtujących wysoką aktywność enzymatyczną gleby ugoru mechanicznego i ugoru herbicydowego utrzymywanego za pomocą glifosatu (Roundup 360 SL) mogło być okresowe wzbogacanie gleby w materię organiczną. Wrona i Sadowski [1998] stwierdzili, że trawa koszona w sadzie w sezonie wegetacyjnym i przerzucana na

pasy ugorów powodowała gromadzenie się w glebie dużych ilości materii organicznej. Stosunkowo wysoką aktywność badanych enzymów w glebie pod murawą można uzasadnić efektem ryzosfery [Januszek i in. 1995]. Lynch i Whipps [1990] wykazali, że ilość uwalnianego przez rośliny do ryzosfery C organicznego może wynosić 40% całkowitej suchej masy wytwarzanej przez roślinę, generując znaczny wzrost aktywności enzymów. Wyniki te jeszcze raz potwierdzają ważną rolę materii organicznej w kształtowaniu aktywności enzymatycznej gleby. Kobus [1995] zwraca uwagę, że aktywność enzymatyczna jest ściśle związana przede wszystkim z poziomem materii organicznej i dlatego nie zawsze jest odbiciem stanu zawartości składników pokarmowych w glebie, wniesionych do środowiska np. z nawożeniem mineralnym.

Tabela 1. Aktywność enzymatyczna gleby (ADh – dehydrogenaza w $\text{cm}^3 \text{H}_2 \text{kg}^{-1} \text{d}^{-1}$, AF – fosfataza w $\text{mmol PNP kg}^{-1} \text{h}^{-1}$, AU – ureaza w $\text{mg N-NH}_4 \text{kg}^{-1} \text{h}^{-1}$, AP – proteaza w $\text{mg tyrozyna kg}^{-1} \text{h}^{-1}$) i plon jabłoni (kg na drzewo)

Table 1. Enzymatic activity of soil (DhA – dehydrogenase in $\text{cm}^3 \text{H}_2 \text{kg}^{-1} \text{d}^{-1}$, PhA – phosphatase in $\text{mmol PNP kg}^{-1} \text{h}^{-1}$, UA – urease in $\text{mg N-NH}_4 \text{kg}^{-1} \text{h}^{-1}$, PA – protease in $\text{mg tyrosine kg}^{-1} \text{h}^{-1}$) and apple yield (kg per trees)

Obiekt Site	ADh DhA	AF PhA	AU UA	AP PA	Plon Yield
Ugór herbicydowy Azotop Herbicide fallow Azotop	0,97	21,8	10,1	8,2	8,7
Ugór herbicydowy Roundup Herbicide fallow Roundup	2,60	35,7	24,2	14,5	12,9
Murawa Turf	2,18	30,6	23,9	11,7	12,3
Czarna folia Black foil	1,22	26,4	12,4	10,8	10,2
Słoma pszenna Wheat straw	3,28	40,4	27,5	16,4	12,7
Włóknina Cloth	2,94	37,2	25,8	15,2	12,7
Ugór mechaniczny Mechanical fallow	3,12	38,9	26,7	15,8	13,5
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,09	0,6	0,4	0,3	ni ns

Dodatni wpływ mulczowania gleby włókniną na jej aktywność enzymatyczną to prawdopodobnie także efekt korzystnego wpływu ściółki na wilgotność i temperaturę gleby. Sugestia ta znajduje potwierdzenie w wynikach innych badań [Bielińska, Lipecki 1998; Bielińska 2001]. Wrażliwość enzymów na zmiany wilgotności i temperatury gleby wykazali liczni autorzy [Pawluczuk 1988; Furczak i in. 1991].

Przyczyną wyraźnej depresji aktywności enzymatycznej gleby ugoru herbicydowego utrzymywanego za pomocą herbicydów triazynowych mogła być podwyższona śmiertelność mikroorganizmów ze względu na stosowanie Azotopu. Herbicydy triazynowe są wiązane przez kompleks sorpcyjny gleb czterokrotnie silniej niż sole MCPA. Herbicydy dolistne z grupy glifosatu (np. Roundup) zajmują pozycję między herbicydami triazynowymi i Gramoxone [Makosz 2000]. Dla praktyki rolniczej oraz ekotoksykologii bardzo ważnym procesem, któremu podlegają herbicydy w środowisku glebowym, jest ich rozkład [Hurle, Walker 1980]. Badania Hurle i Walkera [1980] na temat mechanizmu mikrobiologicznych przekształceń herbicydów wskazują na wykorzystanie ich jako źródła węgla i azotu. Według wymienionych autorów wyjątek stanowią herbicydy triazynowe. Przemiany preparatów należących do tej grupy mają charakter kometaboliczny i wymagają obecności dodatkowego źródła energii. Okres znikania w glebie herbicydów dolistnych wynosi zaledwie kilka dni, a doglebowych 5–7 miesięcy [Makosz 2000].

Istotnym czynnikiem wpływającym na osłabienie aktywności enzymów w glebie mulczowanej czarną folią był z pewnością ograniczony wieloletnim stosowaniem ściółki dopływ świeżej substancji organicznej. W odniesieniu do ściółki z czarnej folii polietylenowej nie można wykluczyć możliwości hamowania wzrostu drobnoustrojów, a tym samym spadku ich aktywności metabolicznej, na skutek migracji związków toksycznych z tworzywa sztucznego do środowiska glebowego [Bielińska 2001].

Z ekologicznego punktu widzenia istotne jest, iż natężenie oraz kierunek obserwowanych zmian aktywności enzymatycznej gleby w zależności od metod jej pielęgnacji wystąpiły w okresie trzech kolejnych lat, co świadczy o utrwaleniu się tego stanu gleby.

Korzystne zmiany właściwości biochemicznych gleby znalazły swoje odzwierciedlenie w lepszym plonowaniu jabłoni (tab. 1). Wyższe plony stwierdzono w przypadku stosowania ugoru mechanicznego i ugoru herbicydowego utrzymywanego za pomocą glifosatu (Roundup 360 SL) oraz ściółkowania gleby słomą pszenną i włókniną w porównaniu z obiektami, w których stosowano murawę, czarną folię i ugór herbicydowy utrzymywany za pomocą Azotopu. Największy plon uzyskano przy stosowaniu ugoru mechanicznego. Drzewa rosnące w ugorze herbicydowym, utrzymywanym za pomocą Azotopu, dawały najniższy plon. Stosunkowo słabo plonowały też drzewa, wokół których stosowano jako ściółkę czarną folię polietylenową. Różnice w plonowaniu drzew pomiędzy poszczególnymi metodami pielęgnacji gleby nie były jednak udowodnione statystycznie.

Tabela 2. Współczynniki korelacji pomiędzy aktywnością enzymatyczną gleby i plonem jabłoni (n = 12)

Table 2. Correlation coefficients between enzymatic activity of soil and apple yield (n = 12)

	Plon Yield	ADh DhA	AF PhA	AU UA	AP PA
Plon Yield	-	0,61	0,63	0,64	0,62
ADh DhA	*	-	0,95	0,92	0,94
AF PhA	*	**	-	0,96	0,92
AU UA	*	**	**	-	0,96
AP PA	*	**	**	**	-

** istotne przy $p = 0,01$ significant at $p = 0,01$

* istotne przy $p = 0,05$ significant at $p = 0,05$

Tabela 2 przedstawia współczynniki korelacji prostej pomiędzy badanymi parametrami aktywności enzymatycznej i plonem jabłoni. Aktywność wszystkich badanych enzymów korelowała dodatnio ze sobą na poziomie $p = 0,01$ ($r = 0,92-0,96$) i z plonami jabłoni na poziomie $p = 0,05$ ($r = 0,61-0,64$). Ścisła zależność pomiędzy aktywnością dehydrogenaz, fosfataz, ureazy i proteazy w glebie a plonami jabłoni wskazuje na to, że enzymy te mogą być dobrym wskaźnikiem aktywności mikroflory glebowej kształtującej produktywność gleby w sadzie. Z rezultatów badań Januszka [1999] wynika natomiast, że aktywność dehydrogenaz, ureazy i proteazy wiarygodnie odzwierciedla żyzność wybranych podtypów gleb leśnych. Brak takiej prawidłowości w przypadku aktywności fosfataz cytowany autor uzasadnia ograniczoną w glebach leśnych dostępnością fosforu organicznego ulegającego hydrolizie. Zdaniem Kucharzkiego [1997] w celu wypracowania jasnego poglądu na temat powiązania pomiędzy żyznością gleby (wyrażają się jej zdolnością do wydawania plonów) i aktywnością enzymów należy określić rodzaje enzymów, które w zależności od warunków agroekologicznych powinny być uwzględnione przy tego typu wnioskowaniu.

WNIOSKI

1. Stwierdzono ścisłą zależność pomiędzy aktywnością dehydrogenaz, fosfataz, ureazy i proteazy a plonami jabłoni, co świadczy o tym, że enzymy te są dobrym wskaźnikiem aktywności mikroflory glebowej, kształtującej produktywność gleby w badanym sadzie.

2. Stosowane metody pielęgnacji gleby w sadzie można uszeregować pod względem ich oddziaływania na aktywność enzymów następująco: najkorzyst-

niej wpływało ściółkowanie gleby słomą pszenną, potem utrzymywanie gleby w ugorze mechanicznym, ściółkowanie gleby włókniną, ugor herbicydowy utrzymywany za pomocą Roundupu, murawa, ściółkowanie gleby czarną folią polietylenową i ugor herbicydowy utrzymywany za pomocą Azotopu. Z ekologicznego punktu widzenia istotne jest, iż natężenie oraz kierunek obserwowanych zmian aktywności enzymatycznej gleby w zależności od metod jej pielęgnacji wystąpiły w okresie trzech kolejnych lat, co świadczy o utrwaleniu się tego stanu gleby.

PIŚMIENICTWO

- Bielińska E.J. 2001. Enzymatic activity as an indicator of soil transformations under the influence of orchard use. *Polish J. Soil Sci.* 34, 2, 89–97.
- Bielińska E.J., Lipecki J. 1998. Wpływ ściółkowania włókniną polipropylenową na aktywność enzymatyczną gleby w sadzie jabłoniowym. *Mat. I Ogólnopolskiego Symp. Mineralnego odżywiania roślin sadowniczych, Skierniewice, 1–2 grudnia 1998*, 184–192.
- Furczak J., Szember A., Bielińska E.J. 1991. Aktywność enzymatyczna strefy przybrzeżnej jezior Piaseczno i Głębokie różniących się troficznością. *Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej* 19, 307–325.
- Gostkowska K., Furczak J., Domżał H., Bielińska E.J. 1998. Suitability of some biochemical and microbiological tests for the degradation degree of Podzolic Soil on the background of its differentiated usage. *Polish J. Soil Sci.* 30, 2, 69–78.
- Hurle K., Walker A. 1980. Persistence and its prediction. In.: *Interaction between herbicides and the soil.* (ed. Hance R. J.), Academic Press, London–New York–Toronto–Sydney–San Francisco.
- Januszek K. 1999. Aktywność enzymatyczna wybranych gleb leśnych Polski południowej w świetle badań polowych i laboratoryjnych. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Rozprawy*, 250.
- Januszek K., Kołodziejczyk P., Wolski P. 1995. Aktywność biochemiczna gleby przy różnych metodach uprawy jabłoni. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 418, 779–786.
- Kobus J. 1995. Biologiczne procesy a kształtowanie żyzności gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 421a, 209–219.
- Kucharski J. 1997. Relacje między aktywnością enzymów a żyznością gleby. W: *Drobnoustroje w środowisku. Występowanie, aktywność i znaczenie.* AR Kraków, red. W. Barabasz, 327–347.
- Lipecki J. 1998. Współczesne poglądy na pielęgnację gleby w sadach. *Post. Nauk Roln.* 4, 3–15.
- Ladd N., Butler J.H.A. 1972. Short-term assays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates. *Soil Biol. Biochem.* 4, 19–30.
- Lynch J.M., Whipps J.M. 1990. Substrate flow in the rhizosphere. *Plant and Soil* 129, 1–10.
- Makosz E. 2000. Krajowe owoce i warzywa są bezpieczną żywnością. *Mat. III Ogólnopolskiej Konf. Ogrodn. „Szanse i zagrożenia dla krajowego ogrodnictwa po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej”*, 389–401.
- Nowak J. 2003. Biologiczne metody oceny stanu środowiska przyrodniczego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 492, 11–12.
- Pawluczuk Z. 1988. Wpływ uwilgotnienia i temperatury na aktywność enzymatyczną gleb. *Zesz. Nauk. ATR, Bydgoszcz*, 145, 25, 19–29.

-
- Tabatabai M.A., Bremner J.M. 1969. Use of p-nitrophenol phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.* 1, 301–307.
- Thalman A. 1968. Zur Methodik der estimmung der Dehydrogenasenaktivit ät in Bodenmittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). *Landwirtsch. Forsch.* 21, 249–258.
- Wrona D., Sadowski A. 1998. Efekty nawożenia jabłoni azotem w pierwszych czterech latach po posadzeniu. *Mat. I Ogólnopolskiego Symp. Mineralnego odżywiania roślin sadowniczych*, Skierniewice, 1–2 grudnia 1998, 113–127.
- Zantua M.I., Bremner J.M. 1975. Comparison of methods of assaying urease activity in soils. *Soil Biol. Biochem.* 7, 291–295.