Acta Agrophysica, 2002, 73, 45-57

DYNAMIKA AKTYWNOŚCI ENZYMATYCZNEJ GLEBY W ZALEŻNOŚCI OD METODY ZWALCZANIA CHWASTÓW W SADACH

E. J. Bielińska, A. Głowacka, B. Futa

Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Akademia Rolnicza
Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
e-mail: tantal@consus.ar.lublin.pl

Streszczenie. Celem niniejszej pracy była analiza dynamiki sezonowych zmian aktywności enzymatycznej gleby w warunkach stosowania zróżnicowanych systemów zwalczania chwastów w sadach. Badania przeprowadzono opierając się na trzyletnim doświadczeniu w sadzie jabłoniowym złożonym z drzew odmiany Elstar Elshof na podkładce M9, na glebie płowej typowej (Haplic Luvisol) wytworzonej z utworu pyłowego, niecałkowitego, zalegającego na marglu kredowym.

Wykazano istotny wpływ metody zwalczania chwastów w sadzie na dynamikę aktywności enzymatycznej gleby i podstawowych składników pokarmowych roślin w określonych przedziałach czasowych. Sezonowa zmienność badanych enzymów uzależniona była zarówno od indywidualnych właściwości enzymu, jak i od właściwości chemicznych gleby. Ściółkowanie gleby słomą pszenną, spośród stosowanych metod zwalczania chwastów w sadach, miało najkorzystniejszy wpływ na dynamikę właściwości biochemicznych i chemicznych badanego ekosystemu. Zjawisko to obserwowano zarówno w krótkich przedziałach czasowych (w czasie jednego sezonu wegetacyjnego), jak i rocznych zmianach sezonowych.

Słowa kluczowe: gleba, sad jabłoniowy, systemy odchwaszczania, aktywność enzymatyczna.

WSTĘP

Enzymy odgrywają ważną rolę w glebie przekształcając złożoną materię organiczną do prostych form mineralnych, które są bezpośrednio dostępne dla roślin i organizmów glebowych. Biologiczny rozkład związków organicznych jest uznawany za kluczowy etap limitujący asymilację składników pokarmowych

przez biocenozy [8]. Różne pule i drogi biogeochemicznego krążenia pierwiastków zależą zarówno od specyfiki danego elementu mineralnego, jak i zmieniających się pod wpływem zabiegów agrotechnicznych warunków siedliska. Olaczek [12] podkreśla, że prawie każdy typ ekosystemów lądowych w Polsce wykazuje antropogeniczne zróżnicowanie wewnętrzne od „naturalnych po synantropijne". Gleby użytkowane sadowniczo są w znacznym stopniu modyfikowane rolniczą działalnością człowieka. Zgodnie z obecną polityką UE w zakresie zarządzania środowiskowego, w każdej jednostce zarządzania ekosystemem (Ecosystem Management Unit – EMU) należy identyfikować, zbierać i syntezować wszystkie dostępne dane o dynamice cech i właściwości jego składników [1].

Celem niniejszej pracy była analiza dynamiki sezonowych zmian aktywności enzymatycznej gleby i zasobów składników pokarmowych w warunkach stosowania zróżnicowanych systemów zwalczania chwastów w sadzie jabłoniowym. Badanie tych zjawisk może przyczynić się do wypracowania sposobu oceny zaopatrzenia gleby w składniki pokarmowe dostępne dla roślin sadowniczych i dać nowe argumenty do wyjaśnienia przyczyn niskiej korelacji pomiędzy zasobnością gleby a stanem odżywienia drzew.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono opierając się na trzyletnim doświadczeniu w sadzie jabłoniowym złożonym z drzew odmiany Elstar Elshof na podkładce M9, na glebie płowej typowej (Haplic Luvisol) wytworzonej z utworu pyłowego, niecałkowitego, zalegającego na marglu kredowym. Doświadczenie założono w 1997 roku na terenie Gospodarstwa Doświadczalnego Felin (51°15'N; 22°35'E) w Sadzie Doświadczalnym Katedry Sadownictwa Akademii Rolniczej w Lublinie. Drzewa w rozstawie 3,5 x 1,5 m posadzono w stanowisku po zlikwidowanym 20-letnim sadzie jabłoniowym, po dwuletniej uprawie gorczycy białej i jednorocznej uprawie pszenżyta na przyoranie. Uprawa pola pod zasiew w/w roślin polegała na wykonaniu orki głębokiej, bronowania i siewie nawozów mineralnych. Zastosowano następujące nawożenie przed sadzeniem drzew: wapno magnezowe (32% CaO i 5,6% MgO) w ilości 1000 $kg \cdot ha^{-1}$; sól potasowa 60% w dawce 100 $kg \cdot ha^{-1}$ i superfosfat potrójny w dawce 100 $kg \cdot ha^{-1}$. Dawki nawozów ustalono na podstawie wyników analiz gleby. Od założenia sadu drzewa doświadczalne były nawożone wyłącznie azotem w formie saletry amonowej (34%), corocznie w dawce 100 $kg \cdot ha^{-1}$ N.

W schemacie modelowym doświadczenia, założonego w układzie niezależnych losowanych bloków, w 3 powtórzeniach (5 drzew doświadczalnych na poletku),

uwzględniono następujące systemy pielęgnacji gleby w rzędach drzew: ugór herbicydowy utrzymywany przy pomocy glifosatu (Roundup 360 SL, stosowany w dawce 4 $l \cdot ha^{-1}$ w maju i jesienią każdego roku), ściółkowanie czarną folią polietylenową, nie perforowaną (PE) o grubości 1 mm, ściółkowanie słomą pszenną warstwą o grubości ok. 15 cm, ściółkowanie włókniną polipropylenową (typ 180F/19 UV) i ugór mechaniczny utrzymywany za pomocą glebogryzarki sadowniczej (3-4 zabiegi w sezonie wegetacyjnym), pracującej do głębokości 5 cm. Szerokość pasów: ugoru herbicydowego, czarnej folii, słomy pszennej, włókniny i ugoru mechanicznego wynosiła 1 m. Ściółkę ze słomy uzupełniano wiosną każdego roku, zaś ściółki syntetyczne co 2-3 lata w miarę potrzeby. W międzyrzędziach utrzymywano murawę, którą systematycznie koszono.

Saletrę amonową wysiewano w rzędach drzew poletek doświadczalnych, w dawce jednorazowej w końcu kwietnia każdego roku. Ochrona drzew przed chorobami i szkodnikami była prowadzona zgodnie z aktualnymi zaleceniami dla produkcyjnych sadów jabłoniowych.

Próbki glebowe do analiz enzymatycznych pobierano z warstwy 0-20 cm, w odległości 50-70 cm od drzewa, w 3 terminach we wszystkich latach badań: termin I (druga dekada kwietnia) – przed wysianiem nawozów, termin II (trzecia dekada lipca) – okres owocowania drzew oraz termin III (druga dekada października) – pod koniec okresu wegetacji. Próbki indywidualne z każdego poletka uśredniano w obrębie analizowanych obiektów i wykonywano w nich oznaczenia biochemiczne w trzech powtórzeniach.

Aktywność badanych enzymów analizowano w glebie o naturalnej wilgotności, a wyniki przeliczano na absolutnie suchą masę gleby. Oznaczono aktywność: dehydrogenaz [15], fosfataz [14], ureazy [17] i proteazy [9].

Ponadto oznaczono wybrane właściwości chemiczne: odczyn (pH w 1 $mol \cdot dcm^{-3}$ KCl) – potencjometrycznie, węgiel organiczny – metodą Tiurina w modyfikacji Simakowa, azot ogółem – metodą Kjeldahla, przyswajalne formy fosforu i potasu wg Egnera-Riehma oraz magnezu wg Schachtschabela.

Wartości średniej temperatury powietrza i sumy opadów atmosferycznych w okresie prowadzonych badań, dla stacji meteorologicznej Felin, uzyskano z Katedry Agrometeorologii Akademii Rolniczej w Lublinie (Tab. 1).

Wyniki oznaczeń badanych cech opracowano statystycznie według przyjętego modelu doświadczenia, to jest Split-plot w latach. Istotność różnic oceniono, stosując test Tukey'a. Obliczone wartości współczynników korelacji prostej pomiędzy aktywnością enzymów a zawartością składników biogennych zacytowano bezpośrednio w tekście pracy.

Tabela 1. Warunki meteorologiczne
Table 1. Meteorological conditions

Rok	Średnia temperatura powietrza (°C)							Miesięczna suma opadów (mm)						
	Miesiąc							Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1997	3,9	13,9	16,8	17,6	18,2	12,5	5,6	41	83	36	184	41	47	34
1998	9,4	13,8	17,5	17,5	16,0	12,3	6,4	64	50	61	84	101	60	62
1999	8,9	11,4	18,5	20,0	17,3	14,7	11,3	82	46	161	102	33	38	35

WYNIKI

W okresie prowadzonych badań zmiany odczynu gleby były zróżnicowane w zależności od metody jej pielęgnacji (Tab. 2). Gleba ugorów herbicydowego i mechanicznego charakteryzowała się odczynem lekko kwaśnym i była mniej zakwaszona niż gleba pod ściółkami. Stosowanie ściółek z tworzyw sztucznych wpływało na wzrost zakwaszenia gleby z upływem lat: w glebie pod włókniną z lekko kwaśnego w kierunku kwaśnego, a w glebie pod czarną folią z kwaśnego w kierunku bardzo kwaśnego. Najniższe wartości pH w 1 mol·dcm^{-3} KCl stwierdzono w glebie pod ściółką z czarnej folii (od 4,4 do 5,3), co mogło mieć związek z ograniczeniem dyfuzji CO_2, który gromadził się pod nie perforowaną folią, zwiększając rozpuszczalność $CaCO_3$ i wymywanie zasad. Wahania odczynu gleby w czasie jednego sezonu wegetacyjnego były nieznaczne.

Tabela 2. Wartości pH w 1 mol·dcm^{-3} KCl gleby badanych obiektów
Table 2. pH values in 1 mol·dcm^{-3} KCl of soil investigated objects

Obiekt	Termin								
	I			II			III		
	1997	1998	1999	1997	1998	1999	1997	1998	1999
Ugór herbicydowy	5,8	5,7	5,9	5,8	5,7	5,7	5,8	5,9	6,0
Czarna folia	4,8	4,6	4,4	5,3	5,1	4,9	5,1	4,9	4,7
Słoma pszenna	5,7	5,6	5,8	5,6	5,7	5,5	5,6	5,6	5,9
Włóknina	5,3	5,2	5,1	5,4	5,2	5,1	5,3	5,1	5,0
Ugór mechaniczny	6,1	6,3	6,0	5,8	6,0	5,9	6,0	6,2	6,1

Objaśnienia: I – druga dekada kwietnia, II – trzecia dekada lipca, III – druga dekada października.

Zawartość węgla organicznego ogółem i azotu ogółem w glebie wykazywała istotne zróżnicowanie zarówno w ciągu jednego okresu wegetacyjnego, jak i w poszczególnych latach badań (Tab. 3, 4). Wydaje się, że jednym z czynników tego zróżnicowania były warunki pogodowe (Tab. 1). Rozpatrując poszczególne sezony wegetacyjne można stwierdzić, że wzrost temperatury powietrza oraz przesuszenie gleby powoduje przyrost materii organicznej, a obfite deszcze i spadek temperatury jej ubytki. O ile największą zawartość $C_{org.}$ i N ogółem w glebie obserwowano w 1999 roku, który charakteryzował się niskimi opadami w miesiącach od sierpnia do października i bardzo wysoką temperaturą średnią, o tyle najmniejszą w 1997 roku, gdy temperatura była niższa, a opady wyższe. Uzyskane dane wskazują, że w okresach wiosennym i jesiennym zawartość $C_{org.}$ i N ogółem w glebie była istotnie większa niż latem. Jesienią zasoby tych składników w glebie były większe niż wiosną, co mogło być również związane z nasileniem procesów mineralizacji materii organicznej w okresie wiosennym.

Należy jednak podkreślić, że mimo obserwowanych istotnych wahań sezonowych, sposób uprawy gleby okazał się decydującym czynnikiem kształtującym zawartość węgla organicznego ogółem i azotu ogółem w glebie. Największą zawartością tych składników cechowała się gleba ściółkowana słomą, najmniejszą zaś gleba przykryta ściółkami syntetycznymi. W glebie utrzymywanej w ugorze mechanicznym zawartość $C_{org.}$ i N ogółem była większa niż w glebie ugoru herbicydowego, co mogło być efektem okresowego wzbogacania gleby ugoru mechanicznego w materię organiczną.

Wartości stosunku C:N w glebie badanych obiektów mieściły się w granicach od 8,9 do 12,5 (Tab. 3, 4). Ściółkowanie gleby słomą wpływało na istotne rozszerzenie, zaś ściółkowanie gleby czarną folią na istotne zawężenie wartości stosunku C:N w porównaniu z pozostałymi systemami zwalczania chwastów (włóknina oraz ugory herbicydowy i mechaniczny).

Zawartość przyswajalnego fosforu w glebie wahała się w zakresie zawartości bardzo wysokich i wynosiła od 86,2 do 123,4 mg $P \cdot kg^{-1}$ gleby, w zależności od sposobu uprawy oraz terminów i lat badań (Tab. 3, 4). Stosowanie ściółek syntetycznych wpływało na obniżenie zawartości tej formy fosforu, co mogło być efektem wzrostu zakwaszenia gleby pod tymi ściółkami (Tab. 2). W warunkach niskiego pH duża część P wchodzi w nierozpuszczalne związki z Fe i Al, co wyłącza ten składnik z obiegu biologicznego. W okresach wiosennym i jesiennym zawartość fosforu przyswajalnego w glebie była większa niż latem. Mogło się to wiązać z intensywnym pobieraniem składników odżywczych przez drzewa w okresie letnim. Zawartość tego pierwiastka w glebie systematycznie obniżała się z upływem lat badań.

Tabela 3. Wpływ metody pielęgnacji gleby na jej właściwości chemiczne w zależności od terminów pobierania próbek

Table 3. Influence of the soil maintenance method on its chemical properties as the effect of sampling dates

Termin	Obiekt	C ($g \cdot kg^{-1}$)	N ($g \cdot kg^{-1}$)	C:N	P ($mg \cdot kg^{-1}$)	K ($mg \cdot kg^{-1}$)	Mg ($mg \cdot kg^{-1}$)
I	Ugór herbicydowy	9,44	1,02	9,2	123,4	115,3	110,2
	Czarna folia	8,96	0,97	9,2	104,1	95,7	90,8
	Słoma pszenna	13,18	1,09	12,1	111,8	99,4	105,1
	Włóknina	9,35	0,98	9,5	110,3	86,6	74,6
	Ugór mechaniczny	10,36	1,06	9,8	114,2	104,9	115,3
II	Ugór herbicydowy	9,26	0,97	9,5	98,7	92,8	92,6
	Czarna folia	8,73	0,94	9,3	86,2	72,1	72,2
	Słoma pszenna	12,58	1,02	12,3	95,2	80,2	93,4
	Włóknina	8,92	0,94	9,5	92,3	65,8	58,3
	Ugór mechaniczny	10,12	0,98	10,3	97,8	87,8	94,6
III	Ugór herbicydowy	9,62	1,06	9,1	121,5	117,3	106,4
	Czarna folia	9,20	1,03	8,9	103,1	99,3	90,3
	Słoma pszenna	13,26	1,12	11,8	109,6	96,7	107,8
	Włóknina	9,56	1,04	9,2	107,1	88,3	72,5
	Ugór mechaniczny	10,75	1,11	9,7	113,3	100,3	114,1
	$NIR_{0,05}$	0,04	0,02	0,02	6,0	6,6	5,9

Oznaczenia jak w Tabeli 2.

Zmiany zawartości przyswajalnych form potasu i magnezu w glebie badanych obiektów wahały się w zakresie wartości średnich (Tab. 3, 4). Najmniejszą zawartość tych składników stwierdzono w glebie ściółkowanej włókniną. Sezonowe zmiany zawartości tych pierwiastków w glebie były mniejsze niż w przypadku fosforu. Znaczne ilości K są wiązane w masie organicznej roślin i organizmów glebowych oraz w próchnicy glebowej i wchodzą do obiegu biologicznego na dłuższe okresy czasu. Z upływem lat badań obserwowano istotny spadek zawartości potasu i magnezu w glebie.

Tabela 4. Wpływ metody pielęgnacji gleby na jej właściwości chemiczne w latach 1997-1999
Table 4. Influence of the soil maintenance method on its chemical properties in 1997-1999

Lata	Obiekt	C ($g \cdot kg^{-1}$)	N ($g \cdot kg^{-1}$)	C:N	P ($mg \cdot kg^{-1}$)	K ($mg \cdot kg^{-1}$)	Mg ($mg \cdot kg^{-1}$)
1997	Ugór herbicydowy	8,98	0,96	9,3	122,3	116,9	111,2
	Czarna folia	8,52	0,92	9,2	104,5	103,2	94,7
	Słoma pszenna	12,31	0,98	12,5	112,3	98,6	110,8
	Włóknina	8,76	0,94	9,3	110,8	96,2	77,4
	Ugór mechaniczny	9,84	0,98	10,0	115,2	104,3	117,9
1998	Ugór herbicydowy	9,46	1,02	9,2	114,6	112,4	102,8
	Czarna folia	8,97	0,98	9,1	97,4	86,6	83,5
	Słoma pszenna	12,93	1,10	11,7	105,1	92,3	101,9
	Włóknina	9,22	0,96	9,6	102,8	76,1	68,2
	Ugór mechaniczny	10,43	1,05	9,9	107,9	97,3	108,3
1999	Ugór herbicydowy	9,88	1,07	9,2	106,7	96,1	94,2
	Czarna folia	9,40	1,04	9,0	91,5	77,3	75,1
	Słoma pszenna	13,78	1,15	12,0	99,2	85,4	93,6
	Włóknina	9,85	1,06	9,3	96,1	68,4	59,8
	Ugór mechaniczny	10,96	1,12	9,8	102,2	91,4	98,4
	$NIR_{0,05}$	0,05	0,02	0,02	6,0	8,4	5,9

Dynamika sezonowych zmian aktywności enzymatycznej gleby w ciągu jednego okresu wegetacyjnego oraz w poszczególnych latach badań uzależniona była od rodzaju badanego enzymu i systemu odchwaszczania gleby (Tab. 5, 6).

Największą aktywność dehydrogenaz, fosfataz i proteazy obserwowano wiosną, najmniejszą zaś latem. Natomiast aktywność ureazy wzrastała w ciągu sezonu wegetacyjnego, osiągając maksimum aktywności w okresie jesiennym. Roczne zmiany sezonowe aktywności fosfataz, ureazy i proteazy w glebie wszystkich obiektów badawczych zaznaczyły się w porządku wzrastającym w latach 1997, 1998, 1999. W okresie prowadzonych badań rok 1999 charakteryzował się największymi opadami i najwyższą średnią temperaturą powietrza w okresie wegetacyjnym, zaś w sezonie wegetacyjnym 1997 roku zanotowano najniższą sumę opadów i najniższą średnią temperaturę powietrza (Tab. 1). Aktywność dehydrogenaz

kształtowała się różnie w poszczególnych latach badań. Najmniejszą aktywność tych enzymów stwierdzono w 1998 roku, największą zaś w 1999 roku. Spośród badanych enzymów największe roczne zmiany sezonowe, jak również zmiany w czasie jednego okresu wegetacyjnego, wykazywała aktywność fosfataz, zaś najmniejsze aktywność dehydrogenaz.

Tabela 5. Wpływ metody pielęgnacji gleby na jej aktywność enzymatyczną w zależności od terminów pobierania próbek

Table 5. Influence of the soil maintenance method on its enzymatic activity as the effect of sampling dates

Termin	Obiekt	ADh	AF	AU	AP
I	Ugór herbicydowy	2,60	14,61	23,38	14,58
	Czarna folia	1,82	6,38	19,24	11,86
	Słoma pszenna	4,37	21,83	36,59	28,12
	Włóknina	2,29	10,52	21,16	12,63
	Ugór mechaniczny	3,34	16,29	24,72	15,98
II	Ugór herbicydowy	2,05	7,23	24,56	11,30
	Czarna folia	1,22	3,19	21,53	9,94
	Słoma pszenna	3,55	11,05	38,90	23,40
	Włóknina	1,92	4,98	22,35	10,56
	Ugór mechaniczny	2,78	8,12	25,98	14,26
III	Ugór herbicydowy	2,43	13,20	25,74	14,02
	Czarna folia	1,65	5,62	22,76	10,53
	Słoma pszenna	3,96	19,33	41,45	24,09
	Włóknina	2,11	8,96	23,89	11,92
	Ugór mechaniczny	3,06	15,46	28,62	15,78
	$NIR_{0,05}$	0,04	0,45	1,14	0,42

Objaśnienia: I – druga dekada kwietnia, II – trzecia dekada lipca, III – druga dekada października, ADh – aktywność dehydrogenaz w cm^3 $H_2 \cdot kg^{-1} \cdot d^{-1}$, AF – fosfatazy w mmol $PNP \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$, AU – ureaza w mg $N\text{-}NH_4^+ \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$, AP – proteaza w mg tyrozyny$\cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$.

Tabela 6. Wpływ metody pielęgnacji gleby na jej aktywność enzymatyczną w latach 1997-1999
Table 6. Influence of the soil maintenance method on its enzymatic activity in 1997-1999

Lata	Obiekt	ADh	AF	AU	AP
1997	Ugór herbicydowy	2,04	8,04	18,53	10,45
	Czarna folia	1,39	3,88	18,37	9,34
	Słoma pszenna	3,72	14,65	34,52	21,15
	Włóknina	2,05	6,28	19,89	9,91
	Ugór mechaniczny	2,62	9,23	21,15	12,85
1998	Ugór herbicydowy	1,94	11,07	23,73	12,22
	Czarna folia	1,19	4,20	20,18	9,93
	Słoma pszenna	3,48	15,09	39,26	22,41
	Włóknina	1,73	7,36	21,79	10,97
	Ugór mechaniczny	2,40	12,23	27,39	15,75
1999	Ugór herbicydowy	3,10	15,93	31,42	17,23
	Czarna folia	2,11	7,11	24,98	13,06
	Słoma pszenna	4,68	22,47	43,16	32,86
	Włóknina	2,54	10,82	25,72	14,23
	Ugór mechaniczny	4,16	18,41	32,18	17,42
	$NIR_{0,05}$	0,04	0,42	1,12	0,39

Oznaczenia jak w Tabeli 5.

Obserwowane sezonowe zmiany aktywności enzymatycznej gleby uzależnione były od metody jej pielęgnacji. Aktywność enzymów w glebie przykrytej ściółkami podlegała mniejszym wahaniom sezonowym niż w glebie utrzymywanej w ugorach herbicydowym i mechanicznym (Tab. 5, 6), ponieważ ściółki powodują zmniejszenie wahań dobowych temperatury gleby i ograniczają parowanie wody. W całym okresie badań największą aktywnością enzymatyczną cechowała się gleba ściółkowana słomą, najmniejszą zaś gleba przykryta ściółką z czarnej folii. Aktywność badanych enzymów w glebie spod słomy była ok. 2-krotnie większa niż w glebie spod ściółki z czarnej folii.

DYSKUSJA

Sezonowe zmiany aktywności enzymatycznej badanej gleby na tle zróżnicowanych metod jej pielęgnacji wiązały się z sezonowymi zmianami zawartości $C_{org.}$ i składników biogennych. Potwierdzają to ścisłe korelacje pomiędzy aktywnością wszystkich analizowanych enzymów a zawartością $C_{org.}$, N ogółem (R = 0,86-0,89), zawartością magnezu przyswajalnego (R = 0,64-0,66), a także pomiędzy aktywnością fosfataz a zawartością fosforu w glebie (R = 0,68) i pomiędzy aktywnością ureazy a zawartością potasu w glebie (R = 0,61). Wyniki badań nad sezonową zmiennością enzymów w glebach wskazują na oddziaływanie na nią wielu czynników [2,6]. Należą do nich m. in.: temperatura, wilgotność, dopływ do gleby świeżej materii organicznej i intensywne wypłukiwanie z niej enzymów, krioaktywacja enzymów, destrukcyjne działanie zjawiska zamarzania i rozmarzania koloidów glebowych i mikroorganizmów. Czynniki te są w znacznym stopniu kształtowane przez system uprawy gleby [4].

W okresie prowadzonych badań maksimum aktywności dehydrogenaz, fosfataz i proteazy stwierdzono wiosną, zaś ureazy jesienią. Wyniki te wskazują, że w czasie sezonu wegetacyjnego aktywność enzymatyczna gleby zależy zarówno od warunków pogodowych, jak i od rodzaju enzymu. Wykazany w okresie letnim znaczny spadek aktywności dehydrogenaz, fosfataz i proteazy mógł być spowodowany intensywnym pobieraniem składników odżywczych przez drzewa od maja do lipca [10], co w powiązaniu z ubytkami materii organicznej mogło być okresem krytycznym dla zachowania zrównoważonej dynamiki aktywności tych enzymów. Spośród badanych enzymów największy spadek aktywności w tym okresie stwierdzono u fosfataz. Obserwowana inhibicja aktywności fosfataz mogła być spowodowana wyraźnym spadkiem zawartości fosforu przyswajalnego w glebie. Z tego względu, że fosfatazy produkowane są przez korzenie roślin, mikroorganizmy i zwierzęta glebowe, ich aktywność mogła być uzależniona zarówno od masy korzeniowej drzew, jak i od stymulacji mikroflory zymogenicznej [11].

Według Gregoricha i in. [5] okresowe wahania aktywności enzymów są związane przede wszystkim ze zmianami wilgotności i natlenienia gleby i są prawie niezależne od niewielkich różnic w zawartości C i N w glebie. Również zdaniem Pawluczuka i Pecha [13] odpowiednio duża wilgotność gleby jest warunkiem podstawowym dla działania enzymów glebowych.

Zróżnicowany przebieg sezonowej zmienności aktywności badanych enzymów mógł wynikać z odmiennych mechanizmów regulujących immobilizowanie enzymów i mikroorganizmów w glebach. Wolne, abiotyczne dehydrogenazy wchodzą w skład układów wewnątrzkomórkowych i nie są aktywne w glebie. W związku z tym

zdaniem Kissa i in. [7] nie są enzymami glebowymi sensu stricto. Enzymy zewnątrzkomórkowe zaadsorbowane na minerałach ilastych i substancji humusowej mogą przez długi czas przetrwać w glebie, ponieważ wzrasta ich trwałość i oporność na denaturację i proteolizę [7]. Sprawność katalityczna enzymów związanych z koloidami jest z reguły niższa niż tych samych enzymów występujących w stanie wolnym bądź w komórkach [7]. Z badań Januszka [6] wynika, że adsorpcja enzymu w lub na kompleksach ilasto-próchnicznych nie zawsze prowadzi do zmniejszenia jego aktywności. Cytowany autor wykazał spadek aktywności ureazy w efekcie jej desorpcji. W świetle przedstawionych danych wydaje się, że najniższa aktywność ureazy zanotowana w okresie wiosennym mogła być efektem desorpcji tego enzymu w wyniku zamrożenia i rozmrożenia gleby. Wzrost aktywności ureazy w okresie od wiosny do jesieni obserwowano także w innych badaniach [3,16]. Zarejestrowany w niniejszym doświadczeniu systematyczny wzrost aktywności fosfataz, ureazy i proteazy z upływem lat badań mógł być związany ze wzrostem masy korzeniowej drzew. Zwiększała się bowiem pula enzymów decydująca o reakcjach katalitycznych. O tym jak silnie związana jest aktywność enzymów z rozwojem systemu korzeniowego rośliny świadczą wyniki badań innych autorów [2,6].

Uzyskane wyniki wskazują, że w obrębie jednego sezonu wegetacyjnego zmiany aktywności enzymów były tak duże, jak w poszczególnych latach badań. Wyniki te znajdują potwierdzenie także w innych pracach [2,4].

PODSUMOWANIE

Uzyskane rezultaty wskazują, że sezonowe zmiany właściwości chemicznych gleby powodowały duże zmiany w nasileniu jej aktywności enzymatycznej, co niekoniecznie było związane ze zmianą aktywności biologicznej gleby, zwłaszcza w świetle długowieczności immobilizowanych enzymów w glebie. Sezonowa zmienność badanych enzymów uzależniona była bowiem zarówno od indywidualnych właściwości enzymu i warunków pogodowych w okresie badań, jak i od właściwości chemicznych gleby. Z tego względu wyniki badań nad sezonową zmiennością aktywności enzymatycznej gleby należy interpretować niezwykle ostrożnie.

Pomimo dużej zmienności sezonowej aktywność enzymów glebowych okazała się cennym testem istotnie różnicującym obiekty badawcze. Spośród badanych systemów odchwaszczania gleby stosowanie ściółki ze słomy pszennej miało zdecydowanie najkorzystniejszy wpływ na jej aktywność enzymatyczną. W całym okresie wegetacyjnym aktywność badanych enzymów w glebie przykrytej słomą była większa niż w glebie pozostałych obiektów badawczych. Wskazuje to na możliwość wykorzystywania słomy pszennej do aktywizacji biologicznej gleby w sadach.

PIŚMIENNICTWO

1. **David C.A.:** Managing the invisible: Ecosystem management and macronutrient cycling. In: S.M. Boyce, A. Haney (Eds.) Ecosystem management. Applications for sustainable forest and wildlife resources. Yale Univ. Press, New Haven, London, 94-129, 1997.
2. **Dick W.W.:** Influence of long-term tillage and crop rotation combination on soil enzyme activities. Soil Sci. Soc. Am. J., 48, 3, 569-574, 1984.
3. **Domżał H., Bielińska E.J.:** Influence of cultivation and fertilization on the enzymatic activity and contents of active mineral nitrogen forms. Pol. J. Soil Sci., 30/2, 23-28, 1997.
4. **Gostkowska K., Furczak J., Domżał H., Bielińska J.**: Suitability of some biochemical and microbiological tests for the degradation degree of podzolic soil on the background of it differentiated usage. Pol. J. Soil Sci., 30/2, 69-78, 1998.
5. **Gregorich E.G., Carter M.R., Angers D.A., Monreal C.M., Ellert B.H.:** Towards a minimum data set to asses soil organic matter quality in agricultural soils. Can. J. Soil Sci. 74, 367-385, 1994.
6. **Januszek K.:** Aktywność enzymatyczna wybranych gleb leśnych Polski południowej w świetle badań polowych i laboratoryjnych. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Rozprawy, 250, 1999.
7. **Kiss S., Drăgan-Bularda M., Paşca D.:** Activity and stability of enzyme molecules following their contact with clay mineral surfaces. Studia Univ. Babeş-Bolyai, Biol., 31, 2, 3-29, 1986.
8. **Kobus J.**: Biologiczne procesy a kształtowanie żyzności gleby. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 421a, 209-219, 1995.
9. **Ladd N., Butler J.H.A.:** Short-term assays of soil proteolytic enzyme activities using proteins and dipeptide derivatives as substrates. Soil Biol. Biochem., 4, 19-30, 1972.
10. **Lipecki J., Bielińska E.J.:** Zawartość azotu azotanowego w glebie w zależności od metody jej pielęgnacji i nawożenia w sadzie jabłoniowym. Mat. z XII Spotkania Zespołu Herbologicznego Komitetu Nauk Ogrodn. PAN, Skierniewice, 16-19, 1990.
11. **Martyniuk S., Stachyra A., Wróblewska B., Zięba S.:** Związki pomiędzy mikrobiologicznymi i enzymatycznymi właściwościami gleby a plonami ziemniaków. (W: Drobnoustroje w środowisku Występowanie, aktywność i znaczenie. AR Kraków, Red. W. Barabasz), 439-447, 1997.
12. **Olaczek R.:** Prognoza zmian ekosystemów i fitocenoz Polski. W: S. Kozłowski (red) Prognoza ostrzegawcza na początku zmian środowiskowych warunków życia człowieka w Polsce na poczatku XXI wieku. Zesz. Naukowe Kom. "Człowiek i Środowisko", 10, 161-178, 1995.
13. **Pawluczuk Z., Pech K.:** Wpływ roślin uprawianych w monokulturze i zmianowaniu na aktywność enzymatyczną warstwy uprawnej gleby. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 37, 143-152, 1993.
14. **Tabatabai M. A., Bremner J.M.:** Use of p-nitrophenol phosphate for assay of soil phosphatase activity. Soil Biol. Biochem., 1, 301-307, 1969.
15. **Thalmann A.:** Zur Methodik derestimmung der Dehydrogenase aktivit in Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). Landwirtsch. Forsch., 21, 249-258, 1968.
16. **Trawczyńska A.:** Próba oceny wpływu zakwaszenia gleby na jej aktywność biologiczną w aluwiach górnego odcinka doliny Bzury. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 456, 243-249, 1998.
17. **Zantua M.I., Bremner J.M.:** Comparison of methods of assaying urease activity in soils. Soil Biol. Biochem., 7, 291-295, 1975.

DYNAMICS OF SOIL ENZYMATIC ACTIVITY DEPENDING ON WEED METHOD IN THE ORCHARDS

E. J. Bielińska, A. Głowacka, B. Futa

Institute of Soil Science and Environment Management, University of Agriculture
ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin
e-mail: tantal@consus.ar.lublin.pl

Summary. Analysis of dynamics of seasonal changes depending on the usage of different weed control systems in orchards was a good of this research. This research was based on the results of the three-year experiment carried out in apple orchard where Elstar Elshof trees on M9 stock growing on a lessive soil (Haplic Luvisol) derived from silt formations on chalk marl.
It has been proved that need control methods has important influence on dynamics of soil enzymatic activity and major plant nutrition compounds in certain time periods, seasonal changes of examined enzymes was depended both on enzyme individual properties and on soil chemical properties. Among all used methods of weed control in orchard mulching soil with wheat straw had the best influence on dynamics of biochemical and chemical properties of studied ecosystems. This phenomenon was observed both in short time periods (during one vegetation season) as well as in annual seasonal changes.

Keywords: soil, apple orchard, weed control system, enzymatic activity.