

## ZAWARTOŚĆ MINERALNYCH FORM AZOTU W GLEBIE SADU JABŁONIOWEGO W ZALEŻNOŚCI OD METODY JEJ PIELĘGNACJI

Elżbieta Jolanta Bielińska, Agnieszka Głowacka

Akademia Rolnicza w Lublinie

**Streszczenie.** Przeprowadzono trzyletnie badania (2000–2002) w młodym sadzie jabłoniowym, założonym w roku 1997 na glebie płowej typowej. W badaniach uwzględniono następujące metody pielęgnacji gleby w rzędach drzew: ugór herbicydowy utrzymywany za pomocą glifosatu; ściółkowanie czarną folią polietylenową; ściółkowanie słomą pszeną warstwą o grubości około 15 cm i ugór mechaniczny utrzymywany za pomocą ręcznego gracowania. Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu różnych metod pielęgnacji gleby w młodym sadzie jabłoniowym na zawartość mineralnych form azotu  $\text{N-NH}_4^+$  i  $\text{N-NO}_3^-$  w glebie. Wykazano, że sposób utrzymania gleby był decydującym czynnikiem kształtującym zawartość mineralnych form azotu w glebie. Gleba utrzymywana w ugorach herbicydowym i mechanicznym zawierała istotnie więcej  $\text{N-NH}_4^+$  i  $\text{N-NO}_3^-$  niż gleba przykryta ściółkami. O zawartości mineralnych form azotu w glebie decydowały w dużej mierze reakcje biochemiczne katalizowane przez enzymy.

**Słowa kluczowe:** sad, metoda pielęgnacji gleby, azot mineralny

### WSTĘP

W sadach najczęściej występuje potrzeba nawożenia azotem [Sadowski 1996]. Wyniki badań krajowych i zagranicznych [Comai i in. 1995, Rupp 1995, Lipecki 1996, Bielińska i Lipecki 1998, Wrona i Sadowski 1998, Sadowski i Jadczyk 1998] dowodzą, że uwzględnienie wpływu metody pielęgnacji gleby w sadach przy ustalaniu dawek nawożenia jest konieczne, zwłaszcza w przypadku nawozów azotowych.

Badania dotyczące zawartości i rozmieszczenia przyswajalnych form azotu w glebie w zależności od sposobu jej pielęgnacji ułatwią diagnozowanie potrzeb nawozowych roślin sadowniczych. Ma to szczególne znaczenie w przypadku nowych, proekologicznych metod pielęgnacji gleby w uprawach sadowniczych, takich jak ściółkowanie gleby w rzędach drzew różnymi materiałami. Stosunkowo mało danych dotyczących wpływu

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: Elżbieta Jolanta Bielińska, Agnieszka Głowacka, Instytut Gleboznawstwa i Kształtowania Środowiska Akademii Rolniczej w Lublinie, ul. Leszczyńskiego 7, 20-069 Lublin, e-mail: tantal@agros.ar.lublin.pl

przedłużonego wykorzystywania ściółek różnego pochodzenia na właściwości gleby stwarza poważne trudności w praktyce sadowniczej, ponieważ nie wiadomo, w jakiej wysokości, formie i w jakim czasie należy stosować nawożenie w sadzie, w którym gleba jest ściółkowana [Lipecki 1996]. Może to prowadzić do błędów mających ujemny wpływ nie tylko na efekty produkcyjne otrzymywane w sadach, ale także na środowisko.

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu różnych metod pielęgnacji gleby w młodym sadzie jabłoniowym na zawartość mineralnych form azotu  $N-NH_4^+$  i  $N-NO_3^-$  w glebie.

## MATERIAŁY I METODY

Badania prowadzono w latach 2000-2002 w Sadzie Doświadczalnym Katedry Sadownictwa Akademii Rolniczej w Lublinie, w młodym sadzie jabłoniowym. Doświadczenie założono na glebie płowej typowej (Haplic Luvisol) 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 r., w stanowisku po zlikwidowanym 20-letnim sadzie jabłoniowym. Przedplonem była dwuletnia uprawa gorczycy białej i jednoroczna uprawa pszenżyta na przysioranie. Zastosowano następujące nawożenie przed sadzeniem drzew: wapno magnezowe (32% CaO i 5,6% MgO) w ilości  $1000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ; sól potasowa 60% –  $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  i superfosfat potrójny –  $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Dawki nawozów ustalono na podstawie wyników analiz gleby.

Doświadczenie w sadzie założono w układzie niezależnych losowanych bloków, w 3 powtórzeniach (po 5 drzew na poletku doświadczalnym). W niniejszych badaniach uwzględniono następujące metody pielęgnacji gleby w rzędach drzew: ugór herbicydowy utrzymywany za pomocą glifosatu (Roundup 360 SL), stosowanego w dawce  $4 \text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$  w maju i jesienią każdego roku; ściółkowanie czarną folią polietylenową (nieperforowaną) PE 1 mm, uzupełnianą co 2-3 lata w miarę potrzeby; ściółkowanie słomą pszeną warstwą o grubości ok. 15 cm, uzupełnianą wiosną każdego roku i ugór mechaniczny utrzymywany za pomocą ręcznego gracowania (kilkakrotnie w czasie okresu wegetacyjnego).

Od założenia sadu drzewa doświadczalne były nawożone wyłącznie azotem w formie saletry amonowej (34%) w dawce  $50 \text{ N kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . 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 badań pobierano z każdego poletka za pomocą świdra glebowego, w odległości 50–70 cm od drzewek z poziomu akumulacyjnego (Ap), z głębokości 0–20 cm i z poziomu wymywania (Eet), z głębokości 30–40 cm. We wszystkich latach badań (2000–2002) próbki glebowe pobierano w 2 terminach: termin I (trzecia dekada kwietnia) – przed wysianiem saletry amonowej, termin II (druga dekada października) –

pod koniec okresu wegetacji. Po uśrednieniu próbek glebowych pobranych z każdego obiektu wykonywano w nich następujące oznaczenia w trzech równoległych powtórzeniach: azot amonowy, azot azotanowy [ISO 14255] oraz odczyn – pH w 1 mol·dm<sup>-3</sup> KCl [ISO 10390], węgiel organiczny [ISO 14235] i azot ogółem [ISO 13878]. Dodatkowo badano aktywność enzymatyczną gleby. Analizy enzymatyczne obejmowały oznaczenia aktywności: dehydrogenaz [Thalmann 1968], fosfataz [Tabatabai i Bremner 1969], ureazy [Zantua i Bremner 1975] i proteazy [Ladd i Butler 1972].

Warunki atmosferyczne towarzyszące badaniom przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Suma opadów i średnie temperatury powietrza  
Table 1. Total rainfall and mean air temperatures

Miesiąc Month	Rok Year	Suma opadów – Total rainfall, mm			Temperatura – Temperature, °C		
		dekady – decades			dekady – decades		
		1	2	3	1	2	3
IV	2000	55,1	12,9	0,0	4,4	12,4	16,9
	2001	15,0	3,2	46,7	9,6	5,4	10,5
	2002	5,8	2,2	10,3	3,5	10,3	12,0
V	2000	0,0	18,5	32,2	13,4	15,8	16,2
	2001	0,0	2,5	17,4	15,4	14,2	13,5
	2002	0,0	2,8	25,8	17,9	15,9	19,9
VI	2000	11,2	15,7	9,5	16,9	16,8	17,1
	2001	27,7	12,7	7,2	13,7	14,9	17,2
	2002	65,1	32,7	19,0	15,7	18,9	18,7
VII	2000	36,8	26,1	75,2	16,4	16,5	19,7
	2001	33,7	19,6	207,6	20,1	22,9	23,8
	2002	69,5	52,6	4,1	21,5	22,9	22,5
VIII	2000	23,6	0,3	4,4	17,7	20,7	18,1
	2001	54,9	0,0	12,6	20,4	21,6	19,2
	2002	9,1	9,2	0,4	21,5	19,8	22,2
IX	2000	16,3	50,4	0,0	14,4	10,8	9,0
	2001	30,0	72,7	23,1	13,8	12,6	9,2
	2002	7,9	25,8	8,8	19,0	10,9	8,9
X	2000	0,0	0,0	2,2	12,7	10,8	9,4
	2001	4,6	1,3	13,4	14,2	10,4	7,1
	2002	11,0	48,7	33,2	7,9	5,7	7,3

Spośród 3 lat badań rok 2000 charakteryzował się najniższym sumarycznym opadem okresu wegetacyjnego (IV–X), który wyniósł 390,4 mm, a rok 2001 – najwyższym to jest 605,9 mm. W roku 2002 suma opadów okresu wegetacyjnego wynosiła 444,0 mm i była zbliżona do średniej wieloletniej (404,8 mm). Na podstawie analizy dekadowych wartości opadów atmosferycznych i ich stosunku do opadów średnich wieloletnich w okresie wegetacyjnym 2000 roku można wydzielić trzy okresy suszy: wiosenny, wiosenno-letni i jesienny. Pierwszy okres obejmował ostatnią dekadę kwietnia i pierwszą dekadę maja, drugi trzy dekady czerwca, a trzeci ostatnią dekadę września i trzy dekady października. Suszę jesienną z opadami rzędu 4% normy, można zakwalifikować jako okres skrajnie suchy [Ziarnicka i Zawora 2002]. W 2001 r. opady w lipcu i we wrześniu wielokrotnie przekroczyły normę z wielolecia 1951–2000, a bardzo suchym miesiącem był maj (I dekada była okresem bezopadowym). Rok 2002 charakteryzował się wyż-

szymi niż w wieloleciu opadami w czerwcu i w lipcu, natomiast bardzo suchymi miesiącami były kwiecień, maj i sierpień.

W latach 2000–2002 średnie temperatury powietrza okresu wegetacyjnego były wyższe niż średnia z wielolecia ( $13,3^{\circ}\text{C}$ ). Średnie dla okresu wegetacyjnego w poszczególnych latach wynosiły odpowiednio: 14,5, 14,8 i  $15,4^{\circ}\text{C}$ . Rok 2002 charakteryzował się wyraźnie wyższymi niż w wieloleciu średnimi temperaturami powietrza w okresie od maja do sierpnia. W przypadku 2000 r. wyższe temperatury niż w wieloleciu wystąpiły przede wszystkim w kwietniu, a także w maju.

Warunki atmosferyczne były więc zróżnicowane w poszczególnych latach badań, a zwłaszcza ilość opadów w okresie wegetacyjnym, co jest czynnikiem mającym istotny wpływ na dynamikę mineralnych form azotu w środowisku glebowym [Bielińska 2001].

## WYNIKI

Analiza danych zamieszczonych w tabelach 2–3 wskazuje, że mimo istotnych różnic sezonowych sposób utrzymania gleby w sadzie był decydującym czynnikiem kształtującym zawartość i rozmieszczenie mineralnych form azotu  $\text{N-NH}_4^+$  i  $\text{N-NO}_3^-$  w glebie.

Generalnie, ilości przyswajalnego azotu ( $\text{N-NH}_4^+$  i  $\text{N-NO}_3^-$ ) w glebie badanych obiektów doświadczalnych były bardzo wysokie. Średnia zawartość N min. ( $\text{N-NH}_4^+$  +  $\text{N-NO}_3^-$ ) wahała się w granicach od około 94 do  $155 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  gleby w poziomie Ap i od około 74 do  $124 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  gleby w poziomie Eet, co daje odpowiednio: około 282–465  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  i około 222–372  $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Gleba przykryta ściólkami zawierała większe ilości  $\text{N-NH}_4^+$  i  $\text{N-NO}_3^-$  niż gleba ugorów herbicydowego i mechanicznego. W analizowanych poziomach genetycznych gleby ugoru mechanicznego średnia zawartość obu form N-mineralnego była najmniejsza. Należy jednak podkreślić, że była to zasobność bardzo wysoka. Największą średnią zawartość amonowej formy azotu zanotowano w poziomach genetycznych gleby ściółkowanej słomą. Gleba ściółkowana czarną folią cechowała się największą średnią zawartością N azotanowego, aczkolwiek w poziomie Eet średnia zawartość tego składnika była mniejsza niż w glebie przykrytej ściółką ze słomy pszennej. Wyraźnie zakwaszające działanie ściółki z czarnej folii na środowisko glebowe (tab. 4) mogło w znacznym stopniu przyczynić się do zahamowania procesu nityfikacji.

W poziomie Ap średnie zawartości  $\text{N-NH}_4^+$  i  $\text{N-NO}_3^-$  były istotnie większe niż w poziomie Eet, co ujawniło się szczególnie wyraźnie w przypadku azotanów (V), bardzo ruchliwej formy azotu. We wszystkich obiektach doświadczalnych średnia ilość azotanów (V) w poziomie Eet była około 1,5-krotnie mniejsza niż w poziomie Ap. Warto podkreślić, że w I terminie pobierania próbek gleby do badań, zwłaszcza w okresie suszy ograniczającej mineralizację azotu z materii organicznej gleby, zawartość N amonowego była na ogół większa w poziomie Eet niż w poziomie Ap (tab. 2).

Zawartości obu form N mineralnego podlegały bardzo dużym wahaniom w poszczególnych latach badań (tab. 2–3). W okresie suszy panującej w 2000 r. ilości tych składników w glebie były zdecydowanie mniejsze niż w latach 2001–2002. W 2001 r. największe średnie zawartości N amonowego zanotowano w glebie wszystkich badanych

objektów, a azotanów (V) w glebie ściółkowanej słomą pszenną oraz w glebie utrzymywanej w ugorach herbicydowym i mechanicznym. W glebie ściółkowanej czarną folią zawartość N azotanowego systematycznie wzrastała z upływem lat badań, przede wszystkim w poziomie Ap.

Tabela 2. Zawartość azotu amonowego w glebie, mg·kg<sup>-1</sup>  
Table 2. Ammonium nitrogen (N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) contents in soil, mg·kg<sup>-1</sup>

Lata Years	Termin Term	Poziom Horizon	Ugór herbicydowy Herbicide fallow	Czarna folia Black foil	Słoma pszenna Wheat straw	Ugór mechaniczny Mechanical fallow	
2000	I	Ap	43,78	42,64	43,75	54,93	
		Eet	54,98	43,48	46,47	49,42	
		$\bar{x}$	49,38	43,06	45,11	52,17	
	II	Ap	32,04	39,70	43,47	33,18	
		Eet	31,21	36,58	37,80	27,89	
		$\bar{x}$	31,62	38,14	40,63	30,53	
	$\bar{x}_{I-II}$	Ap	37,91	41,17	43,61	44,05	
		Eet	43,09	40,03	42,13	38,65	
		$\bar{x}$	40,50	40,60	42,87	41,35	
	2001	I	Ap	45,92	54,83	65,63	56,38
			Eet	54,59	57,53	68,97	57,66
			$\bar{x}$	50,25	56,18	67,30	57,02
II		Ap	58,69	59,22	67,90	58,62	
		Eet	58,17	58,69	64,54	54,49	
		$\bar{x}$	58,43	58,95	66,22	56,55	
$\bar{x}_{I-II}$		Ap	52,30	57,02	65,10	57,50	
		Eet	56,38	58,11	66,75	56,07	
		$\bar{x}$	55,88	57,56	65,92	56,78	
2002		I	Ap	57,07	57,13	65,25	47,15
			Eet	48,71	51,24	76,12	38,83
			$\bar{x}$	52,89	54,18	70,68	42,99
	II	Ap	58,21	58,92	66,45	51,68	
		Eet	46,42	53,14	52,23	46,10	
		$\bar{x}$	52,31	56,03	59,34	48,89	
	$\bar{x}_{I-II}$	Ap	57,64	58,02	65,85	49,41	
		Eet	47,56	52,19	64,17	42,46	
		$\bar{x}$	52,60	55,10	65,01	45,93	
	$\bar{x}_{2000-2002}$	I	Ap	48,92	51,53	58,21	52,82
			Eet	52,76	50,75	63,85	48,63
			$\bar{x}$	50,84	51,14	61,03	50,72
II		Ap	49,69	52,61	59,27	41,82	
		Eet	45,26	49,47	51,52	42,82	
		$\bar{x}$	47,47	51,04	55,39	42,32	
$\bar{x}_{I-II}$		Ap	49,31	52,07	58,74	47,32	
		Eet	49,01	50,11	57,68	45,72	
		$\bar{x}$	49,16	51,09	58,21	46,52	
NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub> dla:			O – obiekt / site – 0,3 P – poziom / horizon – 0,4 L – lata / years – 0,2 T – termin / term – 0,2	OP – 0,9 OL – 0,6 OT – 0,6 PL – 0,8 PT – 0,8	LT – 0,5 OPL – 1,6 OLT – 1,1 PLT – 1,4 OPLT – 2,7		

I termin – trzecia dekada kwietnia, I term – third decade of April; II termin – druga dekada października, II term – second decade of October

Ap – poziom akumulacyjny – humus horizon; Eet – poziom wymywania – eluvial horizon

Tabela 3. Zawartość azotu azotanowego w glebie, mg·kg<sup>-1</sup>  
 Table 3. Nitrate nitrogen (N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) contents in soil, mg·kg<sup>-1</sup>

Lata Years	Termin Term	Poziom Horizon	Ugórow herbicydowy Herbicide fallow	Czarna folia Black foil	Słoma pszenna Wheat straw	Ugórow mechaniczny Mechanical fallow
2000	I	Ap	22,82	22,37	25,90	31,15
		Eet	9,95	16,48	22,93	14,55
		$\bar{x}$	16,38	19,42	24,41	22,85
	II	Ap	113,95	70,56	78,65	45,74
		Eet	89,27	37,55	56,84	42,72
		$\bar{x}$	101,61	54,05	67,74	44,23
	$\bar{x}_{I-II}$	Ap	68,38	46,46	52,27	38,44
		Eet	49,61	27,01	39,88	28,63
		$\bar{x}$	58,99	36,73	46,07	33,54
2001	I	Ap	107,52	112,22	168,57	105,50
		Eet	82,28	49,09	121,24	65,36
		$\bar{x}$	94,90	80,65	144,90	85,43
	II	Ap	56,18	47,13	77,16	42,12
		Eet	34,62	28,35	26,30	25,74
		$\bar{x}$	45,40	37,74	51,73	33,93
	$\bar{x}_{I-II}$	Ap	81,85	79,67	102,86	73,81
		Eet	58,45	38,72	83,77	45,55
		$\bar{x}$	70,15	59,19	93,31	59,68
2002	I	Ap	29,04	223,98	90,91	34,71
		Eet	9,82	123,33	82,19	11,55
		$\bar{x}$	19,43	173,65	86,55	23,13
	II	Ap	115,38	98,12	68,59	52,06
		Eet	90,47	37,30	24,83	49,85
		$\bar{x}$	102,92	67,71	46,21	50,95
	$\bar{x}_{I-II}$	Ap	72,21	161,05	79,75	43,38
		Eet	50,14	80,31	53,51	30,70
		$\bar{x}$	61,17	120,68	66,63	37,04
$\bar{x}_{2000-2002}$	I	Ap	53,12	119,52	95,12	57,12
		Eet	34,01	62,97	75,45	30,48
		$\bar{x}$	43,56	91,24	85,28	43,80
	II	Ap	95,17	71,93	74,80	46,64
		Eet	71,45	34,40	35,99	39,43
		$\bar{x}$	83,32	53,16	55,39	43,03
	$\bar{x}_{I-II}$	Ap	74,14	95,72	84,96	51,88
		Eet	52,73	48,68	55,72	34,95
		$\bar{x}$	63,43	72,05	70,34	43,41
NIR <sub>0,05</sub>		O – obiekt / site – 0,15	OP – 0,52	LT – 0,30		
LSD <sub>0,05</sub>		P – poziom / horizon – 0,21	OL – 0,34	OPL – 0,86		
dla:		L – lata / years – 0,12	OT – 0,34	OLT – 0,64		
		T – termin / term – 0,12	PL – 0,46	PLT – 0,72		
			PT – 0,46	OPLT – 1,53		

Objaśnienia: patrz tabela 2, Explanation: see table 2

Zmiany zawartości N mineralnego w poszczególnych terminach pobierania próbek gleby do analiz były zróżnicowane w zależności od formy azotu, metody pielęgnacji gleby i lat badań (tab. 2–3). Średnia zawartość azotu amonowego w glebie badanych obiektów wiosną (I termin) była większa niż jesienią (II termin), aczkolwiek w przypadku stosowania ściółki z czarnej folii zanotowane różnice nie były statystycznie istot-

ne. Sezonowe zmiany zawartości  $N-NO_3^-$  w glebie były znacznie większe niż w przypadku  $N-NH_4^+$ . W roku 2000, w terminie jesiennym średnia zawartość azotanów (V) w glebie wszystkich badanych obiektów była kilkakrotnie większa niż wiosną. W roku 2002 tendencje takie obserwowano wyłącznie w glebie utrzymywanej w ugorach herbicydowym i mechanicznym. Natomiast w roku 2001 zawartość N azotanowego w glebie wszystkich obiektów doświadczalnych była większa w terminie wiosennym niż jesienią.

Zawartość węgla organicznego i ogólnej ilości azotu w glebie była istotnie uzależniona od metody jej pielęgnacji (tab. 4).

Tabela 4. Wpływ metody pielęgnacji gleby na zawartość węgla organicznego ( $C_{org}$ ), azotu ogółem ( $N_{og}$ ), stosunek C:N i pH gleby

Table 4. Impact of the soil maintenance method on the content of organic carbon (OC), total nitrogen (TN), ratio C:N and pH in the soil

Obiekt – Site	$C_{org} / OC$	$N_{og} / TN$	C:N	pH <sub>KCl</sub>
	g·kg <sup>-1</sup>			
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	8,22	0,79	10,4	5,3 – 5,6
Czarna folia Black foil	7,56	0,79	9,5	4,4 – 5,0
Słoma pszenna Wheat straw	9,61	0,82	11,7	5,2 – 5,4
Ugór mechaniczny Mechanical fallow	9,58	0,93	10,3	5,5 – 5,7
NIR <sub>0,05</sub>	0,4	0,02	0,4	
LSD <sub>0,05</sub>				

Zawartość  $C_{org}$  w glebie ugoru mechanicznego dorównywała zawartości tego składnika w glebie mulczowanej słomą pszenną i była o około 15-20% większa niż w glebie ugoru herbicydowego i w glebie ściółkowanej czarną folią. Stosunkowo wysoka zawartość  $C_{org}$  w glebie ugoru mechanicznego mogła być związana z okresowym wzbogacaniem gleby w materię organiczną spowodowanym przez zaniechanie odchwaszczenia w połowie lata, wskutek czego pojawiały się chwasty, zwykle jednoroczne. Rośliny te powodowały złagodzenie ujemnych skutków długotrwałego stosowania ugoru herbicydowego, wzbogacając glebę w substancję organiczną i azot. Najmniej węgla organicznego zawierała gleba przykryta czarną folią.

Największą zawartością azotu ogółem cechowała się gleba utrzymywana w ugorze mechanicznym, a najmniejszą gleba przykryta czarną folią i gleba ugoru herbicydowego. Niekorzystny wpływ ściółki z czarnej folii i ugoru herbicydowego na zawartość N ogółem w glebie związany był głównie z ograniczonym dopływem świeżej substancji organicznej do środowiska glebowego. Zawartość tego składnika w glebie ugoru mechanicznego była większa o 12% niż w glebie mulczowanej słomą. Mikrobiologiczny proces rozkładu bogatej w węgiel, ale ubogiej w azot ściółki ze słomy pszennej może powodować przejściowy niedobór azotu w glebie.

Wartości stosunku C:N w glebie badanych obiektów mieściły się w granicach: od 9,5 do 11,7 (tab. 4). Ściółkowanie gleby słomą wpłynęło na istotne rozszerzenie, a ściółko-

wanie gleby czarną folią na istotne zawężenie wartości stosunku C:N w porównaniu z ugorami herbicydowym i mechanicznym.

Gleba ugorów herbicydowego i mechanicznego charakteryzowała się odczynem lekko kwaśnym i była mniej zakwaszona niż gleba pod ściółkami (tab. 4). Wyraźnie zakwaszające działanie stwierdzono w przypadku ściółki z czarnej folii, gdzie gleba miała odczyn od kwaśnego do lekko kwaśnego (4,4–5,0 pH w 1 mol·dm<sup>-3</sup> KCl). Mogło to być efektem ograniczenia dyfuzji CO<sub>2</sub>, który gromadził się pod nieperforowaną folią, zwiększając rozpuszczalność CaCO<sub>3</sub> i wymywanie zasad. Gleba utrzymywana w ugorze mechanicznym cechowała się wyższymi wartościami pH niż gleba ugoru herbicydowego.

Sposób pielęgnacji gleby w badanym sadzie miał istotny wpływ na kształtowanie się jej aktywności enzymatycznej (tab. 5).

Tabela 5. Wpływ metody pielęgnacji gleby na aktywność enzymatyczną gleby  
Table 5. Impact of the soil maintenance method on the enzymatic activity of soil

Obiekt – Site	ADh DhA	AF PhA	AU UA	AP PA
Ugór herbicydowy Herbicide fallow	2,70	18,7	25,3	15,8
Czarna folia Black foil	1,22	13,4	17,6	11,5
Słoma pszenna Wheat straw	3,65	21,3	27,1	16,4
Ugór mechaniczny Mechanical fallow	3,98	22,1	27,6	17,9
NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>	0,09	0,6	0,4	0,3

ADh – dehydrogenaza w cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>, AF – fosfataza w mmol PNP kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, AU – ureaza w mg N-NH<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, AP – proteaza w mg tyrozyna·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>

DhA – dehydrogenase in cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup>·d<sup>-1</sup>, PhA – phosphatase in mmol PNP kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, UA – urease in mg N-NH<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>, PA – protease in mg tyrosine·kg<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>

Utrzymywanie gleby w ugorze mechanicznym oraz stosowanie ściółki ze słomy pszennej miało szczególnie korzystny wpływ na aktywność badanych enzymów (tab. 5). Stymulacja ta była efektem wzbogacania środowiska glebowego w materię organiczną – okresowo (ugór mechaniczny) lub przez cały czas okresu wegetacji (słoma pszenna), co znalazło odzwierciedlenie w zawartości C<sub>org.</sub> w glebie (tab. 4). 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. Największą aktywnością enzymatyczną cechowała się gleba utrzymywana w ugorze mechanicznym, a najmniejszą gleba ściółkowana czarną folią. Aktywność dehydrogenaz oraz fosfataz, ureazy i proteazy w glebie przykrytej czarną folią była mniejsza od aktywności tych enzymów w glebie ugoru mechanicznego odpowiednio: ok. 3-krotnie oraz ok. 1,5-krotnie. Aktywność enzymatyczna gleby jest ściśle uzależniona od jej właściwości fizykochemicznych, a stosowanie czarnej folii spowodowało spadek zawartości C<sub>org.</sub>, ogólnej ilości azotu, zawężenie wartości stosunku C:N oraz wzrost zakwaszenia gleby (tab. 4). Bezpośrednią przyczyną



osłabienia aktywności enzymatycznej gleby ugoru herbicydowego mogło być hamujące lub zabójcze działanie herbicydu na mikroorganizmy.

Tabela 6. Współczynniki regresji ( $R^2$ ) pomiędzy zawartością mineralnych form azotu i aktywnością enzymatyczną gleby w zależności od metody pielęgnacji gleby  
Table 6. Regression coefficients ( $R^2$ ) between the content of mineral nitrogen forms and enzymatic activity of soil in relation of the soil maintenance method

	$R^2$ (%)			
	ugór herbicydowy herbicide fallow	czarna folia black foil	słoma pszenna wheat straw	ugór mechaniczny mechanical fallow
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	81	64	82	84
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	78	72	78	71

Obliczone wartości współczynników determinacji równań regresji wielokrotnej pomiędzy zawartością mineralnych form azotu w glebie i jej aktywnością enzymatyczną (tab. 6) wskazują, że zmiany zawartości N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> i N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> w glebie uzależnione były w ponad 60% od procesów biochemicznych zachodzących w środowisku glebowym ( $R^2 = 64\text{--}84\%$ ).

## DYSKUSJA

Przeprowadzone badania wykazały, że stosowane metody pielęgnacji gleby w rzędach drzew miały istotny wpływ na zawartość i rozmieszczenie mineralnych form azotu N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> i N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> w glebie. W literaturze przedmiotu znajdują się liczne dane [Domżał i in. 1994; Kozanecka i in. 1996; Bielińska 1997; Gostkowska i in. 1998; Wrona i Sadowski 1998; Bielińska 2001] wskazujące, że sposób utrzymania gleby w sadzie różnicuje również zawartość przyswajalnych form azotu w glebie.

W glebie ugorów herbicydowego i mechanicznego badanego sadu zanotowano mniejsze ilości N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup> i N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> niż w glebie przykrytej ściółkami. Mogło to być również związane z silniejszym wymywaniem azotu mineralnego z gleby utrzymywanej w ugorach w okresie jesień – zima – wiosna wskutek większej ilości wody przedostającej się w głąb profilu, a także ze zróżnicowanym, w zależności od plonów roślin, wykorzystaniem tych składników z gleby. W obrębie prowadzonego doświadczenia najmniejszą zawartością obu form N mineralnego cechowała się gleba ugoru mechanicznego, co mogło być również efektem większego wyczerpywania azotu mineralnego z powodu wyższych plonów oraz większej masy korzeni. Według danych uzyskanych z Katedry Sadownictwa Akademii Rolniczej w Lublinie [Domżał i in. 2002] drzewa na tym obiekcie rosły najsilniej i plonowały najlepiej. Szewczuk i in. [1995], a także Szewczuk i Licznar-Małańczuk [1998] wykazali, że silniejszy wzrost i lepsze plonowanie drzew miało znaczenie w obniżaniu się zawartości składników mineralnych w glebie sadów jabłoniowych. Wykazana w niniejszych badaniach większa zawartość mineralnych form azotu w glebie utrzymywanej w ugorze herbicydowym niż w glebie ugoru mechanicznego mogła wynikać zarówno z mniejszego pobierania tych składników z gleby z powodu stosunkowo słabego wzrostu i plonowania drzew [Domżał i in. 2002],

jak i z ograniczenia sorpcji biologicznej wskutek negatywnego oddziaływania herbicydu na aktywność mikroorganizmów glebowych [Bielińska i Lipecki 1998, Bielińska i Domżał 1999]. Ugór herbicydowy dopuszczał do okresowego pojawiania się chwastów na poletkach, co w konsekwencji powodowało, że przy tej metodzie pielęgnacji gleby młode jabłonie plonowały gorzej niż w przypadku ugoru mechanicznego i ściółki ze słomy [Domżał i in. 2002]. Badania Wrony i Sadowskiego [1998] wskazują, że wraz z trawą koszoną w sadzie w sezonie wegetacyjnym i przerzucaną z międzyrzędzi na pasy ugoru herbicydowego przenoszone były również znaczne ilości azotu. Cytowani autorzy stwierdzili także, że trawa przenoszona na pasy ugoru herbicydowego powodowała gromadzenie się w glebie dużej ilości materii organicznej, której mineralizacja powodowała w konsekwencji wzrost przyswajalnych form azotu w glebie.

W glebie ściółkowanej czarną folią ilości przyswajalnego azotu ( $\text{N-NH}_4^+$  i  $\text{N-NO}_3^-$ ) były największe, a zawartość azotanów (V) systematycznie wzrastała z upływem lat badań. Zjawisko to mogło wiązać się zarówno z mniejszym pobieraniem N mineralnego przez słabo plonujące drzewa [Domżał i in. 2002], jak i z zahamowaniem sorpcji biologicznej wywołanej silnym osłabieniem aktywności enzymatycznej gleby (tab. 5). Również w innych badaniach wykazano, że ściółki syntetyczne mogą wpływać na koncentrację niektórych form azotu w glebie [Rupp 1995, Bielińska i Domżał 1998, Bielińska 2001]. 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]. Substancje pomocnicze i uszlachetniające dodawane w produkcji tworzyw sztucznych (katalizatory, stabilizatory, inicjatory, barwniki i pigmenty, wypełniacze) oraz śladowe ilości monomerów, z których otrzymywany jest dany polimer, mogą przenikać do gleby [Sobczyńska 2000]. Migracja wspomnianych substancji jest także powodowana procesami depolimeryzacji, degradacji i destrukcji materiału pod wpływem takich czynników, jak: temperatura, naprężenia mechaniczne i oddziaływanie związków chemicznych [Huzar i Trzeszczyński 2000]. Wydaje się, że dalsze badania nad wpływem tego systemu odchwaszczania gleby w sadach powinny objąć także zagadnienia dotyczące migracji substancji wydzielających się z tworzyw sztucznych do środowiska glebowego.

Ściółkowanie gleby słomą pszeną, wzbogacającą środowisko glebowe w materię organiczną, miało w obrębie prowadzonego doświadczenia korzystny wpływ na zawartość N mineralnego i aktywność enzymatyczną gleby. Transformacja glebowej materii organicznej stymulowana przez enzymy, warunkując przejście biogenów w formy dostępne dla roślin, wzbogaca gleby uprawne w azot, substancje wzrostowe, substancje antybiotyczne, substancje biologicznie czynne i inne [Smyk 1985, Kobus 1995]. Liczne dane z literatury przedmiotu wskazują, że ściółkowanie gleby w rzędach drzew materiałami organicznymi zwiększa jej zasobność w składniki pokarmowe [Engel 1992, Szewczuk i Licznar-Małańczuk 1998, Bielińska 2001]. W przeprowadzonych badaniach dodatni wpływ ściółkowania gleby słomą pszeną na jej właściwości biochemiczne i chemiczne znalazł swoje odzwierciedlenie w lepszym plonowaniu drzew [Domżał i in. 2002]. Bielińska [2001] wykazała celowość wykorzystywania słomy pszennej do aktywizacji biologicznej gleby w sadach.

Wyniki uzyskane w niniejszej pracy wskazują, że ilość mineralnych form azotu jest ściśle uzależniona od reakcji biochemicznych sterowanych przez enzymy. Świadczą o tym wartości współczynników determinacji ( $R^2 = 64\text{--}84\%$ ) pomiędzy zmianami zawartości N min. w glebie a jej aktywnością enzymatyczną (tab. 6). Zawartość mineralnych form azotu w glebie jest wypadkową zachodzących w niej procesów mineralizacji i immobilizacji oraz utleniania i redukcji [Czuba i in. 1991]. Przemiany te zależą od takich czynników, jak: aktywność biologiczna gleby, jej uwilgotnienie, temperatura i nawożenie [Spiak i in. 2002]. Czynniki te są w znacznym stopniu kształtowane przez sposób utrzymania gleby w sadzie [Gostkowska i in. 1998, Bielińska 2001]. Na transformację azotu, określony wpływ mogą mieć również procesy abiotyczne zachodzące w glebie, a także zjawiska fizyczne oraz uprawiane rośliny. Te różnorodne procesy wzajemnie się uzupełniają i są wzajemnie uwarunkowane [Czuba i in. 1991, Bielińska 2001]. Ze względu na dużą ilość procesów przebiegających w środowisku glebowym, często ze sobą niezwiązanych, nawet niewielkie a długotrwałe oddziaływania systemu odchwaszczania gleby w sadach może znacząco wpływać na metabolizm składników [Bielińska 2001].

Zróżnicowane warunki pogodowe w okresie prowadzonych badań spowodowały znaczne sezonowe wahania zawartości N mineralnego w glebie, obserwowane zwłaszcza w przypadku azotanów (V). Literatura przedmiotu zawiera liczne informacje na temat sezonowej dynamiki zawartości  $\text{N-NO}_3^-$  w glebie [Łoginow i Kaszubiak 1964, Czuba i in. 1991, Tschapliński i in. 1991, Kozanecka 1995, Bielińska 1997, Domżał i Bielińska 1997, Bielińska i Domżał 1998, 1999]. Z badań tych często wynika, że zmiany zawartości azotanów (V) w glebie, w krótkich przedziałach czasowych (np. w czasie jednego sezonu wegetacyjnego) są tak duże jak roczne zmiany sezonowe. Stwierdzone w niniejszych badaniach nieznaczne różnice w zawartości  $\text{N-NH}_4^+$  w glebie pomiędzy wiosennym a jesiennym terminem badań wskazują na niewielkie ubytki tej formy azotu z gleby w okresie pozawegetacyjnym, co jest zgodne między innymi z wieloletnimi obserwacjami Bielińskiej [2001] prowadzonymi w sadzie wiśniowym. Należy jednak podkreślić, że pomimo silnego oddziaływania warunków pogodowych (niekiedy ekstremalnych, np. silna susza w roku 2000), sposób utrzymania gleby w badanym sadzie był decydującym czynnikiem kształtującym zawartość mineralnych form azotu w glebie.

W literaturze przedmiotu przeważa opinia, że na odpowiednie zaopatrzenie drzew owocowych w azot większy wpływ ma sposób utrzymania gleby w sadach niż zróżnicowane nawożenie tym składnikiem [Aasen 1986, Jadcuk 1990, Muster i Hübner 1994, Lipecki 1996, Wrona i Sadowski 1998, Bielińska i Domżał 1999]. Zdaniem Sadowskiego i Jadcuk [1998] często sprzeczne wyniki badań nad nawożeniem drzew owocowych azotem związane są głównie z różnymi warunkami glebowymi i agrotechnicznymi. Ponadto silne oddziaływanie warunków meteorologicznych na przemiany azotu w glebie jest jedną z przyczyn dynamicznej zmienności zawartości azotu mineralnego w środowisku glebowym, utrudniającej wykorzystanie analiz glebowych do oceny stanu zaopatrzenia roślin w azot. Z wieloletnich obserwacji oceniających reakcję drzew owocowych na różne sposoby nawożenia azotem [Jadcuk i Sadowski 1992, Sadowski i Jadcuk 1994, 1998, Wrona i Sadowski 1998] wynika, że potrzeba nawożenia uzależniona jest od sposobu utrzymania gleby i wieku drzew. Cytowani autorzy wykazali, że

w warunkach stosowania ugoru herbicydowego istotny wpływ nawożenia gleby azotem na wzrost drzew i plony w sadach występuje dopiero po 5–6 latach, kiedy korzenie drzew rozprzestrzeniają się pod murawą. Również badania innych autorów [Anderson i in. 1992, Marks 1993] dowiodły, że murawa w międzyrzędziach stwarza konkurencję o azot przede wszystkim w przypadku starszych drzew.

W świetle uzyskanych wyników należy zgodzić się z opinią Cieślińskiego [2003], że posługiwanie się uniwersalnymi programami nawożenia sadów, nawet bardzo precyzyjnymi może zawodzić. Diagnozowanie potrzeb nawożenia azotem gleb w uprawach sadowniczych jest jednym z bardziej dyskusyjnych zagadnień w produkcji ogrodniczej [Treder i Cieśliński 1998]. Wciąż brak jest ustalonych liczb granicznych dla zawartości mineralnych form azotu  $N-NH_4^+$  i  $N-NO_3^-$  w glebach użytkowanych sadowniczo, mimo że w celu ich określenia prowadzone są od kilkudziesięciu lat intensywne badania zarówno w Polsce, jak i w Europie [Mika 1998].

## WNIOSKI

1. Sposób utrzymania gleby w młodym sadzie jabłoniowym był decydującym czynnikiem kształtującym zawartość mineralnych form azotu w glebie.

2. Gleba utrzymywana w ugorach herbicydowym i mechanicznym zawierała istotnie więcej  $N-NH_4^+$  i  $N-NO_3^-$  niż gleba przykryta ściólkami. Jednak w glebie wszystkich obiektów doświadczalnych była to zasobność bardzo wysoka, co świadczy o braku potrzeby nawożenia azotem młodych drzew w badanych warunkach glebowych i agrotechnicznych.

3. Przeprowadzona analiza statystyczna danych, wykorzystująca równania regresji wielokrotnej wykazała, że o zawartości mineralnych form azotu w glebie decydowały w dużej mierze reakcje biochemiczne katalizowane przez enzymy.

4. Zmiany zawartości mineralnych form azotu w glebie badanych obiektów doświadczalnych wiązały się również z plonowaniem i wzrostem drzew.

5. Uzyskane wyniki wskazują, że w poszukiwaniu zależności pomiędzy sposobem utrzymania gleby w sadzie a zawartością N mineralnego w glebie należy brać pod uwagę takie elementy, jak: warunki glebowe, aktywność biologiczną gleby, a także zróżnicowane, w zależności od wzrostu i plonowania drzew, wykorzystanie składników pokarmowych z gleby.

## PIŚMIENNICTWO

- Aasen J., 1986. Mangelsjukdomar og andre ernærings – forsyrringar hos kulturplanter. Landbruksforlaget, Oslo, 20–21.
- Anderson J. L., Bringham G. E., Hill R. W., 1992. Effects of permanent cover crop composition on sour cherry tree evapotranspiration, growth and productivity. *Acta Hort.* 313, 135–142.
- Bielińska E. J., 1997. Wpływ nawożenia i metody pielęgnacji gleby w sadzie jabłoniowym na jej zakwaszenie. *Ann. UMCS sec. EEE*, 5, 35–40.
- Bielińska E. J., 2001. Wpływ stosowania ściółek w rzędach drzew na aktywność enzymatyczną gleby w młodym sadzie jabłoniowym. *Acta Agroph.* 48, 17–27.

- Bielińska E. J., Domżał H., 1998a. Dynamika różnych form azotu w glebie użytkowanej sadowniczo. *Rocz. Glebozn.* 49, 3/4, 31–39.
- Bielińska E. J., Domżał H., 1998b. Wpływ zakwaszenia gleby użytkowanej sadowniczo na jej aktywność biochemiczną. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 456, 497–502.
- Bielińska E. J., Domżał H., 1999a. Aktywność biologiczna jako wskaźnik zmian zachodzących w glebach pod wpływem antropopresji zróżnicowanych systemów uprawy roli. Politechnika Śląska w Gliwicach oraz Komitet Biotechnologii PAN, Ogólnopolskie Symp. Naukowo-Techniczne „Biotechnologia Środowiska”, 269–276.
- Bielińska E. J., Domżał H., 1999b. The effect of differentiated methods of soil cultivation on the soils enzymatic activity. In: *ISTRO-Czech Republic for Contemporary state and perspectives on the agronomical practices after year 2000*, Brno, 89–92.
- Bielińska E. J., Lipecki J., 1998a. Wpływ sposobu utrzymania gleby w sadzie jabłoniowym na możliwość ograniczenia degradacji chemicznej i biologicznej gleby. *Ann. UMCS, sec. EEE, Lublin*, 6, 1–8.
- Bielińska E. J., Lipecki J., 1998b. Wpływ ściółkowania włókniną polipropylenową na aktywność enzymatyczną gleby w sadzie jabłoniowym. I Ogólnopolskie Symp. Mineralnego Odżywiania Roślin Sadowniczych, Skierniewice, 184–192.
- Cieśliński G., 2003. Ocena programu nawożenia sadu po zbiorach owoców. *Sad Nowoczesny* 1, 8–9.
- Comai M., Corradini F., Porro D., Falia O., 1995. Effects of nitrogen supply in herbicide strips or in grass alleys on apple growth and yield fruit quality. *Acta Hort.* 383, 83–94.
- Czuba R., Gorlach E., Kalembasa S., Łoginow W., Mazur T. (red.), 1991. *Azot w glebach uprawnych*. PWN Warszawa, 239 ss.
- Domżał H., Bielińska E. J., 1997. Influence of cultivation and fertilization on the enzymatic activity and contents of active mineral nitrogen forms. *Pol. J. Soil Sci.* 30/2, 23–28.
- Domżał H., Gostkowska K., Furczak J., Bielińska E. J., 1994. Physical, chemical and biological degradation of agriculturally utilized soil. *Proc. Of 13<sup>th</sup> Conference, Aalborg-Denmark*, 31–36.
- Domżał H., Lipecki J., Bielińska E. J., 2002. Zmiany sytuacji ekologicznej gleby pod wpływem różnych metod jej pielęgnacji w sadach. *Sprawozdanie z badań AR Lublin*, 1–122.
- Engel G., 1992. Vergleich integrierter Unkrautbekämpfungsverfahren im Obstbau gegenüber der Verwendung von Herbiziden. *Z. Pflanzenkrank. Pflanzenschutz* 13, 505–511.
- 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 it differentiated usage. *Pol. J. Soil Sci.* 30/2, 69–78.
- Huzar E., Trzeszczyński J., 2000. Badanie migracji styrenu i etylobenzenu z opakowań polimerowych do żywności. *Chemia i Inżynieria Ekologiczna* 7, 12, 1318–1325.
- Jadczuk E., 1990. Transport of mineral elements from grassed alleyways to herbicide strips as a results of grass mowing. *Acta Hort.* 274, 201–205.
- Jadczuk E., Sadowski A., 1992. Nutrient status, growth and yield of “Schattenmorelle” cherry trees in relation to the width of herbicide strips, N fertilization and root type. *Warsaw-Bonn Seminar on Fruit and Vegetable Production with Minimum Use of Chemicals*, 9.
- Kobus J., 1995. Biologiczne procesy a kształtowanie żyzności gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 421a, 209–219.
- Kozanecka T., 1995. Zawartość mineralnych form  $N-NH_4^+$  i  $N-NO_3^-$  w glebie sadu jabłoniowego. *Rocz. Glebozn.* 44, 1/2, Warszawa, 105–117.
- Kozanecka T., Rekosz-Burlaga H., Russem S., 1996. Aktywność mikrobiologiczna gleby w sadzie jabłoniowym w zależności od sposobu jej utrzymania, nawożenia azotem i wapnowania. *Rocz. Glebozn.* 47, 75–84.

- Ladd N., Butle 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.
- Lipecki J., 1996. Pielęgnacja gleby a nawożenie sadów. *Sad Karłowcy* 1, 49–54.
- Łoginow W., Kaszubiak T., 1964. Dynamika azotu w glebie. *Pam. Puł. IUNG*, 14, 25–38.
- Marks M. J., 1993. Preliminary results of an evaluation of alternatives to the use of herbicides in orchards. *Brighton Crop Protection Conference* 1, 461–466.
- Mika A., 1998. Uwagi o nawożeniu sadów. I Ogólnopolskie Symp. Mineralnego Odżywiania Roślin Sadowniczych, Skierniewice, 3–10.
- Muster G., Hübner H., 1994. Stickstoff, Ertrag und Fruchtqualität beim Apfel Ergebnisse aus einem langjährigen Düngerversuch. *Erwerbsobstbau* 36(2), 44–48.
- Rupp D., 1995. Nitrogen fertilization in apple orchards-relationships between available nitrogen in soil samples, nitrates in soil water and leaching of nitrogen. *Acta Hort.* 383, 401–411.
- Sadowski A., 1996. Podstawy racjonalnego nawożenia sadu. *Sad Karłowcy* 1/96, 49–54.
- Sadowski A., Jadczyk E., 1994. Wpływ sposobu utrzymania gleby i nawożenia N na poziom odżywiania wiśni azotem oraz na ich wzrost i owocowanie. *Mat. XXXIII Ogólnopol. Nauk. Konf. Sadowniczej*, Skierniewice, 228–231.
- Sadowski A., Jadczyk E., 1998. Potrzeba nawożenia wiśni azotem w powiązaniu ze sposobem utrzymania gleby i wiekiem drzew. I Ogólnopolskie Symp. Mineralnego Odżywiania Roślin Sadowniczych, Skierniewice, 3–10.
- Sobczyńska D., 2000. *Mat. Konf. „Ekologia wyrobów”*. Kraków, 390–391.
- Smyk B., 1985. Mikroorganizmy a stabilność ekosystemów polowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 306, 127–140.
- Spiak Z., Piszcz U., Kotecki A., 2002. Wpływ odczynu na właściwości sorpcyjne gleby oraz zawartość związków azotu w warunkach przyorywania słomy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 482, 491–498.
- Szewczuk A., Licznar M., Licznar S., 1995. The effect of the littering tree grows with various material on the soil properties and on yielding and growth of the the Elstar variety (in Polish). *Mat. Konf. „Nauka Praktyce ogrodniczej”*, Lublin, 39–42.
- Szewczuk A., Licznar-Małańczuk M., 1998. The effect of the means of soil maintenance on the yield and nutrient content changes in the soil (in Polish). I Ogólnopolskie Symp. Mineralnego Odżywiania Roślin Sadowniczych, Skierniewice, 1–2 grudnia, 202–209.
- Tabatabai M. A., Bremner J. M., 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.* 1, 301–307.
- Thalman A., 1968. Zur methodik der Bestimmung der cDehydrogenase aktivität in Boden mittels Triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). *Landwirtsch. Forsch.* 21, 249–258.
- Tschaplinski T. J., Johnson D. W., Norby R. J., Todd D. E., 1991. Biomass and soil nitrogen relationships of a one-year old systeme plantation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55, 3, 841–847.
- Treder W., Cieśliński G., 1998. Wpływ stężenia azotu w pożywce nawozowej na pobieranie i dystrybucję tego składnika w drzewach jabłoni. *Mat. I Ogólnopolskiego Symp. Mineralnego Odżywiania Roślin Sadowniczych*, Skierniewice, 1–2 grudnia, 11–20.
- 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, 113–127.
- Zantua M. I., Bremner J. M., 1975. Comparison of methods of assaying urease activity in soils. *Soil Biol. Biochem.* 7, 291–295.
- Ziernicka A., Zawora T., 2002. Przestrzenno-czasowa dynamika suszy 2000 roku na obszarze Polski. *Roczn. AR w Poznaniu*, 342, 23, 571–577.

## THE MINERAL NITROGEN CONTENT IN THE SOIL OF AN APPLE ORCHARD IN RELATION TO THE SOIL TREATMENT APPLIED

**Abstract.** A three-year research study (2000–2002) was carried out in a young apple orchard originally founded on typical podzolic soil in 1997. The following methods for treating the soil among the rows of trees were considered: herbicide fallow maintained with glifosat; mulching with black polyethylene foil; mulching with a layer of wheat straw with a thickness of about 15 cm and mechanical fallow maintained by means of mechanical hoeing. The aim of the study was to evaluate the influence of the various methods applied in treating the soil in the young apple orchard on the content of the mineral nitrogen forms, i.e.  $\text{N-NH}_4^+$  and  $\text{N-NO}_3^-$  within the soil various methods of soil treatment applied in the young apple orchard on the content of mineral nitrogen forms, i.e.  $\text{N-NH}_4^+$  and  $\text{N-NO}_3^-$  in the soil. It was shown that the method of treating the soil was a decisive factor in influencing the content of the mineral nitrogen forms in the soil. The soil maintained as herbicidal or mechanical fallow contained significantly more  $\text{N-NH}_4^+$  and  $\text{N-NO}_3^-$  than did the soil covered with the mulch. The biochemical reactions catalysed by enzymes were, to a high extent, decisive for the content of the mineral nitrogen forms in the soil.

**Key words:** orchard, soil treatment method, mineral nitrogen

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 20.09.2004