

CEZARY TRAWCZYŃSKI

Zakład Agronomii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Jadwisin

Wpływ nawożenia azotem na plonowanie ziemniaka, zawartość azotanów w bulwach i azotu mineralnego w glebie

The influence of nitrogen fertilization on potato yielding, content of nitrates in tubers and mineral nitrogen in the soil

Celem badań polowych przeprowadzonych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Jadwisin było określenie plonu, zawartości azotanów w bulwach ziemniaka oraz ilości azotu mineralnego pozostającego w glebie po zbiorze ziemniaków w zależności od zróżnicowanego nawożenia azotem i lat badań. Badania przeprowadzono w warunkach gleby lekkiej, na której każdego roku przyorywano słomę i poplon gorczycy białej. Nawozy fosforowe w formie superfosfatu potrójnego stosowano w dawce $52,3 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$ i potasowe w formie soli potasowej w dawce $149,4 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz zróżnicowany poziom nawożenia azotem (0, 50, 100, 150, 200 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$). Wszystkie lata badań (2003, 2004, 2005) charakteryzowały się niedoborem opadów deszczu w głównych miesiącach wegetacji. Poziom dawki azotu i lata badań istotnie różnicowały uzyskany plon bulw, zawartość azotanów w bulwach i azotu mineralnego w glebie. Największy plon bulw uzyskano po zastosowaniu dawki $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Zawartość azotanów w bulwach wzrastała w miarę wzrostu dawki N, ale nawet dawka najwyższa ($200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) nie spowodowała przekroczenia dopuszczalnej zawartości azotanów w bulwach. Po zastosowaniu dawek 150 i $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ stwierdzono natomiast wysoki poziom azotu mineralnego w warstwie gleby 0–60 cm po zbiorze bulw ziemniaka. Nadmiar tego azotu może być wypłukany z gleby do wód gruntowych w okresie jesienno-zimowym.

Słowa kluczowe: azotany, azot mineralny, dawki azotu, gleba, plon, ziemniak

The field experiment was conducted in the Plant Breeding and Acclimatization Institute, Department in Jadwisin. The effects of different levels of nitrogen fertilization and years of study on yield, content of nitrates in potato tubers and quantity of mineral nitrogen in the soil after harvest of potato were determined. The experiment was carried out on light soil, which was conditioned every year with ploughing in the straw and aftercrop of white mustard. The following kinds and doses of phosphorus, potassium and nitrogen were applied: triple superphosphate — $52.3 \text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$, potassium salt — $149.4 \text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$ and different levels of ammonium nitrate - 0, 50, 100, 150, 200 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. All the years of investigation (2003, 2004, 2005) were deficient in rainfalls in main vegetation months. The nitrogen doses and years of study significantly differentiated yield of potatoes, content of nitrates in tubers and residues of mineral nitrogen in the soil. The highest yield of tubers was obtained at the rate of $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. The content of nitrates rose as the N-fertilization level increased, but even the highest

dose (200 kg·ha⁻¹) did not influence negatively the content of nitrates in tubers. After application doses of 150 and 200 kg N·ha⁻¹ a high level of mineral nitrogen was stated in the soil layer of 0–60 cm after harvest of potato tubers. The nitrogen surplus may be leached from the soil into groundwater in the autumn and winter period.

Key words: nitrates, mineral nitrogen, nitrogen doses, soil, yield, potato

WSTĘP

Spośród podstawowych składników pokarmowych azot jest jedynym z najbardziej plonotwórczych. Do niedawna wpływ nawożenia azotem określany był więc głównie z punktu widzenia plonu. Troska o środowisko sprawia, że obecnie coraz częściej zwraca się uwagę na poziom tego składnika w glebie. Oznaczenie zawartości mineralnych form azotu, azotanowej i amonowej w warstwie gleby, w której rozmieszczona jest główna masa systemu korzeniowego roślin umożliwia wnioskowanie o potrzebie nawożenia oraz ocenie ilości azotu pozostającego po sprzęcie roślin (Fotyma, 1996). Fotyma i wsp. (1998) oraz Vos i Mackerron (2000) podają, że ryzyko strat azotu po zbiorze roślin jest większe niż w okresie wegetacji. Duża ilość N-mineralnego pozostała po zbiorze roślin stwarza niebezpieczeństwo wypłukania tego składnika w okresie jesienno-zimowym, stanowiąc zagrożenie dla wód gruntowych. Wymywanie azotu jest większe w warunkach gleb lekkich i uzależnione jest w znacznej mierze od ilości opadów i poziomu zastosowanego azotu (Mazur, 1991). Z jednej strony notuje się niski współczynnik wykorzystania azotu z nawozów mineralnych przez ziemniaki (Neeteson, 1989), niższy w porównaniu do innych roślin uprawy polowej (Fotyma, 1997) i zmniejszający się w miarę stosowania wzrastających dawek tego składnika (Lis i in., 2000; Wierzbicka i Lis, 2002; Mazurczyk i in., 2005). Z drugiej strony stwierdza się wysoki poziom azotanów w bulwach ziemniaka po zbiorze (Karłowski i in., 1988; Lis, 1995). Reda i Łojkowska (1993) oraz Lis (1996) podkreślają, że dawka azotu oraz przebieg warunków pogodowych są głównymi czynnikami wpływającymi na gromadzenie azotanów w bulwach.

Celem badań polowych było określenie wpływu zróżnicowanego poziomu nawożenia azotem oraz warunków klimatycznych na plonowanie i zawartość azotanów w bulwach ziemniaka oraz ilość azotu mineralnego pozostającego w glebie po zbiorze ziemniaków.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2003–2005 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Jadwisin w warunkach gleby lekkiej o składzie mechanicznym piasku gliniastego lekkiego. Charakterystykę warunków glebowych dotyczącą odczynu i zawartości poszczególnych składników w warstwie ornej przedstawiono w tabeli 1. Warunki klimatyczne okresu wegetacji oceniono na podstawie ilości opadów i temperatury powietrza (tab. 2).

Ziemniaki średnio późnej odmiany Wolfram uprawiano na słomie pszennej, pociętej i przyoranej podorywką w dawce 4–5 t·ha⁻¹ oraz na poplonie ścierniskowym górczycy białej przyorany w dawce 25–30 t·ha⁻¹ orką przedzimową. Przed przyoraniem na słomę stosowano azot w ilości 1 kg N na 100 kg słomy.

Tabela 1

Charakterystyka warunków glebowych w latach badań (Jadwisin 2003–2005)
Soil characteristic in the years of study (Jadwisin 2003–2005)

Rok Year	pH w KCl pH in KCl	Zawartość w glebie (mg·100g) Content in the soil (mg·100g)		
		P	K	Mg
2003	4,6	9,0	15,8	3,6
2004	4,5	8,2	7,1	2,5
2005	5,1	10,0	18,3	5,9

Tabela 2

Charakterystyka warunków klimatycznych okresu wegetacji w Jadwisinie w latach 2003–2005
Characteristic of climate conditions of the vegetation periods in Jadwisin 2003–2005

Rok Year	Odchylenie od średniej wieloletniej — Deviations from long term average									
	opady w mm i miesiąc rainfalls in mm and month					temperatura powietrza w °C i miesiąc temperature in °C and month				
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
2003	1,1	-35,5	-3,8	-24,8	3,3	1,1	0,3	1,4	0,2	0,2
2004	11,2	-42,9	-5,7	-23,0	-37,8	-2,6	-1,7	-1,5	0,6	3,1
2005	18,6	-40,7	-7,6	-46,7	-24,7	-1,1	-1,9	1,3	-1,6	1,7

Jednakowe na powierzchni całego doświadczenia nawożenie fosforem stosowano w dawce 52,3 kg P·ha⁻¹, a potasem w dawce 149,4 kg K·ha⁻¹. Jesienią pod orkę przedzimową wysiewano 39,2 kg P·ha⁻¹ i 99,6 kg K·ha⁻¹, a wiosną przed sadzeniem uzupełniające dawki fosforu i potasu, tj. 13,1 kg P·ha⁻¹ i 49,8 kg K·ha⁻¹. Nawożenie azotem stosowano w formie saletry amonowej w dawkach: 0, 50, 100, 150 i 200 kg N·ha⁻¹. Azot w dawkach 50 i 100 kg·ha⁻¹ wysiewano bezpośrednio przed sadzeniem bulw. Dawki 150 i 200 kg N·ha⁻¹ dzielono na dwie części i ilości uzupełniające, tj. 50 i 100 kg·ha⁻¹ wysiewano przed wschodami ziemniaków, przed ostatnim obredlaniem. Ziemniaki wysadzano ręcznie w III dekadzie kwietnia w rozstawie 75 × 33 cm. Zbiór przeprowadzono w III dekadzie września (rok 2003) i I dekadzie października (lata 2004 i 2005) przy użyciu kopaczki przenośnikowej. Podczas zbioru określano wielkość plonu bulw z każdego poletka oraz pobierano 5-kilogramowe próby w celu oznaczenia zawartości azotanów. Zawartość azotanów w świeżej masie bulw oznaczano na średnich próbach obiektowych stosując kolorymetryczną metodę z wykorzystaniem reakcji Griessa.

Glebę do badań na oznaczenie zawartości azotanowej i amonowej formy azotu mineralnego pobierano wiosną przed zastosowaniem azotu oraz jesienią po zakończeniu wegetacji roślin, bezpośrednio przed zbiorem bulw ziemniaka. Próbkę gleby pobierano z warstwy 0–30 cm i 30–60 cm przy użyciu świdra glebowego. Powierzchnia poletka wynosiła 7,5 m². Próbkę gleby pobierano z czterech miejsc na poletku i łączono w jedną próbkę ogólną. Po pobraniu próbkę ogólną (ok. 400 g) umieszczano w torebce foliowej. Do czasu wykonywania analizy próbki przechowywano w stanie zamrożonym. Analizy zawartości jonów azotanowych (NO₃⁻) i amonowych (NH₄⁺) wykonywano reflektrometrycznie przy użyciu reflektometru RQ Flex Merck. Do ekstrakcji jonów azotanowych i amonowych wykorzystano roztwór 0,01 mol·dm⁻³ chlorku wapnia (CaCl₂). Otrzymane

wyniki przeliczono na zawartość N-NO₃ i N-NH₄ w suchej masie gleby. Następnie zsumowano zawartość N-NO₃ i N-NH₄ uzyskując zawartość N-mineralnego. Wykorzystując współczynnik dla 30 cm warstwy gleby lekkiej (4,5), obliczono zawartość N-mineralnego w kg·ha⁻¹ (Fotyma i in., 1998).

Wyniki opracowano, posługując się analizą wariancji i odczytując wartości krytyczne (przy poziomie istotności p = 0,05) z tablic w układzie F-Snedecora.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wykazano istotne różnicowanie wielkości plonu bulw zarówno w odniesieniu do poziomu zastosowanej dawki azotu jak i poszczególnych lat badań. Średnio istotny przyrost plonu bulw notowano do dawki 150 kg N·ha⁻¹, natomiast wzrost poziomu azotu do dawki 200 kg N·ha⁻¹ oddziaływał już negatywnie na ten parametr (tab. 3), co znalazło potwierdzenie w innych badaniach (Roztropowicz, Wierzejska-Bujakowska, 1993; Wierzejska-Bujakowska, 1996; Lis, Wierzejska-Bujakowska, 2000; Trawczyński, 2004). We wszystkich latach badań stwierdzono niedobory opadów w głównych miesiącach wegetacji, a przede wszystkim w okresie akumulacji plonu bulw ziemniaka (czerwiec, lipiec, sierpień) — tab. 2. Jednak najmniejszy niedobór opadów, przy wyższej od średniej z wielolecia temperaturze powietrza, zanotowano w roku 2003, co przyczyniło się do uzyskania istotnie większego plonu bulw niż w dwóch pozostałych latach badań (2004 i 2005).

Tabela 3

Wpływ lat badań i zróżnicowanego poziomu nawożenia azotem na plon bulw ziemniaka (t·ha⁻¹)
The influence of the study years and different nitrogen doses on yield of potato tubers (t·ha⁻¹)

Lata Years	Dawka N kg·ha ⁻¹ — Dose of N kg·ha ⁻¹					Średnio Mean
	0	50	100	150	200	
2003	36,6	42,5	46,9	47,5	44,2	43,5
2004	29,0	35,3	37,4	39,3	39,1	36,0
2005	23,4	27,4	30,0	32,9	31,1	29,0
Srednio—Mean	29,6	35,1	38,1	39,9	38,1	
NIR _{0,05} —LSD _{0,05}			1,0			0,8

Wraz z podwyższaniem dawki azotu wzrastała również zawartość azotanów w bulwach (tab. 4). Wielu badaczy podkreśla, że nawożenie azotem jest głównym czynnikiem istotnie wpływającym na gromadzenie azotanów w bulwach (Mazur, Krefft, 1983; Reda, Łojkowska, 1993; Lis 1996). W przeprowadzonych badaniach istotny wzrost azotanów w bulwach notowano do dawki 200kg N·ha⁻¹, przy czym należy podkreślić, że średnio nawet przy tym poziomie dawki azotu zawartość azotanów w bulwach utrzymywała się poniżej dopuszczalnej normy (według MZ i OS 200 mg NO₃·kg⁻¹ świeżej masy bulw). Jedynie w pierwszym roku badań stwierdzono większe zawartości azotanów w bulwach w stosunku do dwóch pozostałych lat badań, a po zastosowaniu dawki 200 kg N·ha⁻¹ niewielkie przekroczenie dopuszczalnej zawartości tego składnika w bulwach. Według Frydeckiej-Mazurczyk i Zgórskiej (1990), Rogozińskiej (1995) oraz Lis (1996) szczególnie w lata suche i ciepłe można spodziewać się nadmiernego gromadzenia

azotanów w bulwach. W analizowanych badaniach pierwszy rok (2003) oprócz tego, że był suchy, charakteryzował się w każdym miesiącu wegetacji temperaturą powietrza powyżej średniej z wielolecia, co mogło być przyczyną podwyższonego poziomu azotanów w bulwach w porównaniu do 2004 i 2005 roku.

Tabela 4

Wpływ lat badań i zróżnicowanego poziomu nawożenia azotem na zawartość azotanów w bulwach
($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ św. masy)
The influence of the study years and different nitrogen doses on nitrates content in tubers
($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ fresh mass)

Lata Years	Dawka N $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ — Dose of N $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$					Średnio Mean
	0	50	100	150	200	
2003	44	96	131	134	223	126
2004	26	31	42	54	62	43
2005	38	46	75	85	92	67
Średnio — Mean	36	58	83	91	126	
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			13			10

Z uzyskanych wyników badań generalnie wynika, że dążąc do uzyskania najwyższego plonu bulw uzasadnione było zastosowaniem dawki $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, gdyż stwierdzono jeszcze istotny przyrost plonu bulw w porównaniu do dawki $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, zaś nawet wysoki poziom dawek azotu (150 i $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$) nie spowodował przekroczenia dopuszczalnej zawartości azotanów w bulwach.

Niski współczynnik wykorzystania azotu z zastosowanych nawozów przez ziemniak stanowiący do 50% (Neteeson, 1989; Lis i in., 2002) sprawia, że coraz większą uwagę zwraca się na jego oddziaływanie na środowisko glebowe, głównie po zakończeniu wegetacji roślin. Po zbiorze roślin zawartość azotu w glebie może ulec znacznemu wzrostowi, co należy wiązać z niepełnym wykorzystaniem przez rośliny azotu z zastosowanych nawozów mineralnych oraz mineralizacji substancji organicznej z nawozów naturalnych czy organicznych (Łabętowicz, 1995; Fotyma i in., 1999). Ponadto Fotyma (1990) oraz Ciećko i wsp. (1996) donoszą, że zawartość N-mineralnego w glebie po zakończeniu wegetacji roślin wzrasta szczególnie w miarę wzrostu zastosowanych dawek azotu. W badaniach stwierdzono istotny dodatni wpływ nawożenia azotowego na zawartość mineralnych form azotu (azotanowej i amonowej) zarówno w warstwie gleby 0–30 jak i 30–60 cm (tab. 5 i 6). W glebach pozostających w dobrej kulturze przeważającą formą azotu mineralnego są jony azotanowe, które z kolei są bardziej labilne niż jony amonowe (Fotyma i in., 1998), stąd w ocenie środowiskowych skutków nawożenia szczególną uwagę należy zwracać na zawartość tej formy azotu w glebie. Według Fotymy (2000) zawartość azotanowej formy azotu $\text{N}\cdot\text{NO}_3$ w glebie lekkiej w warstwie 0–30 cm do $31 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ oraz około $16\text{--}17 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ w warstwie 30–60 cm uznawane są za bezpieczne, czyli wyklucza się potencjalne zagrożenie skażenia wód gruntowych nadmiarem azotanów. Wyniki uzyskane w obecnych badaniach dowodzą więc, że niezależnie od lat badań, po zastosowaniu dawki $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ zawartość formy azotanowej na poziomie $45 \text{ kg N}\cdot\text{NO}_3\cdot\text{ha}^{-1}$ znacznie przekraczała wskazaną przez Fotymę (2000) zawartość w warstwie

gleby 0–30 cm (tab. 5). Z kolei zawartość formy azotanowej N-NO₃ stanowiąca 19,3 kg·ha⁻¹ w warstwie gleby 30–60 cm już po zastosowaniu dawki 100 kg N·ha⁻¹ przekraczała przeciętną zawartość ustaloną dla gleby lekkiej (tab. 5). Z sumarycznej zawartości azotanowej formy azotu mineralnego dla warstwy gleby 0–60 cm wynika również, że zastosowanie dawki azotu powyżej 100 kg N·ha⁻¹ przyczynić się może do nadmiernej akumulacji azotu mineralnego w glebie po zbiorze bulw ziemniaka (tab. 5).

Tabela 5

Zawartość formy azotanowej N-NO₃ (kg·ha⁻¹) w glebie w zależności od lat badań i dawki nawożenia azotem

Content of nitrate form N-NO₃ (kg·ha⁻¹) in the soil depending on the study years and nitrogen doses

Warstwa gleby Soil layer	Lata Years	Dawka N (kg·ha ⁻¹) — Dose of N (kg·ha ⁻¹)					Średnio Mean
		0	50	100	150	200	
0–30 cm	2003	12,6	31,0	37,8	56,7	64,3	40,5
	2004	14,4	14,8	18,9	27,9	45,9	24,4
	2005	14,4	19,8	33,7	50,8	63,9	36,5
Średnio — Mean		13,8	21,9	30,1	45,1	58,0	
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		3,6					2,7
30–60 cm	2003	17,5	19,3	26,1	38,2	45,0	29,2
	2004	11,2	13,5	14,8	18,9	25,6	16,8
	2005	11,7	13,9	17,1	27,9	36,0	21,3
Średnio — Mean		13,4	15,5	19,3	28,3	35,5	
NIR _{0,05} — LSD _{0,5}		3,1					2,2
0–60 cm	2003	30,1	50,3	63,9	94,9	109,3	69,7
	2004	25,6	28,3	33,7	46,8	71,5	41,2
	2005	26,1	33,7	50,8	78,7	99,4	57,8
Średnio — Mean		27,4	37,3	49,5	73,3	93,6	
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		6,3					4,5

Müller i Gorlitz (1990) zwracają uwagę na niebezpieczeństwo nadmiernej ilości azotu mineralnego w glebie po zbiorach i podają, że przeciętna zawartość jesienią (koniec listopada) w glebie o składzie mechanicznym piasku gliniastego w warstwie 0–60 cm wynosi 107 kg N·ha⁻¹. W prezentowanych badaniach zawartość azotu mineralnego w warstwie gleby 0–60 cm po zastosowaniu dawki 150 kg N·ha⁻¹ wynosiła średnio 94,1 kg·ha⁻¹. Należy jednak podkreślić, że próby do oceny zawartości azotu mineralnego pobierano w końcu września, stąd wysoce prawdopodobne jest, że po zbiorze bulw na skutek braku pobierania azotu przez rośliny oraz mineralizacji azotu organicznego (do końca listopada) znacznemu zwiększeniu uleg może zawartość tego składnika w glebie. Zastosowanie dawki 150 kg N·ha⁻¹ przejawiać się więc może nadmierną zawartością azotu mineralnego w profilu glebowym w okresie zimowym i wiosennym. Müller i Gorlitz (1990) sugerują, aby podejmować odpowiednie kroki zmierzające do obniżenia N-mineralnego w glebie poprzez wysiew polonów lub uprawę roślin ozimych.

Tabela 6

Zawartość formy amonowej N-NH₄ (kg·ha⁻¹) w glebie w zależności od lat badań i dawki nawożenia azotem**Content of ammonium form N-NH₄ (kg·ha⁻¹) in the soil depending on the study years and nitrogen doses**

Warstwa gleby Soil layer	Lata Years	Dawka N (kg·ha ⁻¹) — Dose of N (kg·ha ⁻¹)					Średnio Mean
		0	50	100	150	200	
0–30 cm	2003	2,2	7,6	10,3	8,5	23,8	10,5
	2004	2,7	3,6	6,7	11,7	18,0	8,5
	2005	5,8	7,6	7,2	9,0	9,4	7,8
Średnio — Mean		3,5	6,2	8,0	9,7	17,0	
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		0,9					0,9
30–60 cm	2003	5,8	9,4	13,0	11,2	18,9	11,7
	2004	1,8	3,1	5,4	11,2	16,6	7,6
	2005	7,2	9,0	9,0	10,3	11,2	9,3
Średnio — Mean		4,9	7,2	9,1	10,9	15,5	
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		1,3					0,9
0–60 cm	2003	8,0	17,5	23,4	19,8	43,2	22,2
	2004	4,5	6,7	12,1	22,9	35,1	16,1
	2005	13,0	16,6	16,2	19,3	21,1	17,1
Średnio — Mean		8,5	13,6	17,2	20,7	33,1	
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		2,2					1,8

Zawartość mineralnych form azotu zróżnicowana była pomiędzy poszczególnymi latami badań i stwierdzono większą zawartość azotu mineralnego w pierwszym i trzecim roku badań w stosunku do roku drugiego. W drugim roku badań (2004) w porównaniu do dwóch pozostałych lat średnio istotnie mniejsza była zawartość mineralnych form azotu w warstwie gleby 0–60 cm już w okresie wiosennym (tab. 7).

Tabela 7

Zawartość azotu mineralnego N-NO₃ + N-NH₄ (kg·ha⁻¹) w warstwie gleby 0–60 cm w zależności od lat badań i dawki nawożenia azotem**Content of mineral nitrogen N-NO₃ + N-NH₄ (kg·ha⁻¹) in the soil layer of 0–60 cm depending on the study years and nitrogen doses**

Lata Years	Wiosna Spring	Jesień — Autumn					Średnio Mean
		0	50	100	150	200	
2003	77,8	38,7	67,9	87,3	114,7	152,5	89,8
2004	37,3	30,1	35,0	45,8	69,7	106,6	54,0
2005	67,9	39,1	50,3	67,0	98,0	120,5	73,8
Średnio — Mean		61,0	35,9	51,0	66,7	94,1	126,5
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		8,5					6,3

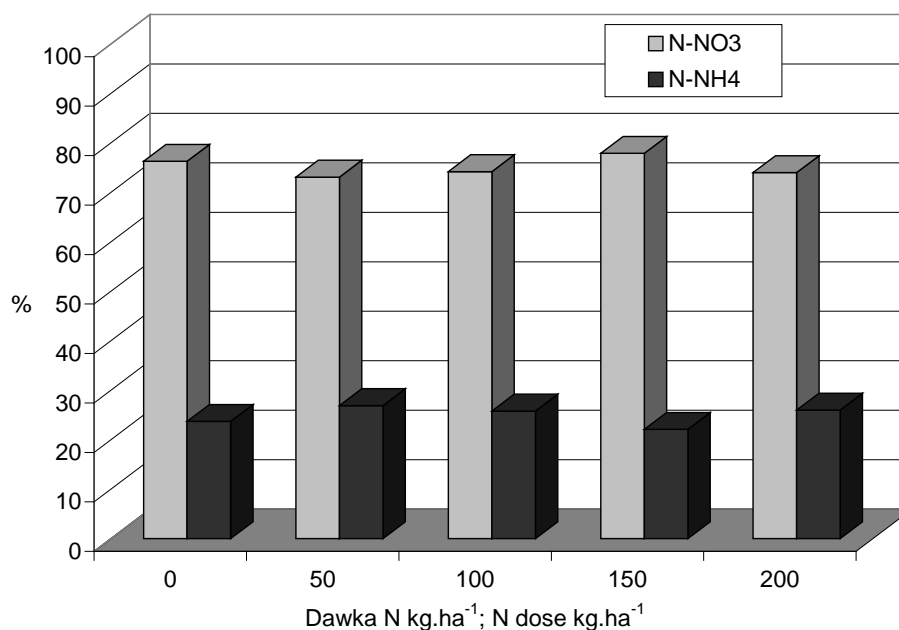
NIR_{0,05} dla współdziałania 1 × 2; LSD_{0,05} for interaction 1 × 2 – 15,3

Zgodnie z monitoringiem oceny potrzeb nawożenia azotem prowadzonym przez Okręgowe Stacje Chemiczno-Rolnicze we współpracy z IUNG zawartość N-mineralnego w warstwie gleby 0–60 cm stanowiąca 37,3 kg·ha⁻¹ (drugi rok badań) była niska i wskazywała na bardzo duże potrzeby nawożenia azotem natomiast zawartość N-mineralnego w pierwszym i trzecim roku badań była zbliżona i określała potrzeby nawożenia azotem jako średnie (Fotyła i in., 1998). Z uwagi na fakt, że wszystkie

analizowane lata badań charakteryzowały się podobnym układem warunków wilgotnościowych tzn. niedoborem opadów w głównych miesiącach wegetacji należy przypuszczać, że zawartość mineralnych form azotu w poszczególnych latach uzależniona była głównie od poziomu zastosowanego azotu, zaś różnice pomiędzy latami badań wynikać mogły z początkowej (w okresie wiosny) zawartości tego składnika w glebie.

W badaniach stwierdzono znaczne zróżnicowanie zawartości azotu mineralnego w glebie w zależności od głębokości w profilu glebowym. Rutkowska i wsp. (2002) donoszą, że zawartość formy N-NO₃ była najmniejsza w wierzchniej warstwie gleby i wzrastała istotnie wraz z głębokością w profilu glebowym, co w sprzyjających warunkach może doprowadzić do jej wymycia. W badaniach własnych wykazano wyższą zawartość obu form azotu mineralnego w warstwie gleby 0–30 cm niż w warstwie 30–60 cm. Stwarza to szansę wykorzystania z gleby części azotu mineralnego, pozostającego po zbiorze roślin przez młode rozwijające się rośliny poplonowe lub ozime (Fotyma, 2000).

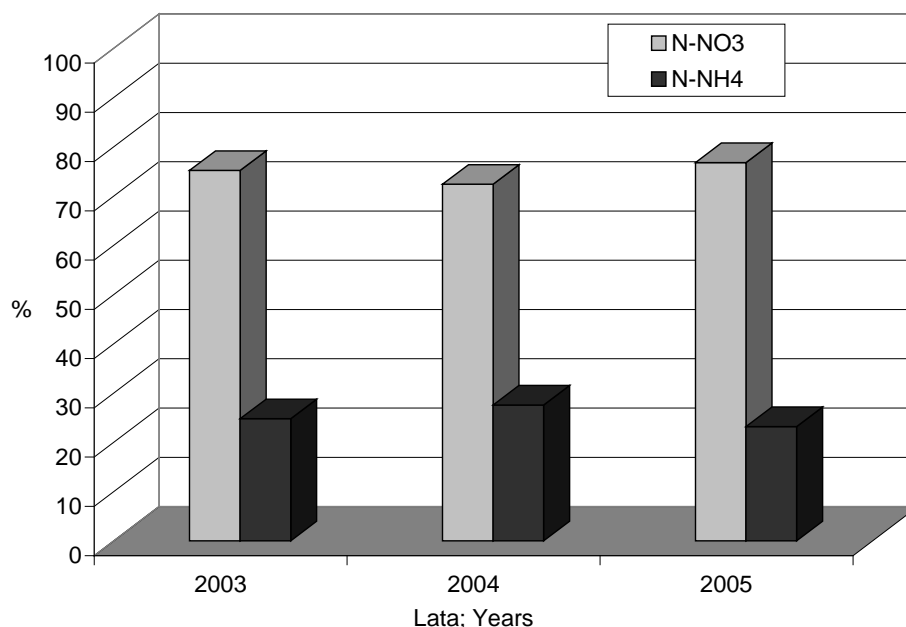
Z zagadnieniem zawartości azotu mineralnego związany jest również procentowy udział poszczególnych jego form w profilu glebowym. W badaniach wykazano, że w warstwie gleby 0–60 cm udział azotanowej formy był znacznie wyższy niż amonowej stanowił od około 73 do około 78% ogólnej ilości azotu mineralnego, niezależnie od wielkości zastosowanej dawki azotu (rys. 1).



Rys. 1. Procentowy udział formy azotanowej N-NO₃ i amonowej N-NH₄ w całkowitej zawartości azotu mineralnego w warstwie gleby 0–60 cm w zależności od poziomu nawożenia azotem

Fig. 1. Percentage of nitrate N-NO₃ and ammonium N-NH₄ forms in the total content of mineral nitrogen in the soil layer of 0–60 cm depending on the level of nitrogen fertilization

Podobny stosunek procentowy form azotanowej i amonowej w ogólnej ilości azotu mineralnego stwierdzono w zależności od lat badań z tym, że w drugim roku badań procentowy udział azotanowej formy azotu był nieco niższy, natomiast amonowej wyższy w porównaniu do dwóch pozostałych lat (rys. 2).



Rys. 2. Procentowy udział formy azotanowej N-NO₃ i amonowej N-NH₄ w całkowitej zawartości azotu mineralnego w warstwie gleby 0-60 cm w zależności od lat badań

Fig. 2. Percentage of nitrate N-NO₃ and ammonium N-NH₄ forms in the total content of mineral nitrogen in the soil layer of 0-60 cm depending on the study years

We wcześniejszych badaniach (Trawczyński, 2001) wykazano podobny procentowy udział N-NO₃ i N-NH₄ w N-mineralnym oraz niewielkie stopniowe zwiększenie udziału azotanowej formy oraz obniżenie formy amonowej w ogólnej ilości azotu mineralnego w miarę wzrostu dawek azotu. W glebach polskich stosunek jonów amonowych do azotanowych ulega dużym wahaniom. Według badań Fotymy i Boguszewskiej (1998) zawartość jonów azotanowych w glebie w okresie późnej jesieni stanowić może od 60 do 80% ogólnej ilości azotu mineralnego.

WNIOSKI

1. Lata badań jak i poziom zastosowanej dawki azotu istotnie różnicowały wielkość uzyskanego plonu bulw, zawartość azotanów w bulwach oraz azotu mineralnego w glebie.

2. Największy plon i poziom azotanów w bulwach oraz zawartość azotu mineralnego w glebie stwierdzono w roku charakteryzującym się najmniejszym niedoborem opadów i wyższą od średniej z wielolecia temperaturą powietrza w głównych miesiącach wegetacji.
3. Największy plon bulw uzyskano po zastosowaniu dawki 150 kg N·ha⁻¹.
4. Przyrost zawartości azotanów w bulwach notowano do dawki 200 kg N·ha⁻¹, ale średnio nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnej zawartości tego składnika.
5. Wraz z podwyższaniem poziomu dawki azotu do 200 kg N·ha⁻¹ wykazano istotny stopniowy wzrost zawartości azotu mineralnego w glebie.
6. Zastosowanie dawek 150 i 200 kg N·ha⁻¹ wskazuje na możliwość wypłukania części azotu mineralnego do głębszych warstw gleby i skażenia wód gruntowych azotanami w okresie jesienno-zimowym i wczesnowiosennym.

LITERATURA

- Ciećko Z., Wyszkowski M., Szagała J. 1996. Wpływ 4-letniego stosowania mineralnych nawozów azotowych na zawartość N-NO₃ i N-NH₄ w glebach. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 440: 27 — 33.
- Fotyma E. 1990. Określenie potrzeb nawozowych roślin w stosunku do azotu na przykładzie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.* 4: 4 — 78.
- Fotyma E. 1996. Zastosowanie metody Nmin do oceny środowiskowych skutków nawożenia azotem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 440: 89 — 100.
- Fotyma E. 1997. Efektywność nawożenia azotem podstawowych roślin uprawy polowej. *Fragm. Agron.* 1 (53): 46 — 66.
- Fotyma E., Boguszewska M. 1998. Zawartość azotu mineralnego w glebach Polski jako wskaźnik stanu środowiska rolniczego. *Mat. Konf. Nauk „Dobre praktyki w produkcji rolniczej”* 1: 61 — 70.
- Fotyma E., Wilkos G., Pietruch Cz. 1998. Test glebowy azotu mineralnego – możliwości praktycznego wykorzystania. *Mat. szkol.* 69/98: 48 ss.
- Fotyma M., Fotyma E., Stuczyński T. 1999. Wykorzystanie wyników analiz chemicznych w doradztwie nawozowym i ochronie środowiska. *Nawozy i Nawożenie* 1: 44 — 58.
- Fotyma E. 2000. Zasady nawożenia azotem z wykorzystaniem testów glebowych i roślinnych. *Nawozy i Nawożenie* 3a: 17 — 37.
- Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 1990. Zawartość azotanów w bulwach kilku odmian ziemniak uprawianych w Jadwisinie w 1988 r. *Biul. Inst. Ziemn.* 40: 17 — 22.
- Karłowski K., Kłosińska J., Oliwa G., Jamborowicz K., Kahl S. 1988. Występowanie azotanów i azotynów w żywności. *Cz. III Warzywa i ziemniaki. Roczn. PZH* 39: 291 — 296.
- Lis B. 1995. Poziom azotanów w bulwach ziemniaka odmian wczesnych w odniesieniu do propozycji normy dopuszczalnej ich zawartości. *Materiały XXVIII Sesji Naukowej. „Agrotechnika i wybrane zagadnienia z przechowalnictwa”*. Bonin: 63 — 66.
- Lis B. 1996. Wpływ długości okresu wegetacji odmian i nawożenia azotowego na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 440: 217 — 222.
- Lis B., Wierzejska-Bujakowska A. 2000. Wykorzystanie azotu przez jadalne odmiany ziemniaka a ich plonowanie. *Biul. IHAR* 213: 87 — 98.
- Lis B., Mazurczyk W., Trawczyński C., Wierzbicka A. 2002. Czynniki ograniczające wykorzystanie azotu przez rośliny ziemniaka a zagrożenie środowiska. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 489: 165 — 174.
- Łabętowicz J. 1995. Skład chemiczny roztworu glebowego w zróżnicowanych warunkach nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 421a: 245 — 251.
- Mazur T., Krefft L. 1983. Zawartość związków azotowych w bulwach pięciu odmian ziemniaka w zależności od nawożenia azotem w rejonie Olsztyna. *Biul. Inst. Ziem.* 30: 29 — 40.
- Mazur T. 1991. *Azot w glebach uprawnych*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 127 — 137.

- Mazurczyk W., Wierzbička A., Wroniak J. 2005. Wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przez odmiany wczesne ziemniaka. *Fragm. Agron.* 1 (85): 512 — 520.
- Müller S., Gørlitz H. 1990. Wykorzystanie metody Nmin w NRD. *Fragm. Agron.* 1: 23 — 35.
- Neeteson J. J. 1989. Evaluation of the performance for nitrogen fertilization of sugar beet and potatoes. *Netherlands J. Agric. Sci.* 37: 143 — 155.
- Postma R., Goffart J. P., Johnson P. A., Salomez J., Shepherd M. A., Wheatley R. E. 2000. Losses of mineral nitrogen from the plant soil system in potato production. In: *Management of nitrogen and water in potato production*. Haverkart A.J., Mackerron D.K.L. (eds). Wageningen Pers, Wageningen: 136 — 154.
- Reda S., Łojkowska E. 1993. Wpływ nawożenia azotem na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.* 42: 29 — 37.
- Rogozińska I. 1995. Wpływ nawożenia azotowego na bilans azotu oraz szkodliwych dla zdrowia substancji chemicznych w bulwach ziemniaka. *Post. Nauk Roln.* 1: 59 — 65.
- Roztropowicz S., Wierzejska-Bujakowska A. 1993. Nitrogen fertilization of Polish potato cultivars. *Potato Res.* 4: 384.
- Rutkowska B., Łabętowicz J., Szulc W. 2002. Zawartość azotu mineralnego w profilu glebowym w warunkach wieloletniego trwałego doświadczenia nawozowego. *Nawozy i Nawożenie* 1: 76 — 82.
- Trawczyński C. 2001. Wpływ opadów oraz zróżnicowanego nawożenia ziemniaka azotem na zawartość N-mineralnego w glebie. *Biul. IHAR* 217: 177 — 185.
- Trawczyński C. 2004. Zależność między dawką azotu a plonem odmian ziemniaka. *Biul. IHAR* 232: 131 — 140.
- Vos J., Mackerron D.K.L. 2000. Basic concepts of the management of supply of nitrogen and water in potato production in: *Management of nitrogen and water in potato production*. Haverkart A. J., Mackerron D. K. L. (eds). Wageningen Pers, Wageningen: 136 — 154.
- Wierzbička A., Lis B. 2002. Optymalizacja nawożenia azotem wczesnych odmian ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 489: 203 — 212.
- Wierzejska-Bujakowska A. 1996. Maksymalne biologicznie dawki azotu dla 22 odmian ziemniaka i ich zmiana pod wpływem ochrony przed zarzą ziemniaka (*Phytophthora infestans (Mont) de Bary*). *Biul. Inst. Ziemn.* 46: 51 — 62.