

**CEZARY TRAWCZYŃSKI**

Zakład Agronomii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział Jadwisin

## Ocena zawartości azotu mineralnego w glebie po zbiorze bulw ziemniaka

### Assessment of mineral nitrogen content in the soil after harvest of potato tubers

Celem badań polowych przeprowadzonych w latach 2007–2009 w Zakładzie Agronomii Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie było określenie zawartości azotu mineralnego pozostającego w glebie po zbiorze bulw trzech odmian ziemniaka o małych (odmiana Asterix), średnich (odmiana Wiking) i dużych (odmiana Maryna) wymaganiach w stosunku do tego składnika. Badania przeprowadzono na glebie lekkiej, nawożonej organicznie słomą i międzyplonem gorczycy białej. W doświadczeniu z wyżej wymienionymi odmianami ziemniaka stosowano 5 poziomów nawożenia azotem: 0, 50, 100, 150 i 200 kg N·ha<sup>-1</sup> wraz ze stałym nawożeniem fosforem — 52,3 kg P·ha<sup>-1</sup> i potasem — 149,4 kg K·ha<sup>-1</sup>. W miarę wzrostu stosowanych dawek N zwiększała się zawartość azotu mineralnego w warstwie gleby 0–30 cm jak i 30–60 cm. Istotnie większą zawartość azotu mineralnego w glebie po zakończeniu wegetacji roślin ziemniaka stwierdzono na poletkach z odmianami o małych i średnich wymaganiach w porównaniu do odmiany o dużych wymaganiach w stosunku do dawki azotu. Zastosowanie dawki azotu powyżej 100 kg·ha<sup>-1</sup> w przypadku odmiany o małych i średnich wymaganiach stanowiło niebezpieczeństwo przemieszczenia części azotu mineralnego do głębszych warstw gleby. W przypadku odmiany o dużych wymaganiach dawka największa 200 kg N·ha<sup>-1</sup> nie spowodowała przekroczenia bezpiecznej zawartości azotu mineralnego w glebie, ale największy plon bulw uzyskano po zastosowaniu dawki 150 kg N·ha<sup>-1</sup>. Mniejszą zawartość azotu mineralnego w glebie stwierdzono w latach (2008, 2009) sprzyjających kumulacji plonu bulw.

**Słowa kluczowe:** dawki azotu, gleba, odmiany ziemniaka, plon bulw, zawartość azotu mineralnego w glebie

The aim of field experiment conducted in the years 2007–2009 in Department Agronomy of Plant Breeding and Acclimatization Institute, Division of Jadwisin was the determination of mineral nitrogen content in the soil after harvest of potato tubers representing three cultivars with low (cultivar Asterix), medium (cultivar Wiking) and high (cultivar Maryna) requirements for nitrogen. The experiment was carried out on the light soil fertilized organically with straw and aftercrop of white mustard. In these experiments 5 levels of nitrogen fertilization were applied: 0, 50, 100, 150 and 200 kg N·ha<sup>-1</sup> with the constant level of phosphorus 52.3 kg P·ha<sup>-1</sup> and potassium 149.4 kg K·ha<sup>-1</sup>. Content of mineral nitrogen in the soil layers 0-30 cm and 30-60 cm rose as the N-fertilization doses increased. We detected significantly higher content of mineral nitrogen in the soil on plots with cultivars with low and medium requirements in comparison to cultivar with high requirements for this component. A dose of nitrogen

above 100 kg N·ha<sup>-1</sup> influenced negatively the content of mineral nitrogen in the soil in case of cultivars with low and medium requirements for nitrogen. For cultivar with high requirements, dose of 200 kg N·ha<sup>-1</sup> did not influence negatively the content of mineral nitrogen in the soil, but the highest yield of tubers was obtained at the dose of 150 kg N·ha<sup>-1</sup>. In the years (2008, 2009) favourable for high tuber yield, lower content of mineral nitrogen in the soil was noted.

**Key words:** nitrogen doses, soil, potato cultivars, yield of tubers, content of mineral nitrogen in the soil

#### WSTĘP

Jednym z głównych składników nawozowych, uznawanym za najbardziej plonotwórczy jest azot. Z dotychczasowych badań wynika, że zapotrzebowanie na azot, w przypadku ziemniaka najlepiej rozpatrywać w odniesieniu do poszczególnych odmian, gdyż stwierdza się duże zróżnicowanie wielkości plonu bulw w reakcji na ten składnik (Jabłoński, 2004, 2006; Trawczyński, 2007, 2008, 2010; Trawczyński, Wierzbicka, 2011). Wieloletnie doświadczenia z oddziaływaniem zróżnicowanego nawożenia azotem na wielkość plonu bulw ziemniaka pozwoliły na ustalenie dawek tego składnika z podziałem na 3 grupy odmian: o małych, średnich i dużych wymaganiach (Wierzejska-Bujakowska, 1996; Trawczyński, 2004). Ze stosowaniem azotu wiążą się określone zmiany zawartości azotu mineralnego w glebie (Fotyma i in., 1998). Oznaczenie zawartości mineralnych form azotu, azotanowej i amonowej w warstwie gleby, w której rozmieszczona jest główna masa systemu korzeniowego roślin umożliwia ocenę ilości azotu pozostającego po sprzęcie roślin (Fotyma, 1996; Fotyma, Fotyma, 2006; Fotyma, 2009). Fotyma i in., (1998) oraz Vos i Mackerron (2000) wykazali, że straty azotu po zbiorze roślin mogą być bardziej niebezpieczne dla środowiska niż te, które występują w okresie wegetacji. Duża ilość N-mineralnego pozostała po zbiorze roślin stwarza niebezpieczeństwo wypłukania tego składnika do głębszych warstw gleby w okresie jesienno-zimowym, stanowiąc zagrożenie dla wód gruntowych (Jadczyzsyn i in., 2010). Wymywanie azotu jest większe w warunkach gleb lekkich i uzależnione jest w znacznej mierze od ilości opadów i ilości azotu zastosowanego w nawozach (Ciećko i in., 1996). Mając na uwadze powyższe zagadnienia przeprowadzono badania mające na celu określenie wpływu nawożenia azotem i warunków klimatycznych w okresie wegetacji roślin na wielkość plonu bulw i ilość azotu mineralnego pozostającego w glebie po zbiorze bulw odmian ziemniaka o różnych wymaganiach w stosunku do tego składnika.

#### MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2007–2009 w Zakładzie Agronomii Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział w Jadwisinie na glebie lekkiej, kwaśnej o składzie mechanicznym piasku gliniastego lekkiego. Gleba przed założeniem doświadczenia charakteryzowała się wysoką do bardzo wysokiej zasobnością w przyswajalny fosfor, średnią do bardzo wysokiej zawartością magnezu, średnią zawartością potasu i niską zawartością azotu mineralnego (tab. 1). Warunki klimatyczne okresu wegetacji oceniono na podstawie ilości opadów i temperatury powietrza (tab. 2).

Tabela 1

**Zawartość N mineralnego oraz przyswajalnych form P, K i Mg w glebie (2007–2009)**  
**Content of mineral N and available forms of P, K and Mg in the soil (2007–2009)**

Rok Year	N mineralny (kg·ha <sup>-1</sup> ) Mineral N (kg·ha <sup>-1</sup> )	Zawartość w mg·kg <sup>-1</sup> — Content in mg·kg <sup>-1</sup>		
		P	K	Mg
2007	42	106	87	39
2008	48	98	124	85
2009	48	86	120	55

Tabela 2

**Rozkład opadów w okresie wegetacji oraz średnie temperatury powietrza**  
**Rainfall distribution during vegetation period and average air temperatures**

Rok Year	Opady atmosferyczne (mm) Rainfalls (mm)			Temperatura powietrza (°C) Air temperature (°C)		
	suma miesiąca sum of month	średnia wielolecia multiyear mean	odchylenie deviation	średnia miesiąca mean for month	średnia wielolecia multiyear mean	odchylenie deviation
<b>2007</b>						
IV	16,3	39	-22,7	7,8	7,7	0,1
V	78,4	52	26,4	13,1	13,6	-0,5
VI	109,6	77	32,6	15,7	16,5	-0,8
VII	54,1	73	-18,9	17,6	18,4	-0,8
VIII	74,3	62	12,3	17,8	17,8	0,0
IX	103,7	51	52,7	10,8	13,1	-2,3
<b>2008</b>						
IV	29,3	38	-8,7	7,4	7,7	-0,3
V	62,9	52	10,9	13,6	13,6	0,0
VI	43,5	77	-33,5	17,1	16,5	0,6
VII	68,8	73	-4,2	18,1	18,4	-0,3
VIII	80,9	62	18,9	17,6	17,7	-0,1
IX	48,8	51	-2,2	11,6	13,1	-1,5
<b>2009</b>						
IV	0,0	36	-36,0	9,7	7,8	1,9
V	80,8	53	27,8	12,3	13,6	-1,3
VI	72,4	76	-3,6	17,3	16,5	0,9
VII	85,6	73	12,6	21,3	18,5	2,9
VIII	83,1	58	25,1	17,3	17,8	-0,5
IX	18,8	49	-30,2	14,2	13,1	1,1

Pierwszy rok badań (2007) charakteryzował się ogólnie większą ilością opadów w okresie wegetacji roślin oraz był chłodniejszy w porównaniu do dwóch pozostałych (2008 i 2009) lat badań. W latach 2008 i 2009 zanotowano zbliżone ilości opadów w okresie wegetacji, ale trzeci rok badań (2009) był cieplejszy. Generalnie układ warunków pogodowych w latach 2008 i 2009 był bardziej sprzyjający rozwojowi roślin ziemniaka i większej kumulacji plonu bulw niż 2007 rok.

Doświadczenia zakładano w układzie losowanych bloków w 3 powtórzeniach. Wielkość pojedynczego poletka stanowiła powierzchnię 14,85 m<sup>2</sup>. Czynnikiem 1-rzędu stanowiły dawki azotu (0, 50, 100, 150, 200 kg·ha<sup>-1</sup>), czynnikiem 2-rzędu były średnio wczesne odmiany ziemniaka jadalnego (Asterix, Wiking, Maryna — odpowiednio o małych, średnich, dużych wymaganiach odnośnie maksymalnej dawki azotu) a czynnik 3-

rzędu stanowiły lata badań (2007, 2008, 2009). Wielkości maksymalnych dawek azotu dla odmian określono we wcześniejszych latach badań przy wykorzystaniu krzywych reakcji przedstawiających zależność pomiędzy wielkością plonu bulw a dawkami azotu. Na podstawie wyliczonych wielkości maksymalnych dawek azotu zastosowano podział odmian na 3 grupy: o małych (poniżej 145), średnich (145–177) i dużych wymaganiach (powyżej 177 kg N·ha<sup>-1</sup>) (Wierzejska-Bujakowska, 1996; Trawczyński, 2004).

Nawożenie organiczne pod ziemniak stanowiła słoma z dodatkiem azotu mineralnego (około 1 kg N na 100 kg słomy) przyorywana podorywką oraz poplon ścierniskowy z gorczycy białej przyorywany jesienią orką przedzimową. Nawożenie mineralne fosforem stosowano w dawce 52,3 kg P·ha<sup>-1</sup>, a potasem w dawce 149,4 kg K·ha<sup>-1</sup>. Jesienią pod orkę przedzimową wysiewano 39,2 kg P·ha<sup>-1</sup> i 99,6 kg K·ha<sup>-1</sup>, a wiosną przed sadzeniem uzupełniające dawki fosforu i potasu, tj. 13,1 kg P·ha<sup>-1</sup> i 49,8 kg K·ha<sup>-1</sup>. Azot w dawkach 50 i 100 kg·ha<sup>-1</sup> wysiewano bezpośrednio przed sadzeniem bulw. Na poletkach nawożonych dawką 150 i 200 kg·ha<sup>-1</sup> N uzupełniono nawożenie wysiewając 50 i 100 kg·ha<sup>-1</sup> przed wschodami ziemniaka.

Bulwy ziemniaka sadzano ręcznie w III dekadzie kwietnia w rozstawie 75×33 cm, a zbierano w II i III dekadzie września (2007, 2009 rok) oraz I dekadzie października (2008 rok). Podczas zbioru określono wielkość plonu świeżej masy bulw z każdego poletka.

Glebę do badań celem oznaczenia zawartości azotanowej i amonowej formy azotu mineralnego pobierano wiosną przed zakładaniem doświadczenia 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. Próbkę gleby pobierano z czterech miejsc na poletku, po czym łączono je w jedną próbkę ogólną. Próbkę te o masie ok. 400 g umieszczano w torebce foliowej i do czasu wykonywania analiz przechowywano je w stanie zamrożonym. Analizy zawartości jonów azotanowych (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) i amonowych (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) wykonywano reflektometrycznie przy użyciu reflektometru RQ Flex Merck. Do ekstrakcji jonów azotanowych i amonowych wykorzystano roztwór 0,01 mol·dm<sup>-3</sup> chlorku wapnia (CaCl<sub>2</sub>). Otrzymane wyniki przeliczono na zawartość N-NO<sub>3</sub> i N-NH<sub>4</sub> w suchej masie gleby. Następnie zsumowano zawartość N-NO<sub>3</sub> i N-NH<sub>4</sub> uzyskując zawartość N-mineralnego. Wykorzystując współczynnik dla 30 cm warstwy gleby lekkiej (4,5), obliczono zawartość N-mineralnego w kg·ha<sup>-1</sup> (Fotyma i in., 1998).

Wyniki doświadczeń opracowano posługując się programem statystycznym SAS Enterprise Guide. Analizę porównania średnich przeprowadzono metodą Tukeya.

## WYNIKI I DYSKUSJA

W badaniach wykazano, że wysokość plonu bulw ziemniaka, jak i zawartość azotu mineralnego w glebie były istotnie zależne od zastosowanej dawki azotu. Udowodniony statystycznie przyrost plonu bulw badanych odmian notowano do dawki 150 kg N·ha<sup>-1</sup> z tym, że w przypadku odmiany o średnich wymaganiach względem dawki azotu (Wiking) oraz o wymaganiach dużych (Maryna) jeszcze po zastosowaniu dawki 200 kg N·ha<sup>-1</sup> następował niewielki przyrost plonu bulw (tab. 3). Natomiast w odniesieniu do odmiany o małych wymaganiach, po zastosowaniu dawki 200 kg N·ha<sup>-1</sup> plon bulw uległ istotnemu

obniżeniu w porównaniu do uzyskanego przy poziomie nawożenia 150 kg N·ha<sup>-1</sup>. Wykazane obecnie oddziaływanie nawożenia azotem na plon bulw badanych odmian ziemniaka było wcześniej potwierdzone (Trawczyński, 2007, 2008). Istotny wpływ na wielkość uzyskanego plonu bulw miały również lata badań. Wyższy plon bulw, średnio dla badanych odmian uzyskano w drugim i trzecim roku badań (2008, 2009), gdyż były one cieplejsze i wilgotniejsze, a tym samym bardziej sprzyjające kumulacji plonu bulw niż pierwszy (2007) rok badań.

Tabela 3

**Plon świeżej masy bulw (t·ha<sup>-1</sup>) w zależności od nawożenia azotem, odmiany i lat badań**  
**Yield of fresh mass of tubers (t·ha<sup>-1</sup>) depending on the nitrogen fertilization, cultivar and study years**

Dawka N i lata N dose and years	Odmiana — Cultivar			Średnia Mean
	Asterix	Wiking	Maryna	
0	41,6	41,3	45,9	42,9
50	45,7	45,1	52,5	47,8
100	49,9	47,2	59,1	52,1
150	52,4	48,7	62,0	54,4
200	48,6	49,1	62,2	53,3
Średnia — Mean	47,6	46,3	56,3	
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	1,4			2,2
2007	32,9	37,1	42,5	37,5
2008	57,1	51,7	66,5	58,5
2009	52,9	50,0	60,1	54,3
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>				1,4

Istotny przyrost zawartości mineralnych form azotu (azotanowej i amonowej) w warstwie gleby 0–30 jak i 30–60 cm stwierdzono w miarę wzrostu dawki azotu od 0 do 200 kg·ha<sup>-1</sup>. Przeważającą formę azotu mineralnego w glebie stanowiły jony azotanowe, co było potwierdzeniem wcześniejszych badań (Trawczyński, 2001). Większą zawartość obu form azotu mineralnego stwierdzono w warstwie gleby 0–30 cm niż w warstwie 30–60 cm. Stwierdzono również zróżnicowaną zawartość mineralnych form azotu w glebie w zależności od wymagań nawozowych uprawianych odmian (tab. 4 i 5). W przypadku odmiany o małych i średnich wymaganiach w stosunku do azotu zawartość formy azotanowej N-NO<sub>3</sub> w warstwie gleby 0–30 cm po zbiorze bulw stanowiła ponad 30 kg·ha<sup>-1</sup>, zaś na głębokości 30–60 cm około 20 kg·ha<sup>-1</sup>. Natomiast w przypadku odmiany o dużych wymaganiach zawartość formy azotanowej w glebie była o około 50 % mniejsza (tab. 4). Mniejsze różnice pomiędzy badanymi odmianami wykazano w odniesieniu do zawartości amonowej formy azotu mineralnego w glebie, szczególnie w warstwie 30–60 cm (tab. 5). Zawartość azotu mineralnego w glebie (0–60 cm) po zbiorze bulw w odniesieniu do badanych czynników kształtowała głównie zawartość azotanowej formy tego składnika (tab. 4 i 5). Fotyma i in. (2010) zwracając uwagę na większą zawartość azotanowej formy azotu mineralnego niż amonowej w glebie stwierdzili, że jony azotanowe są bardziej labilne niż amonowe, stąd w ocenie środowiskowych skutków nawożenia szczególną uwagę należy zwracać na zawartość tej formy azotu. Według Fotymy (2000) oraz Fotymy i in. (2004) zawartości azotanowej formy azotu (N-NO<sub>3</sub>) w glebie lekkiej w warstwie 0–30 cm wynoszące do 31 kg·ha<sup>-1</sup> oraz około 16–17 kg·ha<sup>-1</sup> w warstwie 30–60 cm uznawane są

za bezpieczne, czyli wyklucza się potencjalne zagrożenie zanieczyszczenia wód gruntowych nadmiarem azotanów.

Tabela 4

**Zawartość formy azotanowej N-NO<sub>3</sub> (kg·ha<sup>-1</sup>) w glebie po zbiorze bulw w zależności od nawożenia azotem, odmiany i lat badań**  
**Content of nitrate form N-NO<sub>3</sub> (kg·ha<sup>-1</sup>) in the soil after harvest of tubers depending on the nitrogen fertilization, cultivar and study years**

Dawka N i lata N dose and years	Odmiana — Cultivar			Średnia Mean
	Asterix	Wiking	Maryna	
Warstwa gleby 0–30 cm — Soil layer 0–30 cm				
0	12,4	14,2	6,8	11,1
50	16,5	18,8	9,0	14,7
100	28,2	29,5	9,7	22,5
150	40,4	53,2	22,7	38,8
200	68,6	72,7	25,8	55,7
Średnia — Mean	33,2	37,7	14,8	
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	4,0			6,0
2007	48,6	51,2	30,0	43,3
2008	28,2	47,1	7,1	27,5
2009	22,8	14,7	7,3	14,9
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>				4,0
Warstwa gleby 30–60 cm — Soil layer 30–60 cm				
0	8,7	13,2	6,2	9,4
50	12,3	14,8	8,1	11,7
100	16,0	20,8	9,9	15,6
150	24,0	26,3	11,8	20,7
200	29,0	31,8	14,4	25,1
Średnia — Mean	18,0	21,4	10,1	
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	1,6			2,4
2007	25,3	29,2	17,6	24,0
2008	15,8	22,8	6,2	14,9
2009	13,0	12,0	6,4	10,5
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>				1,6
Warstwa gleby 0–60 cm — Soil layer 0–60 cm				
0	21,2	27,4	13,0	20,5
50	28,8	33,6	17,1	26,5
100	44,3	50,4	19,6	38,1
150	64,4	79,6	34,5	59,5
200	97,7	104,6	40,3	80,9
Średnia — Mean	51,3	59,1	24,9	
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	7,4			11,2
2007	74,0	80,5	47,7	67,4
2008	44,1	70,0	13,3	42,5
2009	35,8	26,8	13,7	25,5
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>				7,4

Wyniki uzyskane w niniejszych badaniach wskazują, że w warstwie gleby 0–30 cm w przypadku odmiany o dużych wymaganiach nawet przy największej dawce azotu nie stwierdzono ilości azotu azotanowego wskazanej przez Fotymę i in. (2004). Natomiast w przypadku odmian o małych i średnich wymaganiach zawartość formy azotanowej w warstwie gleby 0–30 cm po zastosowaniu dawki 100 kg N·ha<sup>-1</sup> była zbliżona do granicznej, a po zastosowaniu dawki 150 kg N·ha<sup>-1</sup> znacznie już tę zawartość przekraczała (tab. 4).

**Zawartość formy amonowej N-NH<sub>4</sub> (kg·ha<sup>-1</sup>) w glebie po zbiorze bulw w zależności od nawożenia azotem, odmiany i lat badań**

**Content of ammonium form N-NH<sub>4</sub> (kg·ha<sup>-1</sup>) in the soil after harvest of tubers depending on the nitrogen fertilization, cultivar and study years**

Dawka N i lata N dose and years	Odmiana — Cultivar			Średnia Mean
	Asterix	Wiking	Maryna	
Warstwa gleby 0–30cm — Soil layer 0–30cm				
0	6,6	7,0	5,8	6,4
50	7,6	8,3	7,0	7,6
100	9,3	9,2	8,4	9,0
150	10,8	12,5	9,2	10,8
200	12,2	13,2	10,5	12,0
Średnia — Mean	9,3	10,0	8,2	
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	0,7			1,0
2007	12,3	13,8	11,9	12,7
2008	7,8	8,5	6,1	7,5
2009	7,8	7,7	6,4	7,3
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>				0,7
Warstwa gleby 30–60cm — Soil layer 30–60cm				
0	6,1	6,9	6,4	6,5
50	7,2	7,3	7,4	7,3
100	8,3	8,0	8,7	8,3
150	9,8	8,6	9,5	9,3
200	10,4	10,5	10,4	10,4
Średnia — Mean	8,3	8,3	8,5	
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	0,4			0,7
2007	11,2	12,0	11,1	11,4
2008	6,9	6,4	7,3	6,9
2009	6,9	6,4	7,1	6,8
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>				0,4
Warstwa gleby 0–60cm — Soil layer 0–60cm				
0	12,7	13,9	12,2	12,9
50	14,8	15,6	14,4	15,0
100	17,7	17,3	17,1	17,4
150	20,6	21,2	18,8	20,2
200	22,7	23,7	21,0	22,5
Średnia — Mean	17,7	18,4	16,7	
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	1,0			1,5
2007	23,6	25,9	23,1	24,2
2008	14,7	15,0	13,4	14,4
2009	14,7	14,1	13,6	14,2
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>				1,0

Z kolei zawartość formy azotanowej w warstwie gleby 30–60 cm już po zastosowaniu dawki 100 kg N·ha<sup>-1</sup> w odniesieniu do odmiany o małych i średnich wymaganiach była graniczną lub przewyższała przeciętną zawartość tej formy ustaloną dla gleby lekkiej, czego nie stwierdzono w przypadku odmiany o dużych wymaganiach względem azotu (tab. 4). Na podstawie sumarycznej zawartości azotanowej formy azotu mineralnego w glebie do głębokości 60 cm wynikało, że z uwagi na bezpieczeństwo środowiska glebowego uzasadnione było zastosowanie dawki około 100 kg N·ha<sup>-1</sup> w przypadku odmiany o małych i średnich wymaganiach oraz większej dawki azotu w odniesieniu do odmiany o dużych wymaganiach (tab. 4). Müller i Gorlitz (1990) z uwagi na niebezpieczeństwo nadmiernej

ilości azotu mineralnego w glebie po zbiorach wykazali, że przeciętna zawartość jesienią (koniec listopada) dla gleby lekkiej do głębokości 60 cm wynosi  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . W badaniach własnych zawartość azotu mineralnego po zakończeniu wegetacji roślin na obiekcie z dawką  $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  w przypadku odmiany o małych i średnich wymaganiach stanowiła odpowiednio  $85$  i  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ , zaś w stosunku do odmiany o dużych wymaganiach była znacznie mniejsza —  $53 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  (tab. 6). Łabętowicz (1995) oraz Fotyma i in. (1999) wykazali, że po zakończeniu wegetacji roślin zawartość azotu mineralnego w glebie może ulec znacznemu wzrostowi w porównaniu do stanu z okresu przed rozpoczęciem ich wegetacji, co należy wiązać z niepełnym wykorzystaniem przez rośliny azotu z zastosowanych nawozów mineralnych oraz mineralizacji substancji organicznej z nawozów naturalnych czy organicznych zachodzącej po zbiorze. Ciećko i in. (1996) oraz Fotyma i in. (1998) potwierdzili, że zawartość N-mineralnego w glebie po zakończeniu wegetacji roślin wzrasta szczególnie w miarę wzrostu zastosowanych dawek azotu.

Tabela 6

**Zawartość azotu mineralnego  $\text{N-NO}_3 + \text{N-NH}_4$  ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) w glebie po zbiorze bulw w zależności od nawożenia azotem, odmiany i lat badań**  
**Content of mineral nitrogen  $\text{N-NO}_3 + \text{N-NH}_4$  ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) in the soil after harvest of tubers depending on the nitrogen fertilization, cultivar and study years**

Dawka N i lata N dose and years	Odmiana — Cultivar			Średnia Mean
	Asterix	Wiking	Maryna	
Warstwa gleby 0–60cm — Soil layer 0–60cm				
0	33,9	41,3	25,3	33,5
50	43,7	49,3	31,6	41,5
100	62,0	67,7	36,7	55,5
150	85,1	100,8	53,4	79,8
200	120,5	128,4	61,3	103,4
Średnia — Mean	69,0	77,5	41,6	
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>		7,5		11,4
2007	97,6	106,4	70,7	91,6
2008	58,9	85,1	26,8	56,9
2009	50,6	41,0	27,4	39,7
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>				7,5

W obecnie podsumowywanych badaniach próby do oceny zawartości azotu mineralnego pobierano w końcu września, stąd należy oczekiwać, że na skutek braku pobierania azotu przez rośliny oraz mineralizacji azotu organicznego (do końca listopada) znacznemu zwiększeniu ulec może zawartość tego składnika w glebie. Müller i Gorlitz (1990) sugerują, aby podejmować odpowiednie kroki zmierzające do obniżenia N-mineralnego w glebie poprzez wysiew poplonów lub uprawę roślin ozimych. W badaniach potwierdzono, że podobnie jak na podstawie zawartości azotanowej formy, tak i w przypadku całkowitej zawartości azotu mineralnego uzasadnione było zastosowanie dawki azotu około  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  dla odmiany o małych i średnich wymaganiach. W przypadku odmiany o dużych wymaganiach, pomimo że nie zanotowano przekroczenia granicznych (bezpiecznych) zawartości azotu mineralnego w glebie, zarówno formy

azotanowej jak i całkowitej, do dawki 200 kg N·ha<sup>-1</sup>, to jednak z uwagi na uzyskany plon bulw uzasadnione było zastosowanie dawki do 150 kg N·ha<sup>-1</sup>.

Istotne zróżnicowanie ilości mineralnych form azotu w glebie stwierdzono również w stosunku do analizowanych lat badań (tab. 4, 5, 6). W pierwszym roku badań (2007) najbardziej niesprzyjającym kumulacji plonu bulw stwierdzono największą zawartość azotu mineralnego w glebie po ich zbiorze. Drugi (2008) i trzeci (2009) rok badań były bardziej sprzyjające gromadzeniu plonu bulw niż pierwszy rok, co prawdopodobnie bezpośrednio związane było z większym pobraniem azotu z gleby, a tym samym mniejszą ilością azotu mineralnego pozostającego w glebie po zakończeniu wegetacji ziemniaka. Ponadto wykazano, że w drugim roku badań wystąpił większy niedobór opadów i temperatury powietrza niższe były w miesiącach: czerwiec, lipiec i sierpień w porównaniu do trzeciego roku. Mogło to wpłynąć na mniejsze przemieszczenie azotu mineralnego, szczególnie formy azotanowej do głębszych warstw gleby i pomimo uzyskania średnio większego plonu w 2008 roku wykazano większą zawartość azotu mineralnego w glebie niż w 2009 roku. Niniejsze badania w tym aspekcie były potwierdzeniem wcześniejszych badań własnych, w których wykazano, że układ warunków pogodowych w głównych miesiącach wegetacji roślin ziemniaka, a szczególnie ilość opadów deszczu decydowały w istotny sposób o poziomie azotu mineralnego w glebie oznaczonego jesienią (Trawczyński, 2001).

#### WNIOSKI

1. Zawartość azotu mineralnego w glebie była istotnie zróżnicowana w zależności od wymagań nawozowych odmian, poziomu nawożenia azotem i badanych lat.
2. Istotnie mniejszą zawartość azotu mineralnego w glebie stwierdzono uprawiając odmianę o dużych wymaganiach w porównaniu do odmian o małych i średnich wymaganiach w stosunku do tego składnika.
3. W przypadku odmiany o małych i średnich wymaganiach zastosowanie dawki azotu powyżej 100 kg N·ha<sup>-1</sup> spowodowało przekroczenie bezpiecznej zawartości N-mineralnego w glebie.
4. W przypadku odmiany o dużych wymaganiach nie stwierdzono przekroczenia ustalonej dla gleby lekkiej bezpiecznej zawartości azotu mineralnego do dawki 200 kg N·ha<sup>-1</sup>, ale uzyskana wielkość plonu bulw uzasadniała zastosowanie dawki do 150 kg N·ha<sup>-1</sup>.
5. W drugim (2008) i trzecim (2009) roku badań w warunkach pogodowych, sprzyjających kumulacji plonu bulw, stwierdzono istotnie mniejszą zawartość azotu mineralnego w glebie niż w roku o mniej sprzyjających warunkach (2007).

#### LITERATURA

- Ciećko Z., Wyszowski M., Szagała J. 1996. Wpływ 4-letniego stosowania mineralnych nawozów azotowych na zawartość N-NO<sub>3</sub> i N-NH<sub>4</sub> w glebach. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 440: 27 — 33.
- Fotyma E. 1996. Zastosowanie metody Nmin do oceny środowiskowych skutków nawożenia azotem. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 440: 89 — 100.

- Fotyma E., Wilkos G., Pietruch Cz. 1998. Test glebowy azotu mineralnego — możliwości praktycznego wykorzystania. *Mat. szkol.* 69/98: ss. 48.
- 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.
- Fotyma E., Fotyma M., Pietruch C. 2004. Zawartość azotu mineralnego w glebach gruntów ornych w Polsce. *Nawozy i Nawożenie* 3: 11 — 54.
- Fotyma E., Fotyma M. 2006. Normatywy zawartości azotu mineralnego w glebie i stężeń azotanów w roztworze glebowym gleb gruntów ornych w Polsce. *Nawozy i Nawożenie* 1: 44 — 56.
- Fotyma M. 2009. Monitoring of Nmin content in soil of Poland. *Nawozy i Nawożenie* 37: 108 — 128.
- Fotyma M., Kęsik K., Pietruch Cz. 2010. Azot mineralny w glebach jako wskaźnik potrzeb nawozowych roślin i stanu czystości wód glebowo-gruntowych. *Nawozy i Nawożenie* 38. 5 — 83.
- Jabłoński K. 2004. Wpływ nawożenia azotowego na plon i jakość nowych odmian ziemniaka jadalnego uprawianych na glebach średnio zwięzłych. *Biul. IHAR* 232: 157 — 165.
- Jabłoński K. 2006. Wpływ poziomu nawożenia azotem na plon i zawartość skrobi oraz na jakość nowych odmian ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* z. 512: 193 — 200.
- Jadczyzyn T., Pietruch Cz., Lipiński W. 2010. Monitoring zawartości azotu mineralnego w glebach Polski w latach 2007–2009. *Nawozy i Nawożenie* 38. 84 — 110.
- Łabętowicz J. 1995. Skład chemiczny roztworu glebowego w zróżnicowanych warunkach nawożenia. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.* 421a: 245 — 251.
- Müller S., Gorlitz H. 1990. Wykorzystanie metody Nmin w NRD. *Fragm. Agronom.* 1: 23 — 35.
- 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.
- Trawczyński C. 2007. Reakcja kilku nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem. *Biul. IHAR* 246: 73 — 81.
- Trawczyński C. 2008. Reakcja nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* z. 530: 187 — 196.
- Trawczyński C. 2010. Reakcja nowych odmian ziemniaka uprawianych na glebach lekkich na nawożenie azotem. *Ziemniak Polski* nr 1: 24 — 27.
- Trawczyński C., Wierzbicka A. 2011. Reakcja nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem. *Biul. IHAR* 259/2011: 193 — 201.
- 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. Haverkort A. J., Mackerron D. K. L. (eds). Wageningen Press, Wageningen: 136 — 154.
- Wierzejska-Bujakowska A. 1996. Maksymalne biologicznie dawki azotu dla 22 odmian ziemniaka i ich zmiana pod wpływem ochrony przed zarazą ziemniaka (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary). *Biul. Inst. Ziem.* 46: 51 — 62.