

CEZARY TRAWCZYŃSKI**ANNA WIERZBICKA**

Zakład Agronomii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział Jadwisin

Pobranie i wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przez odmiany ziemniaka o różnej wczesności

The uptake and utilization by potato cultivars with different earliness of nitrogen from mineral fertilizers

Celem badań polowych przeprowadzonych w latach 2010–2012 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie było określenie plonowania oraz pobrania i wykorzystania azotu z nawozów mineralnych przez bulwy odmian ziemniaków wczesnych i późniejszych w zróżnicowanych warunkach pogodowych i nawożenia azotem. Badania przeprowadzono na glebie lekkiej, nawożonej organicznie słomą i międzyplonem gorczycy białej. W doświadczeniach stosowano 5 poziomów nawożenia azotem: 0, 50, 100, 150 i 200 kg N·ha⁻¹ oraz stały poziom fosforu 17,5 kg P·ha⁻¹ i potasu 108,0 kg K·ha⁻¹. Pobranie azotu z plonem bulw i wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych zależało od poziomu nawożenia tym składnikiem i warunków klimatycznych podczas okresów wegetacji. Wykorzystanie azotu malało od około 50 do 35% dla odmian wczesnych, a w przypadku odmian późniejszych od około 55 do 36% wraz ze wzrostem dawki azotu mineralnego od 50 do 200 kg N·ha⁻¹. Stwierdzono istotne zróżnicowanie pobrania i wykorzystania azotu między badanymi grupami odmian. Wyższymi wartościami pobrania i wykorzystania azotu charakteryzowały się odmiany późniejsze niż wczesne. Większe wykorzystanie azotu stwierdzono w latach sprzyjających kumulacji plonu bulw, niż w latach z dużymi wahaniami opadów i temperatury powietrza w okresie wegetacji roślin ziemniaka.

Słowa kluczowe: nawożenie azotem, plon bulw, pobranie azotu, wykorzystanie azotu, ziemniak

The aim of field experiment conducted in the years 2010–2012 in Plant Breeding and Acclimatization Institute, Department at Jadwisin, was to assess yielding, uptake and utilization of nitrogen from mineral fertilizers by tubers of early and later potato cultivars in different weather conditions. The investigation 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⁻¹ with the constant level of phosphorus 17.5 kg P·ha⁻¹ and potassium 108.0 kg K·ha⁻¹. Climatic conditions during growing periods and the level of nitrogen fertilization were main factors that influenced uptake of nitrogen with tubers yield and utilization of nitrogen from fertilizers.

The utilization of nitrogen decreased from about 50 to 35% for early cultivars, but in the case of later cultivars from about 55 to 36% with increasing N rates from 50 to 200 kg N·ha⁻¹. Significant differences of nitrogen uptake and utilization were found between cultivars groups. The later cultivars showed higher uptake and utilization of nitrogen than early cultivars. In the years favourable for cumulation of tuber yield, a higher nitrogen utilization was observed than in years with big fluctuations of rains and air temperatures in vegetation period of potato plants.

Key words: nitrogen fertilization, nitrogen uptake, nitrogen utilization, potato, yield of tubers

WSTĘP

Nawożenie azotem jest jednym z podstawowych zabiegów agrotechnicznych umożliwiającym wysokie wykorzystanie potencjału plonowania ziemniaka (Chotkowski, 2012). Rośliny ziemniaka reagują zwyżkami plonu bulw pod wpływem nawożenia azotem, lecz wraz ze wzrostem dawek N zmniejsza się w różnym stopniu wykorzystanie tego składnika z zastosowanych nawozów. Zróżnicowanie w wykorzystaniu azotu przez rośliny ziemniaka, oprócz wielkości dawki składnika wynikać może również z przebiegu warunków pogodowych w okresie wegetacji roślin, a w głównej mierze ilości opadów oraz właściwości odmian (Mazurczyk i in., 2005; Wierzbicka, Trawczyński, 2011). W porównaniu do innych gatunków roślin uprawy polowej ziemniak charakteryzuje się mniejszym od 20 do 30% wykorzystaniem tego składnika z zastosowanych nawozów, co wskazuje, że część zastosowanego azotu mineralnego może być niewykorzystana i ulegać w różnej formie stratom do atmosfery czy wód gruntowych (Fotyma, 1997; Fotyma, Fotyma, 2006; Fotyma, 2009; Fotyma i in., 2010). Obecnie dążenie do ochrony środowiska przed zanieczyszczeniami przemysłowymi wymusza również zwracanie szczególnej uwagi na oddziaływanie czynnika nawozowego w rolnictwie i podejmowanie określonych działań w tym kierunku (Fotyma i in., 1999). Stąd celem badań była ocena plonowania, pobrania i wykorzystania azotu z zastosowanych nawozów przez odmiany ziemniaka o różnej wczesności uprawiane w zróżnicowanych warunkach pogodowych i nawożenia mineralnego azotem.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe doświadczenia polowe przeprowadzono w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB Oddział w Jadwisinie w latach 2010–2012. Na podstawie wielkości plonu bulw i zawartości azotu ogólnego w bulwach określono pobranie, a następnie wykorzystanie azotu z zastosowanych nawozów w odniesieniu do dwóch grup wczesności odmian ziemniaka. Doświadczenia zakładano w układzie losowanych bloków w trzech powtórzeniach. Wielkość poletka wynosiła 14,85 m². Czynnikiem 1-rzędu stanowiły warunki pogodowe okresów wegetacji w latach 2010, 2011, 2012, czynnikiem 2-rzędu były dawki azotu — 0, 50, 100, 150, 200 kg·ha⁻¹, a 3-rzędu grupy wczesności odmian-wczesne, późniejsze. Do grupy wczesnych należało 14 odmian, a do grupy późniejszych 20 odmian (tab. 1).

Badania przeprowadzono na glebie lekkiej, o składzie mechanicznym piasku gliniastego lekkiego. Gleba w poszczególnych latach badań miała kwaśny odczyn, wysoką

zasobność w przyswajalny fosfor, średnią w potas, średnią do wysokiej w magnez oraz niską zawartość N-mineralnego (tab. 2). Przedplonem dla ziemniaków była pszenica ozima.

Tabela 1

Wykaz badanych odmian ziemniaka w latach 2010–2012
List of investigated potato cultivars in the years 2010–2012

Grupa wczesności Earliness	Odmiana Cultivar
Wczesne (bardzo wczesne, wczesne) Early (very early, early)	Altesse, Arielle, Aruba, Bellarossa, Berber, Cyprian, Etola, Eugenia, Flaming, Gwiazda, Hubal, Justa, Michalina, Viviana
Późniejsze (średnio wczesne, średnio późne, późne) Later (middle early, middle late, late)	Almera, Ametyst, Benek, Bosman, Bursztyn, Etiuda, Finezja, Gawin, Gustaw, Jutrzenka, Legenda, Promyk, Sagitta, Sekwana, Sopllica, Stasia, Tetyda, Wiarus, Zagłoba, Zenia

Tabela 2

Zawartość N-mineralnego (kg·ha⁻¹), P, K, Mg (mg·kg⁻¹) oraz odczyn gleby
Content of N-mineral (kg·ha⁻¹), P, K, Mg (mg·kg⁻¹) and soil reaction

Rok Year	N-mineralny N-mineral	pHKCl	Zawartość w glebie Content in the soil		
			P	K	Mg
2010	50	5,0	74	120	42
2011	50	5,1	66	98	33
2012	45	5,4	85	107	71

Warunki pogodowe w okresie wegetacji oceniono na podstawie sumy opadów i średniej temperatury powietrza (tab. 3). Analizowane lata zaliczały się do mokrych (sumy miesięcznych opadów za cały okres wegetacji, czyli od kwietnia do września włącznie, w każdym roku badań były większe od średniej z wielolecia) i chłodnych (średnia miesięczna temperatura powietrza za cały okres wegetacji była mniejsza od średniej z wielolecia), ale rozkłady zarówno opadów, jak i temperatury powietrza w poszczególnych miesiącach były zróżnicowane. Rok 2010 był bardzo wilgotny w początkowym okresie wzrostu roślin ziemniaka, czerwiec suchy, a w kolejnych miesiącach wegetacji opady były powyżej średniej z wielolecia. Ponadto w miesiącach lipiec i sierpień było ciepło (temperatura powietrza utrzymywała się powyżej średniej z wielolecia). Najbardziej zmienny pod względem opadów był rok 2011. W początkowym okresie wzrostu i rozwoju roślin ziemniaka było sucho i umiarkowanie ciepło (maj, czerwiec), w okresie gromadzenia plonu bulw wystąpiły obfite opady deszczu i było zimno (lipiec), a następnie do końca wegetacji roślin ziemniaka utrzymywał się okres posuchy (sierpień, wrzesień). Natomiast w roku 2012 w okresie wzrostu i rozwoju roślin ziemniaka oraz gromadzenia plonu bulw (czerwiec, lipiec, sierpień) zanotowano dostateczną ilość opadów (powyżej średniej z wielolecia) oraz było umiarkowanie chłodno (temperatury powietrza poniżej średniej z wielolecia).

Nawożenie organiczne stanowiła pocięta i przyorywana po żniwach słoma pszenna w ilości około 5 t·ha⁻¹ z dodatkiem 1 kg N na 100 kg słomy oraz jesienią zielona masa międzyplonu ścierniskowego z gorczycy białej w ilości 15–20 t·ha⁻¹. Nawożenie mineralne fosforem (superfosfat wzbogacony — 17,4% P) i potasem (sól potasowa — 49,8% K) w oparciu o zasobność gleby w przyswajalne formy tych składników stosowano jesienią przed wykonaniem orki przedzimowej w dawce 17,5 kg P·ha⁻¹ (wysoka zasobność) i 108 kg K·ha⁻¹ (średnia zasobność). Nawożenie mineralne azotem (saletra amonowa — 34% N) stosowano wiosną bezpośrednio przed sadzeniem bulw (na obiektach z dawkami 50 i 100 kg N·ha⁻¹) oraz uzupełniającą ilość (na obiektach z dawkami 150 i 200 kg N·ha⁻¹) bezpośrednio przed wschodami roślin ziemniaka, przed ostatnim obredlaniem.

Tabela 3

Opady i temperatury powietrza okresów wegetacji w latach 2010–2012
Rainfalls and air temperatures of the vegetation periods in the years 2010–2012

Rok Year	Miesiąc Month						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV–IX
	Suma opadów (mm) — Sum of rainfalls (mm)						
1967–2012	36,0	55,0	76,0	79,0	60,0	48,0	354,0
2010	9,7	166,8	64,0	96,7	105,3	71,3	513,8
Odchylenie — Deviation	-26,3	+111,8	-12,0	+17,7	+45,3	+23,3	+159,8
2011	26,8	33,1	44,8	278,1	57,1	18,5	458,4
Odchylenie — Deviation	-9,2	-21,9	-31,2	+199,1	-2,9	-29,5	+104,4
2012	54,3	52,4	96,6	92,2	87,2	26,9	409,6
Odchylenie — Deviation	+18,3	-2,6	+20,6	+13,2	+27,2	-21,1	+55,6
	Średnia temperatura powietrza (°C) — Mean of air temperature (°C)						
1967–2012	7,8	13,6	16,5	18,4	17,7	13,1	14,5
2010	8,1	12,4	16,5	20,0	18,2	11,1	14,4
Odchylenie — Deviation	+0,3	-1,2	0,0	+1,6	+0,5	-2,0	-0,1
2011	9,7	13,2	17,5	17,0	15,3	13,7	14,4
Odchylenie — Deviation	+1,9	-0,4	+1,0	-1,4	-2,4	+0,6	-0,1
2012	7,9	13,9	15,6	15,2	17,4	12,8	13,8
Odchylenie — Deviation	+0,1	+0,3	-0,9	-3,2	-0,3	-0,3	-0,7

Bulwy ziemniaka sadzono ręcznie w III dekadzie kwietnia w rozstawie 75×33 cm, a zbierano w III dekadzie września. Liczba roślin na poletku do zbioru wynosiła 30. Podczas zbioru określono plon bulw z każdego poletka oraz pobierano 5-kilogramowe próby, w których oznaczono zawartość suchej masy (105°C) i azotu ogólnego metodą Kjeldahla z wykorzystaniem automatycznego destylatora Kjeltec 2200 firmy Foss.

Wykorzystanie azotu z zastosowanych nawozów mineralnych (W_N) obliczono według poniższego wzoru: $W_N = (P_N - P_0) / N \times 100\%$,

gdzie:

W_N — współczynnik wykorzystania azotu (%),

P_N — pobranie azotu z plonem bulw w obiekcie z dowolną dawką N (kg N·ha⁻¹),

P_0 — pobranie azotu z plonem bulw w obiekcie kontrolnym (kg N·ha⁻¹),

N — dawka azotu (kg N·ha⁻¹).

Wyniki doświadczeń opracowano posługując się programem statystycznym SAS Enterprise Guide. Analizę porównania średnich przeprowadzono z wykorzystaniem testu zakresu studentyzowanego Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

W przeprowadzonych badaniach wykazano istotny wpływ wszystkich analizowanych czynników na plon bulw, zawartość azotu ogólnego w bulwach, pobranie azotu z plonem bulw i wykorzystanie azotu z zastosowanych nawozów. Największy plon suchej masy bulw, zarówno w grupie odmian wczesnych jak i późniejszych, uzyskano w 2012 roku (odpowiednio $10,79 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $13,32 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ suchej masy bulw), w którym zanotowano dostateczną ilość opadów i korzystny ich rozkład w okresie od czerwca do sierpnia włącznie. Z kolei najmniejszy plon bulw stwierdzono w roku 2010 charakteryzującym się nadmiarem opadów w początkowym okresie wzrostu i rozwoju roślin ziemniaka, suszą w okresie zawiązywania bulw i nadmiarem opadów od lipca do zbioru. W miarę wzrostu poziomu nawożenia azotem obserwowano wzrost plonu. W przypadku odmian wczesnych w roku 2012 stwierdzono stopniowy przyrost wielkości plonu suchej masy bulw do dawki $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, a w pozostałych dwóch latach do dawki $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Natomiast w stosunku do odmian z grupy późniejszych w roku 2010 zanotowano wzrost plonu bulw do dawki $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, w roku 2012 największy plon bulw uzyskano po zastosowaniu dawki $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, a w roku 2011 do dawki $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Średnio w latach, zarówno w odniesieniu do odmian wczesnych jak i późniejszych, udowodniony przyrost plonu suchej masy bulw stwierdzono do dawki $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. W zakresie dawek od 100 do $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ przyrost plonu bulw był nieistotny, a u odmian z grupy późniejszych stwierdzono niewielkie obniżenie plonu bulw pod wpływem dawki $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ w porównaniu do dawki $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Wykazano również, że średnio dla wszystkich lat badań i w odniesieniu do zróżnicowanego nawożenia azotem plon bulw odmian wczesnych był istotnie mniejszy (o ponad 30%) w stosunku do uzyskanego przez odmiany późniejsze (tab. 4). Uzyskane wyniki potwierdzają badania innych autorów odnośnie zróżnicowanej reakcji plonu bulw ziemniaka na nawożenie azotem oraz istotny wpływ warunków pogodowych w latach badań (Jabłoński, 2004, 2006; Kostiw i Jabłoński, 2013; Trawczyński, 2004, 2007, 2008; Trawczyński, Wierzbicka, 2011).

Warunki pogodowe w latach badań odmiennie kształtowały zawartość azotu w bulwach niż wielkość uzyskanego plonu bulw. Największą zawartość azotu w bulwach odmian wczesnych i późniejszych uzyskano w roku 2010 (odpowiednio 1,48 i 1,27%), natomiast najmniejszą w grupie odmian wczesnych w roku 2011, a w grupie odmian późniejszych w roku 2012 (odpowiednio 1,24% i 1,14%). Podobnie Lis i Wierzejska-Bujakowska (2000) w latach sprzyjających wysokiej kumulacji plonu bulw stwierdziły mniejszą zawartość azotu ogólnego w bulwach, niż w latach niekorzystnych dla plonowania ziemniaka. We wszystkich latach badań, wraz ze wzrostem dawki azotu do $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ następował stopniowy, udowodniony przyrost zawartości azotu w bulwach, co było potwierdzeniem dotychczasowych badań (Lis i Wierzejska-Bujakowska, 2000; Trawczyński, 2010). Średnio w latach, w miarę wzrostu dawki azotu od 0 do $200 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ zawartość azotu w

suchej masy bulw wzrastała u odmian wczesnych od 1,11 do 1,52%, a w przypadku odmian późniejszych od 1,07 do 1,38% i były to różnice udowodnione na korzyść odmian wczesnych (tab. 4).

Tabela 4

Wpływ nawożenia azotem na plon suchej masy bulw, zawartość oraz pobranie azotu z plonem bulw odmian o różnej wczesności
The effect of nitrogen fertilization on the tuber dry matter yield, content and uptake of nitrogen with yield of cultivars with different earliness

Grupa wczesności Earliness	Lata Years	Dawka N kg·ha ⁻¹ Dose of N kg·ha ⁻¹				Średnia Mean	
		0	50	100	150		200
Plon suchej masy bulw (t·ha ⁻¹) — Yield of tuber dry matter (t·ha ⁻¹)							
Wczesne — Early	2010	3,95	5,70	6,63	6,31	6,29	5,78
	2011	6,18	6,97	8,06	7,78	7,71	7,34
	2012	7,91	9,63	11,11	12,20	13,08	10,79
Średnia — Mean		6,01	7,43	8,60	8,76	9,03	7,97
Późniejsze — Later	2010	6,30	8,81	9,30	9,60	9,70	8,74
	2011	7,62	9,69	11,04	10,97	10,45	9,95
	2012	10,27	12,59	14,50	14,83	14,40	13,32
Średnia — Mean		8,06	10,36	11,61	11,80	11,52	10,67
Zawartość azotu w suchej masie bulw (%) — Nitrogen content in tubers dry matter (%)							
Wczesne — Early	2010	1,31	1,33	1,47	1,62	1,65	1,48
	2011	0,94	1,14	1,28	1,36	1,47	1,24
	2012	1,08	1,20	1,30	1,37	1,43	1,28
Średnia — Mean		1,11	1,22	1,35	1,45	1,52	1,33
Późniejsze — Later	2010	1,17	1,14	1,26	1,37	1,43	1,27
	2011	1,02	1,07	1,20	1,33	1,40	1,20
	2012	1,01	1,06	1,12	1,22	1,30	1,14
Średnia — Mean		1,07	1,09	1,19	1,31	1,38	1,21
Pobranie azotu z plonem bulw (kg N·ha ⁻¹) — Nitrogen uptake with the yield of tubers (kg N·ha ⁻¹)							
Wczesne — Early	2010	51,7	75,8	97,5	102,2	103,8	86,2
	2011	58,1	79,5	103,2	105,8	113,3	92,0
	2012	85,4	115,6	144,4	167,1	187,0	139,9
Średnia — Mean		65,1	90,3	115,0	125,1	134,7	106,0
Późniejsze — Later	2010	73,7	100,4	117,2	131,5	138,7	112,3
	2011	77,7	103,7	132,5	145,9	146,3	121,2
	2012	103,7	133,5	162,4	180,9	187,2	153,5
Średnia — Mean		85,1	112,5	137,4	152,8	157,4	129,0

Plon suchej masy bulw; NIR_{0,05} dla lat — 0,95t; NIR_{0,05} dla dawek N — 0,57t; NIR_{0,05} dla wczesności — 0,26t

Yield of tuber dry matter; LSD_{0,05} for years — 0.95t; LSD_{0,05} for doses of N — 0.57t; LSD_{0,05} for earliness — 0.26t

Zawartość azotu w bulwach; NIR_{0,05} dla lat — 0,04%; NIR_{0,05} dla dawek N — 0,03%; NIR_{0,05} dla wczesności — 0,01%

Nitrogen content in tubers; LSD_{0,05} for years — 0.04%; LSD_{0,05} for doses of N — 0.03%; LSD_{0,05} for earliness — 0.01%

Pobranie azotu z plonem; NIR_{0,05} dla lat — 10,1kg; NIR_{0,05} dla dawek N — 5,9kg; NIR_{0,05} dla wczesności — 2,8kg

Nitrogen uptake with yield; LSD_{0,05} for years — 10.1kg; LSD_{0,05} for doses of N — 5.9kg; LSD_{0,05} for earliness — 2.8kg

W odniesieniu do analizowanych czynników wykazano, że o ilości pobranego przez bulwy azotu decydował głównie uzyskany plon bulw. Zbieżność pobrania azotu przez bulwy z uzyskanym plonem suchej masy dotyczyła zarówno czynnika pogodowego w latach badań, poziomu nawożenia azotem i analizowanych grup wczesności. Chociaż w pewnym stopniu zbieżna była zawartość azotu w bulwach z pobraniem tego składnika w odniesieniu do poziomu nawożenia azotem, gdyż ich wartości wzrastały istotnie w miarę

podwyższania dawki azotu. Reakcja pobrania azotu przez bulwy w stosunku do poziomu nawożenia azotem wykazała jednak zmniejszającą się efektywność pobrania w miarę wzrastających dawek azotu, co wynikało głównie z braku istotnego wzrostu wielkości plonu suchej masy przy dawkach powyżej 100 kg N·ha⁻¹. W zakresie zróżnicowanego nawożenia mineralnego azotem od 0 do 200 kg N·ha⁻¹ pobranie azotu z plonem bulw w grupie odmian wczesnych wyniosło od 65,1 do 134,7 kg N·ha⁻¹, a w grupie odmian późniejszych było istotnie większe i wahało się od 85,1 do 157,4 kg N·ha⁻¹ (tab. 4).

Wraz ze zmniejszeniem efektywności pobrania azotu przez bulwy i wzrostem poziomu nawożenia azotem od 0 do 200 kg N·ha⁻¹ malało wykorzystanie azotu wniesionego w nawozach mineralnych. Współczynnik wykorzystania azotu, średnio w latach wahał się od 50,4% przy dawce 50 kg N·ha⁻¹ do 34,8% po zastosowaniu dawki 200 kg N·ha⁻¹ dla odmian wczesnych oraz istotnie większy był w przypadku odmian późniejszych i wynosił od 54,9% po zastosowaniu dawki 50 kg N·ha⁻¹ do 36,2% przy poziomie nawożenia 200 kg N·ha⁻¹ (tab. 5).

Tabela 5

Wpływ nawożenia azotem na wykorzystanie tego składnika z nawozów przez odmiany ziemniaka o różnej wczesności (%)
The effect of nitrogen fertilization on the utilization of this component from fertilizers by potato cultivars with different earliness (%)

Grupa wczesności Earliness	Lata Years	Dawka N kg·ha ⁻¹ Dose of N kg·ha ⁻¹				Średnia Mean
		50	100	150	200	
Wczesne — Early	2010	48,1	45,7	33,7	26,0	38,4
	2011	42,7	45,1	31,8	27,6	36,8
	2012	60,3	59,0	54,5	50,8	56,1
Średnia — Mean		50,4	49,9	40,0	34,8	43,8
Późniejsze — Later	2010	53,4	43,5	38,5	32,5	42,0
	2011	51,9	54,8	45,5	34,3	46,6
	2012	59,5	58,7	51,5	41,7	52,8
Średnia — Mean		54,9	52,3	45,2	36,2	47,1

Wykorzystanie azotu; NIR_{0,05} dla lat — 3,5%; NIR_{0,05} dla dawek N — 2,6%; NIR_{0,05} dla wczesności — 1,7%
 Nitrogen utilization; LSD_{0,05} for years — 3.5%; LSD_{0,05} for doses of N — 2.6%; LSD_{0,05} for earliness — 1.7%

Największe wykorzystanie azotu z nawozów (powyżej 50%) stwierdzono w roku 2012 charakteryzującym się dostateczną ilością opadów i umiarkowanie niską temperaturą powietrza w okresie intensywnego wzrostu i rozwoju roślin ziemniaka oraz kumulacji plonu bulw, czyli sprzyjającym plonowaniu ziemniaka. Istotnie mniejsze, szczególnie w przypadku grupy odmian wczesnych, wykorzystanie azotu z nawozów uzyskano w latach 2010 i 2011, z wysokimi amplitudami wahań temperatury powietrza i opadów w okresie wzrostu i rozwoju roślin ziemniaka, odbijających się niekorzystnie na potencjale plonotwórczym bulw. Zbieżność w odniesieniu do stopnia wykorzystania azotu z nawozów oraz jego zmniejszanie się wraz ze wzrostem dawek N, a także duży wpływ pogody w latach badań wykazali między innymi: Greenwood i Draycott (1988), Fotyma (1997), Lis i Wierzejska-Bujakowska (2000), Mackenzie i Taureau (2001). W literaturze podaje się również dane dotyczące wykorzystania zastosowanego azotu w nawiązaniu do długości

okresu wegetacji odmian argumentując to zróżnicowaniem składu chemicznego poszczególnych organów, dystrybucją azotu w obrębie rośliny czy rozwojem systemu korzeniowego (Vos i Marshall, 1993; Zebarth, 2004). W prezentowanej pracy wykazano zróżnicowane wykorzystanie azotu w zależności od wczesności odmian. Dłuższy okres wegetacji odmian późniejszych wpłynął na wzrost współczynnika wykorzystania azotu z zastosowanych nawozów mineralnych.

Ocena komponentów wariacyjnej wykazała, że czynniki związane z warunkami pogodowymi w okresie wegetacji przypisać można 63,9% zmienności całkowitej uzyskanego plonu bulw, a nawozowemu, związanemu z wielkością dawki azotu i genetycznemu, różnicującemu długość wegetacji odmian około 16–17% (tab. 6). Wysoki udział warunków wegetacji w kumulacji plonu bulw oraz zdecydowanie mniejszy dla cech genetycznych odmian stwierdziła Sawicka i in. (2011). Zawartość azotu w bulwach zależała głównie od wielkości zastosowanej dawki azotu. Z kolei pobranie azotu z plonem bulw zależało zarówno od czynnika pogodowego w latach badań jak i poziomu nawożenia azotem, którym można przypisać ponad 40% udziału w zmienności całkowitej. Z uwagi na dominujący wpływ wielkości zastosowanej dawki azotu na zawartość azotu w bulwach, jak i pobranie azotu z plonem, o wykorzystaniu azotu z zastosowanych nawozów decydował głównie poziom nawożenia azotem (66,7% w zmienności całkowitej). Istotny był również wpływ czynnika pogodowego na wskaźnik wykorzystania azotu (24,3%), a zdecydowanie mniejszy związany z grupą wczesności odmian (tab. 6). Podobny wpływ dawek azotu i warunków klimatycznych w latach badań na pobranie oraz wykorzystanie azotu wykazano we wcześniejszych badaniach własnych (Wierzbicka i Trawczyński, 2011). Mazurczyk i in. (2005) stwierdzili, że ponad 40% całkowitej zmienności w wykorzystaniu azotu stanowiły warunki klimatyczne okresów wegetacji, a około 14% nawożenie azotem.

Tabela 6

Wyniki analizy wariancji dla plonu bulw, zawartości azotu, pobrania tego składnika i wykorzystania z nawozów
Results of variance analysis of tubers yield, content of nitrogen, uptake of this component and its utilization from fertilizers

Badane parametry Tested parameters	Istotność wpływu Significance of the influence						Udział w wariancji całkowitej (%) Share in total variance (%)					
	1	2	3	1x2	1x3	2x3	1	2	3	1x2	1x3	2x3
Plon — Yield	xx	x	x	x	-	-	63,9	16,2	17,2	1,3	0,8	0,6
Azot — Nitrogen	x	xx	x	x	x	x	17,1	61,0	13,4	2,7	4,5	1,3
Pobranie — Uptake	xx	xx	x	x	-	-	46,8	42,1	7,9	2,4	0,5	0,3
Wykorzystanie — Utilization	xx	xx	x	x	x	-	24,3	66,7	1,9	5,0	1,3	0,8

1 — Lata — Years; 2 — Dawki azotu — Doses of N; 3 — Wczesność — Earliness

Istotny przy $p = 0,05$ - x; $p = 0,01$ - xx — Significant at $p = 0,05$ - x; $p = 0,01$ - xx

Wiedza na temat zróżnicowania czynników wpływających na potencjał plonotwórczy oraz kształtujących pobranie z plonem i wykorzystanie azotu skutkować może bezpośrednio mniejszymi ilościami tego składnika pozostającymi w środowisku glebowym po zbiorze bulw ziemniaka. Po zakończeniu wegetacji ziemniaka 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 materii organicznej z nawozów naturalnych czy organicznych zachodzącej po zbiorze bulw (Łabętowicz, 1995; Fotyma i in., 1999; Lis i in., 2002). Müller i Gorlitz (1990) sugerują, aby podejmować odpowiednie kroki zmierzające do obniżenia N-mineralnego w glebie poprzez wysiew międzyplonów lub uprawę roślin ozimych. Stwarza to szansę wykorzystania z gleby części azotu mineralnego, pozostającego po zbiorze bulw przez młode rozwijające się rośliny międzyplonowe lub ozime (Fotyma, 2000).

WNIOSKI

1. Pobranie azotu z plonem bulw zależało głównie od wielkości zebranego plonu ziemniaka.
2. Pobranie azotu z plonem bulw wahało się od około 65 do 135 kg N·ha⁻¹ w grupie odmian wczesnych i od około 85 do 157 kg N·ha⁻¹ dla odmian późniejszych w zależności od stosowanej dawki N.
3. Wykorzystanie azotu z zastosowanych nawozów w grupie odmian wczesnych malało od 50,4 do 34,8% wraz ze wzrostem poziomu nawożenia azotem od 50 do 200 kg N·ha⁻¹, natomiast w grupie odmian późniejszych było istotnie większe i wahało się od 54,9 do 36,2%.
4. Największe wykorzystanie azotu z nawozów stwierdzono w roku sprzyjającym plonowaniu ziemniaka, odznaczającym się dostateczną ilością opadów i umiarkowanie niską temperaturą powietrza w okresie od czerwca do sierpnia łącznie.
5. Stwierdzono, że największy wpływ na wielkość plonu bulw miały warunki pogodowe (63,9% w zmienności całkowitej), na zawartość azotu w bulwach poziom nawożenia azotem (61,0% w zmienności całkowitej), na pobranie azotu z plonem bulw czynniki, pogodowy i nawozowy (odpowiednio 46,8 i 42,1%), a wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych w największym stopniu kształtowała dawka azotu (około 67%).

LITERATURA

- Chotkowski J. 2012. Produkcja i rynek ziemniaka. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa: 340 ss.
- Fotyma E. 1997. Efektywność nawożenia azotem podstawowych roślin uprawy polowej. *Fragm. Agronom.* 1 (53): 46 — 66.
- 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. 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 N_{min} 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.

- Greenwood D. J., Draycott A. 1988. Recovery of fertilizer-N by diverse vegetable crops in processes and models. In: Nitrogen efficiency in agricultural soils. Jenkinson D. S., Smith K. A. (eds), Elsevier Applied Sciences, London: 46 — 61.
- 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. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 512: 193 — 200.
- Kostiw M., Jabłoński K. 2013. Wpływ nawożenia azotem na plon i jakość bulw odmian jadalnych ziemniaka uprawianych na glebie średniej. *Biul. IHAR* 267: 97 — 106.
- 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.
- Mackenzie G. H., Taureau J. 2001. Recommendation systems for nitrogen — a review. *Nawozy i Nawożenie* 4 (9): 5 — 51.
- Mazurczyk W., Wierzbicka A., Wroniak J. 2005. Wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przez odmiany wczesne ziemniaka. *Fragm. Agronom.* 1: 512 — 520.
- Müller S., Gorlitz H. 1990. Wykorzystanie metody Nmin. w NRD. *Fragm. Agronom.* 1: 23 — 35.
- Sawicka B., Michałek W., Pszczółkowski P. 2011. Uwarunkowania potencjału plonowania średnio późnych i późnych odmian ziemniaka w warunkach środkowo – wschodniej Polski. *Biul. IHAR* 259: 219 — 228.
- 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. Probl. Post. Nauk Rol.* 530: 187 — 196.
- Trawczyński C. 2010. Wykorzystanie azotu z nawozów przez odmiany ziemniaka o zróżnicowanych wymaganiach w stosunku do tego składnika. *Biul. IHAR* 256: 133 — 140.
- Trawczyński C., Wierzbicka A. 2011. Reakcja nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem. *Biul. IHAR* 259: 193 — 201.
- Vos J., Marshall B. 1993. Nitrogen and potato production: strategies to reduce nitrate leaching. 12th Trienn. Conf. of EAPR Paris 1993: 101 — 110.
- Wierzbicka A., Trawczyński C. 2011. Czynniki wpływające na pobranie i wykorzystanie azotu przez jadalne i skrobiowe odmiany ziemniaka. *Biul. IHAR* 259: 203 — 210.
- Zebarth B. J. 2004. Nitrogen use efficiency characteristics of commercial potato cultivars. *Can. J. Plant Sci.* 84: 589 — 598.