

## WPLYW WYBRANYCH CZYNNIKÓW ŚRODOWISKA NA WYKORZYSTANIE AZOTU Z NAWOZÓW MINERALNYCH PRZEZ BULWY ZIEMNIAKA

CEZARY TRAWCZYŃSKI<sup>1</sup>, ANNA WIERZBICKA

*Zakład Agronomii Ziemiaka, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB,  
Oddział Jadwisin, ul. Szaniawskiego 15, 05-140 Serock*

**Synopsis.** Celem badań polowych przeprowadzonych w latach 2011–2015 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie było określenie plonowania oraz pobrania i wykorzystania azotu z nawozów mineralnych przez bulwy ziemniaka z grupy wczesnych i średnio wczesnych w zależności od zróżnicowanego nawożenia mineralnego azotem oraz warunków pogodowych. Badania przeprowadzono na glebie nawożonej organicznie słomą i międzyplonem gorczycy białej. W doświadczeniach stosowano 5 poziomów nawożenia azotem: 0, 50, 100, 150 i 200 kg N·ha<sup>-1</sup> oraz stały poziom fosforu (17,5 kg P·ha<sup>-1</sup>) i potasu (108,0 kg K·ha<sup>-1</sup>). Wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych zależało głównie od poziomu nawożenia tym składnikiem i warunków pogodowych w okresie wegetacji. Wykorzystanie azotu malało od 58,2 do 28,6% w grupie odmian wczesnych, a w grupie odmian średnio wczesnych od około 57,9 do 30,0% wraz ze wzrostem dawki azotu mineralnego od 50 do 200 kg N·ha<sup>-1</sup>. Stwierdzono istotne zróżnicowanie wykorzystania azotu przez bulwy między badanymi grupami wczesności odmian. Istotnie większym wykorzystaniem azotu charakteryzowały się bulwy odmiany z grupy średnio wczesnych niż wczesnych. Istotnie największe wykorzystanie azotu przez bulwy stwierdzono w roku sprzyjającym gromadzeniu plonu bulw.

**Słowa kluczowe:** grupa wczesności, nawożenie azotem, plon bulw, pobranie azotu, wykorzystanie azotu, ziemniak.

### WSTĘP

Spośród stosowanych w nawożeniu składników azot jest jednym z głównych warunkujących wysoki potencjał plonotwórczy ziemniaka [Westermann i in. 1994]. Rośliny ziemniaka reagują zwyżkami plonu bulw pod wpływem nawożenia azotem, ale wraz ze wzrostem dawek N zmniejsza się w różnym stopniu wykorzystanie tego składnika z zastosowanych nawozów [Joern i Vitosh 1995, Love i in. 2005, Trawczyński i Wierzbicka 2014]. Zróżnicowanie wykorzystania azotu przez rośliny ziemniaka, oprócz dawki składnika zależeć może również od przebiegu warunków pogodowych w czasie wegetacji roślin, w tym głównie od ilości opadów oraz wynikać z długości okresu wegetacji odmian [Mazurczyk i in. 2005, Wierzbicka i Trawczyński 2011]. W porównaniu do innych gatunków roślin uprawy polowej ziemniak charakteryzuje się mniejszym od 20 do 30% wykorzystaniem tego składnika z zastosowanych nawozów mineralnych, co dowodzi, że część zastosowanego azotu może być niewykorzystana i ulegać w różnej formie stratom do atmosfery czy wód gruntowych [Fotyma 1997, 2009]. Stąd potrzeba oceny określonych czynników wpływających na wykorzystania azotu z zastosowanych nawozów

<sup>1</sup> Adres do korespondencji – *Corresponding address:* c.trawczynski@ihar.edu.pl

w przypadku tego gatunku, a tym samym ograniczenia negatywnego oddziaływania tego składnika na środowisko [Fotyma i in. 2010].

Celem badań była ocena wykorzystania azotu z nawozów mineralnych przez bulwy ziemniaka w odniesieniu do zastosowanej dawki azotu, długości okresu wegetacji roślin i w zależności od zróżnicowanych w latach warunków pogody.

## MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia polowe przeprowadzono w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin-PIB Oddział w Jadwisinie (52°45' N, 21°63' E) w latach 2011–2015. Na podstawie wielkości plonu suchej masy bulw i zawartości azotu ogólnego w bulwach określono pobranie, a następnie wykorzystanie azotu z zastosowanych nawozów w odniesieniu do grup wczesności ziemniaka. Doświadczenia zakładano w układzie losowanych bloków w trzech powtórzeniach. Wielkość poletka wynosiła 14,85 m<sup>2</sup>. Czynnikiem 1-rzędu był zróżnicowany poziom nawożenia azotem – 0, 50, 100, 150, 200 kg·ha<sup>-1</sup>, a czynnik 2 stanowiły dwie grupy wczesności ziemniaka: wczesne (15 odmian) i średnio wczesne (23 odmiany). Wpływ nawożenia mineralnego azotem w odniesieniu do grup wczesności ziemniaka oceniono z uwzględnieniem układu warunków pogodowych w okresie wegetacji roślin.

Badania przeprowadzono na glebie płowej, o składzie granulometrycznym piasku gliniastego. Gleba w poszczególnych latach badań charakteryzowała się kwaśnym odczynem, wysoką zasobnością w przyswajalny fosfor, średnią w potas, średnią do wysokiej w magnez oraz niską zawartością N mineralnego (tab. 1).

Tabela 1. Zawartość N-mineralnego (kg·ha<sup>-1</sup>), P, K, Mg (mg·kg<sup>-1</sup>) oraz pH gleby  
Table 1. Content of N-mineral (kg·ha<sup>-1</sup>), P, K, Mg (mg·kg<sup>-1</sup>) and pH of soil

Rok Year	N mineralny N mineral	pH <sub>KCl</sub>	Zawartość w glebie – Content in the soil		
			P	K	Mg
2011	50	5,1	66	105	33
2012	45	5,4	85	107	71
2013	48	5,3	87	124	48
2014	46	5,0	77	120	34
2015	50	5,3	75	108	33

Warunki pogodowe w okresie wegetacji oceniono na podstawie sumy opadów i średniej temperatury powietrza w porównaniu do wartości średnich z wielolecia (tab. 2). Obserwacje warunków wilgotnościowo-temperaturowych wykazały znaczne ich zróżnicowanie w latach badań. Lata 2011, 2012 i 2013 zaliczały się do mokrych i stosunkowo chłodnych, a lata 2014 i 2015 należały do suchych i ciepłych, o czym świadczą średnie dla okresów wegetacji opady i temperatury powietrza w porównaniu do średniej z wielolecia. Jednak rozkład opadów w poszczególnych miesiącach wegetacji był bardzo nierównomierny. W roku 2011 niedobór opadów wystąpił w maju, czerwcu i wrześniu, w lipcu było bardzo mokro, a w sierpniu zanotowano

Tabela 2. Sumy miesięcznych opadów oraz średnich miesięcznych temperatur powietrza w latach badań w porównaniu do średnich wieloletnich z lat 1967–2010

Table 2. Sums of monthly precipitation and of mean monthly air temperature in the years testing in compare to long-term averages for 1967–2010

Rok –Year	Miesiące – Months						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV–IX
Opady – Precipitation (mm)							
1967–2010	37,0	56,0	75,0	76,0	60,0	48,0	352,0
2011	26,8	33,1	44,8	278,1	57,1	18,5	458,4
2012	54,3	52,4	96,6	92,2	87,2	26,9	409,6
2013	51,1	130,0	105,4	17,1	97,7	94,0	495,3
2014	61,1	41,3	69,8	23,5	79,2	11,9	286,8
2015	27,8	39,5	15,4	82,6	8,6	36,6	210,5
Temperatura – Temperature (°C)							
1967–2010	7,8	13,6	16,5	18,4	17,7	13,1	14,5
2011	9,7	13,2	17,5	17,0	15,3	13,7	14,4
2012	7,9	13,9	15,6	15,2	17,4	12,8	13,8
2013	6,3	15,7	17,2	18,7	18,2	10,3	14,4
2014	10,3	14,1	15,8	21,5	18,2	14,8	15,8
2015	8,3	12,9	17,5	19,6	22,5	15,1	16,0

dostateczną ilość opadów. W 2012 roku odnotowano równomierny rozkład i odpowiednią ilość opadów we wszystkich miesiącach wegetacji, z wyjątkiem września. W roku 2013 nadmiar opadów zanotowano w maju, czerwcu, sierpniu i wrześniu, a w lipcu było bardzo sucho. W roku 2014 w lipcu i wrześniu było sucho, natomiast w 2015 roku tylko w lipcu zanotowano dostateczną ilość opadów, a w pozostałych niedobór. Ponadto w 2011 rok w kwietniu, czerwcu i wrześniu, w 2012 roku w maju, w 2013 roku od maja do sierpnia włącznie, a w latach 2014 i 2015 w lipcu, sierpniu i wrześniu stwierdzono temperatury powietrza wyższe od średniej z wielolecia dla tych miesięcy. Generalnie lata 2011 i 2013 szczególnie ze względu na ekstremalne zróżnicowanie ilości opadów, od czerwca do sierpnia włącznie, czyli w okresie gromadzenia plonu bulw należały do bardziej niekorzystnych pod względem układu warunków pogodowych, niż pozostałe trzy lata badań.

Nawożenie organiczne stanowiła rozdrobniona i przyorywana po żniwach słoma pszena w ilości około 5 t·ha<sup>-1</sup> z dodatkiem 1 kg N na 100 kg słomy oraz jesienią zielona masa międzyplonu ścierniskowego z gorczycy białej w ilości 15–20 t·ha<sup>-1</sup>. 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<sup>-1</sup> i 108 kg K·ha<sup>-1</sup>. Nawożenie mineralne azotem (saletrzak 27% N) stosowano wiosną bezpośrednio przed sadzeniem bulw do dawki 100 kg·ha<sup>-1</sup> N oraz uzupełniającą ilość odpowiednio 50 i 100 kg·ha<sup>-1</sup> N (na obiektach z dawkami 150 i 200 kg·ha<sup>-1</sup> N) bezpośrednio przed wschodami roślin ziemniaka, przed ostatnim obredlaniem.

Chwasty niszczone stosując do wschodów roślin ziemniaka 2-krotnie obsypnik z łańcuchami. Bezpośrednio przed wschodami, po ostatnim obredleniu zastosowano Afalon 450 SC w dawce  $2 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ , a po wschodach roślin ziemniaka Titus 23 WG w dawce  $60 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$ . W okresie wegetacji 4-5 krotnie przeprowadzano zabiegi ochronne przeciwko zarazie ziemniaka oraz 2-3 krotnie zwalczające stonkę.

Ziemniaki sadzono ręcznie w III dekadzie kwietnia w rozstawie  $75 \times 33 \text{ cm}$ , a zbierano w okresie od I do III dekady 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 ( $105^\circ\text{C}$ ) 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:  $W_N = (P_N - P_0)/N \times 100\%$  [Gorlach i Mazur 2001],

gdzie:

$W_N$  – współczynnik wykorzystania azotu [%],

$P_N$  – pobranie azotu z plonem bulw w obiekcie z dowolną dawką N [ $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ],

$P_0$  – pobranie azotu z plonem bulw w obiekcie kontrolnym [ $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ],

N – dawka azotu [ $\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ].

Wyniki dotyczące poszczególnych odmian uśredniono dla grup wczesności i opracowano statystycznie posługując się analizą wariancji. Analizę porównania średnich przeprowadzono z wykorzystaniem testu Tukeya na poziomie  $p=0,05$ . Celem określenia źródeł zmienności badanych cech w zmienności całkowitej przeprowadzono ocenę komponentów wariancyjnych wykorzystując program Statistica. Procentowy udział poszczególnych komponentów wariancyjnych posłużył do oceny wpływu warunków pogodowych w latach, zastosowanej dawki azotu i grup wczesności na zmienność plonu, zawartość azotu w bulwach oraz pobranie i wykorzystanie tego składnika przez bulwy ziemniaka.

## WYNIKI I DISKUSJA

W przeprowadzonych badaniach wykazano istotny wpływ poziomu nawożenia azotem, grupy wczesności i warunków pogodowych w latach na plon bulw, zawartość azotu w bulwach, pobranie tego składnika z plonem bulw i jego wykorzystanie z zastosowanych nawozów mineralnych. Istotnie największy plon suchej masy bulw, zarówno w grupie odmian wczesnych jak i średnio wczesnych, uzyskano w 2012 roku (odpowiednio  $10,60$  i  $14,18 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  suchej masy bulw), w którym zanotowano dostateczną ilość opadów i korzystny ich rozkład w okresie od czerwca do sierpnia włącznie (tab. 3). W pozostałych latach badań uzyskano podobny plon suchej masy bulw w grupie odmian wczesnych, natomiast w stosunku do grupy odmian średnio wczesnych istotnie różnicowany pomiędzy latami, ale najmniejszy w 2013 roku, który charakteryzował się nadmiarem opadów od początku do końca okresu rozwoju roślin i gromadzenia plonu bulw, z wyjątkiem lipca. Przyrost plonu bulw stwierdzono wraz ze wzrostem poziomu nawożenia azotem. W odniesieniu do grupy odmian wczesnych jak i średnio wczesnych, udowodniony przyrost plonu suchej masy bulw uzyskano do dawki  $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ . W zakresie od  $150$  do  $200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  w grupie wczesnych stwierdzono nieznaczne obniżenie plonu bulw w porównaniu do dawki  $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ , a w odniesieniu do grupy średnio wczesnych istotne obniżenie plonu po zastosowaniu dawki  $200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Wykazano również, że niezależnie od wielkości zastosowanej dawki azotu plon bulw w grupie odmian wczesnych był istotnie mniejszy (o 43,0%) w porównaniu do uzyskanego w grupie odmian średnio wczesnych. Uzyskane wyniki zbieżne były z dotychczas uzyskanymi w odniesieniu do reakcji plonu bulw ziemniaka na nawożenie azotem

Tabela 3. Plon suchej masy bulw ( $t \cdot ha^{-1}$ )  
 Table 3. The tubers dry matter yield ( $t \cdot ha^{-1}$ )

Wyszczególnienie Item	Wczesność – Earliness		Średnia – Mean
	wczesne – early	średnio wczesne mid early	
Dawka N – Dose of N ( $kg \cdot ha^{-1}$ )			
0	6,03	9,08	7,56
50	7,66	10,88	9,27
100	8,44	12,10	10,27
150	8,37	11,98	10,18
200	8,14	11,31	9,73
Średnia – Mean	7,73	11,07	–
Lata – Years			
2011	7,93	9,93	8,93
2012	10,60	14,18	12,39
2013	6,65	7,89	7,27
2014	6,59	12,79	9,69
2015	6,87	10,55	8,71
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> : dawka N – dose of N – 0,43; wczesność – earliness – 0,20; lata – years – 0,95; wczesność x dawka N – earliness x N dose – 0,63; wczesność x lata – earliness x years – 1,15			

oraz wpływu, szczególnie ilości opadów w okresie wegetacji na zróżnicowanie plonu bulw pomiędzy latami [Jabłoński 2004, 2006, Kostiw i Jabłoński 2013, Trawczyński 2004, 2007, 2008, Trawczyński i Wierzbicka 2011].

Zawartość azotu ogółem w bulwach rozbieżna była z wielkością uzyskanego plonu bulw. Odwrotnie niż w przypadku plonu suchej masy istotnie najmniejszą zawartość azotu w bulwach z grupy wczesnych i średnio wczesnych uzyskano w 2012 roku, natomiast istotnie największą w 2015 roku, w którym uzyskano istotnie mniejszy plon bulw w porównaniu do 2012 roku. Lis i Wierzejska-Bujakowska [2000] w latach sprzyjających wysokiej kumulacji plonu bulw również uzyskały mniejszą zawartość azotu ogólnego w bulwach. Wraz ze wzrostem dawki azotu do  $200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  stwierdzono stopniowy, istotny przyrost zawartości azotu w bulwach, co wykazano we wcześniejszych badaniach własnych [Trawczyński 2010] oraz innych autorów [Lis i Wierzejska-Bujakowska 2000, Vos 1997]. W zakresie nawożenia azotem od 0 do  $200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  zawartość azotu w suchej masie bulw wzrastała w grupie odmian wczesnych od 1,23 do 1,60%, a w odniesieniu do grupy średnio wczesnych były to zawartości istotnie mniejsze i wyniosły od 1,16 do 1,47% (tab. 4).

Na podstawie analizy wielkości uzyskanego plonu bulw i zawartości azotu w bulwach w odniesieniu do poziomu nawożenia azotem wykazano, że ilość pobranego przez bulwy azotu w przypadku grupy odmian wczesnych bardziej zbieżna była z zawartością azotu, a w grupie odmian średnio wczesnych z plonem bulw. Efektywność pobrania azotu przez bulwy malała

Tabela 4. Zawartość azotu ogólnego w suchej masie bulw (%)  
 Table 4. The content of total nitrogen in dry matter of tubers (%)

Wyszczególnienie Item	Wczesność – Earliness		Średnia – Mean
	wczesne – early	średnio wczesne mid early	
Dawka N – Dose of N (kg·ha <sup>-1</sup> )			
0	1,23	1,16	1,20
50	1,34	1,24	1,29
100	1,44	1,31	1,38
150	1,53	1,39	1,46
200	1,60	1,47	1,54
Średnia – Mean	1,43	1,31	–
Lata – Years			
2011	1,28	1,20	1,24
2012	1,24	1,14	1,19
2013	1,28	1,35	1,32
2014	1,48	1,29	1,39
2015	1,85	1,59	1,72
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> : dawka N – dose of N – 0,03; wczesność – earliness – 0,01; lata – years – 0,04; wczesność x dawka N – earliness x N dose – 0,04; wczesność x lata – earliness x years – 0,05			

w miarę wzrastających dawek tego składnika, szczególnie w odniesieniu do grupy średnio wczesnych, co wynikało głównie z braku wzrostu plonu bulw przy dawkach powyżej 100 kg N·ha<sup>-1</sup>. W stosunku do badanych lat pobranie azotu przez bulwy zależało głównie od uzyskanego plonu bulw. W zakresie nawożenia mineralnego azotem od 0 do 200 kg N·ha<sup>-1</sup> pobranie azotu z plonem bulw w grupie odmian wczesnych było istotnie mniejsze, niż średnio wczesnych, podobnie jak uzyskany plon bulw. Niezależnie od wielkości zastosowanej dawki azotu pobranie azotu przez bulwy w grupie odmian wczesnych wyniosło 109,7 kg N·ha<sup>-1</sup>, a w grupie odmian średnio wczesnych było istotnie większe i stanowiło 144,9 kg N·ha<sup>-1</sup> (tab. 5).

Wraz ze zmniejszeniem efektywności pobrania azotu przez bulwy i wzrostem poziomu nawożenia azotem do 200 kg N·ha<sup>-1</sup> malało wykorzystanie azotu wniesionego w nawozach mineralnych. Współczynnik wykorzystania azotu wahał się od 58,2% przy dawce 50 kg N·ha<sup>-1</sup> do 28,6% po zastosowaniu dawki 200 kg N·ha<sup>-1</sup> dla grupy odmian wczesnych, a w grupie odmian średnio wczesnych wyniósł odpowiednio od 57,9 do 30,0% (tab. 6). Niezależnie od wielkości zastosowanej dawki azotu wykorzystanie azotu przez bulwy w grupie odmian średnio wczesnych było istotnie większe, niż w grupie wczesnych. Istotnie największe wykorzystanie azotu z nawozów przez bulwy, średnio 54,2% stwierdzono w roku 2012 charakteryzującym się dostateczną ilością opadów i umiarkowanie niską temperaturą powietrza w okresie intensywne- go wzrostu i rozwoju roślin ziemniaka oraz kumulacji plonu bulw, czyli sprzyjającym plonowa- niu ziemniaka. Istotnie najmniejsze wykorzystanie azotu z nawozów uzyskano w 2013 roku,

Tabela 5. Pobranie azotu z plonem bulw (kg N·ha<sup>-1</sup>)  
 Table 5. Nitrogen uptake with the yield of tubers (kg N·ha<sup>-1</sup>)

Wyszczególnienie Item	Wczesność – Earliness		Średnia – Mean
	wczesne – early	średnio wczesne mid early	
Dawka N – Dose of N (kg·ha <sup>-1</sup> )			
0	72,0	104,5	88,3
50	101,0	133,5	117,3
100	119,8	156,9	138,4
150	126,5	165,0	145,8
200	129,1	164,5	146,8
Średnia – Mean	109,7	144,9	–
Lata – Years			
2011	102,8	120,8	111,8
2012	132,7	162,8	147,8
2013	85,9	107,0	96,5
2014	99,0	165,9	132,5
2015	127,8	167,7	147,8
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> : dawka N – dose of N – 4,3; wczesność – earliness – 2,0; lata – years – 9,0; wczesność x dawka N – earliness x N dose – 5,1; wczesność x lata – earliness x years – 9,8			

najbardziej wilgotnym i chłodnym oraz w 2015 roku, najbardziej suchym i ciepłym. Zbieżność w odniesieniu do stopnia wykorzystania azotu z nawozów oraz jego zmniejszenie się wraz ze wzrostem dawek N oraz istotny 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 przeprowadzonych badaniach potwierdzono, że dłuższy okres wegetacji odmian średnio wczesnych wpłynął korzystnie, w porównaniu do wczesnych na wzrost wykorzystania azotu z zastosowanych nawozów mineralnych.

Analizując udział zmienności badanych czynników w kształtowaniu plonu, zawartości azotu, pobraniu i wykorzystaniu azotu z nawozów wykazano wysoce istotne ich zróżnicowanie (tab. 7). Udowodniono, że czynnikowi związanemu z warunkami pogodowymi w latach przypisać można najwięcej udziału w zmienności całkowitej uzyskanego plonu bulw (50,9%), a zdecydowanie mniej zależnemu od wczesności (26,8%). Wysoki udział warunków wegetacji w gromadzeniu plonu bulw oraz zdecydowanie mniejszy dla cech genetycznych odmian stwierdziła Sawicka i in. [2011]. Zawartość azotu w bulwach zależała również głównie od warunków pogodowych w latach, natomiast pobranie azotu z plonem bulw zarówno od czynnika

Tabela 6. Wykorzystanie przez bulwy azotu z nawozów mineralnych (%)  
 Table 6. The utilization from tubers of nitrogen with mineral nitrogen (%)

Wyszczególnienie Item	Wczesność – Earliness		Średnia – Mean
	wczesne – early	średnio wczesne mid early	
Dawka N – Dose of N (kg·ha <sup>-1</sup> )			
50	58,2	57,9	58,1
100	47,8	52,4	50,1
150	36,4	40,3	38,4
200	28,6	30,0	29,3
Średnia – Mean	42,7	45,1	–
Lata – Years			
2011	40,0	46,9	43,5
2012	53,8	54,6	54,2
2013	33,5	41,4	37,5
2014	48,9	45,9	47,4
2015	37,2	37,0	37,1
NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub> : dawka N – dose of N – 2,7; wczesność – earliness – 1,5; lata – years – 3,5; wczesność x dawka N – earliness x N dose – 3,2; wczesność x lata – earliness x years – 4,1			

Tabela 7. Wyniki analizy wariancji dla plonu bulw, zawartości azotu, pobrania i wykorzystania tego składnika z nawozów mineralnych

Table 7. Results of variance analysis for values of tubers yield, content of nitrogen, uptake and utilization this component with mineral fertilizers

Parametry Parameters	Istotność wpływu Significance of the influence						Udział w wariancji całkowitej (%) Share in total variability (%)					
	1	2	3	1x2	1x3	2x3	1	2	3	1x2	2x3	1x3
Plon – Yield	xx	x	xx	x	–	x	50,9	12,7	26,8	2,4	0,4	6,8
Azot – Nitrogen	xx	xx	x	x	–	x	59,1	26,6	5,0	2,6	0,6	6,1
Pobranie – Uptake	xx	xx	x	x	–	x	39,7	34,9	17,1	3,2	0,3	4,8
Wykorzystanie Utilization	xx	xx	x	x	–	x	22,9	69,3	1,0	3,8	0,4	2,6

1 – Lata – Years; 2 – Dawki azotu – Doses of N; 3 – Wczesność – Earliness  
 x – istotny przy p=0,05 – significant at p=0,05; xx – istotny przy p=0,01 – significant at p=0,01



pogodowego w latach badań jak i poziomu nawożenia azotem, którym można było przypisać od 35 do 40% udziału w zmienności całkowitej. Z uwagi na znaczny udział dawki azotu na zawartość azotu w bulwach oraz pobranie azotu z plonem, o wykorzystaniu azotu z zastosowanych nawozów decydował głównie poziom nawożenia azotem (69,3% w zmienności całkowitej). Wysoce istotnie zaznaczył się również wpływ czynnika pogodowego na wskaźnik wykorzystania azotu (22,9%). Podobnie wysoki wpływ dawek azotu i warunków pogodowych w latach badań na pobranie oraz wykorzystanie azotu wykazano we wcześniejszych badaniach własnych [Wierzbicka i Trawczyński 2011]. Mazurczyk i in. [2005] stwierdzili natomiast, że ponad 40% całkowitej zmienności w wykorzystaniu azotu stanowiły warunki pogodowe w okresie wegetacji, a około 14% nawożenie azotem.

Wiedza na temat oddziaływania czynników środowiskowych na potencjał plonotwórczy oraz kształtujących pobranie z plonem i wykorzystanie azotu z nawozów skutkować może w sposób pośredni na mniejsze ilości tego składnika pozostające w glebie po zbiorze bulw ziemniaka. Łabętowicz [1995] oraz Lis i in. [2002] udowodnili, że po zakończeniu wegetacji ziemniaka zawartość azotu mineralnego w glebie może ulec znacznemu wzrostowi w porównaniu do stanu przed rozpoczęciem ich wegetacji, co może wynikać z niepełnego wykorzystania przez rośliny azotu z zastosowanych nawozów mineralnych oraz mineralizacji masy organicznej z wnoszonych nawozów naturalnych czy organicznych zachodzącej po zbiorze bulw. Müller i Gorlitz [1990] stwierdzili, że podejmować należy odpowiednie kroki zmierzające do obniżenia azotu 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. W miarę wzrostu dawki azotu od 50 do 200 kg N·ha<sup>-1</sup> stwierdzono zmniejszenie wykorzystania azotu przez bulwy z zastosowanych nawozów mineralnych odpowiednio od 58,1 do 29,3%.
2. Istotnie większe wykorzystanie azotu przez bulwy z nawozów mineralnych stwierdzono dla grupy odmian średnio wczesnych niż wczesnych.
3. Istotny spadek wykorzystania azotu przez bulwy wykazano w lata ekstremalne, zarówno pod względem ilości opadów jak i średniej temperatury powietrza.
4. Stwierdzono, że największy wpływ na wielkość uzyskanego plonu bulw, zawartość azotu w bulwach i pobranie azotu z plonem bulw miały warunki pogodowe w latach, a wykorzystanie azotu przez bulwy z nawozów mineralnych kształtował głównie poziom nawożenia azotem.

## PIŚMIENNICTWO

- Fotyma E. 1997. Efektywność nawożenia azotem podstawowych roślin uprawy polowej. *Fragm. Agron.* 14(1): 46–66.
- Fotyma E. 2000. Zasady nawożenia azotem z wykorzystaniem testów glebowych i roślinnych. *Naw. Nawoż./Fert. Fertil.* 3a: 17–37.
- Fotyma M. 2009. Monitoring of N<sub>min</sub> content in soil of Poland. *Naw. Nawoż./Fert. Fertil.* 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. *Naw. Nawoż./Fert. Fertil.* 38: 5–83.

- Gorlach E., Mazur T. 2001. Chemia rolna. Wyd. PWN Warszawa, ss 346.
- 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, Londyn: 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. 512: 193–200.
- Joern BC, Vitosh ML. 1995. Influence of applied nitrogen on potato. Part I: yield, quality and nitrogen uptake. Am. Potato J. 72: 51–63.
- 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., 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.
- Lis B., Wierzejska-Bujakowska A. 2000. Wykorzystanie azotu przez jadalne odmiany ziemniaka a ich plonowanie. Biul. IHAR 213: 87–98.
- Love S.L., Stark J.C., Salaiz T. 2005. Response of four potato cultivars to rate and timing of nitrogen fertilizer. Am. J. Potato Res. 82: 21–30.
- Łabętowicz J. 1995. Skład chemiczny roztworu glebowego w zróżnicowanych warunkach nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 421a: 245 – 251.
- Mackenzie G. H., Taureau J. 2001. Recommendation systems for nitrogen – a review. Naw. Nawoż./Fert. Fertil. 4(9): 5–51.
- Mazurczyk W., Wierzbicka A., Wroniak J. 2005. Wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przez odmiany wczesne ziemniaka. Fragm. Agron. 22(1): 512–520.
- Müller S., Gorlitz H. 1990. Wykorzystanie metody  $N_{min}$  w NRD. Fragm. Agron. 7(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.
- Trawczyński C., Wierzbicka A. 2014. Pobranie i wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przez odmiany ziemniaka o różnej wczesności. Biul. IHAR 271: 45–54.
- Vos J. 1997. The nitrogen response of potato (*Solanum tuberosum* L.) in the field: nitrogen uptake and yield, harvest index and nitrogen concentration. Potato Res. 40: 237–248.
- Vos J., Marshall B. 1993. Nitrogen and potato production strategies to reduce nitrate leaching. 12th Trienn. Conf. EAPR 18–23 July, Paris, France: 101–110.
- Westermann DT, Tindall TA, James DW, Hurst RL. 1994. Nitrogen and potassium fertilization of potatoes: yield and specific gravity. Am. Potato J. 71: 417–431.
- 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.

C. TRAWCZYŃSKI, A. WIERZBICKA

**THE INFLUENCE CHOSEN ENVIRONMENT FACTORS ON NITROGEN UTILIZATION  
FROM MINERAL FERTILIZERS BY TUBERS POTATO****Summary**

The aim of field experiment conducted in the years 2011–2015 in Plant Breeding and Acclimatization Institute, Department at Jadwisin was to assess yielding, uptake and utilization of nitrogen from mineral fertilizers by tubers with groups of early and mid early potato cultivars in different weather conditions. The investigation was carried out on the soil fertilized organically with straw and previous crop 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 17.5 kg P·ha<sup>-1</sup> and potassium 108.0 kg K·ha<sup>-1</sup>. The utilization of nitrogen with fertilizers was mainly depending from level of fertilization this component and weather conditions during growing periods. The utilization of nitrogen decreased from about 58.2 to 28.6% in group of early cultivars, but in the group of mid early cultivars from about 57.9 to 30.0% with increasing N rates from 50 to 200 kg N·ha<sup>-1</sup>. Significant differences of nitrogen utilization by tubers were found between cultivars groups. The group of mid early cultivars showed higher utilization of nitrogen by tubers than group of early cultivars. In the favourable years for tubers yield cumulating the highest nitrogen utilization was observed.

**Key words:** group of earliness, nitrogen fertilization, yield of tubers, nitrogen uptake, nitrogen utilization, potato.

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 5.04.2016

Do cytowania – *For citation*:

Trawczyński C., Wierzbicka A. 2016. Wpływ wybranych czynników środowiska na wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przez bulwy ziemniaka. *Fragm. Agron.* 33(2): 92–102.