

WPŁYW NAWOZU O SPOWOLNIONYM UWALNIANIU AZOTU NA WYKORZYSTANIE TEGO SKŁADNIKA PRZEZ BULWY ZIEMNIAKA

Cezary Trawczyński

Zakład Agronomii Ziemiaka
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział w Jadwisinie
ul. Szaniawskiego 15, 05-140 Serock
e-mail: c.trawczynski@ihar.edu.pl

Streszczenie. Celem badań polowych przeprowadzonych w latach 2014-2016 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie, było określenie plonu, pobrania i wykorzystania azotu przez bulwy ziemniaka z nawozu Azoslow, o spowolnionym uwalnianiu azotu w porównaniu do tradycyjnych nawozów azotowych (mocznik, saletra amonowa, saletrzak). Badania przeprowadzono na glebie nawożonej organicznie słomą i międzyplonem gorczycy białej. W doświadczeniu stosowano stały poziom azotu $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, fosforu $17,5 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$ i potasu $99,6 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$. Nawożenie mineralne fosforowo-potasowe użyto jesienią pod orkę przedzimową. Nawożenie mineralne azotem stosowano wiosną w dwóch wariantach: przed sadzeniem bulw – 100% i w dawce podzielonej, 50% przed sadzeniem bulw + 50% bezpośrednio przed wschodami roślin ziemniaka. Kontrolę stanowił obiekt bez wykorzystania azotu mineralnego. Na obiekcie z zastosowaniem nawozu Azoslow, o spowolnionym uwalnianiu azotu, stwierdzono istotnie większy plon bulw w porównaniu do obiektu kontrolnego oraz obiektów z użyciem saletry amonowej i saletrzaku. Po użyciu nawozów w pełnej dawce przed sadzeniem uzyskano istotnie większą efektywność produkcyjną azotu w stosunku do dawki podzielonej na dwie części. Stwierdzono istotnie większe wykorzystanie azotu przez bulwy ziemniaka po zastosowaniu nawozu Azoslow w porównaniu do mocznika, saletry amonowej i saletrzaku.

Słowa kluczowe: nawozy azotowe, plon, pobranie azotu, efektywność produkcyjna azotu, ziemniak

WSTĘP

Gatunki roślin rolniczych z uwagi na zróżnicowaną długość okresu ich rozwoju oraz genetycznie uwarunkowany potencjał plonotwórczy różnią się zasadniczo wykorzystaniem składników z zastosowanych nawozów. Spośród stosowanych składników nawozowych największe różnice w wykorzystaniu przez ziemniak dotyczą azotu, co związane jest ze znacznym jego pobieraniem przez bulwy (Joern

i Vitosh 1995, Love i in. 2005, Trawczyński i Wierzbička 2014). Jednak z uwagi na specyfikę uprawy w porównaniu do innych gatunków roślin uprawy polowej ziemniak charakteryzuje się mniejszym, od 20 do 30%, wykorzystaniem tego składnika z używanych nawozów mineralnych (Fotyma 1997). Dowodzi to, że część zastosowanego azotu może być niewykorzystana i po zakończeniu wegetacji roślin ziemniaka może być uwalniana do atmosfery czy wód gruntowych (Errebhi i in. 1998, Fotyma 2009). Stąd potrzeba poszukiwania określonych czynników wpływających na większe wykorzystanie azotu z nawozów, a tym samym ograniczenie negatywnego oddziaływania tego składnika na środowisko. Jedną z możliwości zwiększenia efektywności nawożenia, oprócz właściwego dostosowania dawek azotu do potrzeb pokarmowych roślin, może być stosowanie nawozów wolnodziałających, które charakteryzują się rozłożonym w czasie uwalnianiem tego składnika (Korzeniowska 2009, Shaviv i Mikkelsen 1993).

Stąd celem badań było określenie wykorzystania azotu przez bulwy ziemniaka z nawozu o spowolnionym uwalnianiu w porównaniu do tradycyjnych nawozów mineralnych.

MATERIAŁ I METODY

W ścisłych doświadczeniach polowych przeprowadzonych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB, Oddział w Jadwisinie, w latach 2014-2016 określono plon bulw, pobranie i wykorzystanie azotu z różnych form nawozów azotowych. Doświadczenia zakładano w układzie losowanych bloków w trzech powtórzeniach. Wielkość poletka wynosiła 14,85 m². Czynnikiem 1. rzędu były rodzaje nawozów: 1. bez stosowania azotu mineralnego – obiekt kontrolny, 2. Azoslow – 29% N, 3. Mocznik – 46% N, 4. Saletra amonowa – 34% N, 5. Saletrzak – 27% N, a czynnikiem 2. rzędu termin stosowania nawozów: 1. przed sadzeniem bulw (100% dawki), 2. przed sadzeniem bulw (50% dawki) + przed wschodami roślin ziemniaka (50% dawki). Na wszystkich obiektach, z wyjątkiem obiektu kontrolnego, zastosowano dawkę 100 kg·ha⁻¹ N w formie badanych nawozów. Wpływ nawozów i terminów ich stosowania na plon bulw, efektywność nawożenia i wykorzystanie azotu oceniono z uwzględnieniem warunków pogodowych (współczynnika Sielianinowa) 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 i w magnez (tab. 1).

Warunki pogodowe w okresie wegetacji oceniono na podstawie współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa i stwierdzono, że okres od kwietnia do końca września w 2014 i 2016 roku zaliczał się do mokrych, a 2015 rok charakteryzował się

niedoborem opadów (posucha). W okresie gromadzenia plonu bulw w pierwszym roku badań tylko lipiec był suchy, w drugim susza wystąpiła w czerwcu i sierpniu, w trzecim zanotowano dostateczną ilość opadów podczas wegetacji roślin (tab. 2).

Tabela 1. Zawartość P, K, Mg w glebie oraz pH gleby
Table 1. Content of P, K, Mg in the soil and soil pH

Rok / Year	pH w KCl pH in KCl	Zawartość w glebie ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) Content in the soil ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)		
		P	K	Mg
2014	5,4	75	70	32
2015	5,3	75	108	33
2016	5,3	86	112	33

Tabela 2. Wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianiowa w okresie wegetacji ziemniaka w latach 2014-2016 wg stacji meteorologicznej w Jadwisinie

Table 2. Values of Sielianinov hydrothermal coefficient during the growing season of potato in the years 2014-2016 acc. to meteorological station in Jadwisin

Lata / Years	Miesiące / Months						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
2014	1,98	0,92	1,47	0,35	1,40	0,26	1,06
2015	1,12	0,99	0,29	1,02	0,12	0,80	0,72
2016	1,12	1,94	1,52	1,70	1,07	0,20	1,26

gdzie: wartość $> 0,50$ – susza; $0,50-1,00$ – posucha; $> 1,00$ – wilgotno / where: the value of > 0.50 – drought; $0.50-1.00$ – semi drought; > 1.00 – moist

Nawożenie organiczne stanowiła rozdrobniona i przyorywana po żniwach słoma pszenna w ilości około $5\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ z dodatkiem 1 kg N na 100 kg słomy oraz jesienią zielona masa międzyplonu ścierniskowego z gorczycy białej w ilości $15-16\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nawożenie mineralne fosforem (superfosfat wzbogacony – $17,4\%$ P) i potasem (sól potasowa – $49,8\%$ K) stosowano jesienią przed orką przedzimową w oparciu o zasobność gleby w przyswajalne formy składników w dawkach $17,5\text{ kg P}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $108\text{ kg K}\cdot\text{ha}^{-1}$. Nawożenie mineralne azotem aplikowano wiosną według schematu doświadczenia.

Chwasty niszczone, stosując do wschodów roślin ziemniaka dwukrotnie ob-sypnik z łańcuchami. Bezpośrednio przed wschodami, po ostatnim obredleniu, zastosowano Linurex 500 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 odmiany Finezja sadzono ręcznie w III dekadzie kwietnia w rozstawie $75\times 33\text{ cm}$, 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 Kjeltex 2200 firmy Foss.

Na podstawie plonu suchej masy bulw określono efektywność azotu mineralnego, a na bazie plonu bulw i zawartości azotu ogólnego w bulwach pobranie, a następnie wykorzystanie azotu z tradycyjnych nawozów mineralnych oraz nawozu o spowolnionym uwalnianiu tego składnika.

Wykorzystanie azotu z zastosowanych nawozów [W_N] obliczono według 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 nawożonym [$\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$]; P_0 – pobranie azotu z plonem bulw w obiekcie kontrolnym [$\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$]; N – dawka azotu [$\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$].

Efektywność zastosowanego azotu [E_p] wyliczono według wzoru: $E_p = [Y_N - Y_0] / N$, gdzie: E_p – efektywność produkcyjna [ilość kg bulw na 1 kg N zastosowanego]; Y_N – plon bulw w obiekcie nawożonym [$\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$]; Y_0 – plon bulw w obiekcie kontrolnym [$\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$]; N – dawka azotu [$\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$].

Wyniki doświadczeń 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 wariacyjnych, wykorzystując program Statistica. Procentowy udział poszczególnych komponentów wariacyjnych posłużył do oceny wpływu lat, rodzaju i terminu zastosowanych nawozów na zmienność plonu, efektywność, zawartość, pobranie i wykorzystanie azotu przez bulwy ziemniaka.

WYNIKI I DYSKUSJA

W przeprowadzonych badaniach wykazano, że plon suchej masy bulw różnił się istotnie w odniesieniu do rodzaju zastosowanych nawozów azotowych (tab. 3). Najmniejszy plon bulw uzyskano na obiekcie kontrolnym, a największy pod wpływem nawozu Azoslow, o spowolnionym uwalnianiu azotu. Należy jednak podkreślić, że plon bulw zebrany z obiektu nawożonego mocznikiem nie różnił się istotnie w porównaniu do plonu z obiektu z użyciem nawozu Azoslow. Z kolei plon bulw po zastosowaniu saletry amonowej i saletrzaku nie różnił się istotnie w stosunku do obiektu z mocznikiem. Średnio dla zastosowanych mineralnych nawozów azotowych uzyskano plon suchej masy bulw większy o 23,7% w porównaniu do obiektu kontrolnego. Ponadto wykazano, że średnio dla użytych nawozów termin stosowania nie miał istotnego wpływu na wielkość plonu bulw. Jedynie stosując azot w formie nawozu Azoslow w całości przed sadzeniem, uzyskano istotnie większy plon bulw w stosunku do dawki dzielonej. W ostatnich latach prowadzi się coraz więcej badań ze stosowaniem nawozów azotowych o kontrolowanym uwalnianiu składnika w różnych systemach produkcji polowej ziemniaka (Hutchinson i in. 2003, Kang i Han 2005, Pack i in. 2006) i na ogół potwierdza się korzystniejsze

ich oddziaływanie niż nawozów tradycyjnych na plonowanie ziemniaka. Liegal i Walsh (1976) uprawiając odmianę Russet Burbank, uzyskali plon bulw istotnie większy po zastosowaniu azotu w formie nawozu o spowolnionym działaniu w porównaniu do mocznika i saletry amonowej, a Hutchinson i in. (2003) od 3 do 14% większy pod wpływem różnych form nawozów azotowych o spowolnionym uwalnianiu składnika w stosunku do saletry amonowej, co potwierdziły badania własne. Shoji i in. (2001) oraz Zvomuya i Rosen (2001) również stwierdzili istotny wzrost plonu bulw po zastosowaniu nawozu azotowego o spowolnionym działaniu w stosunku do mocznika. W badaniach Zvomuya i in. (2003) plon handlowy bulw po zastosowaniu nawozów o kontrolowanym uwalnianiu azotu był większy od 12 do 19%, niż po zastosowaniu mocznika. Z kolei Waddell i in. (1999) uzyskali plon bulw mniejszy po zastosowaniu nawozu o spowolnionym uwalnianiu azotu niż pod wpływem mocznika. W badaniach własnych wykazano tendencję wzrostu plonu bulw ziemniaka pod wpływem zastosowania nawozu o kontrolowanym uwalnianiu azotu w stosunku do mocznika.

Tabela 3. Wpływ rodzaju nawozu i terminu stosowania na plon suchej masy bulw i efektywność produkcyjną azotu

Table 3. Influence of the kind of fertiliser and time of application on yield of dry mass of tubers and nitrogen production efficiency

Termin stosowania Time of application	Rodzaj nawozu / Kind of fertilizer					Średnia Mean
	Bez azotu No nitrogen	Azoslow	Mocznik Urea	Saletra Nitrate	Saletrzak Nitro-chalk	
	Plon bulw t·ha ⁻¹ / Yield of tubers t ha ⁻¹					
1*	9,9	12,8	12,4	12,1	12,1	11,8
2*	9,9	12,3	12,2	12,0	11,9	11,7
Średnia / Mean	9,9	12,6	12,3	12,1	12,0	
	Efektywność produkcyjna kg bulw na 1 kg N / Production efficiency kg tubers per 1 kg N					
1*	–	29,2	25,0	22,3	22,2	24,7
2*	–	23,3	23,0	21,7	20,1	22,0
Średnia / Mean	–	26,3	24,0	22,0	21,1	

1* – Przed sadzeniem (100%) / Before planting (100%); 2* – Przed sadzeniem (50%) + Przed wschodami (50%) / Before planting (50%) + Before emergence (50%); Dla plonu bulw / For tubers yield: NIR_{0,05} dla rodzaju nawozu – 0,3 t; NIR_{0,05} dla terminu stosowania – r.n. / LSD_{0,05} for kind of fertilizer – 0.3 t; LSD_{0,05} for time of application – n.s.; NIR_{0,05} dla współdziałania: rodzaj x termin – 0,4 t. / LSD_{0,05} for interaction: kind x time – 0.4 t; Dla efektywności azotu / For nitrogen efficiency: NIR_{0,05} dla rodzaju nawozu – 2,2 kg; NIR_{0,05} dla terminu stosowania – 1,2 kg / LSD_{0,05} for kind of fertilizer – 2.2 kg; LSD_{0,05} for time of application – 1.2 kg; NIR_{0,05} dla współdziałania: rodzaj x termin – 2,9 kg / LSD_{0,05} for interaction: kind x time – 2.9 kg

Wielkość plonu zbieżna była z efektywnością masy bulw uzyskanej po zastosowaniu azotu w formie poszczególnych nawozów (tab. 3). Największą produktywność bulw z 1 kg azotu uzyskano, stosując nawóz Azoslow, a istotnie

najmniejszą po użyciu saletrzaku. Produktywność azotu w odniesieniu do masy bulw zależała również od terminu stosowania nawozów. Istotnie większą efektywność azotu uzyskano, stosując całkowitą dawkę tego składnika przed sadzeniem bulw niż w dawce podzielonej, co szczególnie dotyczyło użycia nawozu Azoslow.

Analiza zawartości azotu ogółem w bulwach rozbieżna była z wielkością uzyskanego plonu bulw. Odwrotnie niż w przypadku plonu bulw istotnie mniejszą zawartość azotu w bulwach stwierdzono po zastosowaniu nawozów: Azoslow i mocznika w stosunku do nawozów: saletry amonowej i saletrzaku. Podobnie odwrotną zależność dotyczącą plonu i zawartości azotu w bulwach wykazano w odniesieniu do terminu stosowania nawozów. Stosując nawozy w jednej dawce, przed sadzeniem, wykazano, że zawartość azotu w bulwach była większa niż z podziałem na dwie części, w przypadku saletry amonowej i saletrzaku były to różnice udowodnione statystycznie.

Ilość pobranego przez bulwy azotu, podobnie jak wielkość plonu bulw i zawartość azotu w bulwach, różniła się istotnie w stosunku do rodzaju zastosowanych nawozów (tab. 4). Największe pobranie azotu z plonem bulw uzyskano po zastosowaniu nawozu Azoslow. Różnica w pobraniu azotu przez bulwy na korzyść nawozu o spowolnionym uwalnianiu azotu wyniosła 37,8% w stosunku do obiektu kontrolnego. Większa zawartość azotu w bulwach po zastosowaniu dzielonej dawki azotu w formie saletry amonowej i saletrzaku zadecydowała prawdopodobnie o większym pobraniu azotu z plonem na tych obiektach w porównaniu do nawozów: Azoslow i mocznika.

Podobne do pobrania azotu z plonem bulw było oddziaływanie badanych czynników na wykorzystanie azotu z zastosowanych nawozów przez bulwy ziemniaka (tab. 4). Istotnie większe o 1,8% (w wartościach rzeczywistych) wykorzystanie azotu przez bulwy stwierdzono po zastosowaniu nawozu Azoslow w porównaniu do pozostałych nawozów. Cambouris i in. (2016) po 5-letnim okresie badań uzyskali podobne wykorzystanie azotu z nawozu o spowolnionym działaniu w stosunku do saletry amonowej. Współdziałanie rodzaju nawozu z terminem zastosowania udowodniło istotnie większe wykorzystanie azotu przez bulwy z nawozu Azoslow użytego w całości przed sadzeniem niż w dawce podzielonej, natomiast w przypadku nawozów szybko działających, czyli saletry amonowej i saletrzaku stwierdzono odwrotną zależność. W badaniach Zebartha (2004) oraz Zvomuya i in. (2003) zastosowane nawozy o kontrolowanym uwalnianiu azotu poprzez korzystniejsze oddziaływanie na wielkość plonu bulw, w stosunku do zwykłych, wpłynęły na większe pobranie z plonem i wykorzystanie azotu przez bulwy ziemniaka, a przez to wykazano mniejszą ilość tego składnika w glebie po zbiorze bulw ziemniaka.

Tabela 4. Wpływ rodzaju nawozu i terminu stosowania na zawartość azotu w bulwach, pobranie azotu z plonem oraz jego wykorzystanie przez bulwy**Table 4.** Influence of the kind of fertilizer and time of application on content of nitrogen in tubers, nitrogen uptake with the yield, and utilisation by tubers

Termin stosowania Time of application	Rodzaj nawozu / Kind of fertilizer					Średnia Mean
	Bez azotu No nitrogen	Azoslow	Mocznik Urea	Saletra Nitrate	Saletrzak Nitro-chalk	
Zawartość azotu % / Content of nitrogen %						
1*	1,17	1,27	1,30	1,30	1,30	1,27
2*	1,17	1,28	1,30	1,33	1,34	1,28
Średnia / Mean	1,17	1,28	1,30	1,32	1,32	
Pobranie azotu kg N · ha ⁻¹ / Nitrogen uptake kg N ha ⁻¹						
1*	116,3	162,3	158,7	157,3	157,8	150,5
2*	116,3	158,2	158,3	160,0	159,4	150,4
Średnia / Mean	116,3	160,3	158,5	158,6	158,6	
Wykorzystanie azotu przez bulwy % / Nitrogen utilization by tubers %						
1*	–	46,0	42,3	40,9	41,4	42,6
2*	–	41,9	42,2	43,6	43,0	42,7
Średnia / Mean	–	44,0	42,2	42,3	42,2	

1* – Przed sadzeniem (100%)/Before planting (100%); 2* – Przed sadzeniem (50%) + Przed wschodami (50%) / Before planting (50%) + Before emergence (50%); Dla zawartości N / For N content: NIR_{0,05} dla rodzaju nawozu – 0,01%; NIR_{0,05} dla terminu stosowania – r.n. / LSD_{0,05} for kind of fertilizer – 0.01%; LSD_{0,05} time of application – n.s.; NIR_{0,05} dla współdziałania: rodzaj x termin – 0,02%; LSD_{0,05} for interaction: kind x time – 0.02%; Dla pobrania / For uptake: NIR_{0,05} dla rodzaju nawozu – 1,6 kg; NIR_{0,05} dla terminu stosowania – r.n. / LSD_{0,05} for kind of fertilizer – 1.6 kg; LSD_{0,05} time of application – n.s.; NIR_{0,05} dla współdziałania: rodzaj x termin – 2,6 kg / LSD_{0,05} for interaction: kind x time – 2.6 kg; Dla wykorzystania / For utilization: NIR_{0,05} dla rodzaju nawozu – 1,5%; NIR_{0,05} dla terminu stosowania – r.n. / LSD_{0,05} for kind of fertilizer – 1.5%; LSD_{0,05} time of application – n.s.; NIR_{0,05} dla współdziałania: rodzaj x termin – 1,9% / LSD_{0,05} for interaction: kind x time – 1.9%

Z analizy udziału badanych czynników w zmienności całkowitej odnośnie kształtowania wielkości i efektywności plonu, zawartości azotu oraz wykorzystania azotu z nawozów wynikało, że największy wpływ na te cechy miał czynnik losowy, czyli przebieg warunków pogodowych w latach (tab. 5). Podobnie wysoki wpływ warunków pogodowych w latach badań na plon bulw, pobranie oraz wykorzystanie azotu przez bulwy ziemniaka wykazano we wcześniejszych badaniach własnych (Wierzbicka i Trawczyński 2011) i innych autorów (Mazurczyk i in. 2005, Sawicka i in. 2011). W przypadku ilości pobranego azotu z plonem bulw wykazano dominujące znaczenie rodzaju nawozu (64%). Natomiast na efektywność produkcyjną azotu, oprócz lat badań, znaczny wpływ miał termin stosowania nawozów, co stanowiło 26,4% udziału tej cechy w zmienności całkowitej. Stwierdzono również wysoce istotny udział w zmienności współdziałania rodzaju nawozu i terminu stosowania na wykorzystanie azotu przez bulwy ziemniaka. W przyszłości należy

się liczyć ze znacznym wzrostem zużycia nawozów o kontrolowanym uwalnianiu składników ze względu na dążenie do zmniejszenia niekorzystnego wpływu nawożenia na środowisko oraz rozwój proekologicznych technologii produkcji poprawiających wykorzystanie i ograniczających straty tego składnika (Hartz 2006, Shaviv i Mikkelsen 1993, Wang i Alva 1996).

Tabela 5. Wyniki analizy wariancji dla plonu bulw, efektywności zastosowania, zawartości azotu w bulwach, pobrania z plonem i wykorzystania azotu przez bulwy

Table 5. Results of variance analysis for values of tubers yield, efficiency of application, content of nitrogen in tubers, uptake with the yield and nitrogen utilization by tubers

Badane parametry Tested parameters	Istotność wpływu Significance of the influence						Udział w wariancji całkowitej (%) Share in total variability (%)					
	1	2	3	1x2	2x3	1x2x3	1	2	3	1x2	2x3	1x2x3
	Plon / Yield	xx	xx	-	x	-	x	76,3	17,3	0,9	2,3	0,5
Efektywność / Efficiency	xx	x	xx	x	-	x	50,0	5,9	26,4	8,3	1,6	7,8
Zawartość N / Content of N	xx	x	-	-	-	-	94,5	3,9	0,1	0,5	0,2	0,8
Pobranie / Uptake	xx	xx	-	-	-	-	33,9	64,0	0,6	0,5	0,3	0,7
Wykorzystanie / Utilization	xx	xx	-	x	xx	x	53,6	11,2	0,9	7,7	18,6	8,0

1 – Lata / Years; 2 – rodzaj nawozu / kind of fertilizers; 3 – termin stosowania / Time of application; Istotny przy $p = 0,05 - x$; $p = 0,01 - xx$ / significant at $p = 0.05 - x$; $p = 0.01 - xx$

WNIOSKI

1. Po zastosowaniu nawozu Azoslow, o spowolnionym uwalnianiu azotu, uzyskano istotnie większy plon suchej masy bulw ziemniaka w porównaniu do plonu po zastosowaniu saletry amonowej i saletrzaku.

2. Stwierdzono istotnie największą efektywność produkcyjną masy bulw z 1 kg azotu po zastosowaniu całkowitej dawki nawozu Azoslow przed sadzeniem bulw.

3. Istotnie większe wykorzystanie azotu przez bulwy uzyskano po zastosowaniu nawozu Azoslow w porównaniu do mocznika, saletry amonowej i saletrzaku.

4. Zastosowanie podzielonej dawki azotu przyczyniło się do lepszego wykorzystania tego składnika przez bulwy z saletry amonowej i saletrzaku oraz spadku wykorzystania z nawozu Azoslow.

PIŚMIENNICTWO

- Cambouris A.N., St. Luce M., Zebarth B.J., Ziadi N., Grant C.A., Perron I., 2016. Potato response to nitrogen sources and rates in an irrigated sandy soil. *Agron. J.*, 108(1), 391-401.
- Errebhi M., Rosen C.J., Gupta S.C., Birong D.E., 1998. Potato yield response and nitrate leaching as influenced by nitrogen management. *Agron. J.*, 90, 10-15.
- Fotyma E., 1997. Efektywność nawożenia azotem podstawowych roślin uprawy polowej. *Fragm. Agronom.*, 1(53), 46-66.
- Fotyma M., 2009. Monitoring of N_{min} content in soil of Poland. *Nawozy i Nawożenie* 37, 108-128.

- Gorlach E., Mazur T., 2001. Chemia rolna. Wyd. PWN Warszawa.
- Hartz T.K., 2006. Vegetable production best management practices to minimize nutrient loss. Hort. Technology, 16, 398-403.
- Hutchinson C.M., Simonne E., Solano P., Meldrum J., Livingston-Way P., 2003. Development of a controlled-release fertilizer program for north Florida irish potato (*Solanum tuberosum*) production. J. Plant Nutr., 26(9), 1709-1723.
- Joern B.C., Vitosh M.L., 1995. Influence of applied nitrogen on potato. Part I: yield, quality and nitrogen uptake. Am. Potato J., 72, 51-63.
- Kang B.K., Han S.H., 2005. Production of seed potato (*Solanum tuberosum* L.) under the recycling capillary culture system using controlled release fertilizers. J. Soc. Hort. Sci., 74, 295-299.
- Korzeniowska J., 2009. Postęp w badaniach nad nawozami o kontrolowanym działaniu. Studia i Raporty IUNG – PIB, 18, 9-26.
- Liegel E.A., Walsh L.M., 1976. Evaluation of sulfur-coated urea (SCU) applied to irrigated potatoes and corn. Agron. J., 68, 457-463.
- 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.
- Mazurczyk W., Wierzbicka A., Wroniak J., 2005. Wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przez odmiany wczesne ziemniaka. Fragm. Agronom., 1, 512-520.
- Pack J.E., Hutchinson C.M., Simonne E.H., 2006. Evaluation of controlled release fertilizers for northeast Florida chip potato production. J. Plant Nutr., 29, 1301-1313.
- 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.
- Shaviv A., Mikkelsen R.L., 1993. Controlled-release fertilizers to increase efficient of nutrient use and minimize environmental degradation: A review. Fert. Res., 35, 1-12.
- Shoji S., Delgado J., Mosier A., Miura Y., 2001. Use of controlled-release fertilizers and nitrification inhibitors to increase nitrogen use efficiency and to conserve air and water quality. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 32(7-8), 1051-1070.
- Trawczyński C., Wierzbicka A., 2014. Pobranie i wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przez odmiany ziemniaka o różnej wczesności. Biul. IHAR, 271, 45-54.
- Waddell J.T., Gupta S.C., Moncrief J.F., Rosen C.J., Steele D.D., 1999. Irrigation and nitrogen management effects on potato yield, tuber quality and nitrogen uptake. Agron. J., 91 991-997.
- Wang F.I., Alva A.K., 1996. Leaching of nitrogen from slow-release urea sources in sandy soils. Soil. Sci. Soc. Am. J., 60, 1454-1458.
- 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.
- Zvomuya F., Rosen C.J., 2001. Evaluation of polyolefin-coated urea for potato production on a sandy soil. HortScience., 36(6), 1057-1060.
- Zvomuya F., Rosen C.J., Russelle M.P., Gupta S.C., 2003. Nitrate leaching and nitrogen recovery following application of poly-olefin coated urea to potato. J. Environ. Qual., 32, 489-489.

THE INFLUENCE OF SLOW-RELEASE NITROGEN FERTILISER ON UTILIZATION OF THIS COMPONENT BY POTATO TUBERS

Cezary Trawczyński

Department of Potato Agronomy

Plant Breeding and Acclimatization Institute – National Research Institute, Division of Jadwisin

ul. Szaniawskiego 15, 05-140 Serock, Poland

e-mail: c.trawczynski@ihar.edu.pl

Abstract. The aim of the field experiment conducted in the years 2014-2016 at the Plant Breeding and Acclimatisation Institute, Department at Jadwisin, was to determine the potato tuber yield and the uptake and utilisation of nitrogen from the fertilizer Azoslow with slow release of nitrogen, in comparison to conventional nitrogen fertilisers (Urea, Ammonium nitrate, Nitro-chalk). The study was conducted on soil fertilized organically with straw and an intercrop of white mustard. In this experiment a constant level of nitrogen 100 kg N ha^{-1} , phosphorus $17.5 \text{ kg P ha}^{-1}$ and potassium $99.6 \text{ kg K ha}^{-1}$ was used. Mineral fertilisation with phosphorus and potassium was applied in the autumn under ploughing. Mineral fertilisation with nitrogen was applied in the spring in two variants: before planting of tubers – 100%, and a divided dose – 50% before planting of tubers + 50% just before the emergence of potato plants. The control was the treatment without the use of mineral nitrogen. In the treatment with the application of the fertiliser Azoslow, with slow release of nitrogen, a significantly higher yield of tubers was noted compared to the control treatment and in the treatments with Ammonium nitrate and Nitro-chalk. After applying the fertilisers in the full dose before the planting of tubers a significantly higher production efficiency of nitrogen was observed in relation to the dose divided into two parts. Significantly greater nitrogen utilisation by potato tubers was found after the application of the fertilizer Azoslow, compared to Urea, Ammonium nitrate and Nitro-chalk.

Key words: nitrogen fertilizers, yield, nitrogen uptake, nitrogen production efficiency, potato