

CEZARY TRAWCZYŃSKI

Zakład Agronomii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział Jadwisin

Reakcja na nawożenie mineralne azotem trzech nowych odmian ziemniaka jadalnego w latach 2010–2012

Reaction of three new table potato cultivars to mineral nitrogen fertilization in the years 2010–2012

Celem doświadczeń było określenie wymagań nawozowych oraz wpływu zróżnicowanego poziomu nawożenia azotem na plon bulw, zawartość skrobi, azotanów i suchej masy w bulwach w odniesieniu do trzech odmian ziemniaka: Ametyst, Jutrzenka i Tetyda. Badania przeprowadzono na glebie lekkiej, na której przyorano słomę i poplon z gorczycy białej. W badaniach stosowano zróżnicowane nawożenie mineralne azotem: 0, 50, 100, 150 i 200 kg N·ha⁻¹ oraz jednakową dawkę fosforu — 17,5 kg P·ha⁻¹ i potasu — 108 kg K·ha⁻¹, wynikającą z zasobności gleby w te składniki. Dla odmian ustalono maksymalne dawki azotu i określono ich efektywność. Wykazano, że odmiany Ametyst i Jutrzenka charakteryzowały się średnimi wymaganiami odnośnie dawki azotu, natomiast odmiana Tetyda małymi. Efektywność agronomiczna dawki azotu zbliżona była dla odmian Ametyst i Jutrzenka (138 i 139 kg bulw na 1 kg N) i większa dla odmiany Tetyda (156 kg bulw na 1 kg N). Analizowane czynniki: przebieg pogody (opady, temperatura powietrza) w okresie wegetacji roślin; poziom nawożenia mineralnego azotem oraz właściwości genetyczne odmian miały istotny wpływ na zawartość wybranych elementów składu chemicznego bulw.

Słowa kluczowe: azotany, azot, dawki, skrobia, sucha masa, wymagania nawozowe, ziemniak

The aim of experiments was to define the fertilization requirements for three potato cultivars (Ametyst, Jutrzenka and Tetyda) and to assess the influence of different nitrogen fertilization levels on the yield as well as on starch, nitrates and dry matter contents in tubers. The experiment was carried out on light soil, on which straw and aftercrop of white mustard were applied. In these experiments 5 levels of mineral nitrogen fertilization were applied: 0, 50, 100, 150 and 200 kg N·ha⁻¹, at the constant levels of phosphorus — 17.5 kg P·ha⁻¹ and potassium — 108 kg K·ha⁻¹ that were based on measured soil contents. Maximum nitrogen doses and their efficiency were established for tested cultivars. It was found that cultivars Ametyst and Jutrzenka required medium nitrogen dosage but cultivar Tetyda had low requirement for nitrogen. The agronomical efficiency of nitrogen dose for cultivars Ametyst and Jutrzenka was similar (138 and 139 kg of tubers per 1 kg of N) and for cultivar Tetyda it was higher (156 kg of tubers per 1 kg of N). The analysed factors: weather conditions (rainfall, air temperature) in

vegetation period; level of mineral nitrogen fertilization and genetic properties of cultivar significantly affected the contents of selected chemical elements in tubers

Key words: doses, dry matter, fertilization requirements, nitrates, nitrogen, potato, starch

WSTĘP

Azot spośród stosowanych w nawożeniu składników ma największy wpływ na plon i skład chemiczny bulw ziemniaka (Chotkowski, 1997; Leszczyński, 2002; Lisińska, 2006). Jedną z metod ustalenia potrzeb nawozowych w stosunku do azotu jest reakcja plonu bulw na wzrastający poziom nawożenia tym składnikiem (Mercik, 2002). Odmiany ziemniaka odznaczają się różną reakcją plonu na zastosowany azot, dlatego zapotrzebowanie na ten składnik należy rozpatrywać w odniesieniu do poszczególnych odmian (Wierzejska-Bujakowska, 1996 a; Jabłoński, 2004 b; Trawczyński, 2004; 2007; 2008). Ustalone wymagania nawozowe w odniesieniu do nowych odmian ziemniaka pozwalają na dostosowanie agrotechniki do uprawy danej odmiany i przez to uzyskanie możliwie największych efektów produkcyjnych (Roztropowicz, Wierzejska-Bujakowska, 1993; Trawczyński, 2010). Zróżnicowane nawożenie w zależności od przebiegu warunków pogodowych w okresie wegetacji roślin umożliwia ocenę zmienności najważniejszych cech składu chemicznego bulw, decydujących o ich jakości i przydatności do określonego kierunku wykorzystania (Lis, 1996; Jabłoński, 2006; Wierzbicka i in., 2008).

Celem badań było określenie wpływu poziomu nawożenia azotem i warunków pogodowych w okresie wegetacji na plon bulw, zawartość skrobi, azotanów i suchej masy w bulwach oraz wymagań nawozowych.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2010–2012 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział w Jadwisinie w ścisłych doświadczeniach polowych i laboratoryjnych analizowano reakcję trzech średnio wczesnych jadalnych odmian ziemniaka na nawożenie azotem. Doświadczenia 2-czynnikowe zakładano metodą losowanych bloków w 3 powtórzeniach. Czynnikiem pierwszego rzędu były zróżnicowane dawki azotu (0, 50, 100, 150 i 200 kg N·ha⁻¹), a drugiego rzędu odmiany (Ametyst, Jutrzenka, Tetyda).

Badania przeprowadzono na glebie lekkiej, o składzie mechanicznym piasku gliniastego lekkiego. Gleba w poszczególnych latach badań wykazywała kwaśny odczyn, wysoką zasobność w przyswajalny fosfor oraz średnią w potas i średnią do wysokiej magnezu (tab. 1).

Warunki pogodowe w okresie wegetacji oceniono na podstawie odchyień od średnich z wielolecia opadów i temperatury powietrza (tab. 2). Z danych tych wynika, że rok 2010 był bardzo wilgotny w początkowym okresie wzrostu roślin ziemniaka, czerwiec był suchy, a kolejne miesiące wegetacji tego roku z opadami 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 kumulacji 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 we wszystkich głównych miesiącach wzrostu i rozwoju roślin ziemniaka oraz w okresie kumulacji plonu bulw (czerwiec, lipiec, sierpień) zanotowano dostateczną ilość opadów (powyżej średniej z wielolecia) oraz było umiarkowanie chłodno (temperatury powietrza poniżej średniej z wielolecia).

Tabela 1

Zawartość przyswajalnych form P, K, Mg oraz pH gleby w latach 2010–2012
Soil pH and contents of available forms of P, K and Mg in the years 2010–2012

Rok Year	pH w KCl pH in KCl	Zawartość w glebie Content in the soil		
		P	K	Mg
2010	5,0	7,4	12,0	4,2
2011	5,1	6,6	9,8	3,3
2012	5,4	8,5	10,7	7,1

Tabela 2

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

Rok Year	Odchylenie od średniej wieloletniej Deviations from long term average									
	opady i miesiąc rainfalls and month					temperatura powietrza i miesiąc temperature and month				
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
2010	+110,8	-12,0	+22,7	+46,3	+21,3	-1,2	0,0	+1,5	+0,4	-2,0
2011	-22,9	-30,2	+200,1	-1,9	-30,5	-0,4	+1,0	-1,5	-2,4	+0,6
2012	-2,6	+20,6	+13,2	+27,2	-21,1	+0,3	-0,9	-3,2	-0,3	-0,3

Nawożenie organiczne stanowiła przyorywana po żniwach słoma pszenna oraz jesienią zielona masa poplonu ścierniskowego z gorczycy białej. Nawożenie mineralne fosforem i potasem stosowano w oparciu o zasobność gleby w przyswajalne formy tych składników. Z uwagi na wysoką zasobność gleby w fosfor oraz średnią w potas, każdego roku jesienią przed wykonaniem orki przedzimowej stosowano $17,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ P i $108 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ K. Nawożenie mineralne azotem stosowano wiosną bezpośrednio przed sadzeniem bulw (na obiektach z dawkami 50 i $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ N) oraz uzupełniającą ilość (na obiektach z dawkami 150 i $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ N) bezpośrednio przed wschodami roślin ziemniaka, przed ostatnim obredlaniem.

Chwasty niszczone mechanicznie (2-krotnie obsypnik z łańcuchami) i chemicznie, z wykorzystaniem herbicydów: Afalon 450SC i Titus 23WG. Zabiegi przeciwko stoncy i zarazie ziemniaka przeprowadzano wg zalecanych zasad agrotechniki.

Ziemniaki sadzano 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 masę plonu bulw z każdego poletka oraz pobierano 5-kilogramowe próby w celu oznaczenia zawartości skrobi, azotanów, suchej masy i azotu ogólnego w suchej masie bulw. Z zależności pomiędzy wielkością plonu bulw a dawką azotu określono

zapotrzebowanie odmian na azot. Na podstawie parametrów funkcji kwadratowej: $Y = a + bX + cX^2$, gdzie: Y = plon bulw; X = dawka azotu; a = plon przy dawce $0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$; b = przyrost plonu na 1 kg dawki N ; c = współczynnik zmniejszającego się przyrostu plonu, wyznaczono wielkość maksymalnej dawki azotu: $X_{\max} = -b/2c$. Następnie wyliczono plon bulw dla maksymalnej dawki azotu: $Y_{\max} = (a - b^2)/4c$ oraz efektywność agronomiczną maksymalnej dawki azotu: $E_A = (Y_N - Y_0)/N$, gdzie: Y_N = plon bulw przy maksymalnej dawce azotu; Y_0 = plon bulw na obiekcie bez azotu; N = dawka azotu (Mercik, 2002). Określenie wymagań względem dawki azotu mineralnego dla badanych odmian przeprowadzono przy zastosowaniu ustalonego na podstawie wieloletnich badań podziału odmian ziemniaka na 3 grupy: o małych (poniżej 145), średnich (145–177) i dużych wymaganiach (powyżej $177 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$) (Wierzejska-Bujakowska, 1994, 1996 a; Trawczyński, 2004).

Zawartość skrobi oznaczono metodą hydrostatyczną na podstawie pomiaru gęstości bulw ważonych w powietrzu i pod wodą, posługując się wagą elektroniczną. Analizę zawartości azotanów (NO_3^-) wykonywano reflektometrycznie przy użyciu urządzenia RQ Flex Merck według metodyki Merck. Suchą masę oznaczono metodą suszarkową, poprzez suszenie zmielonych próbek w temperaturze 60°C , a następnie dosuszanie w temperaturze 105°C .

Wyniki doświadczeń opracowano posługując się analizą wariancji i regresji przy wykorzystaniu programu statystycznego SAS Enterprise Guide. Analizę porównania średnich przeprowadzono z wykorzystaniem testu zakresu studentyzowanego Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wielkość plonu bulw odmian była istotnie zależna od zastosowanej dawki azotu (tab. 3). Średnio dla odmian, przyrost plonu notowano do dawki $150 \text{ kg} \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$, ale dla odmiany Ametyst wielkość plonu bulw utrzymywała się na tym samym poziomie w zakresie dawek od 100 do $200 \text{ kg} \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$. U odmiany Jutrzenka jeszcze po zastosowaniu dawki $150 \text{ kg} \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$ zanotowano istotny przyrost plonu w stosunku do dawki $100 \text{ kg} \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$, a pod wpływem dawki $200 \text{ kg} \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$ istotny jego spadek. W odniesieniu do odmiany Tetyda istotny przyrost plonu stwierdzono tylko do dawki $100 \text{ kg} \text{ N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Przeprowadzona analiza regresji wykazała, że poziom plonu bulw w stosunku do wzrastających dawek azotu kształtował się według krzywej parabolicznej i wskazywał na zróżnicowanie odmian pod względem wymagań odnośnie azotu mineralnego. Na podstawie reakcji roślin ziemniaka wyrażonej plonem bulw na wzrastające dawki azotu stwierdzono, że maksymalna dawka azotu wynosiła $130 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ dla odmiany Tetyda, natomiast dla odmian: Ametyst i Jutrzenka odpowiednio 154 i $155 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 4). W oparciu o ustalony podział pod względem zapotrzebowania na azot mineralny (Trawczyński, 2004), odmiana Tetyda zaliczała się do grupy o małych wymaganiach, natomiast odmiany Ametyst i Jutrzenka do grupy o średnich wymaganiach (tab. 4).

Tabela 3

Wpływ poziomu nawożenia azotem na plon bulw ($t \cdot ha^{-1}$) (2010–2012)
The influence of nitrogen doses on the yield of tubers ($t \cdot ha^{-1}$) (2010–2012)

Odmiana Cultivar	Dawka N $kg \cdot ha^{-1}$ Dose of N $kg \cdot ha^{-1}$					Średnio Mean
	0	50	100	150	200	
Ametyst	42,4	54,9	62,1	62,4	62,5	56,9
Jutrzenka	37,8	51,0	55,4	60,8	57,7	52,5
Tetyda	42,6	55,3	62,1	61,2	56,4	55,5
Średnia Mean	40,9	53,7	59,9	61,5	58,9	
NIR _{0,05}	3,0					2,0
LSD _{0,05}						
Lata badań Years of investigation						
	2010	2011				2012
Ametyst	50,4	47,0				73,2
Jutrzenka	47,1	41,5				69,0
Tetyda	53,7	39,0				73,9
Średnia Mean	50,4	42,5				72,0
NIR _{0,05}						2,0
LSD _{0,05}						

Tabela 4

Parametry równań określające wielkość i efektywność maksymalnej dawki azotu, plon oraz wymagania nawozowe odmian (lata 2010–2012)
Equations parameters determining size and efficiency of maximum nitrogen dose, yield and fertilization requirements for cultivars (years 2010–2012)

Odmiana Cultivar	Parametry równań Equations parameters			Wielkość maksymalnej dawki N ($kg \cdot ha^{-1}$) Maximum N dose ($kg \cdot ha^{-1}$)	Plon bulw ($t \cdot ha^{-1}$) Yield of tubers ($t \cdot ha^{-1}$)	Efektywność agronomiczna (kg bulw na 1 kg N) Agronomical efficiency (kg tubers per 1 kg N)	Wymagania nawozowe Fertilization requirements
	a	b	c				
Ametyst	42,8	0,2764	-0,0009	154	64,0	138	średnie* medium
Jutrzenka	38,1	0,2789	-0,0009	155	59,7	139	średnie* medium
Tetyda	42,7	0,3115	-0,0012	130	62,9	156	małe** low

*-, **-

Właściwe nawożenie należy opierać na dawkach zalecanych, które są mniejsze o około 20–40 $kg \cdot ha^{-1}$ niż dawki maksymalne (Trawczyński, 2004). Zastosowanie odpowiedniej dawki azotu pozwala uzyskać wysoką efektywność nawożenia. Przy maksymalnej dawce azotu uzyskano 138 i 139 kg bulw na 1 kg zastosowanego azotu dla odmian Ametyst i Jutrzenka oraz 156 kg bulw na 1 kg tego składnika u odmiany Tetyda (tab. 4).

Zróznicowana reakcja badanych odmian w plonowaniu bulw na zastosowane nawożenie mineralne azotem jest potwierdzeniem wcześniejszych doniesień (Jabłoński,

2002, 2004 a, 2004 b, 2006; Trawczyński 2004, 2007; Trawczyński, Wierzbicka, 2011; Wierzbicka, Lis 2002; Wierzbicka, 2006).

Istotne zróżnicowanie plonu bulw uzyskano we wszystkich latach badań. Najbardziej sprzyjający plonowaniu bulw był trzeci rok badań, w którym w miesiącach kumulacji plonu bulw (czerwiec, lipiec, sierpień) nie stwierdzono braku wody (zapotrzebowano opady powyżej średniej z wielolecia). Istotnie najmniejszy plon bulw uzyskano w roku 2011, w którym okres posuchy w czasie wegetacji przeplatał się z wysokimi opadami. Ocena komponentów wariacyjnych wykazała, że czynnikowi związanemu z warunkami pogodowymi okresu wegetacji przypisać można 81,5% zmienności całkowitej plonu bulw, czynnikowi nawozowemu 14,6%, a genetycznemu tylko 1,6% (tab. 8). Podobnie wysoki udział warunków wegetacji w kumulacji plonu bulw oraz najniższy w odniesieniu do cech genetycznych odmian stwierdziła Sawicka i in. (2011).

Poziom nawożenia azotem i układ warunków wodno-termicznych w okresie wegetacji roślin miały również istotny wpływ na zawartość skrobi, azotanów i suchej masy w bulwach (tab. 5, 6, 7). Przyrost zawartości skrobi w bulwach analizowanych odmian ziemniaka zaznaczył się do dawki 100 kg N·ha⁻¹, a istotnie największą zawartość tego składnika w bulwach odnotowano u odmiany Ametyst. Dawki azotu: 150 i 200 kg N·ha⁻¹ wywierały ujemny wpływ na zawartość skrobi w bulwach (tab. 5).

Tabela 5

Wpływ poziomu nawożenia azotem na procentową zawartość skrobi w bulwach (2010–2012)
The influence of nitrogen doses on starch content (%) in tubers (2010–2012)

Odmiana Cultivar	Dawka N kg·ha ⁻¹ Dose of N kg·ha ⁻¹					Średnia Mean
	0	50	100	150	200	
Ametyst	14,0	14,3	14,8	14,5	14,5	14,4
Jutrzenka	13,7	13,9	14,0	13,7	13,6	13,8
Tetyda	11,4	11,9	12,1	11,7	11,4	11,7
Średnia Mean	13,0	13,4	13,6	13,3	13,2	
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,3					0,2
Lata badań Years of investigation						
	2010		2011		2012	
Ametyst	12,0		15,4		15,9	
Jutrzenka	12,4		14,2		14,7	
Tetyda	10,8		11,4		12,9	
Średnia Mean	11,7		13,6		14,5	
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	0,2					

Niższą zawartość skrobi w bulwach stwierdzono w latach o zmiennym przebiegu warunków pogodowych, szczególnie nierównomiernym rozkładzie opadów deszczu w okresie wegetacji (lata 2010 i 2011), niż w roku 2012, w którym opady w okresie wzrostu i rozwoju roślin (czerwiec, lipiec, sierpień) były wystarczające, utrzymywały się powyżej średniej z wielolecia.

Tabela 6

Wpływ poziomu nawożenia azotem na zawartość azotanów ($\text{mg NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ św. m.) w bulwach (2010–2012)

The influence of nitrogen doses on the content of nitrates ($\text{mg NO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ fr. w.) in tubers. (2010–2012)

Odmiana Cultivar	Dawka N $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Dose of N $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$					Średnio Mean
	0	50	100	150	200	
Ametyst	11	14	17	19	20	16
Jutrzenka	22	26	40	51	64	40
Tetyda	36	47	58	65	100	61
Średnia Mean	23	29	38	45	61	
NIR _{0,05}	8					5
LSD _{0,05}						
Lata badań Years of investigation						
	2010	2011		2012		
Ametyst	18	6		26		
Jutrzenka	61	17		43		
Tetyda	58	24		101		
Średnia Mean	46	16		56		
NIR _{0,05}	5					
LSD _{0,05}						

Tabela 7

Wpływ poziomu nawożenia azotem na procentową zawartość suchej masy w bulwach (2010–2012)

The influence of nitrogen doses on content of dry matter (%) in tubers (2010–2012)

Odmiana Cultivar	Dawka N $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ Dose of N $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$					Średnio Mean
	0	50	100	150	200	
Ametyst	21,9	22,0	23,0	22,7	23,0	22,5
Jutrzenka	21,5	22,2	22,9	21,7	21,4	21,9
Tetyda	20,3	19,8	20,1	19,7	19,9	20,0
Średnia Mean	21,2	21,3	22,0	21,4	21,4	
NIR _{0,05}	0,4					0,3
LSD _{0,05}						
Lata badań Years of investigation						
	2010	2011		2012		
Ametyst	19,1	23,7		24,8		
Jutrzenka	20,4	21,8		23,6		
Tetyda	18,5	19,9		21,5		
Średnia Mean	19,3	21,8		23,3		
NIR _{0,05}	0,3					
LSD _{0,05}						

Dotychczas przeprowadzone badania na różnych glebach potwierdzają niekorzystne oddziaływanie na zawartość skrobi w bulwach ziemniaka dużych dawek azotu oraz niesprzyjających warunków pogody objawiających się wysokimi opadami deszczu lub

okresową suszą, czy wysoką temperaturą powietrza w okresie wegetacji roślin (Roztropowicz, 1989; Wierzejska-Bujakowska, 1996 b; Jabłoński, 2002, 2004 a; Dmowski i in., 2004; Trawczyński, 2007). W badaniach zawartość skrobi w bulwach była związana głównie z czynnikiem środowiskowym (układem warunków pogodowych w okresie wegetacji) — 47,1% i genetycznym (różnice odmianowe) — 46,1%, a w niewielkim stopniu zależała od nawożenia azotem (tab. 8).

Tabela 8

Wyniki analizy wariancji dla plonu oraz zawartości skrobi, azotanów i suchej masy w bulwach (lata 2010–2012)

Results of variance analysis for values of yield and contents of starch, nitrates and dry matter in tubers (years 2010–2012)

Badane parametry Tested parameters	Istotność wpływu Significance of the influence						Udział w wariancji całkowitej (%) Share in total variance (%)					
	1	2	3	1×2	1×3	2×3	1	2	3	1×2	1×3	2×3
Plon Yield	xx	xx	x	-	-	-	81,5	14,6	1,6	0,7	1,1	0,5
Skrobia Starch	xx	-	xx	x	x	-	47,1	0,5	46,1	1,7	4,1	0,5
Azotany Nitrates	xx	xx	xx	x	xx	x	35,0	10,4	39,4	3,8	9,6	1,8
Sucha masa* Dry matter *	xx	-	xx	x	x	-	63,6	0,8	28,7	1,4	4,6	0,8

1 — Lata; Years

2 — Dawki azotu; Doses of N

3 — Odmiany; Cultivars

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

Significant at $p = 0.05$ — x; $p = 0.01$ — xx

Bulwy badanych odmian cechowały się niską skłonnością do kumulowania azotanów, ich zawartość niezależnie od wielkości zastosowanej dawki azotu wynosiła od 16 mg w bulwach odmiany Ametyst do 61 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ świeżej masy bulw u odmiany Tetyda. Nawożenie azotem jest głównym czynnikiem wpływającym na gromadzenie azotanów w bulwach stąd wraz z podwyższaniem dawki azotu do 200 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ wzrastała istotnie ich zawartość w bulwach u wszystkich odmian (tab. 6). Największym przyrostem azotanów w bulwach nawożonych najwyższą dawką azotu, tj. 200 $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ cechowała się odmiana Tetyda, u której wzrost wyniósł 64 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, zaś najmniejszą odmiana Ametyst, u której zawartość zwiększyła się tylko o 9 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ świeżej masy bulw. Niska zawartość azotanów w bulwach wynikała przede wszystkim z przebiegu warunków pogodowych w okresie wegetacji roślin. Lata z nadmiernymi okresowymi opadami (2010 i 2011) przyczyniły się prawdopodobnie do częściowego wymycia azotu z zastosowanego nawozu mineralnego i mniejszego jego pobrania przez rośliny ziemniaka, niż w roku o umiarkowanych opadach z równomiernym rozkładem (2012), co potwierdzili różni badacze (Reda, Łojkowska, 1993; Lis, 1996; Wierzbicka, Trawczyński, 2011; Trawczyński, Wierzbicka, 2012). Analiza komponentów wariacyjnych wykazała, że czynnikiem związanym z warunkami pogody (opady i temperatura powietrza) i cechami genetycznymi odmiany przypisać

można ponad 30%, a czynnikowi nawozowemu (dawki azotu) około 10% udziału w zmienności całkowitej poziomu azotanów w bulwach (tab. 8).

Podobnie jak zawartość skrobi i azotanów, istotnie determinowana szczególnie warunkami pogodowymi w okresie wegetacji oraz cechami genetycznymi odmian była zawartość suchej masy w bulwach. Czynnikiem lat badań determinował w ponad 60% zawartość suchej masy w bulwach, a odmianowy wynosił około 30%, natomiast najslabszy wpływ miało nawożenie azotem, które stanowiło tylko 0,8% udziału wariancji w zmienności całkowitej (tab. 8). Zawartość suchej masy w bulwach zbieżna była z zawartością skrobi w odniesieniu do badanych czynników. Przyrost zawartości suchej masy wykazano do dawki 100 kg N·ha⁻¹. Po zastosowaniu wyższych dawek azotu stwierdzono istotne obniżenie zawartości suchej masy. W roku 2012, najbardziej sprzyjającym kumulacji plonu uzyskano też największą zawartość suchej masy, istotnie mniejszą w 2011 roku, a istotnie najmniejszą w 2010 roku. Bulwy odmiany Ametyst charakteryzowały się istotnie największą zawartością suchej masy, a odmiany Tetyda istotnie najmniejszym poziomem tego składnika (tab. 7).

Wielu badaczy podkreśla, że zawartość suchej masy w największym stopniu uwarunkowana jest czynnikiem genetycznym, ale podlega też dużej zmienności pod wpływem warunków meteorologicznych. Wzrost zawartości suchej masy następuje szczególnie w miarę zwiększania dni słonecznych i temperatury powietrza w miesiącach lipiec — sierpień (Simmonds, 1977; Silva, Andrew, 1987; Roztropowicz, 1989; Sawicka, 1991; Leszczyński, 1994; Holden i in., 2003).

WNIOSKI

1. Odmiany Ametyst i Jutrzenka charakteryzowały się średnimi, natomiast odmiana Tetyda małymi wymaganiami w stosunku do nawożenia mineralnego azotem.
2. Poziom skrobi oraz suchej masy w bulwach wzrastał do dawki 100 kg N·ha⁻¹, natomiast przyrost azotanów w bulwach stwierdzono do dawki 200 kg N·ha⁻¹.
3. Zawartość skrobi i suchej masy najwyższa była w bulwach odmiany Ametyst, zaś azotanów w bulwach odmiany Tetyda.
4. Największy wpływ na wielkość uzyskanego plonu bulw oraz zawartość suchej masy w bulwach miał układ warunków pogodowych w okresie wegetacji, gromadzenie azotanów w bulwach kształtowały głównie cechy genetyczne, natomiast zawartość skrobi determinowały zarówno przebieg warunków pogodowych, jak i cechy genetyczne odmian.

LITERATURA

- Chotkowski J. 1997. Produkcja ziemniaków. Technologia. Ekonomika. Marketing. Wyd. IHAR Oddział Bonin: 352 ss.
- Dmowski Z., Nowak L., Chmura K. 2004. Reakcja odmian ziemniaka o różnej długości wegetacji na zróżnicowane warunki wodno-nawozowe. Biul. IHAR 232: 141 — 148.
- Holden N. W. M., Brereton A. J., Sweeney J., Fealy R. 2003. The predicted change in Irish climate and its impact on barley and potato yields. Agric. For. Meteorol. 116: 181 — 196.

- Jabłoński K. 2002. Wpływ poziomu nawożenia azotowego nowych odmian ziemniaków jadalnych w latach 1998-2000 na plon i jego jakość oraz trwałość przechowalniczą. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 484: 211 — 217.
- Jabłoński K. 2004 a. Wpływ nawożenia azotowego na plon i jakość nowych odmian ziemniaka jadalnego uprawianych na glebach średnio zwięzłych. Biul. IHAR 232: 157 — 165.
- Jabłoński K. 2004 b. Efektywność nawożenia azotem nowych odmian ziemniaków skrobiowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 500: 253 — 262.
- 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.
- Leszczyński W. 1994. Wpływ czynników działających w okresie wegetacji ziemniaka na jego jakość. Post. Nauk Rol. 41/46 (6): 55 — 68.
- Leszczyński W. 2002. Zależność jakości ziemniaka od stosowania w uprawie nawozów i pestycydów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 489: 47 — 64.
- Lis B. 1996. Wpływ długości okresu wegetacji odmian i nawożenia azotowego na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 440: 217 — 222.
- Lisińska G. 2006. Wartość technologiczna i jakość konsumpcyjna polskich odmian ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 511: 81 — 94.
- Mercik S. 2002. Chemia rolno-podstawy teoretyczne i praktyczne. Wyd. SGGW: 237 — 245.
- Roztropowicz S. 1989. Środowiskowe, odmianowe i nawozowe źródła zmienności składu chemicznego bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.* 6 (6): 33 — 75.
- Reda S., Łojkowska E. 1993. Wpływ nawożenia azotem na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.* 42: 29 — 37.
- Roztropowicz S., Wierzejska-Bujakowska A. 1993. Nitrogen fertilization of Polish potato cultivars. *Potato Res.* 4: 384.
- Sawicka B. 1991. Studia nad zmiennością wybranych cech oraz degeneracją różnych odmian ziemniaka w rejonie białkopodlaskim. Wyd. AR Lublin: 141.
- 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.
- Silva G. H., Andrew W.T. 1987. Hill to hill variations in tuber field in Alberta. *Am. Potato J.* 62 (3): 119 — 127.
- Simmonds N. W. 1977. Relations between specific gravity, dry matter content and starch content of potatoes. *Potato Research*, 20 (2): 134 — 140.
- 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. z. 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. 2012. Relacje między zawartością witaminy C i azotanów w bulwach odmian ziemniaka należących do różnych grup wczesności. *Biul. IHAR* 266: 143 — 150.
- Wierzbicka A., Lis B. 2002. Optymalizacja nawożenia azotem wczesnych odmian ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 489: 203 — 212.
- Wierzbicka A. 2006. Zmienność wybranych cech jakości bulw wczesnych odmian ziemniaka w zależności od nawożenia azotem i terminu zbioru. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 511: 175 — 187.
- Wierzbicka A., Mazurczyk W., Wroniak J. 2008. Wpływ nawożenia azotem i terminu zbioru na plon i wybrane cechy jakości bulw wczesnych odmian ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 530: 207 — 216.

- Wierzejska-Bujakowska A. 1994. Rola odmian w dążeniu do zwiększenia efektywności nawożenia azotem. W: Makroproblemy produkcji ziemniaka w Polsce w okresie przemian organizacyjno-ekonomicznych. Sesja Naukowa PAN. Inst. Ziemn. Bonin: 48 — 51.
- Wierzejska-Bujakowska A. 1996 a. Maksymalne biologicznie dawki azotu dla 22 odmian ziemniaka i ich zmiana pod wpływem ochrony przed zarazą ziemniaka (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary). Biul. Inst. Ziemn. 46: 51 — 62.
- Wierzejska-Bujakowska A. 1996 b. Wpływ ochrony ziemniaka przed zarazą (*Phytophthora infestans* (Mont) de Bary) na długość okresu wegetacji i na zawartość skrobi w bulwach modyfikowaną nawożeniem azotem. Biul. Inst. Ziemn. 46: 63 — 71.