



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

CEZARY TRAWCZYŃSKI 

Wpływ nawożenia mineralnego azotem na plon i jakość bulw bardzo wczesnych i wczesnych odmian ziemniaka uprawianych na wczesny zbiór

Effect of mineral nitrogen fertilization on the yield and tubers quality of very
early and early potato varieties grown on the early harvest

Streszczenie. W latach 2017–2019 przeprowadzono na glebie lekkiej dwuczynnikowe doświadczenia zlokalizowane w IHAR-PIB, oddział Jadwisin. Celem badań było określenie nawożenia mineralnego azotem na wielkość plonu i wybrane cechy jakości bulw odmian ziemniaka uprawianych na wczesny zbiór oraz wymagań w stosunku do optymalnej dawki azotu. Wielkość plonu i jakość bulw oceniono po zbiorze, 75 dni od posadzenia ziemniaków. Jakość bulw oceniono na podstawie struktury (udziału w plonie bulw małych, średnich i dużych), wad zewnętrznych (udziału w plonie bulw zdeformowanych, zazieleniałych i porażonych parchem zwykłym), zawartości skrobi i azotanów (V) w bulwach. Na podstawie funkcji regresji określono wymagania odmian w stosunku do optymalnej dawki azotu. Czynniki doświadczeń były: dawka azotu (50, 100, 150 kg·ha⁻¹ i obiekt bez stosowania azotu) oraz odmiany (Bohun, Lady Rosetta, Lawenda, Madeleine, Magnolia – jadalne, wczesne, i Tonacja – jadalna bardzo wczesna). Zastosowanie dawki azotu 50 kg N·ha⁻¹ przyczyniło się do istotnego wzrostu plonu i zawartości skrobi w bulwach. Pod wpływem dawek azotu w ilości 100 i 150 kg N·ha⁻¹ uzyskano istotne zmniejszenie udziału w strukturze plonu bulw małych – o średnicy poniżej 30 mm, bulw średnich – o średnicy 31–60 mm, oraz zwiększenie bulw dużych – o średnicy powyżej 60 mm, i poziomu azotanów w bulwach. Badane odmiany wykazywały zróżnicowane wymagania w stosunku do optymalnej dawki azotu, od 72 do 95 kg N·ha⁻¹. Najbardziej predysponowane do uprawy na wczesny zbiór były odmiany: Lawenda i Magnolia.

Słowa kluczowe: azot mineralny, jakość bulw, odmiany, plon, ziemniak

Trawczyński C., 2023. Wpływ nawożenia mineralnego azotem na plon i jakość bulw bardzo wczesnych i wczesnych odmian ziemniaka uprawianych na wczesny zbiór. *Agron. Sci.* 78(1), 81–96.

WSTĘP

Azot należy do kluczowych składników decydujących o wielkości plonu i jakości bulw ziemniaka [Tehulie i Misgan 2019]. Zarówno przenawożenie azotem, jak i niedostateczne zaopatrzenie w ten składnik może mieć określone niepożądane skutki dla roślin. Niedobór tego składnika skutkuje głównie obniżeniem plonu, natomiast nadmiar – pogorszeniem jakości bulw, a dodatkowo, z uwagi na wysoką labilność mineralnych form azotu w glebie, stratami poprzez wymywanie do wód gruntowych [Clément i in. 2021, Zebarth i in. 2012]. W celu uniknięcia niepożądanych skutków oddziaływania azotu mineralnego, w stosunku do roślin i środowiska glebowego, należy dążyć do optymalizacji stosowania azotu [Lombardo i in. 2020, Vos 2009]. Wieloletnie badania przeprowadzone na glebie lekkiej oraz średniej wykazały znaczne zróżnicowanie genotypowe ziemniaka w reakcji na zastosowany azot mineralny [Trawczyński 2004, Jabłoński 2006, Trawczyński 2020]. Wysokie koszty zakupu nawozów, w tym azotowych, powinny decydować o oszczędności w zakresie używania, czyli dostosowania dawki dla poszczególnych odmian [Nowacki 2022]. Wynika to również z dążenia do przyjęcia proekologicznych rozwiązań w rolnictwie, m.in. założeń integrowanej produkcji ziemniaka czy systemu ukierunkowanego na ograniczenie chemizacji w uprawie tego gatunku [Nowacki 2020]. W przypadku ziemniaka należy to odnosić również w stosunku do terminu zbioru bulw, gdyż wysoce dodatni wpływ azotu na poziom uzyskiwanego plonu bulw, szczególnie w uprawie na wczesny zbiór, może skutkować stosowaniem w nadmiarze, co może oddziaływać niekorzystnie głównie na jakość uzyskiwanego produktu [Naumann i in. 2020]. Oprócz czynnika genotypowego i poziomu nawożenia azotem mineralnym istotny wpływ na plonowanie i jakość bulw może mieć również układ warunków pogodowych w okresie wegetacji [Rymuza 2015a].

Celem badań było określenie nawożenia mineralnego azotem na wielkość plonu i jakość bulw odmian ziemniaka uprawianych na wczesny zbiór oraz ustalenie optymalnej dawki tego składnika.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2017–2019 przeprowadzono dwuczynnikowe doświadczenia polowe założone w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Państwowym Instytucie Badawczym (IHAR-PIB), oddział Jadwisin (52°45'N, 21°63'E). Doświadczenia założono w układzie losowanych podbloków w trzech powtórzeniach. Rozstawa roślin pomiędzy rzędami wynosiła 0,75 m, a w rzędzie – 0,33 m. Całkowita powierzchnia poletka wynosiła 14,85 m², a do zbioru – 7,425 m², co stanowiło 30 roślin. Badania przeprowadzono w warunkach gleby lekkiej zaliczanej do rzędu płowoziemnych, typu gleby płowe, podtypu gleby płowe opadowo-glejowe [WRB 2014]. Próbkę glebową do oznaczenia odczynu i zawartości makroelementów pobierano jesienią, po zbiorze przedplonu, przy pomocy łaski glebowej z warstwy 0–20 cm. Po wysuszeniu gleby próbki dostarczono do laboratorium Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Warszawie. Ocenę kwasowości gleby i zawartości przyswajalnych form składników (potasu, fosforu i magnezu)

przeprowadzono według obowiązującej metodyki. Gleba we wszystkich latach badań charakteryzowała się kwaśnym odczynem, wysoką zawartością przyswajalnego fosforu, średnią potasu i niską magnezu (tab. 1).

Tabela 1. Właściwości chemiczne gleby (warstwa 0–20 cm) przed założeniem doświadczenia
Table 1. Soil chemical properties (layer of 0–20 cm) before planting of experiment

Lata Years	pH w KCl pH in KCl	mg·kg ⁻¹		
		P	K	Mg
2017	5,0	88	122	22
2018	5,4	84	104	26
2019	5,2	75	100	22

Każdego roku ziemniaki wysadzono w trzeciej dekadzie kwietnia i zbierano w drugiej dekadzie lipca. Sadzeniaki były podkiełkowane przez 5 tygodni w plastikowych, ażurowych skrzynkach, w temperaturze 12°C, przy wilgotności powietrza 80% i natężeniu światła wynoszącym 150 luksów przez 12 godzin w ciągu doby.

Czynniki doświadczenia:

I czynnik – nawożenie azotem: 50, 100, 150 kg·ha⁻¹ oraz obiekt bez nawożenia mineralnego azotem,

II czynnik – odmiany ziemniaka (jadalne): Tonacja (bulwy okrągłoovalne, miąższ jasnożółty, typ sałatkowy, PMHZ Strzekęcino) – bardzo wczesna, Bohun (bulwy owalne, miąższ jasnożółty, typ ogólnoużytkowy, HZ Zamarte), Lady Rosetta (bulwy owalne, miąższ jasnożółty, typ mączysty, C. Meijer B.V, Holandia), Lawenda (bulwy okrągłoovalne, miąższ żółty, typ ogólnoużytkowy, HZ Zamarte), Madeleine (bulwy okrągłoovalne, miąższ żółty, typ ogólnoużytkowy, Agrico B.A., Holandia), Magnolia (bulwy okrągłoovalne, miąższ jasnożółty, typ ogólnoużytkowy do mączystego, PMHZ Strzekęcino) – wczesne.

Nawożenie organiczne stanowiła przyorana słoma z pszenżyta ozimego w ilości 5 t·ha⁻¹ oraz jesienią zielona masa międzyplonu ścierniskowego z gorczyicy białej w ilości 15–16 t·ha⁻¹. Nawożenie mineralne fosforem i potasem stosowano rozsiewaczem do nawozów wczesną wiosną (druga dekada marca) w dawkach 26,2 kg P·ha⁻¹ (superfosfat wzbogacony – 17,4% P) i 99,6 kg K·ha⁻¹ (sól potasowa – 49,8% K). Nawożenie azotem mineralnym na obiektach do 100 kg N·ha⁻¹ stosowano wiosną przed sadzeniem bulw. Na obiektach z dawką 150 kg N·ha⁻¹ zastosowano podział: przed sadzeniem 100 kg N·ha⁻¹, a dawkę uzupełniającą 50 kg N·ha⁻¹ podawano bezpośrednio przed wschodami roślin ziemniaka, przed obredlaniem. Azot wykorzystywano w formie saletrano-amonowej (saletrzak – 27% N).

Chwasty niszczone mechanicznie, wykonując dwukrotne obredlanie do wschodów roślin ziemniaka, i chemicznie, stosując jeden zabieg herbicydowy przed wschodami, a drugi po wschodach roślin ziemniaka (BBCH 15). W 2017 r. przed wschodami zastosowano Linurex 500 SC (linuron, 2 dm³·ha⁻¹), natomiast w latach 2018 i 2019 – Proman 500 SC (metobromuron, 4 dm³·ha⁻¹). We wszystkich latach badań drugi zabieg wykonywano po wschodach ziemniaka preparatem Titus 23 WG (rimsulfuron, 60 g·ha⁻¹). W drugiej dekadzie czerwca (BBCH 30) we wszystkich latach badań stosowano zabieg przeciwko zarazie ziemniaka preparatem systemicznym Ridomil Gold 67,8 WG (metalaksyl + mancozeb) w dawce 2,5 kg·ha⁻¹. Stonkę ziemniaczaną zwalczano przy pomocy

preparatów: Apacz 25 WG (chlotianidyna) w dawce 40 g·ha⁻¹ (lata 2017 i 2018) oraz Spintor 240 SC (spinosad) w dawce 0,15 dm³·ha⁻¹ (rok 2019). Wszystkie zabiegi ochronne wykonywano z wykorzystaniem zawieszanego opryskiwacza ciągnikowego o pojemności 400 dm³, stosując dysze drobnokropliste. Preparaty rozpuszczano w dawce 300 dm³·ha⁻¹ wody.

Warunki pogodowe w latach badań określono na podstawie sumy opadów i średnich temperatur powietrza w porównaniu ze średnimi wieloletnimi oraz współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa (tab. 2). Lata badań charakteryzowały się ogólnie niedoborem opadów oraz były ciepłe. Wartości współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa wskazują, że lata 2018 i 2019 należały do suchych, natomiast rok 2017 był mokry. W 2017 r. w miesiącach czerwiec i lipiec zanotowano opady powyżej sumy z wielolecia, natomiast kwiecień i maj były suche. Temperatura powietrza w kwietniu, maju i lipcu we wskazanym roku była zbliżona do średniej z wielolecia, natomiast w czerwcu utrzymywała się znacznie powyżej średniej z wielolecia. W 2018 r., w miesiącach kwiecień, maj i czerwiec, zanotowano opady poniżej sumy z wielolecia, natomiast w lipcu były one zbliżone do sumy z wielolecia. Temperatura powietrza we wszystkich miesiącach wegetacji w 2018 r. utrzymywała się powyżej średniej z wielolecia, szczególnie ciepłe były czerwiec i lipiec. Rok 2019 charakteryzował się największym niedoborem opadów, szczególnie w czerwcu i lipcu. Temperatura powietrza w 2019 r. w maju i lipcu była zbliżona do średniej z wielolecia, natomiast w kwietniu i czerwcu znacznie przekraczała tę średnią.

Tabela 2. Warunki pogodowe w latach badań na podstawie stacji meteorologicznej w Jadwisinie
Table 2. Weather conditions in the investigation years on the base meteorological station in Jadwisin

Year Rok	Miesiąc/Month				Suma/Średnia Sum/Mean
	IV	V	VI	VII	
suma opadów (mm)/ sum of rainfalls (mm)					
2017	8,9	10,1	107,5	78,8	205,3
2018	21,7	43,4	41,0	75,2	181,3
2019	1,7	76,6	6,9	33,4	118,6
2000–2016	37,0	56,0	75,0	76,0	244,0
średnia temperatura powietrza (°C)/ mean air temperature (°C)					
2017	7,3	14,1	18,1	18,4	14,5
2018	13,2	17,6	19,1	21,2	17,8
2019	10,2	13,4	22,7	18,8	16,3
2000–2016	7,9	13,6	16,5	18,5	14,1
współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa K/ Sielianinov's hydrothermal coefficients (K)*					
2017	0,40	0,23	1,98	1,38	1,00
2018	0,54	0,79	0,71	1,14	0,80
2019	0,06	1,85	0,10	0,57	0,65

* Wartość współczynnika Sielianinowa [Skowera 2014]: ekstremalnie sucho $k \leq 0,4$, bardzo sucho $0,4 < k \leq 0,7$, sucho $0,7 < k \leq 1,0$, dość sucho $1,0 < k \leq 1,3$, optymalnie $1,3 < k \leq 1,6$, dość wilgotno $1,6 < k \leq 2,0$, wilgotno $2,0 < k \leq 2,5$, bardzo wilgotno $2,5 < k \leq 3,0$, ekstremalnie wilgotno $k > 3,0$

* The value of the Sielianinov's coefficient [Skowera 2014]: extremely dry $k \leq 0,4$, very dry $0,4 < k \leq 0,7$, dry $0,7 < k \leq 1,0$, rather dry $1,0 < k \leq 1,3$, optimal $1,3 < k \leq 1,6$, rather humid $1,6 < k \leq 2,0$, humid $2,0 < k \leq 2,5$, very humid $2,5 < k \leq 3,0$, extremely humid $k > 3,0$

Bezpośrednio po zbiorze określono plon ogólny bulw z każdego poletka oraz dwukrotnie pobierano 5-kilogramowe próby w celu określenia struktury plonu (udział wagowy frakcji bulw małych – o średnicy poniżej 30 mm, bulw średnich – od 31 do 60 mm średnicy, oraz bulw dużych – o średnicy powyżej 60 mm), procentowego udziału w plonie bulw z wadami zewnętrznymi: zdeformowanych, zazielenionych, porażonych parchem zwykłym [Roztropowicz 1999]. Następnie oznaczono skład chemiczny bulw: zawartość skrobi i azotanów w świeżej masie bulw. Zawartość skrobi oznaczono metodą polarymetryczną Eversa (PN-EN ISO 10520 2002), hydrolizę skrobi przeprowadzono we wrzącej łaźni wodnej, a następnie wytrącono białko przy pomocy kwasu fosforowo-wolframowego. Odczyt zawartości skrobi wykonano na automatycznym polarymetrze Polamat S. Zawartość azotanów NO_3 (V) oznaczono reflektometrycznie przy użyciu pasków testowych do oznaczania jonów azotanowych Merckoquant i wykorzystaniu przyrządu pomiarowego RQ Flex Merck. W obecności kwaśnego buforu jony azotanowe reagują z aromatyczną aminą, tworząc sól diazoniową, która w reakcji z N-(1-naftylo)-etylenodiaminą tworzy czerwono-fioletowy barwnik. Stężenie tego barwnika jest oznaczane reflektometrycznie [Merck 2022].

Z zależności pomiędzy wielkością uzyskanego plonu bulw a zastosowanymi dawkami azotu określono zapotrzebowanie odmian na azot. Na podstawie parametrów funkcji kwadratowej: $Y = a + bx + cx^2$, gdzie Y – plon bulw; x – dawka azotu; a – wyraz wolny (plon przy dawce $0 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$); b – przyrost plonu na 1 kg dawki N; c – współczynnik zmniejszającego się przyrostu plonu, wyznaczono wielkość optymalnej dawki azotu: $X_{\text{opt}} = -b/2c$. Następnie wyliczono plon bulw maksymalny dla optymalnej dawki azotu $Y_{\text{max}} = (a - b^2)/4c$ oraz efektywność agronomiczną dawki azotu $E_a = (Y_N - Y_0)/N$, gdzie Y_N – plon bulw przy optymalnej dawce azotu; Y_0 – plon bulw w obiekcie bez azotu; N – dawka azotu [Mercik 2002, Sellam i Poovammal 2016].

Wyniki badań opracowano statystycznie programem Statistica 13.3, stosując analizę wariancji dwuczynnikowej Anova i analizę regresji. Analizę porównania średnich przeprowadzono z wykorzystaniem testu Tukeya przy poziomie $p = 0,05$ [TIBCO Statistica 2017].

WYNIKI I DYSKUSJA

W przeprowadzonych badaniach wykazano, że plon bulw był istotnie zróżnicowany przez właściwości odmianowe, dawki azotu mineralnego oraz warunki meteorologiczne w latach badań (tab. 3). Istotnie największy plon bulw uzyskano w przypadku odmian Lawenda i Magnolia, natomiast istotnie najmniejszym plonem charakteryzowała się odmiana Lady Rosetta. Różnica w plonie bulw pomiędzy najwyżej i najniżej plonującą odmianą wyniosła aż $7,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, co stanowiło 26,3%. Natomiast niezależnie od odmiany największy plon bulw uzyskano po zastosowaniu dawki $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Wraz ze wzrostem dawki azotu powyżej $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ następowało istotne obniżenie plonu bulw. Przyrost plonu bulw pod wpływem wzrostu dawki azotu mineralnego, a spadek po przekroczeniu dawki optymalnej, potwierdzono w dotychczasowych badaniach [Fontes i in. 2010, Giletto i Echeverría 2015, Piekutowska i in. 2021]. Wykazano, że reakcja odmian na nawożenie azotem była zróżnicowana. W przypadku odmian Bohun, Lawenda i Magnolia nie wykazano istotnego zróżnicowania plonu bulw pomiędzy obiektami z dawek 50 i $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Tabela 3. Wpływ nawożenia mineralnego azotem odmian ziemniaka i lat na plon bulw ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)

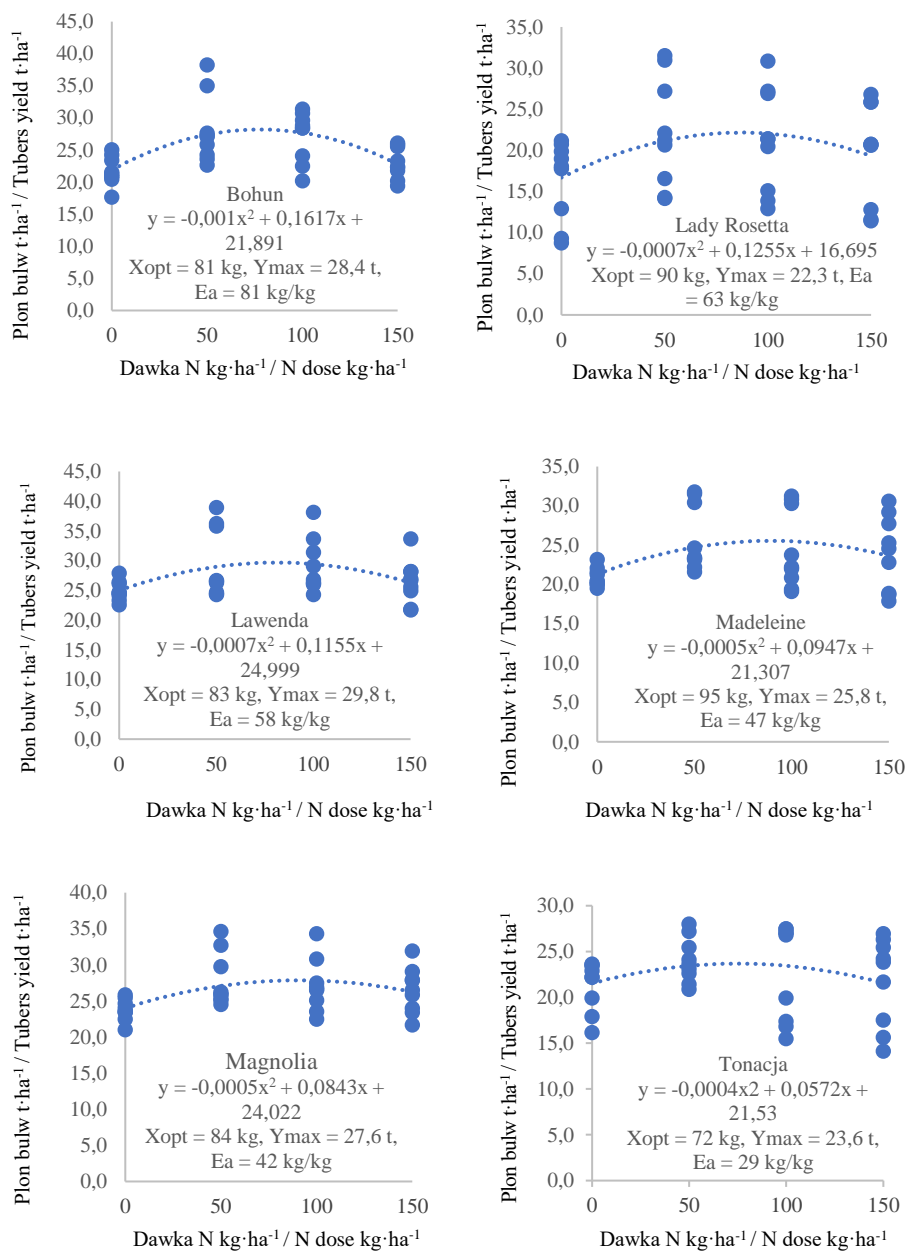
Table 3. The effect of mineral nitrogen potato varieties and years on the yield of tubers ($t \cdot ha^{-1}$)

Odmiana lub rok Cultivar or year	Dawka azotu ($kg \cdot ha^{-1}$) / Nitrogen dose ($kg \cdot ha^{-1}$)				Średnia Mean
	0	50	100	150	
Bohun	21,70 ^g	27,93 ^{ab}	27,13 ^{ab}	22,98 ^f	24,94 ^b
Lady Rosetta	16,39 ^j	22,07 ^s	21,12 ^h	19,60 ⁱ	19,79 ^e
Lawenda	24,89 ^c	29,30 ^a	29,10 ^a	26,39 ^{ab}	27,42 ^a
Madeleine	20,95 ^h	25,79 ^b	24,42 ^d	23,97 ^{ef}	23,78 ^c
Magnolia	23,78 ^{ef}	27,78 ^{ab}	27,10 ^{ab}	26,47 ^{ab}	26,28 ^a
Tonacja	21,33 ^g	24,04 ^e	22,83 ^f	21,75 ^g	22,49 ^d
Średnia/Mean	21,51 ^d	26,15 ^a	25,28 ^b	23,53 ^c	–
2017	21,74 ^{de}	31,39 ^a	29,96 ^a	26,61 ^b	27,42 ^a
2018	22,70 ^d	24,48 ^c	25,36 ^{bc}	25,02 ^{bc}	24,39 ^b
2019	20,08 ^e	22,59 ^d	20,53 ^e	18,95 ^f	20,54 ^c

Średnie z tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ / Means with the same letters do not differ significantly at $p = 0,05$

Pozostałe odmiany reagowały istotnym spadkiem plonu bulw w obiektach z nawożeniem $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ w stosunku do najniższej dawki azotu. Podobnie zróżnicowany przyrost plonu bulw w zakresie dawki azotu mineralnego $50\text{--}100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ dla kilku odmian wczesnych zbieranych, 75 dni od posadzenia, wykazano we wcześniejszych badaniach [Wierzbicka i in. 2008]. Stąd w stosunku do optymalnej dawki azotu mineralnego dla odmian uzasadnienie miała krzywa reakcji na nawożenie, co wykazano w innych badaniach [Kumar i in. 2007, Rens i in. 2018, Yadav in. 2017]. Reakcja odmian ziemniaka na zróżnicowane nawożenie azotem i określenie na tej podstawie maksymalnego plonu bulw umożliwia wyznaczenie optymalnej dawki azotu dla każdej z badanych odmian. Analiza regresji wykazała, że stosowanie wzrastających dawek nawożenia azotem spowodowało paraboliczny wzrost plonu bulw. Na podstawie równań regresji drugiego stopnia wyliczono optymalne dawki azotu mineralnego dla odmian Bohun, Lady Rosetta, Lawenda, Madeleine, Magnolia i Tonacja, które wyniosły odpowiednio: 81, 90, 83, 95, 84 i $72 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (ryc. 1). W badaniach Assunção i in. [2021] wykazano, że zastosowanie dawki $80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ było wystarczające do uzyskania zadawalającego plonu handlowego bulw. W badaniach własnych optymalna dawka azotu dla tych odmian określona po zbiorze końcowym wahała się od 104 do $150 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, a odmiany Lady Rosetta oraz Lawenda charakteryzowały się liniowym wzrostem plonu bulw do dawki $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ [Trawczyński 2021].

W stosunku do uzyskanego plonu bulw przy optymalnej dawce wykazano również zróżnicowaną efektywność agronomiczną (E_a) nawożenia azotem mineralnym, czyli masę bulw uzyskanych z 1 kg zastosowanego azotu, co ma przełożenie na efektywność nawożenia, wskaźnik decydujący o opłacalności produkcji. Największą wartość (E_a) uzyskano w przypadku odmiany Bohun (81 kg bulw na kilogram azotu), zaś najmniejszą dla odmiany Tonacja (29 kg bulw na kilogram azotu), z różnicą 52 kg (ryc. 1). We wcześniej przeprowadzonych badaniach wczesne odmiany zbierane 75 dni od posadzenia charakteryzowały się mniej zróżnicowanym wskaźnikiem (E_a) – 16 kg bulw na kilogram zastosowanego azotu [Trawczyński 2019].



Ryc. 1. Reakcja badanych odmian na nawożenie azotem
 Fig. 1. The response of the studied varieties to nitrogen fertilization

W przeprowadzonych badaniach wykazano, że reakcja ziemniaka na zastosowane nawożenie mineralne azotem wynikała również z układu warunków pogodowych w analizowanych latach badań (tab. 3). W 2017 r., o największej sumie opadów w okresie wegetacji, zanotowano najmniejsze obniżenie plonu bulw pod wpływem wzrastających dawek azotu. Zwrócono uwagę, że istotne obniżenie plonu bulw uzyskano dopiero po zastosowaniu dawki $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ w stosunku do dawki $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Natomiast w 2019 r., z największym niedoborem opadów, istotnie największy plon bulw uzyskano już przy dawce azotu $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, a podnoszenie dawki powodowało istotny jego spadek.

Niezależnie od poziomu nawożenia mineralnego azotem największy plon bulw uzyskano w roku mokrym, natomiast najmniejszy w roku najbardziej suchym (tab. 3). Znacznie większy udział czynnika pogodowego w porównaniu z nawozowym i odmianowym w kształtowaniu plonu bulw ziemniaka uprawianego na wczesny zbiór wykazano w badaniach Wierzbickiej i in. [2008]. Sawicka i in. [2011] stwierdzili, że zmienność plonu bulw ziemniaka determinowana przebiegiem pogody w latach skrajnych może dochodzić nawet do 80%. O wartości ziemniaków odmian jadalnych, w tym uprawianych na wczesny zbiór, decyduje przede wszystkim udział w plonie bulw handlowych. Zdecydowanie niepożądany w aspekcie plonu handlowego jest udział bulw małych, o średnicy poniżej 30 mm, oraz z widocznymi wadami zewnętrznymi. Największym udziałem bulw małych, o średnicy poniżej 30 mm, charakteryzowała się odmiana Lady Rosetta, natomiast istotnie najmniejszy udział w strukturze plonu tej frakcji bulw stwierdzono w przypadku odmian Lawenda i Tonacja (tab. 4). Wraz ze wzrostem dawki azotu mineralnego obserwowano obniżenie udziału bulw małych w strukturze plonu. W stosunku do badanych lat wykazano, że w roku z największym niedoborem opadów uzyskano istotnie najmniejszy udział w plonie bulw o średnicy poniżej 30 mm. Mogło to być spowodowane ogólnie mniejszą liczbą zawiązanych bulw. Bulwy średnie, o średnicy 31–60 mm, stanowiły ogólnie największy udział w strukturze plonu, z czego odmiany Tonacja, Magnolia i Madeleine charakteryzowały się istotnie większym udziałem tej frakcji w plonie w stosunku do pozostałych odmian. W miarę wzrostu poziomu nawożenia mineralnego azotem obserwowano malejący udział bulw średnich w strukturze. Istotnie najmniej bulw frakcji 31–60 mm stwierdzono po zastosowaniu dawki $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Ponadto wykazano, że udział bulw średnich kształtował się niezależnie od układu warunków pogodowych, ponieważ był zbliżony pomiędzy rokiem 2017 – mokrym, a rokiem 2019 – suchym. Natomiast udział w plonie bulw dużych, o średnicy powyżej 60 mm, wzrastał w miarę podwyższania dawki azotu mineralnego, chociaż nie wykazano istotnej różnicy pomiędzy obiektami 100 i $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Korzystny wpływ dawek azotu wzrastających aż do $180 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ na udział w plonie bulw dużych (>60 mm) zaobserwował Kołodziejczyk [2014]. Nasze badania wykazały, że istotnie największym udziałem frakcji bulw dużych charakteryzowały się odmiany Lawenda i Bohun, natomiast najmniejszym odmiana Lady Rosetta.

Analizując badane lata, wykazano największy udział bulw dużych w plonie w roku z największym niedoborem opadów w porównaniu z pozostałymi latami badań (tab. 4). Mogło to wynikać z tego, że w 2019 r., z powodu niedoboru opadów, rośliny wiązały mniej bulw, co ogólnie skutkowało większym ich przyrostem i udziałem w strukturze tej frakcji. Na istotnie dodatni wpływ korzystnych warunków pogodowych, a przede wszystkim dostatecznej ilości opadów w okresie wegetacji na strukturę plonu bulw, wskazywali m.in. Badr i in. [2012], a na wzrost udziału w plonie bulw dużych szczególną uwagę zwracał Trawczyński [2021].

Tabela 4. Wpływ nawożenia mineralnego azotem odmian ziemniaka i lat na strukturę plonu bulw (%)
Table 4. The effect of mineral nitrogen potato varieties and years on the yield structure of tubers (%)

Odmiana lub rok Cultivar or year	Dawka azotu (kg·ha ⁻¹)/ Nitrogen dose (kg·ha ⁻¹)				Średnia Mean
	0	50	100	150	
udział frakcji bulw >30 mm/ share of tubers fraction >30 mm					
Bohun	16,19 ^b	14,19 ^b	13,63 ^b	5,12 ^f	12,28 ^b
Lady Rosetta	25,55 ^a	20,59 ^{ab}	25,03 ^a	10,03 ^c	20,30 ^a
Lawenda	11,00 ^c	6,96 ^e	6,93 ^e	3,39 ^h	7,07 ^c
Madeleine	12,89 ^b	9,87 ^c	7,14 ^e	3,83 ^h	8,43 ^c
Magnolia	18,54 ^{ab}	14,40 ^b	11,41 ^c	4,24 ^g	12,15 ^b
Tonacja	10,17 ^c	7,35 ^e	9,08 ^d	3,61 ^h	7,56 ^c
Średnia/Mean	15,72 ^a	12,23 ^b	12,20 ^b	5,04 ^c	–
2017	14,32 ^{bc}	10,91 ^{bc}	12,82 ^{bc}	13,27 ^{bc}	12,83 ^a
2018	20,84 ^a	15,82 ^{ab}	14,54 ^{bc}	1,05 ^d	13,06 ^a
2019	12,01 ^c	9,96 ^e	9,24 ^c	0,80 ^d	8,00 ^b
udział frakcji bulw 31–60 mm/ share of tubers fraction 30–60 mm					
Bohun	78,71 ^b	75,55 ^c	68,33 ^d	70,54 ^d	73,28 ^c
Lady Rosetta	72,13 ^d	76,66 ^c	71,57 ^d	79,33 ^b	74,92 ^c
Lawenda	80,59 ^{ab}	81,98 ^{ab}	75,49 ^c	74,19 ^c	78,06 ^b
Madeleine	80,23 ^{ab}	80,59 ^{ab}	80,41 ^{ab}	77,39 ^b	79,65 ^a
Magnolia	79,36 ^b	79,23 ^b	80,10 ^{ab}	81,43 ^{ab}	80,03 ^a
Tonacja	88,36 ^a	83,25 ^{ab}	77,91 ^b	78,09 ^b	81,90 ^a
Średnia/Mean	79,90 ^a	79,54 ^a	75,64 ^c	76,83 ^b	–
2017	80,85 ^{ab}	80,46 ^{ab}	75,91 ^b	75,09 ^b	78,08 ^a
2018	75,67 ^b	77,52 ^{ab}	74,45 ^b	76,60 ^{ab}	76,06 ^b
2019	83,17 ^a	80,66 ^{ab}	76,55 ^{ab}	78,79 ^{ab}	79,79 ^a
udział frakcji bulw <60 mm/ share of tubers fraction <60 mm					
Bohun	5,08 ^d	10,24 ^{ab}	18,03 ^a	18,06 ^a	12,85 ^a
Lady Rosetta	2,30 ^e	2,7 ^e	3,48 ^e	2,74 ^e	2,82 ^d
Lawenda	8,40 ^c	11,04 ^{ab}	17,57 ^{ab}	17,90 ^a	13,73 ^a
Madeleine	6,87 ^c	9,53 ^b	12,44 ^{ab}	14,53 ^{ab}	10,84 ^b
Magnolia	2,09 ^e	6,36 ^c	8,47 ^c	8,51 ^c	6,36 ^c
Tonacja	1,46 ^f	9,38 ^b	12,99 ^{ab}	13,66 ^{ab}	9,37 ^b
Średnia/Mean	4,37 ^c	8,21 ^b	12,16 ^a	12,57 ^a	–
2017	4,81 ^d	8,62 ^b	11,26 ^{ab}	11,62 ^{ab}	9,08 ^b
2018	3,48 ^e	6,65 ^c	10,99 ^{ab}	12,83 ^{ab}	8,49 ^b
2019	4,81 ^d	9,37 ^{ab}	14,25 ^a	13,26 ^{ab}	10,42 ^a

Średnie z tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ / Means with the same letters do not differ significantly at $p = 0.05$

W badaniach wykazano, że udział bulw niehandlowych wynikał częściej z udziału bulw małych niż takich z wadami wyglądu. Stwierdzono również, że udział w strukturze plonu bulw frakcji niehandlowej, o średnicy poniżej 30 mm, był bardziej zróżnicowany w zależności od odmiany i dawki azotu mineralnego, co stanowiło od 5,04% do 20,30%, niż udział w plonie bulw z wadami wyglądu, zdeformowanych, zazielenionych i porażonych parchem zwykłym, co wyniosło od 0,03% do 3,38% (tab. 4 i 5).

Tabela 5. Wpływ nawożenia mineralnego azotem odmian ziemniaka i lat na udział w plonie bulw z wadami zewnętrznymi (%)

Table 5. The effect of mineral nitrogen potato varieties and years on share in the yield of tubers with external defects (%)

Odmiana lub rok Cultivar or year	Dawka azotu (kg·ha ⁻¹) / Nitrogen dose (kg·ha ⁻¹)				Średnia Mean
	0	50	100	150	
udział bulw zdeformowanych/ share of deformations tubers					
Bohun	3,19 ^a	1,33 ^a	1,93 ^a	2,45 ^a	2,23 ^a
Lady Rosetta	1,28 ^a	2,31 ^a	1,27 ^a	3,15 ^a	2,00 ^a
Lawenda	3,84 ^a	3,49 ^a	2,90 ^a	3,31 ^a	3,38 ^a
Madeleine	2,46 ^a	2,40 ^a	3,34 ^a	3,51 ^a	2,93 ^a
Magnolia	1,92 ^a	2,53 ^a	2,55 ^a	2,29 ^a	2,32 ^a
Tonacja	0,52 ^a	1,60 ^a	2,58 ^a	2,52 ^a	1,80 ^a
Średnia/Mean	2,20 ^a	2,28 ^a	2,43 ^a	2,87 ^a	–
2017	2,11 ^{ab}	1,90 ^{ab}	1,56 ^{ab}	2,32 ^{ab}	1,97 ^b
2018	3,36 ^{ab}	3,12 ^{ab}	4,21 ^a	4,09 ^a	3,70 ^a
2019	1,14 ^{ab}	1,81 ^{ab}	1,51 ^{ab}	2,20 ^{ab}	1,67 ^b
udział bulw zazielenionych/ share of greenings tubers					
Bohun	0,11 ^a	0,22 ^a	0,39 ^a	0,42 ^a	0,29 ^a
Lady Rosetta	0,00 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a	0,00 ^b
Lawenda	0,28 ^a	0,72 ^a	0,17 ^a	0,22 ^a	0,35 ^a
Madeleine	0,08 ^a	0,54 ^a	0,28 ^a	0,85 ^a	0,44 ^a
Magnolia	0,28 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a	0,42 ^a	0,17 ^a
Tonacja	0,16 ^a	0,07 ^a	0,27 ^a	0,37 ^a	0,22 ^a
Średnia/Mean	0,15 ^a	0,26 ^a	0,18 ^a	0,38 ^a	–
2017	0,26 ^a	0,05 ^a	0,08 ^a	0,40 ^a	0,20 ^a
2018	0,04 ^a	0,56 ^a	0,23 ^a	0,43 ^a	0,32 ^a
2019	0,15 ^a	0,15 ^a	0,24 ^a	0,31 ^a	0,21 ^a
udział bulw porażonych parchem zwykłym/ share of tubers infected with common scab					
Bohun	0,47 ^b	0,06 ^c	0,00 ^c	1,23 ^{ab}	0,44 ^b
Lady Rosetta	0,42 ^b	0,00 ^c	0,00 ^c	1,44 ^{ab}	0,46 ^b
Lawenda	2,27 ^a	1,36 ^{ab}	0,47 ^b	1,74 ^{ab}	1,46 ^a
Madeleine	0,67 ^b	1,01 ^{ab}	0,00 ^c	1,23 ^{ab}	0,73 ^b
Magnolia	0,00 ^c	0,00 ^c	0,00 ^c	0,25 ^b	0,06 ^c
Tonacja	0,00 ^c	0,00 ^c	0,00 ^c	0,14 ^c	0,03 ^c
Średnia/Mean	0,64 ^b	0,40 ^b	0,07 ^c	1,01 ^a	–
2017	0,00 ^c	0,00 ^c	0,00 ^c	0,00 ^c	0,00 ^b
2018	0,88 ^b	0,25 ^{bc}	0,00 ^c	2,03 ^a	0,79 ^a
2019	1,04 ^b	0,97 ^b	0,23 ^{bc}	1,00 ^b	0,81 ^a

Średnie z tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ / Means with the same letters do not differ significantly at $p = 0,05$

Wykazano, że odmiany i poziom nawożenia mineralnego azotem nie różnicowały istotnie udziału bulw zdeformowanych. Natomiast istotne zróżnicowanie tej wady stwierdzono pomiędzy latami badań. W 2018 r. uzyskano w plonie istotnie większy udział bulw zdeformowanych w porównaniu z pozostałymi latami badań (tab. 5). Podobnie jak w przypadku bulw zdeformowanych badane czynniki nie różnicowały udziału bulw

z zazielenieniem (tab. 5). Rymuza i in. [2016] wykazali, że zarówno odmiana, jak i lata badań mają istotny wpływ na zzielenienie bulw, a najmniej takich bulw zebrali w roku o najwyższych opadach. Istotne zróżnicowanie odmian pod względem zzielenienia bulw potwierdziły również w badaniach Lutomirska i Jankowska [2014]. Wcześniej przeprowadzone badania autora wskazywały, że istotnie mniejszą masę bulw zazielenionych uzyskano przy zbiorze bulw we wczesnym terminie niż przy zbiorze końcowym, co wynikało z tego, że wraz z opóźnieniem terminu zbioru następowało powiększanie masy bulw i ich wypychanie na zewnątrz redliny, przez co więcej bulw było narażonych na działanie promieni słonecznych [Trawczyński 2019]. Jednocześnie mogło następować bardziej intensywne rozmywanie redlin przez opady atmosferyczne, przyczyniając się do zzielenienia bulw [Lutomirska i Jankowska 2014, Rymuza i in. 2016]. Bulwy zazielenione stanowiły znacznie mniejszy udział w plonie niż zdeformowane, a w przypadku odmiany Bohun nie stwierdzono w plonie bulw zazielenionych (tab. 5). Udział bulw porażonych parchem zwykłym w plonie ogólnym był modyfikowany przez wszystkie czynniki eksperymentu (tab. 5). Istotnie mniejsze porażenie parchem zwykłym odnotowano w przypadku bulw odmian Magnolia i Tonacja w porównaniu z pozostałymi odmianami. Istotnie najmniejsze porażenie bulw parchem zwykłym uzyskano w obiektach nawożonych dawką $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Przebieg pogody w latach badań wpłynął również istotnie na partycypację bulw z objawami *Streptomyces scabies*. W latach suchych obserwowano istotnie większe porażenie tym patogenem niż w mokrym 2017 roku. Podobne zależności, czyli większe porażenie bulw parchem zwykłym w latach z niedoborem opadów niż w latach mokrych, potwierdziły Lutomirska i Jankowska [2014].

W ocenie jakości bulw jadalnych, oprócz wielkości i wyglądu bulw, równie ważna jest zawartość w nich składników zarówno odżywczych, jak i przeciwodżywczych. Wśród głównych znajdują się skrobia i azotany (V). W badaniach wykazano, że zawartość skrobi i azotanów (V) w bulwach były istotnie zróżnicowane w zależności od analizowanych czynników eksperymentu (tab. 6). Istotnie największą zawartością skrobi w bulwach charakteryzowała się odmiana Lady Rosetta, natomiast najmniejszą – odmiany Bohun i Tonacja, które okazały się homogeniczne pod względem wartości tej cechy. Niezależnie od badanych odmian wykazano, że istotny wzrost zawartości skrobi w bulwach następował do dawki $50 \text{ N kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast pod wpływem zastosowanych dawek 100 i $150 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ stwierdzono istotne obniżenie zawartości tego składnika w bulwach. W przypadku odmian Bohun i Lady Rosetta istotny przyrost zawartości skrobi w bulwach notowano do dawki azotu $100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Dotychczasowe badania potwierdziły istotne zróżnicowanie zawartości skrobi w bulwach wynikające z właściwości genotypowych i niekorzystnego oddziaływania wysokich dawek azotu [Öztürk i in. 2010], szczególnie w uprawie odmian na wczesny zbiór [Wierzbicka i in. 2008, Wierzbicka 2012]. Wykazano też, że w latach suchych uzyskano istotnie większą zawartość skrobi w bulwach niż w roku mokrym. Z reguły lata suche i ciepłe, bardziej niż mokre i chłodne, sprzyjają gromadzeniu skrobi w bulwach [Rymuza i in. 2015b].

Dla odmian jadalnych ziemniaka, zwłaszcza uprawianych na wczesny zbiór, ważna jest również zawartość azotanów (V) w bulwach. Związki te decydują w głównej mierze o wartości odżywczej bulw i w związku z tym wskazana jest jak najmniejsza ich zawartość [Sądej i Namiotko 2011]. W przeprowadzonych badaniach wykazano, że przeciętna zawartość azotanów (V) w bulwach nie przekroczyła dopuszczalnej normy, czyli $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ świeżej masy bulw [Rozporządzenie... 2006].

Zawartość tej formy azotu w bulwach zależała również od reakcji odmian na nawożenie tym składnikiem. W przypadku odmiany Tonacja pod wpływem nawożenia w ilości 100 i 150 kg N·ha⁻¹, a u odmiany Madeleine po zastosowaniu dawki 150 kg N·ha⁻¹, stwierdzono niewielkie przekroczenie dopuszczalnego poziomu zawartości azotanów (V) w bulwach (tab. 6). W badaniach przeprowadzonych przez Wierzbicką i in. [2008] wykazano malejącą skłonność gromadzenia azotanów (V) w bulwach wraz z opóźnieniem terminu zbioru. Po zbiorze przeprowadzonym 60 dni od posadzenia w przypadku kilku odmian stwierdzono przekroczenie dopuszczalnej zawartości azotanów (V) w bulwach przy dawce 100 kg N·ha⁻¹, ale po zbiorze w terminie 75 dni od posadzenia nie wykazano przekroczenia dopuszczalnej normy, nawet pod wpływem dawki 150 kg N·ha⁻¹. Przekroczenia zawartości azotanów (V) w bulwach, szczególnie w przypadku odmian uprawianych na wczesny zbiór, sprawiają, że niezbędna jest kontrola ich poziomu. Wysoki poziom azotanów (V) w spożywanych bulwach może szkodliwie oddziaływać na organizm człowieka [Hmelak Gorenjak i Cencič 2013]. Należy podkreślić, że nawożenie mineralne azotem jest głównym czynnikiem wpływającym na poziom azotanów (V) w bulwach, szczególnie ważne jest więc, aby nie było stosowane w nadmiarze.

Tabela 6. Wpływ nawożenia mineralnego azotem odmian ziemniaka i lat na skład chemiczny bulw ziemniaka

Table 6. The effect of mineral nitrogen potato varieties and years on chemical composition of potato tubers

Odmiana lub rok Cultivar or year	Dawka azotu (kg·ha ⁻¹)/ Nitrogen dose (kg·ha ⁻¹)				Średnia Mean
	0	50	100	150	
zawartość skrobi (%) / starch content (%)					
Bohun	10,48 ^f	10,75 ^c	10,85 ^e	10,86 ^e	10,73 ^d
Lady Rosetta	16,15 ^a	15,75 ^b	16,30 ^a	16,38 ^a	16,15 ^a
Lawenda	11,88 ^{cd}	11,66 ^d	11,50 ^{de}	11,64 ^d	11,67 ^c
Madeleine	11,57 ^d	11,98 ^e	11,44 ^d	11,44 ^d	11,61 ^c
Magnolia	14,81 ^{cd}	15,08 ^c	14,95 ^c	14,54 ^{cd}	14,84 ^b
Tonacja	10,84 ^e	11,30 ^d	10,48 ^f	10,36 ^f	10,74 ^d
Średnia/Mean	12,62 ^b	12,75 ^a	12,59 ^b	12,54 ^b	–
2017	10,87 ^d	10,77 ^d	10,63 ^d	10,81 ^d	10,77 ^c
2018	13,38 ^c	13,88 ^a	13,81 ^a	13,70 ^a	13,69 ^a
2019	13,61 ^b	13,61 ^b	13,32 ^c	13,10 ^c	13,41 ^b
zawartość azotanów(V) (mg·kg ⁻¹) / content of nitrates(V) (mg·kg ⁻¹)					
Bohun	38,22 ⁱ	62,44 ^h	78,22 ^{hg}	86,88 ^g	66,44 ^e
Lady Rosetta	72,66 ^{hg}	110,44 ^f	128,66 ^e	146,44 ^{de}	114,55 ^c
Lawenda	32,55 ⁱ	98,44 ^{fg}	128,66 ^e	174,33 ^d	112,72 ^c
Madeleine	90,22 ^g	138,00 ^e	188,33 ^c	208,33 ^b	156,22 ^b
Magnolia	52,11 ⁱ	86,88 ^g	114,11 ^f	132,88 ^e	96,50 ^d
Tonacja	130,88 ^{ef}	152,88 ^e	208,44 ^b	232,77 ^a	182,00 ^a
Średnia/Mean	68,94 ^d	108,35 ^c	144,22 ^b	164,11 ^a	–
2017	20,61 ^k	50,11 ^j	68,27 ⁱ	94,77 ^h	58,44 ^c
2018	106,50 ^g	150,83 ^e	196,00 ^b	216,33 ^a	166,91 ^a
2019	80,72 ⁱ	124,11 ^f	168,38 ^d	180,22 ^c	138,36 ^b

Średnie z tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$ / Means with the same letters do not differ significantly at $p = 0.05$

W badaniach wykazano, że pod wpływem wzrostu dawki od 50 do 150 kg N·ha⁻¹, niezależnie od badanych odmian, notowano istotny przyrost azotanów (V) w bulwach od 108,35 do 164,11 mg·kg⁻¹ świeżej masy. Stwierdzono również istotnie zróżnicowane właściwości odmian do gromadzenia azotanów (V) w bulwach. Najmniejszą zawartością azotanów (V) w bulwach charakteryzowała się odmiana Bohun, a największą – Tonacja. Istotny wpływ na zawartość azotanów (V) w bulwach miał też układ warunków pogodowych w latach. W badaniach Grudzińskiej i Zgórskiej [2008] oraz Zgórskiej i Grudzińskiej [2004] wykazano, że im wyższa była temperatura powietrza przy niedoborze opadów w okresie wegetacji, tym wyższa zawartość azotanów (V) w bulwach. W przeprowadzonych badaniach dowiedziono również, że istotnie większą zawartość azotanów (V) w bulwach obserwuje się w latach suchych niż mokrych. Mniejszy poziom azotanów (V) w bulwach w roku mokrym niż w latach suchych mógł wynikać między innymi z częściowego wymycia azotanów do głębszych warstw gleby lub większego gromadzenia związków azotowych w bujniej rozwijającej się części nadziemnej roślin w warunkach dostatecznego zaopatrzenia w wodę i przez to mniejszej kumulacji tego składnika w bulwach.

WNIOSKI

1. Pod wpływem dawki azotu mineralnego w ilości 50 kg N·ha⁻¹ uzyskano istotny wzrost plonu bulw i zawartości skrobi w bulwach wszystkich badanych odmian ziemniaka.
2. Dawki azotu w ilości 100 i 150 kg N·ha⁻¹ przyczyniły się do zmiany struktury plonu w postaci zmniejszenia udziału w nim bulw małych i średnich, zwiększenia partycypacji bulw dużych, a także wzrostu poziomu azotanów (V) w bulwach ziemniaka.
3. Badane odmiany wykazały się zróżnicowaną reakcją na nawożenie azotem, a jego optymalna dawka wynosiła od 72 kg·ha⁻¹ dla odmiany Tonacja do 95 kg·ha⁻¹ dla odmiany Madeleine.
4. Czynniki genetyczne różnicowały istotnie najważniejsze cechy gospodarcze badanych odmian: Lawenda odznaczała się największym plonem bulw i udziałem w plonie bulw dużych, Lady Rosetta charakteryzowała się największą zawartością skrobi, a Tonacja – najwyższym poziomem azotanów (V) w bulwach.
5. Najbardziej predysponowane do uprawy na wczesny zbiór były odmiany Lawenda i Magnolia, zaś najmniej odmiana Lady Rosetta.

PIŚMIENNICTWO

- Assunção N.S., Fernandes A.M., Soratto R.P., Mota L.H.S., Ribeiro N.P., Leonel M., 2021. Tuber yield and quality of two potato cultivars in response to nitrogen fertilizer management. *Potato Res.* 64(2), 147–166. <https://doi.org/10.1007/s11540-020-09469-7>
- Badr M.A., El-Tohamy W.A., Zaghoul A.M. 2012. Yield and water use efficiency of potato grown under different irrigation and nitrogen levels in an arid region. *Agric. Water Manag.* 110, 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.03.008>

- Clément C.C., Cambouris A.N., Ziadi N., Zebarth B.J., Karam A., 2021. Potato yield response and seasonal nitrate leaching as influenced by nitrogen management. *Agronomy* 11(10), 2055. <https://doi.org/10.3390/agronomy11102055>
- Fontes P.C.R., Braun H., Busato C., Cecon P.R., 2010. Economic optimum nitrogen fertilization rates and nitrogen fertilization rate effects on tuber characteristics of potato cultivars. *Potato Res.* 53, 167–179. <https://doi.org/10.1007/s11540-010-9160-3>
- Giletto C.M., Echeverría H.E. 2015. Critical nitrogen dilution curve in processing potato cultivars. *Am. J. Plant Sci.* 6(19), 3144–3156. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2015.619306>
- Grudzińska M., Zgórska K., 2008. Wpływ warunków meteorologicznych na zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka. *Żywn. Nauka. Technol. Jakość* 5(60), 98–106.
- Hmelak Gorenjak A., Cencič A., 2013. Nitrate in vegetables and their impact on human health. A review. *Acta Aliment.* 42(2), 158–172. <https://doi.org/10.1556/AAlim.42.2013.2.4>
- Jabłoński K., 2006. Wpływ poziomu nawożenia azotem na plon i zawartość skrobi oraz na jakość nowych odmian ziemniaka. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk Rol.* 512, 193–200.
- Kołodziejczyk M., 2014. Effect of nitrogen fertilization and microbial preparations on potato yielding. *Plant Soil Environ.* 60(8), 379–386.
- Kumar P., Pandey S.K., Singh B.P., Singh S.V., Kumar D., 2007. Effect of nitrogen rate on growth yield, economics and crisps quality of Indian potato processing cultivars. *Potato Res.* 50, 143–155. <https://doi.org/10.1007/s11540-008-9034-0>
- Lombardo S., Pandino G., Mauromicale G., 2020. Optimizing nitrogen fertilization to improve qualitative performances and physiological and yield responses of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomy* 10(3), 352. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030352>
- Lutomirska B., Jankowska J., 2012. Występowanie deformacji i spękań bulw ziemniaka w zależności od warunków meteorologicznych i odmiany. *Biul. IHAR* 266, 131–142.
- Merck, 2022. Azotany test 16971. https://www.merckmillipore.com/PL/pl/product/Nitrate-Test,MDA_CHEM-116971 [dostęp: 26.10.2022].
- Fotyma E. 2002. Efektywność i opłacalność nawożenia. W: Mercik S. (red.), *Chemia rolna – podstawy teoretyczne i praktyczne*. Wyd. SGGW, Warszawa, 237–245.
- Naumann M., Koch M., Thiel H., Gransee A., Pawelzik E., 2020. The importance of nutrient management for potato production part II: plant nutrition and tuber quality. *Potato Res.* 63, 121–137. <https://doi.org/10.1007/s11540-019-09430-3>
- Nowacki W. (red.), 2020. *Metodyka integrowanej produkcji ziemniaków*. Wyd. IV.
- Nowacki W. (red.), 2022. *Charakterystyka krajowego rejestru odmian ziemniaka*. Wyd. XXV. IHAR–PIB Oddz. Jadwisin.
- Öztürk E., Kavurmacı Z., Kara K., Polat T., 2010. The effects of different nitrogen and phosphorus rates on some quality traits of potato. *Potato Res.* 53, 309–312. <https://doi.org/10.1007/s11540-010-9176-8>
- Piekutowska M., Niedbała G., Piskier T., Lenartowicz T., Pilarski K., Wojciechowski T., Czechowska-Kosacka A., 2021. The application of multiple linear regression and artificial neural network models for yield prediction of very early potato cultivars before harvest. *Agronomy* 11(5), 885. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050885>
- PN-EN ISO 10520, 2002. Oznaczenie zawartości skrobi. Polarymetryczna metoda Ewersa. PKN, Warszawa.
- Rens L.R., Zotarelli L., Rowland D.L., Morgan K.T., 2018. Optimizing nitrogen fertilizer rates and time of application for potatoes under seepage irrigation. *Field Crops Res.* 215, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.10.004>
- Rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych (Dz. Urz. UE L364/5, s. 11, z 20.12.2006).

- Roztropowicz S. (red.), 1999. Metodyka obserwacji, pomiarów i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakiem. IHAR Oddz. Jadwisin.
- Rymuza K., Radzka E., Lenartowicz T., 2015a. The effect of weather conditions on early potato yields in east-central Poland. *Commun. Biometry Crop Sci.* 10(2), 65–72.
- Rymuza K., Radzka E., Lenartowicz T., 2015b. Wpływ warunków środowiskowych na zawartość skrobi w bulwach odmian ziemniaka średnio wczesnego. *Acta Agroph.* 22(3), 279–289.
- Rymuza K., Bombik A., Stopa D., 2016. Wpływ wysokości redliny i temperatury zbioru na występowanie wad zewnętrznych bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.* 33(3), 80–91.
- 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. <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.1470.0168>
- Sądej W., Namiotko A., 2011. Nitrates (V) content in potato tubers cultivated under various fertilization systems. *Ecol. Chem. Engineer. A* 18(8), 1123–1130.
- Sellam V., Poovammal E., 2016. Prediction of crop yield using regression analysis. *Ind. J. Sci. Technol.* 2016, 9(38), 1–5. <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i38/91714>
- Skowera B., 2014. Zmiany warunków hydrotermicznych na obszarze Polski (1971–2010). *Fragm. Agron.* 31(2), 74–87.
- Tehulie N.S., Misgan T., 2019. Review on the effects of nitrogen fertilizer rates on growth, yield components and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Int. J. Res. Agron.* 2(2), 51–56.
- TIBCO Statistica, 2017. TIBCO Statistica v. 13.3.0, TIBCO Software Inc, Palo Alto, CA, USA. <https://www.tibco.com/products/tibco-statistica> [dostęp: 23.05.2023].
- Trawczyński C., 2004. Zależność między dawką azotu a plonem odmian ziemniaka. *Biul. IHAR* 232, 131–140.
- Trawczyński C., 2019. Influence of nitrogen fertilization on the yield, quality and nitrogen utilization efficiency of early potato tubers harvested on two dates. *J. Elem.*, 24(4), 1253–1267. <https://doi.org/10.5601/jelem.2019.24.1.1799>
- Trawczyński, C. 2020. The effect of nitrogen fertilization on yield efficiency and quality of tubers potato varieties cultivated in an integrated production system. *Biul. IHAR* 288, 15–22. <https://doi.org/10.37317/biul-2020-0002>
- Trawczyński C. 2021. Assessment of mineral nitrogen fertilization of early potato varieties in integrated production. *J. Elem.*, 26(1), 109–123. <https://doi.org/10.5601/jelem.2020.25.4.2066>
- Vos J., 2009. Nitrogen responses and nitrogen management in potato. *Potato Res.*, 52, 305–317. <https://doi.org/10.1007/s11540-009-9145-2>
- Wierzbička A., 2012. Wpływ odmiany, nawożenia azotem i terminu zbioru na zawartość suchej masy i skrobi w bulwach ziemniaków wczesnych. *Fragm. Agron.* 29(2), 134–142.
- Wierzbička A., Mazurczyk W., Wroniak J. 2008. Wpływ nawożenia azotem i terminu zbioru na plon i wybrane cechy jakości bulw wczesnych odmian ziemniaka. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk Rol.* 530, 207–216.
- WRB, 2014. World reference database for soil resources 2014. International soil classification system for naming soil and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports* 106.
- Yadav S.K., Singh G.K., Jain V.K., Tiwari A., 2017. Response of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars to different levels of nitrogen. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 6(8), 2734–2739. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.608.327>
- Zebarth B.J., Belanger G., Cambouris A.N., Ziadi N., 2012. Nitrogen fertilization strategies in relation to potato tuber yield, quality, and crop N recovery. W: Z. He, R.P. Larkin, C.W. Honeycutt (red.), *Sustainable potato production. Global Case Studies*, Springer New York, 165–186.
- Zgórska K., Grudzińska M., 2004. Zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka po obróbce wstępnej i termicznej. *Zesz. Probl. Postęp. Nauk Rol.* 500, 475–481.

Źródło finansowania: Środki Subwencji Statutowej IHAR-PIB.

Summary. In the years 2017–2019, two-factor experiments were carried out at PBAI–NRI Jadwisin Branch on light soil. The aim of the study was to determine mineral nitrogen fertilization on the yield and selected quality features of tubers of potato varieties grown for early harvest, as well as the requirements for the optimal dose of nitrogen. Yield and tuber quality were assessed after harvest, 75 days after potato planting. The quality of tubers was assessed on the basis of structure (share of small, medium and large tubers in the yield), external defects (share of deformed, green and scab-infested tubers in the yield), starch and nitrates (V) content in tubers. On the basis of the regression function, the requirements of the varieties in relation to the optimal dose of nitrogen were determined. The experimental factors were: nitrogen dose (50, 100, 150 kg·ha⁻¹ and the object without nitrogen) and varieties (Bohun, Lady Rosetta, Lawenda, Madeleine, Magnolia – edible, early and Tonacja – edible, very early). The use of a nitrogen dose of 50 kg N·ha⁻¹ contributed to a significant increase in yield and starch content in tubers. Under the influence of the nitrogen dose in the amount of 100 and 150 kg N·ha⁻¹, a significant decrease in the share of small tubers – with a diameter of less than 30 mm, medium tubers – with a diameter of 31–60 mm, and an increase in the share of large tubers – with a diameter above 60 mm, was obtained in the yield structure, and nitrate (V) levels in tubers. The tested varieties showed different requirements in relation to the optimal dose of nitrogen, from 72 to 95 kg N·ha⁻¹. The varieties Lawenda and Magnolia were the most predisposed to grown on early harvest.

Key words: mineral nitrogen, quality of tubers, varieties, yield, potato

Otrzymano/Received: 14.11.2022
Zaakceptowano/Accepted: 24.03.2023