

Katedra Technologii Produkcji Roślinnej i Towaroznawstwa  
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin  
e-mail: dominika.skiba@up.lublin.pl

DOMINIKA SKIBA, BARBARA SAWICKA

## Wpływ nawożenia mineralnego na plon i kształt bulw *Helianthus tuberosus*

---

Effect of mineral fertilization on the yield and shape of tubers  
of *Helianthus tuberosus*

**Streszczenie.** Słonecznik bulwiasty uznany jest za roślinę o dużym potencjale produkcyjnym i wszechstronnym użytkowaniu. Dla przetwórstwa spożywczego jedną z ważniejszych cech jest kształt bulw, od którego zależy sposób obróbki oraz ilość odpadów. Stąd celem badań było ocenienie wpływu nawożenia mineralnego na plon i kształt bulw kilku odmian słonecznika bulwiastego. Badania oparto na doświadczeniu polowym, przeprowadzonym w latach 2013–2015 w Parczewie, na glebie płowej, wytworzonej z piasków gliniastych lekkich, kompleksu żyniego dobrego, klasy bonitacyjnej IVb. Czynnikiem eksperymentu były: odmiany słonecznika bulwiastego Albik, Rubik i Violet de Renes oraz zróżnicowane nawożenie mineralne ( $N_0P_0K_0$  – jako obiekt kontrolny oraz:  $P_{43}$ ,  $K_{124}$ ,  $N_{100}$ ,  $P_{43}K_{124}$ ,  $N_{50}P_{43}K_{124}$ ,  $N_{100}P_{43}K_{124}$ ,  $N_{150}P_{43}K_{124}$ ), w przeliczeniu na formę pierwiastkową nawozów, na tle pełnej dawki obornika. Azot podawano w formie azotanowo-amonowej i amidowej. Genotyp odmian, jak również nawożenie mineralne w sposób istotny różnicowały wysokość plonu oraz kształt bulw. Reakcja odmian na nawożenie mineralne okazała się zróżnicowana.

**Słowa kluczowe:** słonecznik bulwiasty, nawożenie, plon bulw, współczynnik wydłużenia

### WSTĘP

Gatunek *Helianthus tuberosus* ma w Polsce wiele określeń: słonecznik bulwiasty, bulwa, bulwa ziemna, bulwa piasków, bulwa dzika, bulwik ogrodowy, jabłko polne, gruszka polna, jabłko ziemne, bulwnik, ziemniak piasków, karczoch jerozolimski, topinambur [Kalembasa 2006, Sawicka 2016]. Jest rośliną dnia krótkiego, reagującą na dni długie zahamowaniem rozwoju generatywnego [Kays i Nottingham 2008, Sawicka 2016]. Słonecznik bulwiasty uznany jest za cenną roślinę o dużym potencjale produkcyjnym i wszechstronnym użytkowaniu. Zainteresowanie bulwami *Helianthus tuberosus*,

przeznaczonymi do spożycia przez ludzi wynika z zawartości w nich m.in. inuliny i fruktooligosacharydów, charakteryzujących się właściwościami prebiotycznymi oraz zawartością naturalnej fruktozy, związków mineralnych, egzogennych aminokwasów, witamin i flawonoidów [Sawicka 2016, Danilčenko i in. 2017]. Słonecznik bulwiasty, z racji swego składu chemicznego oraz walorów sensorycznych, budzi coraz większe zainteresowanie jako surowiec pozwalający na poszerzenie asortymentu wytwarzanych produktów, w tym również żywności funkcjonalnej [Baldini i in. 2004, Mystkowska i Zarzecka 2013, Sawicka 2016]. Bulwy tego gatunku mają również coraz większe znaczenie w gastronomii. Można je spożywać po ugotowaniu, parowaniu, pieczeniu lub smażeniu, a także surowe, jako dodatek do sałatek jarzynowych [Németh i Izasáki 2006, Dreszczyk 2007]. Do spożycia przeznaczają się bulwy *Helianthus tuberosus* zaraz po zbiorze, ponieważ podczas przechowywania nabierają niezbyt przyjemnego smaku [Sawicka i Skiba 2009, Sawicka 2016]. Bulwy mogą być również konserwowane i marynowane z dodatkiem cebuli lub czosnku, a także kiszone tak jak kapusta [Németh i Izasáki 2006, Dreszczyk 2007, Danilčenko i in. 2017]. Jedną z ważniejszych cech dla przemysłu przetwórczego jest kształt bulw, od którego zależy sposób obróbki oraz ilość odpadów. Kształt bulw może być uzależniony od agrotechniki. W literaturze brakuje badań odnoszących się do wpływu nawożenia na kształt bulw *Helianthus tuberosus*, stąd też celem badań było określenie wpływu nawożenia mineralnego na plon i kształt bulw kilku odmian słonecznika bulwiastego.

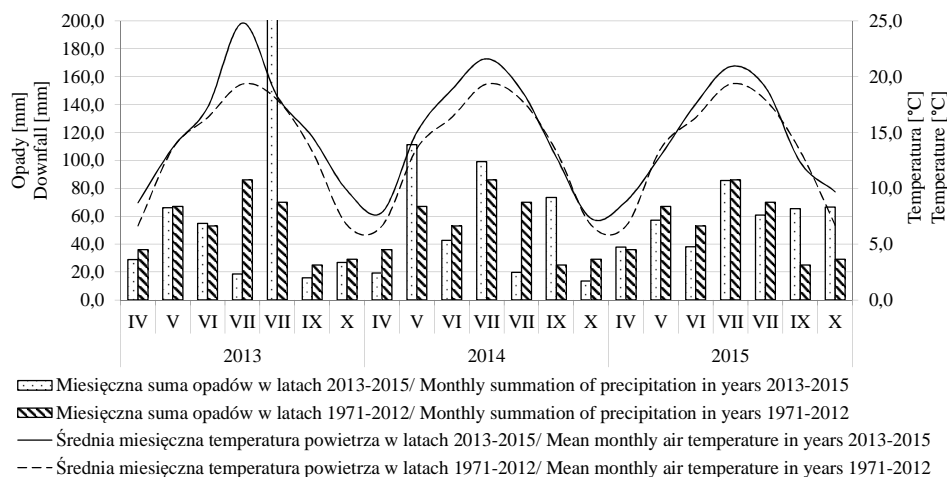
#### MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2013–2015 w Stacji Doświadczalnej Uniwersytetu Przyrodniczego w Parczewie (woj. lubelskie). Eksperyment założono metodą podwójnie rozszczepionych jednostek eksperymentalnych (split-split-plot) w trzech powtórzeniach. Czynnikiem I rzędu były odmiany: Albik, Rubik i Violet de Rennes. Czynnikiem II rzędu stanowiło zaś nawożenie mineralne ( $N_0P_0K_0$  – jako obiekt kontrolny oraz  $P_{43}$ ,  $K_{124}$ ,  $N_{100}$ ,  $P_{43}K_{124}$ ,  $N_{50}P_{43}K_{124}$ ,  $N_{100}P_{43}K_{124}$ ,  $N_{150}P_{43}K_{124}$ , w przeliczeniu na formę pierwiastkową nawozów, na tle pełnej dawki obornika –  $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Azot podawano w formie azotanowo-amonowej (saletra amonowa 34%) i amidowej (mocznik 46%). Dawki powyżej  $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  aplikowano w 2 terminach:  $2/3$  przed sadzeniem i  $1/3$  po wschodach roślin, w 14 fazie wg skali BBCH [Bleinholder i in. 2005]. Bulwy sadzono w I dekadzie kwietnia, co  $40 \text{ cm}$  w rzędzie, a odległość między rzędami wynosiła  $62,5 \text{ cm}$ . Powierzchnia każdego poletka do zbioru wynosiła  $20 \text{ m}^2$ . Zastosowane w eksperymencie odmiany słonecznika bulwiastego były zróżnicowane pod względem morfologicznym i fizjologicznym (Albik o bulwach owalnopodłużnych lub maczugowatych i skórce kremowej, Rubik o bladoczerwonych, wyrównanych, jajowatych bulwach i białym miąższu oraz Violet de Rennes, o bulwach purpurowofioletowych, kształtu gruszkowatego i białokremowym miąższu). We wszystkich latach badań przedplonem słonecznika bulwiastego był rzepak ozimy. Zbiór bulw przeprowadzano wiosną, w pierwszej połowie kwietnia. W czasie zbioru określano plon bulw oraz ich kształt, który wyznaczano na podstawie współczynnika wydłużenia bulw ze wzoru [Fleszer i Fabian 1991]:  $W = a/b$ , gdzie  $a$  – długość,  $b$  – szerokość. Kształt bulw oznaczono na podstawie największego procentowego udziału, w ocenianej próbie bulw o danym kształcie (tab. 1).

Tabela 1. Klasyfikacja bulw wg typu kształtu  
Table 1. Classification of tubers by shape type

Typ kształtu Type of shape	Okrągławy Roundish	Maczugowate zbliżone do okrągławych Clavate similar to roundish	Maczugowate Clavate	Maczugowato wydłużone Clavate elongated
Współczynnik wydłużenia Elongation factor	1,3–1,5	1,6–1,7	1,8–2,0	>2,0

Źródło/ Sources: Fleszer i Fabian [1991]



Rys. 1. Porównanie ze średnią z wielolecia opadów i temperatury powietrza w okresie wegetacji *Helianthus tuberosus* w latach 2013–2015 wg stacji meteorologicznej COBORU w SDOO Uhnin

Fig. 1. The comparison with the average multi-year, precipitation and air temperature during the growing season of *Helianthus tuberosus* in 2013–2015 according to COBORU meteorological station at SDOO Uhnin

Statystyczne opracowanie wyników wykonano za pomocą analizy wariancji. Istotność źródeł zmienności testowano testem F Fischera-Snedecora. Istotność różnic pomiędzy średnimi charakteryzującymi badane czynniki oszacowano za pomocą testu Tukeya przy poziomie istotności  $p \leq 0,05$ .

Rozkład temperatur i opadów w analizowanych latach badań był zróżnicowany (rys. 1). Rok 2013 był ciepły i suchy, poza skrajnie wilgotnym sierpniem. W 2014 r. najcieplejszym miesiącem był lipiec, a najchłodniejszym – październik. Okres kwiecień – październik tego roku charakteryzował się najmniejszą sumą opadów w porównaniu z pozostałymi latami badań. Występowały w nim na przemian miesiące skrajnie suche i skrajnie wilgotne. W 2015 r. warunki meteorologiczne okresu wegetacji były dość stabilne. Średnia temperatura powietrza wynosiła  $14,2^{\circ}\text{C}$ , co stanowiło odchylenie od normy z wielolecia o  $1,2^{\circ}\text{C}$ . Okres kwiecień – sierpień, w których średnia suma opadów

wynosiła 55,9 mm, można uznać za przeciętny, natomiast wrzesień – za bardzo wilgotny, a październik – za skrajnie wilgotny.

Doświadczenie przeprowadzono na glebie płowej, wytworzonej z piasków gliniastych, kompleksu żytznego dobrego, klasy bonitacyjnej IVb [World reference base for soil resources 2014]. Według procentowej zawartości frakcji piaskowej, pyłowej i ilowej jest to podgrupa granulometryczna – piasek gliniasty. Wartość pH oznaczona w 1 mol KCl, o zakresie od 5,97 do 6,77 wskazuje, że gleba była lekko kwaśna (tab. 2). Zawartość substancji organicznej w glebie, oznaczona metodą wagową, wynosiła 1,88%, a próchnicy w warstwie ornej gleby 13,4 g·kg<sup>-1</sup>. Zawartość węglanów wynosiła 0,21% gleby. Gleba ta odznaczała się ponadto bardzo wysoką zasobnością w przyswajalny fosfor (11,4 mg·100 g<sup>-1</sup> gleby) [PN-R-04023:1996], wysoką w potas (13,2 mg K·100 g<sup>-1</sup> gleby) [PN-R-04022:1996/Az1:2002], średnią w magnez (3,4 mg Mg·100 g<sup>-1</sup> gleby) [PN-R-04020:1994/Az1:2004], niską w bor (0,56 mg B·kg<sup>-1</sup> p.s.m. gleby) [PN-R-04018:1993], średnią w żelazo (685 mg Fe·kg<sup>-1</sup> p.s.m. gleby) [PN-R-04021:1994] i niską w miedź (1,47 mg Cu·kg<sup>-1</sup> p.s.m. gleby) [PN-R-04017:1992], średnią w mangan (151,67 mg Mn·kg<sup>-1</sup> p.s.m. gleby) [PN-R-04019:1993] i wysoką w cynk (8,20 mg Zn·kg<sup>-1</sup> gleby) [PN-R-04016:1992].

Tabela 2. Charakterystyka gleb według kategorii agronomicznych  
Table 2. Characterization of soils according to agronomic categories

Lata Years	Procentowa zawartość frakcji o średnicy The percentage of fractions having a diameter (mm $\phi$ )			Gatunek gleby Soil type	pH w 1 molKCl·dm <sup>-3</sup> pH in 1 molKCl·dm <sup>-3</sup>	Substancja organiczna Organic substance (% dry mass)
	2,0–0,05	0,05–0,002	<0,002			
2013	71,0	24,0	4,0	pg	6,22	1,86
2014	71,0	27,0	2,0	pg	6,77	1,62
2015	72,0	25,0	3,0	pg	5,97	2,15
Średnia Mean	71,4	25,4	3,0			1,88

Źródło: wyniki oznaczono w Stacji Chemiczno-Rolniczej w Lublinie  
Source: results were determined in Regional Agrochemical Station in Lublin

#### WYNIKI

Plon ogólny bulw *Helianthus tuberosus* w doświadczeniu wynosił przeciętnie 24,54 t·ha<sup>-1</sup> i był porównywalny z plonem ziemniaka (tab. 3). Genotyp odmian decydował istotnie o wysokości plonu ogólnego bulw. Najplenniejszą odmianą okazała się Rubik, najmniej plenną zaś – Violet de Rennes. Odmiany Albik i Violet de Rennes były natomiast homogeniczne pod względem tej cechy. Nawożenie mineralne niezależnie od właściwości odmianowych modyfikowało plon bulw (tab. 3). Największą wartość tej

cechy uzyskano w obiekcie nawożonym  $50 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ , wniesionego w formie azotanowo-amonowej razem z nawożeniem fosforowo-potasowym i była ona istotnie większa od obiektu z tą samą dawką azotu, ale aplikowaną w formie amidowej. Nawożenie samym fosforem i potasem oraz ich łączne zastosowanie nie wpłynęło istotnie na wartość tej cechy. Pod wpływem tego nawożenia obserwowano jedynie tendencję do obniżenia plonu bulw w porównaniu z obiektem kontrolnym, bez aplikacji nawozów mineralnych (tab. 3).

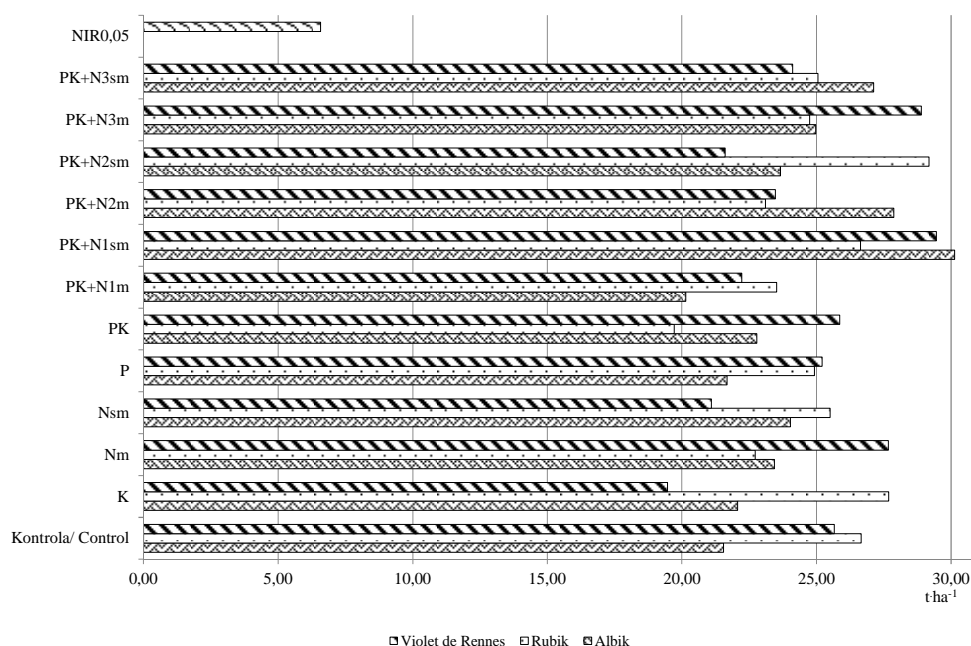
Tabela 3. Plon ogólny i współczynnik wydłużenia bulw *Helianthus tuberosus*  
Table 3. Yield and elongation factor of tubers *Helianthus tuberosus*

Czynniki eksperymentu Factors of the experiment		Plon bulw Yield of tubers ( $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ )	Współczynnik wydłużenia Elongation factor
Odmiany Cultivars	Albik	24,16	1,90
	Rubik	27,13	1,57
	Violet de Rennes	22,33	1,49
	$\text{NIR}_{\alpha \leq 0,05} / \text{LSD}_{\alpha \leq 0,05}$	2,80	0,08
Nawożenie* Fertilization	kontrola/ control	24,62	1,59
	K	23,07	1,63
	Nm	24,61	1,67
	Nsm	23,55	1,68
	P	23,93	1,65
	PK	22,79	1,61
	PK+N1m	21,96	1,63
	PK+N1sm	28,74	1,66
	PK+N2m	24,82	1,54
	PK+N2sm	24,82	1,76
	PK+N3m	26,20	1,68
	PK+N3sm	25,43	1,63
	$\text{NIR}_{\alpha \leq 0,05} / \text{LSD}_{\alpha \leq 0,05}$	6,58	0,17
Średnia/ Mean		24,54	1,65

\*obiekt kontrolny ( $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ ), P –  $43 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$ ; K –  $124 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$ ; sm (saletra amonowa), m – (mocznik) –  $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ; PK ( $\text{P}_{43}\text{K}_{124}$ ); N1 –  $\text{N}_{50}\text{P}_{43}\text{K}_{124}$ ; N2 –  $\text{N}_{100}\text{P}_{43}\text{K}_{124}$ ; N3+PK –  $\text{N}_{150}\text{P}_{43}\text{K}_{124} \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$   
control object ( $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$ ), P –  $43 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1}$ ; K –  $124 \text{ kg K} \cdot \text{ha}^{-1}$ ; sm (nitre ammonium), m – (urea) –  $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ; PK ( $\text{P}_{43}\text{K}_{124}$ ); N1 –  $\text{N}_{50}\text{P}_{43}\text{K}_{124}$ ; N2 –  $\text{N}_{100}\text{P}_{43}\text{K}_{124}$ ; N3+PK –  $\text{N}_{150}\text{P}_{43}\text{K}_{124} \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$

Reakcja poszczególnych odmian na nawożenie mineralne była zróżnicowana. Odmiana Albik wykazywała tendencję do wzrostu plonu bulw po zastosowaniu nawożenia pojedynczymi składnikami (P, K, N, niezależnie od formy) oraz łącznego nawożenia fosforowo-potasowego. Poza tym u tej odmiany zanotowano istotny wzrost wartości tej cechy po zastosowaniu  $50 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  w formie azotanowo-amonowej, natomiast ta sama dawka nawozu zastosowana w formie amidowej oddziaływała niekorzystnie. Optymalną dawką azotu dla odmian Albik i Violet de Rennes było  $50 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ , wniesione w formie azotanowo-amonowej, łącznie z nawożeniem fosforowo-potasowym. Odmiana Rubik najwyższy plon bulw wytworzyła w obiektach nawożonych  $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ , również

w formie azotanowo-amonowej, łącznie z nawożeniem fosforowo-potasowym, natomiast zastosowanie samego nawożenia fosforowo-potasowego, bez azotu, spowodowało istotne obniżenie plonu. Dalsze zwiększanie dawek azotu u wszystkich badanych odmian wywołało zmniejszenie plonu bulw *Helianthus tuberosus*. Obniżenie wartości tej cechy odnotowano po aplikacji nawożenia azotem bez dodatkowej suplementacji fosforowo-potasowej oraz po wniesieniu samego fosforu. Nawożenie roślin *Helianthus tuberosus* potasem nie wpłynęło istotnie na plon bulw, chociaż zauważono tendencję do jego zwiększenia. Odmiana Rubik korzystniej reagowała na azot w formie azotanowo-amonowej niż amidowej we wszystkich kombinacjach nawozowych eksperymentu. Odmiana Violet de Rennes wykazywała tendencję do wzrostu plonu bulw po aplikacji azotu w formie amidowej, bez dodatkowego nawożenia PK oraz po zastosowaniu 50 kg N·ha<sup>-1</sup>, na tle nawożenia PK, a także samego nawożenia fosforowo-potasowego. Pozostałe kombinacje nawozowe, z pojedynczymi składnikami, wywarły odwrotny skutek (rys. 2).

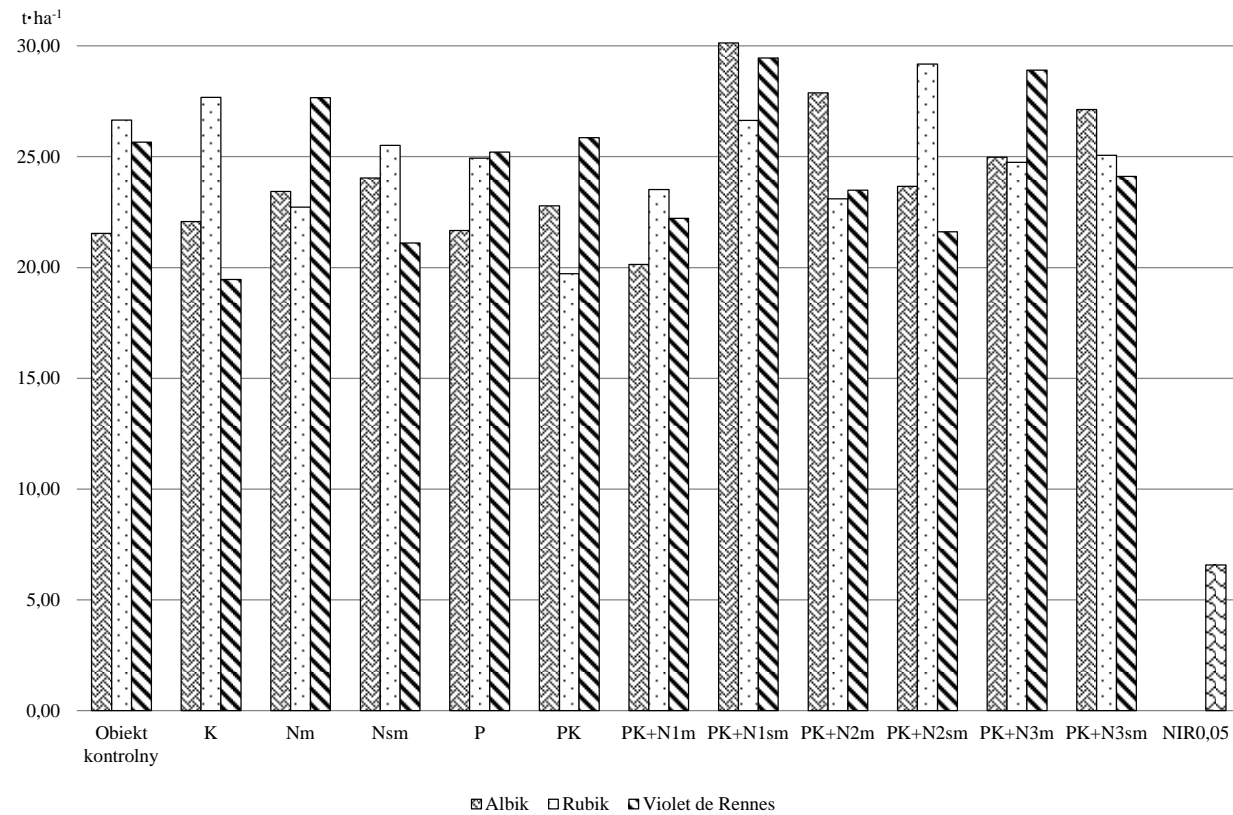


Oznaczenia jak w tabeli 3/ Markings as in table 3

Rys. 2. Zmiany plonu ogólnego bulw badanych odmian *Helianthus tuberosus* pod wpływem nawożenia mineralnego (średnia z lat 2013–2015)

Fig. 2. Changes in yield of tubers of *Helianthus tuberosus* cultivars tested under the influence of mineral fertilization (mean years 2013–2015)

W przemyśle przetwórczym zwraca się uwagę na kształt i wielkość bulw. Ta cecha morfologiczna wywiera wpływ na stopień uszkodzeń podczas zbioru bulw oraz na przydatność technologiczną w procesach obierania, krojenia na plastry, słupki czy w kostkę. Właściwości genetyczne badanych odmian słonecznika bulwiastego wpłynęły na kształt



Oznaczenia jak w tabeli 3/ Markings as in table 3

Rys. 3. Oddziaływanie nawożenia mineralnego i cech odmianowych na kształt bulw *Helianthus tuberosus* (średnia z lat 2013–2015)  
 Fig. 3. Effect of mineral fertilization and cultivars on the shape of *Helianthus tuberosus* tubers (mean years 2013–2015)

bulw, oceniany przez współczynnik wydłużenia. Na jego podstawie przyporządkowano odmianom następujące typy kształtu bulw:

- Albik – typ maczugowaty, o średnim współczynniku wydłużenia 1,90,
- Rubik – typ maczugowaty, zbliżony do okrągławych, współczynnik wydłużenia 1,57,
- Violet de Rennes – typ okrągławy, współczynnik wydłużenia 1,49 (tab. 3).

Nawożenie mineralne przyczyniło się do wydłużenia bulw. Aplikacja  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  w formie azotanowo-amonowej na tle nawożenia fosforowo-potasowego spowodowała istotnie większe wydłużenie bulw zarówno w porównaniu z tą samą dawką azotu aplikowaną w formie amidowej, jak i z brakiem nawożenia w obiekcie kontrolnym (tab. 3).

Odmiana Albik istotnym wydłużeniem bulw reagowała na nawożenie pojedynczymi składnikami: fosforem oraz  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  w formie amidowej w porównaniu z obiektem kontrolnym. Zaobserwowano także, iż odmiany Albik i Violet de Rennes w jednorodny sposób reagowały na zwiększenie dawki azotu w formie amidowej względem azotanowo-amonowej, stosowanych na tle nawożenia fosforowo-potasowego. Większy współczynnik wydłużenia osiągnęły bulwy obu odmian po zastosowaniu dawki do  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  w formie azotanowo-amonowej niż amidowej. Odmiana Rubik wykazała istotną ujemną reakcję w zakresie tej cechy na nawożenie dawką  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  w formie azotanowo-amonowej, na tle nawożenia PK (rys. 3).

#### DYSKUSJA

Podstawowy czynnik zapewniający prawidłową dynamikę wzrostu biomasy zarówno *Helianthus tuberosus*, jak i innych roślin to azot, który pobierany jest przez roślinę z gleby. Wprowadzany jest on do gleby w formie azotanowej, amonowej lub amidowej. Najszybciej pobierany jest przez rośliny azot azotanowy, nieco wolniej amonowy, natomiast azot amidowy dostępny jest dla roślin dopiero po przemianach w glebie do formy amonowej i azotanowej [Kozłowski i in. 2006]. Azot pochodzący z nawozów mineralnych jest włączany w cykl przemian azotu glebowego. Z dostarczonej dawki rośliny wykorzystują ok. 50%; 20% jest unieruchamiane, pozostałą zaś część stanowią straty [Fotyma 2011]. Każda z zastosowanych form azotu wywierała odmienny wpływ na badane cechy. Forma amonowa dobrze działa również w niskich temperaturach i jest typową formą przedsiewną, jest sorbowana w glebie, przy czym rośliny pobierają ją wolniej. Stosowanie azotu w formie azotanowo-amonowej, np. w formie saletry amonowej, sprzyja rozwojowi systemu korzeniowego, lepszemu rozgałęzianiu, pobieraniu fosforu, siarki, boru, czyli pierwiastków stymulujących prawidłowe rozgałęzianie się roślin, fotosyntezę, odporność roślin na czynniki abiotyczne itd. Stosowanie azotu w formie azotanowo-amonowej ogranicza akumulację azotanów w bulwach i korzeniach [Sawicka i in. 2015]. Forma amidowa, występująca w moczniku, ulega w glebie rozkładowi najpierw do formy azotanowo-amonowej, a później do saletrzaney. Jest zatem formą wolniej działającą niż forma saletrzano-amonowa, bardziej przydatną do wiosennego nawożenia roślin.

Zdaniem wielu autorów [Sawicka i in. 2007, Anwar i in. 2011, Sawicka i Kalembasa 2013, Danilchenko i in. 2017] słonecznik bulwiasty należy do gatunków, które wyraźnie reagują zwyżką plonu bulw na nawożenie azotem. Przeprowadzone badania wykazały, iż nawożenie mineralne modyfikowało wysokość plonu bulw słonecznika bulwiastego niezależnie od odmiany. Największą wartość tej cechy uzyskano po aplikacji  $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$



w formie azotanowo-amonowej, na tle stałego nawożenia fosforowo-potasowego. Reakcja słonecznika bulwiastego na wzrastający poziom nawożenia azotem jest jedną z metod ustalenia potrzeb nawozowych w stosunku do tego składnika [Sawicka i Kalembasa 2008, 2013]. Anwar i in. [2011] wykazali, iż nawożenie roślin słonecznika bulwiastego w ilości 100% zalecanej dawki azotu i potasu oraz dodanie mocznika i cytrynianu potasu do zastosowań dolistnych jest dobrym sposobem na zwiększenie plonowania w warunkach gleb piaszczystych.

Plon bulw *Helianthus tuberosus* był niższy niż uzyskany przez Puangbut i in. [2017]. W badaniach genotypowych tego gatunku Góral [1996] zanotował plon bulw na poziomie  $34 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , natomiast Prośba-Białczyk [2007] uważa, iż słonecznik bulwiasty uprawiany bez nawożenia i chemicznej ochrony roślin może wytworzyć plon bulw rzędu  $40 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Reakcja odmian na stosowane nawożenie okazała się zróżnicowana. Na nawożenie mineralne najlepiej reagowała odmiana Albik, która najwyższy plon bulw wykształciła już po zastosowaniu  $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  w formie azotanowo-amonowej, na tle stałego nawożenia fosforowo-potasowego. Natomiast odmiana Rubik najkorzystniej reagowała na wniesienie  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  w formie azotanowo-amonowej, na tle nawożenia fosforowo-potasowego, a odmiana Violet de Rennes po zastosowaniu  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  w formie azotanowo-amonowej, na tle nawożenia PK. Dotychczas nie wyjaśniono, dlaczego odmiany *Helianthus tuberosus* reagują odmiennie na nawożenie azotem i to bez względu na długość okresu wegetacji. Prawdopodobnie jest to związane z budową morfologiczną i anatomiczną liści, a także z tempem przyswajania składników pokarmowych z podłoża. Nawozy azotowe, zwłaszcza stosowane dolistnie po wschodach rośliny uprawnej, mogą przenikać do wnętrza roślin na dwa sposoby: poprzez powierzchnię blaszki liściowej oraz przez aparaty szparkowe [Sawicka i Michałek 2008].

Określenie regularności i typu kształtu bulw jest ważne z punktu widzenia przemysłu przetwórstwa spożywczego, z uwagi na straty i dalsze wykorzystanie oraz obróbkę surowca. Z przeprowadzonych badań wynika, że stosunkowo niskim współczynnikiem wydłużenia bulw charakteryzowała się odmiana Violet de Rennes, która wyróżniała się kształtem najbardziej zbliżonym do okrągłego. Bulwy pozostałych odmian cechowały się bardziej maczugowatym i wydłużonym kształtem. Zależność kształtu bulw od odmiany potwierdzają również Terzić i in. [2007], Kiru i Nasenko [2010] oraz Sawicka [2016]. Kiru i Nasenko [2010] wskazują jako optymalny kształt gruszki i współczynnik wydłużenia od 1,0 do 2,0. Badania Filipovića i in. [2016] wskazują, iż kształt bulw nie jest zależny od typu gleby, natomiast zależy od dostępu wody w okresie wegetacji. Zdaniem Janket i in. [2016] stres suszy znacznie skraca długość i szerokość bulw.

Aplikacja nawozów, poza kombinacją ze  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ , w formie amidowej na tle nawożenia PK, powodowała wydłużanie kształtu bulw.

#### WNIOSKI

1. Właściwości genetyczne badanych odmian wywarły decydujący wpływ na plon ogólny oraz kształt bulw. Odmiana Violet de Rennes charakteryzowała się bulwami o kształcie zbliżonym do okrągłego a jednocześnie najwyższym plonem, co wskazuje na możliwość zastosowania jej w przemyśle przetwórstwa spożywczego.

2. Azot, niezależnie od formy, aplikowany łącznie z nawozami fosforowo-potasowymi, wpływał pozytywnie na wysokość plonu bulw *Helianthus tuberosus*. Najwyższy plon bulw uzyskano w obiekcie nawożonym azotem w dawce  $50 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ , wniesionym w formie azotanowo-amonowej razem z nawożeniem fosforowo-potasowym i był on istotnie wyższy od plonu uzyskanego z obiektu nawożonego azotem w tej samej dawce, ale zastosowanym w formie amidowej.

3. Optymalną dawką azotu w odniesieniu do plonu bulw dla odmian Albik i Violet de Rennes było  $50 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ , aplikowane w formie azotanowo-amonowej, łącznie z nawożeniem fosforowo-potasowym. Natomiast najwyższy współczynnik wydłużenia osiągnęły bulwy obu odmian po zastosowaniu dawki do  $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  w formie azotanowo-amonowej.

#### PIŚMIENNICTWO

- Anwar R.S.M., Awad E.M.M., Al-Easily I.A.S., 2011. Effect of different rates of nitrogen and potassium fertilization on growth, yield and quality of Jerusalem artichoke plants under sandy soil conditions. *J. Plant Prod.* 2(8), 983–993.
- Baldini M., Danuso F., Turi M., Vannozzi G.P., 2004. Evaluation of new clones of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) for inulin and sugar yield from stalks and tubers. *Ind. Crops Prod.* 19, 25–40.
- Bleinholder H., Buhr L., Feller C., Hack H., Hess M., Klose R., Meier U., Stauss R., van den Boom T., Weber E., Lancashire P.D., Munger P., 2005. Compendium of growth stage identification keys for mono- and dicotyledonous plants. Klucz do określania faz rozwojowych roślin jedno- i dwuliściennych w skali BBCH. Tłum. Adamczewski K., Matysiak K. Wyd. IOR, Poznań.
- Daniłchenko H., Jarienè E., Slepeliene A., Sawicka B., Zaldariene S. 2017. The distribution of bioactive compounds in the tubers of organically grown Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) during the growing period. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 16(3), 97–107. DOI: 10.24326/asphc.2017.3.10.
- Dreszczyk E., 2007. Propozycja dalszego rozwijania regionalnej koncepcji wykorzystania biomasy do celów energetycznych. *Energ. Odnawialna* 12, 4–15.
- Filipović V., Radanović D., Marković T., Ugrenović V., Protić R., Popović V., Sikora V., 2016. Productivity and tuber quality of *Helianthus Tuberosus* L. cultivated on different soil types in Serbia. *Rom. Biotechnol. Letters* 21(4), 11691–11700.
- Fleszer J., Fabian H., 1991. Wymiarowa i masowa charakterystyka bulw ziemniaka. Politechnika Warszawska, Warszawa.
- Fotyma M., 2011. Testy glebowe potasu łatwo dostępnego dla roślin. *Nawozy Nawoż.* 44, 6–16.
- Góral S., 1996. Topinambur – słonecznik bulwiasty – *Helianthus tuberosus*. Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze, przemysłowe i jako odnawialne źródła energii. SGGW, Warszawa, 76–86.
- Janket A., Vorasoot N., Ruttanaprasert R., Kesmala T., Jogloy S., 2016. genotypic variability of yield components and crop maturity in Jerusalem artichoke germplasm, SABRAO J. Breed. *Genet.* 48(4), 474–490.
- Kalembasa D., 2006. Ilość i skład chemiczny popiołu z biomasy roślin energetycznych. *Acta Agrophys.* 7(4), 909–914.
- Kays S.J., Nottingham S.F., 2008. Biology and chemistry of Jerusalem artichoke *Helianthus tuberosus* L. CRC Press Taylor & Francis Group, Broken Sound Parkway NW.

- Kiru S., Nasenko I. 2010. Use of genetic resources from Jerusalem artichoke collection of N. Vavilov Institute in breeding for bioenergy and health security. *Agronomy Research* 8 (Special Issue III), 625–632.
- Kozłowski S., Goliński P., Zielewicz W., Biniś J. 2006. Badania nad nawożeniem pastwiska nawozami płynnymi. *Annales UMCS, sec. E, Agricultura* 61, 341–352.
- Mystkowska I., Zarzecka K., 2013. Wartość odżywcza i prozdrowotna słonecznika bulwiastego (*Helianthus tuberosus* L.), *Postępy Fitoter.* 2, 123–126, <http://www.postepyfitoterapii.pl/spfn.php?ktory=4407>.
- Németh G., Izasáki Z., 2006. Macro- and microelement content and uptake of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). V. Alps-Adria Scientific Workshop 34(1), 597–600.
- PN-R-04016:1992 – Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnego cynku.
- PN-R-04017:1992 – Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnej miedzi.
- PN-R-04018:1993 – Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnego boru.
- PN-R-04019:1993 – Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnego manganu.
- PN-R-04020:1994/Az1:2004 – Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnego magnezu.
- PN-R-04021:1994 – Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnego żelaza.
- PN-R-04022:1996/Az1:2002 – Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnego potasu w glebach mineralnych.
- PN-R-04023:1996 – Analiza chemiczno-rolnicza gleby – Oznaczanie zawartości przyswajalnego fosforu w glebach mineralnych.
- Prośba-Białczyk U., 2007. Produkcyjność topinamburu (*Helianthus tuberosus* L.) uprawianego bez nawożenia. *Frag. Agron.* 4(96), 106–112.
- Puangbut D., Jogloyand S., Veeri Yasuthee W., 2017. Genotypic variability for inulin content, tuber yield and tuber weight of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Germplasm. *SABRAO J. Breed. Genet.* 49(2), 144–154.
- Sawicka B., 2016. Słonecznik bulwiasty (*Helianthus tuberosus* L.). *Biologia, hodowla, znaczenie użytkowe*. Wyd. UP w Lublinie.
- Sawicka B., Kalembasa D., 2008. Zmienność zawartości makroelementów w bulwach *Helianthus tuberosus* L. pod działaniem zróżnicowanego nawożenia azotem. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 7(1), 67–82.
- Sawicka B., Kalembasa S., 2013. Fluctuation of protein nitrogen level in tubers of *Helianthus tuberosus* L. caused by varying levels of nitrogen fertilization. *Ecol. Chem. Engin. Ecol. Chem. Eng. A.* 20(2), 213–223. DOI: 10.2428/ecea.2013.20(02)022.
- Sawicka B., Michałek W., 2008. Photosynthetic activity of *Helianthus tuberosus* L. depending on a soil and mineral fertilization. *Pol. J. Soil Sci.* 41(2), 209–222.
- Sawicka B., Michałek W., Skiba D., 2007. Wrażliwość roślin *Helianthus tuberosus* L. na chlorażon. *Progr. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.* 47(1), 363–370.
- Sawicka B., Skiba D., 2009. Zmienność ciemnienia miąższu bulw surowych i gotowanych słonecznika bulwiastego (*Helianthus tuberosus* L.). *Annales UMCS, sec. E, Agricultura* 64 (2), 15–22.
- Sawicka B., Skiba D., Kotiuk E. Wójcik S., Greguła A., Borkowska H., 2015. Fluktuacja suchej masy i inuliny w bulwach *Helianthus tuberosus* L. w zmiennych warunkach nawożenia mineralnego. W: *Współczesne dylematy polskiego rolnictwa. Cz. II*. Red. K. Zarzecka, S. Kondracki. PSW, Biała Podlaska.

Terzić S., Mikić A., Atlagić J., Marinković R., Mihailović V., 2007. Morfološka varijabilnost krtola vrste *Helianthus tuberosus*. Zbornik Radova, Sveska 44, 207-214.

World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, <http://www.fao.org/3/a-i3794e.pdf>.

**Summary.** Jerusalem artichoke is considered a valuable plant with a high production capacity and versatile use. For food processing, one of the important features is the shape of tubers, which determines the method of treatment and the amount of waste. Therefore, the aim of the study was to investigate the effect of mineral fertilization on the yield and shape of tubers of several varieties of tuberous Jerusalem artichoke. Studies based on a field experiment conducted in Parczew in 2013–2015 on fawn soil, formed from clay sands light, a good rye complex, class IVb. The factors of the experiment were artichoke cultivars Albik, Rubik and Violet de Rennes and varied mineral fertilization ( $N_0P_0K_0$  – as an object of control and:  $P_{43}$ ,  $K_{124}$ ,  $N_{100}$ ,  $P_{43}K_{124}$ ,  $N_{50}P_{43}K_{124}$ ,  $N_{100}P_{43}K_{124}$ ,  $N_{150}P_{43}K_{124}$ ), based on the elemental form of fertilizers, against the background of a full dose of manure). Nitrogen was provided in the form of nitrate – ammonium and amide. The genotype of varieties as well as mineral fertilization significantly differentiated the crop yield and the tuber shape. The response of varieties to mineral fertilization proved to be varied.

**Key words:** Jerusalem artichoke, fertilization, tuber yield, elongation factor

Otrzymano/ Received: 2.11.2017

Zaakceptowano/ Accepted: 15.12.2017