PROGRESS IN PLANT PROTECTION
60 (4): 275-282, 2020
ISSN 1427-4337

DOI: 10.14199/ppp-2020-029
Published online: 05.10.2020

Received: 05.03.2020 / Accepted: 23.09.2020

Effect of selected chemical features on the technological value of sugar beet yield after application of treatments on soil pests

Wpływ wybranych cech chemicznych na wartość technologiczną plonu buraka cukrowego po zastosowaniu zabiegów na szkodniki glebowe

Magdalena Jakubowska[1]*, Adrian Cyplik[2], Jan Bocianowski[2], Beata Wielkopolan[1]

Summary

The aim of the study was to evaluate the 5 variants of treatments used for combating of cutworms in terms of technological yield of sugar beet. The results of the analysis of the component features of the technological yield were carried out separately in individual years of experimentation, indicate a statistically significant and directly proportional effect of root mass on the technological yield of sugar from 2011 to 2018 in Słupia Wielka and Winna Góra. Technological yield of sugar was determined directly proportionally by the mass of roots and polarization using each treatment in both places. The content of K was inversely proportionate to the technological yield of sugar using phenological treatment with the use of heat sums and without treatment in Winna Góra and treatment according to signalling, treatment after finding foraging signs and treatment according to phenological criterion in Słupia Wielka. The content of N α-amino inversely determined the technological yield of sugar in beets for each of the treatments used in Winna Góra and the three treatment options used in Słupia Wielka.

Key words: technological yield of sugar beet, molasses forming compounds, cutworms, sugar beet

Streszczenie

Celem badań była ocena zastosowanych 5 wariantów podejmowania decyzji o zwalczaniu gąsienic rolnic na plon technologiczny cukru buraków. Wyniki analizy zależności cech składowych plonu technologicznego, przeprowadzonej osobno w poszczególnych latach prowadzenia doświadczeń, wskazują na istotny statystycznie i wprost proporcjonalny wpływ plonu korzeni na plon technologiczny cukru we wszystkich latach badań 2011–2018 w Słupi Wielkiej i Winnej Górze. Plon technologiczny cukru był determinowany wprost proporcjonalnie przez masę korzeni i polaryzację przy zastosowaniu każdego z zabiegów w obu miejscowościach. Zawartość K wpływała odwrotnie proporcjonalnie na plon technologiczny cukru przy zastosowaniu wariantu zabiegu na podstawie obserwacji fenologicznych z zastosowaniem sum ciepła oraz na obiekcie kontrolnym w Winnej Górze oraz zabiegu według sygnalizacji, zabiegu według objawów żerowania i zabiegu według kryterium obserwacji fenologicznych w Słupi Wielkiej. Zawartość N α-aminowego determinowała odwrotnie proporcjonalnie plon technologiczny cukru dla każdego z zastosowanych zabiegów w Winnej Górze oraz trzech wariantów zabiegów w Słupi Wielkiej.

Słowa kluczowe: plon technologiczny cukru buraka, związki melasotwórcze, rolnice, burak cukrowy

[1]Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy
Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań
[2]Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznań
*corresponding author: m.jakubowska@iorpib.poznan.pl
ORCID: 0000-0001-9108-8965

Wstęp / Introduction

Potencjalne możliwości uzyskiwania plonu biologicznego cukru z 1 hektara stale rosną i w zależności od odmiany mogą przekraczać 10 ton z hektara (Řezbová i wsp. 2013; Eurostat 2019). Problem jakości technologicznej korzeni jest bardzo ważnym zagadnieniem zarówno ze względu na plon cukru, jak i wymagania stawiane przez przemysł cukrowniczy. Zawartość związków melasotwórczych (azot α-aminowy oraz jony sodu i potasu) w korzeniach buraka ma istotny wpływ na proces produkcji cukru. Im większa ich zawartość tym gorsza wartość technologiczna buraków. Zarówno plon, jak i jakość technologiczna korzeni są warunkowane szeregiem czynników środowiskowych (przebieg warunków pogodowych), jak i agrotechnicznych, takich jak odmiana, nawożenie, ochrona, terminu siewu i zbioru, zachwaszczenie i inne czynniki (Bzowska-Bakalarz i Banach 2005; Kuc i Zimny 2005; Michalska-Klimczak i Wyszyński 2010; Górski i wsp. 2017). Celem uprawy buraka cukrowego jest dążenie do uzyskania jak największego technologicznego plonu cukru, który jest funkcją plonu korzeni i ich wartości technologicznej (Rozbicki i wsp. 1997; Artyszak i wsp. 1999; Hoffmann i wsp. 2009; Michalska-Klimczak i Wyszyński 2010).

Zagadnieniem zależności wpływu cech ilościowych na plon technologiczny cukru zajmowało się wielu autorów między innymi Bzowska-Bakalarz i Banach (2009), Stępień i wsp. (2010), Strochalska i wsp. (2014), Moliszewska (2015) oraz Jaskulska i wsp. (2017). Narzędziem do określenia istotności oraz siły współzależności i zależności cech są odpowiednie metody statystyczne, z których najczęściej stosowanymi do weryfikacji tego typu cech jest analiza regresji wielokrotnej.

Celem badań było określenie związku pomiędzy cechami korzeni buraków cukrowych a plonem technologicznym cukru w zależności od różnych sposobów podejmowania decyzji przy zwalczaniu gąsienic rolnic (szkodników glebowych).

Materiały i metody / Materials and methods

Ścisłe doświadczenia polowe zostały założone w dwóch miejscowościach: w Winnej Górze (Polowa Stacja Doświadczalna Instytutu Ochrony Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego) i w Słupi Wielkiej (Stacja Polowa Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych). Przedmiotem analiz statystycznych były 8-letnie (lata 2011–2018) wyniki plonowania i jakości technologicznej odmian buraka cukrowego (odmiana: Jagoda, Janusz, Maryna). Jednoczynnikowe doświadczenia polowe prowadzono w układzie losowanych bloków w czterech powtórzeniach obiektów, w ramach działania jednostki doświadczalnej spółki Pfeifer & Langen Polska S.A. współpracującej z Instytutem Ochrony Roślin – Państwowym Instytutem Badawczym. Gleby, na których prowadzono badania były to gleby bielicowe wytworzone na piaskach gliniastych lekkich i płowe. Są to gleby kompleksu żytniego bardzo dobrego, klasy bonitacyjnej IIIa, IIIb i IVa. Charakteryzowały się one zgodnym z wymaganiami buraków cukrowych bliskim obojętnemu odczynem, średnią zasobnością w fosfor oraz wysoką w potas i magnez. Przedplonem dla buraka cukrowego w każdym roku badań była pszenica ozima. W każdym roku badań, doświadczenia w obu lokalizacjach przeprowadzono według tej samej metodyki zakładającej stosowanie ogólnie przyjętych dla buraka cukrowego elementów i zabiegów agrotechnicznych. Wszystkie poletka nawożono taką samą dawką azotu (120 kg N/ha), którą stosowano w ½ przed siewem i w ½ w fazie czwartego liścia właściwego buraka. Fosfor w dawce 60 kg P_2O_5/ha stosowano wraz z potasem, tydzień przed siewem.

Wyznaczenie terminu przeprowadzenia zabiegu insektycydowego przeciwko gąsienicom rolnic oparto na dwóch kryteriach podejmowania decyzji wykonania zabiegu chemicznego:

- kryterium sygnalizacyjne – S – odłowy pierwszych osobników dorosłych (motyli), zabieg na podstawie objawów żerowania – P, zabieg w formie doglebowego opryskiwania roślin (po wschodach buraków) – PD,
- kryterium fenologiczne (F) na podstawie wyliczonych sum temperatur efektywnych – F1 i sum ciepła – F2,

oraz obiektu kontrolnego (bez zabiegu) – K (K1 – kontrola, z której rośliny były pobierane do analiz w Słupi Wielkiej, K2 – analogicznie dla miejscowości Winna Góra).

Plon korzeni buraka cukrowego oraz parametry ich jakości technologicznej, tj. biologiczną zawartość cukru (polaryzacja) oraz składników melasotwórczych (azot α-aminowy, jony potasu i sodu) oceniono w fazie dojrzałości technologicznej buraków (BBCH 49). Korzenie zebrano ręcznie z każdego poletka, z czterech środkowych rzędów o długości 6 m, co stanowiło powierzchnię 10,8 m². Jakość zebranych korzeni oznaczono na podstawie próby 20 korzeni pobranych z każdego poletka z dwóch środkowych rzędów (10 kolejnych korzeni). Ocenę parametrów jakościowych zebranych korzeni (polaryzacja, zawartość K, Na i N-α-amin) przeprowadzono przy pomocy autoanalizatora Venema Typ IIG, w Cukrowni Środa Wielkopolska.

W celu uzupełnienia uzyskanych wyników obliczono następujące parametry jakościowe korzeni według formuły Buchholza i wsp. (1995) (Górski i wsp. 2017):

a) straty przerobowe cukru:
$$CT = 0{,}12 \times (K + Na) + 0{,}24 \times (N\text{-}\alpha\text{-amin}) + 1{,}08 \ [\%]$$
b) wydatek cukru technologicznego: Pol – CT [%]
c) plon cukru technologicznego (białego):
$$Y_{PCT} = Y_{PK} \times (Pol - CT) \times 100^{-1} \ [t/ha]$$
gdzie:
CT – straty przerobowe cukru,
Pol – zawartość cukru w korzeniach – polaryzacja [% świeżej masy],

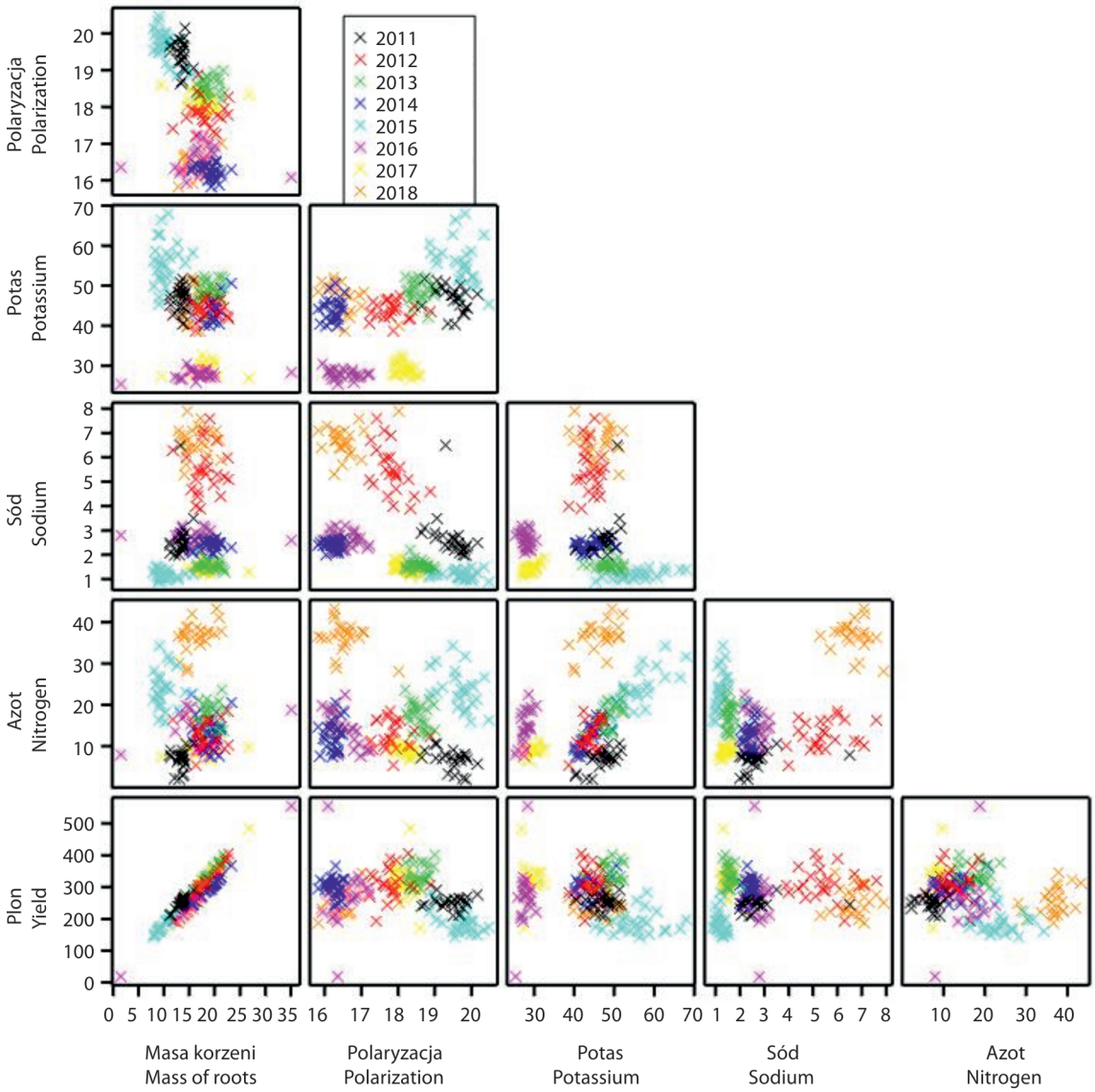
K, Na, N-α-amin – zawartość potasu, sodu i azotu α-aminowego [mmol/100 g świeżych korzeni],
Y_{PK} – plon korzeni [t/ha],
Y_{PCT} – plon cukru technologicznego [t/ha].

Ocenę wpływu masy korzeni oraz parametrów jakości technologicznej korzeni (polaryzacja, zawartość potasu, sodu oraz azotu α-aminowego) na plon cukru technologicznego buraka wykonano za pomocą analizy regresji wielokrotnej z wyborem najlepszego podzbioru zmiennych niezależnych – program komputerowy (Gen Stat 2007). Analizy przeprowadzono osobno dla danych otrzymanych w poszczególnych miejscowościach. Ponadto, zależności estymowano niezależnie w poszczególnych latach prowadzenia doświadczeń oraz niezależnie od zastosowanych zabiegów na szkodniki glebowe.

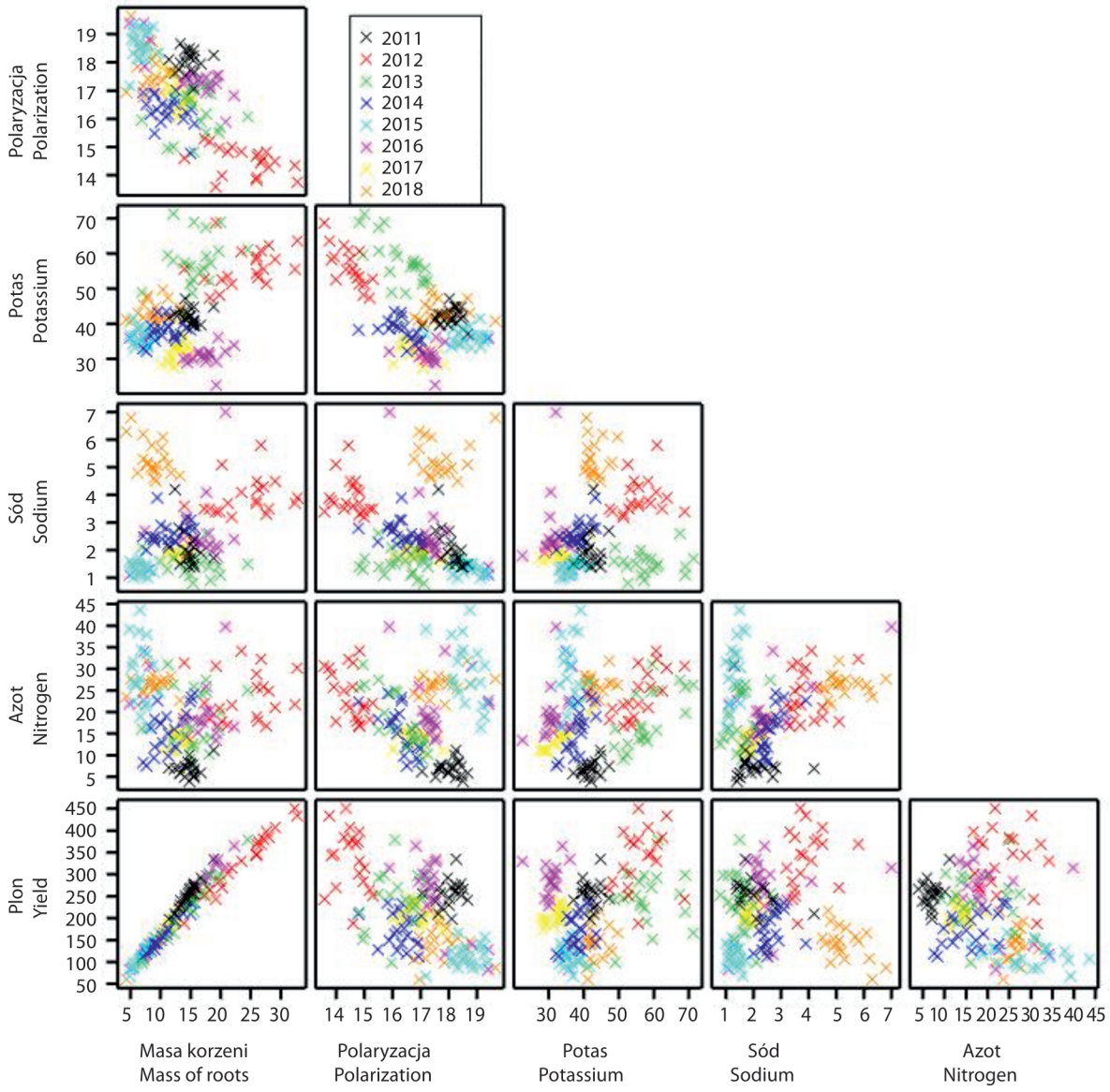
Wyniki i dyskusja / Results and discussion

Zasadniczym celem uprawy buraka cukrowego jest uzyskanie korzeni o jak najwyższej jakości, tj. zawartości cukru. Plon technologiczny buraka cukrowego i jego jakość są funkcją wpływu wielu czynników środowiskowych i agrotechnicznych oraz ich współdziałań.

Analizowano zależności między wybranymi cechami korzeni buraków a technologicznym plonem cukru badanych odmian. Analizy zależności wyżej wymienionych cech korzeni na plon buraka wykonano osobno dla poszczególnych lat, w których przeprowadzono doświadczenia. Uzyskane wyniki wskazują na istotny statystycznie i wprost proporcjonalny wpływ masy korzeni na plon technologiczny cukru buraka we wszystkich ośmiu latach w obu miejscowościach



Rys. 1. Współzależności obserwowanych cech korzeni buraka cukrowego w Słupi Wielkiej, z podziałem na warianty zastosowanych zabiegów chemicznych na szkodniki glebowe w poszczególnych latach
Fig. 1. Relationships between observed traits of sugar beet in Słupia Wielka, determined by different chemical treatments on soil pests in years



Rys. 2. Współzależności obserwowanych cech buraka cukrowego w Winnej Górze, z podziałem na warianty zastosowanych zabiegów na szkodniki glebowe w poszczególnych latach
Fig. 2. Relationships between observed traits of sugar beet in Winna Góra, determined by different treatments on soil pests in years

(tab. 1, rys. 1, 2). Do podobnych wniosków doszli Musolf i wsp. (2004). Przeprowadzona przez nich analiza ścieżek wykazała, że o plonie cukru decydował głównie plon korzeni, a dopiero w dalszej kolejności polaryzacja. Melasotwory odgrywały więc mniejszą rolę. Prowadzi to do logicznego wniosku, że o różnicach w plonie cukru przede wszystkim decydowały różnice w plonach korzeni. Polaryzacja nie determinowała plonu buraka cukrowego jedynie w 2016 roku w doświadczeniu przeprowadzonym w Winnej Górze. Kenter i wsp. (2006) stwierdzili, że wczesny siew buraków oraz układ pogody w trakcie wzrostu buraków cukrowych, wpływają na wzrost plonu technologicznego cukru. Wszystkie zależności, podobnie jak dla masy korzeni, były wprost proporcjonalne (tab. 1). W 2017 roku w Winnej Górze oraz w latach 2011–2014 w Słupi Wielkiej zawartość potasu wpływała odwrotnie proporcjonalnie na plon technologiczny cukru buraka (tab. 1). Z badań Antkowiaka (1999) prowadzonych w różnych warunkach siedliskowych wynika, że koncentracja potasu w korzeniach zależy od zasobności gleby w ten składnik. Plon technologiczny cukru buraka był istotnie związany z zawartością sodu tylko w dwóch latach prowadzenia doświadczeń: w 2017 w Winnej Górze i w 2015 w Słupi Wielkiej (tab. 1). Zawartość azotu α-aminowego determinowała plon buraka w Winnej Górze w latach 2011, 2012 oraz 2015, a w Słupi Wielkiej we wszystkich latach poza rokiem 2017 – wszystkie te zależności były odwrotnie proporcjonalne (tab. 1). Ujemną korelację pomiędzy zawartością cukru a azotem α-aminowym wykazali w swoich badaniach Palmer i Casburn (1985). Natomiast Kenter i wsp. (2006) stwierdzili, że wczesny termin

Tabela 1. Wyniki analizy regresji cech korzeni buraków na plon technologiczny cukru niezależnie dla lat i miejscowości prowadzenia doświadczeń
Table 1. Results of the regression analysis of the features of sugar root on the technological sugar yield regardless of the years and locations of the experiments

Winna Góra						
Rok Year	Stała regresyjna Regression constan	Masa korzeni Root mass	Polaryzacja Polarization	Potas Potassium	Sód Sodium	Azot α-aminowy Nitrogen α-amin
2011	–277,94***	18,15***	15,00***	–0,02	0,31	–0,27***
2012	–345,53***	14,32***	23,09***	0,15	0,90	–0,48**
2013	–258,64***	15,90***	16,29***	–0,18	–1,46	–0,02
2014	–225,04***	16,06***	13,37***	0,19	–2,64	–0,04
2015	–112,76***	18,63***	5,99***	–0,07	–1,73	–0,22***
2016	–71,04	17,01***	5,27	–0,36	–3,43*	–0,33
2017	–206,38***	16,95***	12,18***	–0,25*	–0,15	–0,04
2018	–120,2***	17,39***	6,85***	–0,02	–1,09	–0,19
Słupia Wielka						
Rok Year	Stała regresyjna Regression constant	Masa korzeni Root mass	Polaryzacja Polarization	Potas Potassium	Sód Sodium	Azot α-aminowy Nitrogen α-amin
2011	–267,53***	19,49***	13,66***	–0,12***	–0,08	–0,27***
2012	–309,43***	17,77***	17,66***	–0,27*	–0,10	–0,18*
2013	–363,04***	18,55***	19,47***	–0,10*	0,50	–0,29***
2014	–321,71***	16,32***	19,67***	–0,13***	–0,18	–0,23***
2015	–198,35***	19,14***	10,21***	–0,01	–4,20*	–0,25***
2016	–308,50***	16,22***	18,39***	0,18	0,11	–0,25*
2017	–333,23***	18,39***	17,94***	–0,07	–0,38	–0,13
2018	–259,43***	16,55***	15,77***	–0,07	–0,58	–0,29**

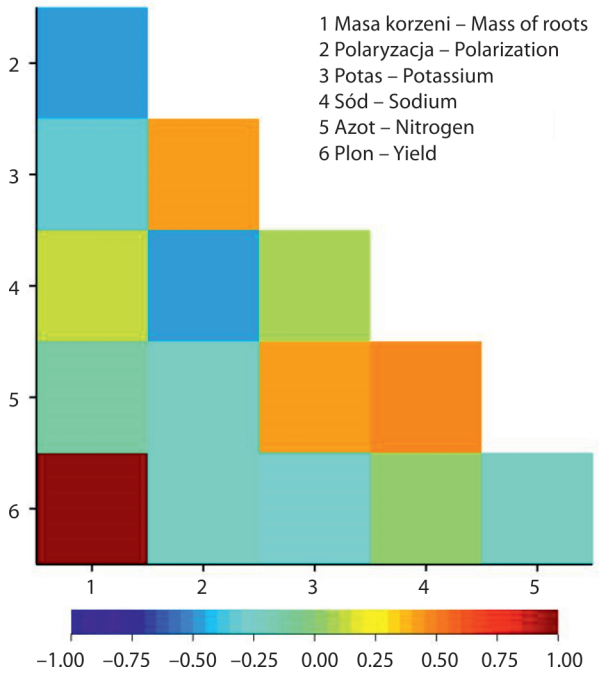
*p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001

siewu oraz sprzyjające do rozwoju buraka warunki pogodowe w trakcie jego wzrostu, wpływają na wzrost plonu technologicznego cukru.

Spośród analizowanych cech jakościowych korzeni buraka cukrowego, polaryzacja oraz zawartość azotu α-aminowego i sodu nie były różnicowane w istotny sposób, działaniem czynników doświadczenia w Słupi Wielkiej (rys. 4, 5, 6). Plon buraka był determinowany wprost proporcjonalnie przez masę korzeni i polaryzację przy zastosowaniu każdego z zabiegów w obu miejscowościach (tab. 2). Zawartość potasu wpływała odwrotnie proporcjonalnie na plon buraka przy zastosowaniu zabiegów K i F2 w Winnej Górze oraz K1, S, P i F w Słupi Wielkiej (tab. 2). Zawartość azotu determinowała odwrotnie proporcjonalnie plon buraka dla każdego z zastosowanych zabiegów w Winnej Górze oraz zastosowanych zabiegach PD, S, P i F w Słupi Wielkiej (tab. 2). Zawartość sodu nie wpływała istotnie statystycznie na plon buraka przy żadnym z zastosowanych zabiegów na szkodniki glebowe (tab. 2). Według różnych autorów to nie potas, lecz nadmiar azotu stanowi główny czynnik pogarszający wydatek cukru (Artyszak i wsp. 1999; Musolf i wsp. 2004). W przeprowadzonych badaniach odnotowana dodatnia korelacja pomiędzy polaryzacją a zawartością azotu α-aminowego (przy niskich zawartościach azotu w korzeniach) świadczyć może o braku przenawożenia buraków azotem (rys. 3). Większość cytowanych autorów twierdzi, że zawartość azotu α-aminowego w korzeniach zależy od ilości azotu pobranego przez rośliny buraka w czasie wegetacji, co w konsekwencji odzwierciedla ilość azotu mineralnego w glebie.

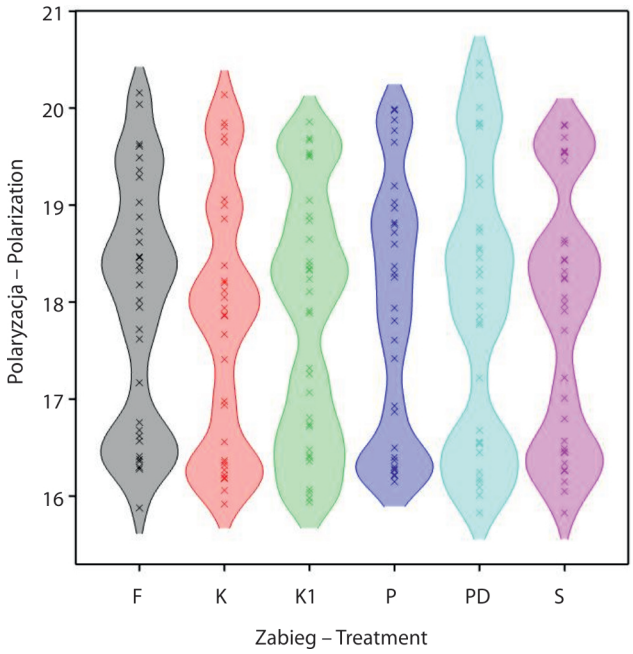
Rozbicki i wsp. (1997) oraz Moliszewska (2015) uważają, że na plon korzeni buraka cukrowego wpływa przede wszystkim dobór stanowiska, przebieg pogody w okresie wegetacji, w mniejszym stopniu wpływ czynników agrotechnicznych. Wyniki ośmioletnich badań własnych charakteryzują się większą zmiennością plonowania pomiędzy latami badań w zależności od badanych czynników (tab. 1).

Barłóg i wsp. (2004) wskazują, że decydujący wpływ na kształtowanie się cech jakościowych korzeni buraka



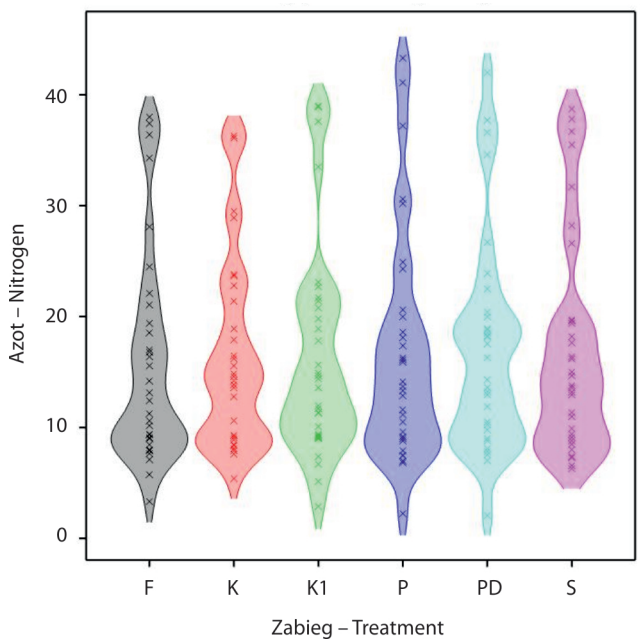
Rys. 3. Współczynniki korelacji liniowej Pearsona dla cech korzeni buraków w Słupi Wielkiej (r_{kr} = 0,19)

Fig. 3. The coefficients of linear Pearson correlations for the observed traits studied in Słupia Wielka (r_{cr} = 0.19)



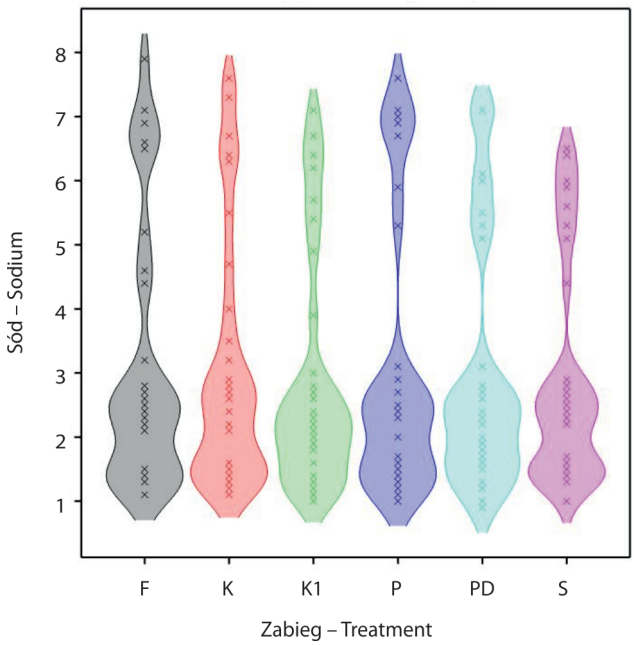
Rys. 5. Wykres gęstości poziomu polaryzacji w zależności od wariantów zastosowanych zabiegów na szkodniki glebowe w poszczególnych latach badań, Słupia Wielka

Fig. 5. Density plot of polarization depending on the variants of applied treatments for soil pests in individual years of research, Słupia Wielka



Rys. 4. Wykres gęstości poziomu azotu α-aminowego w zależności od wariantów zastosowanych zabiegów na szkodniki glebowe w poszczególnych latach badań, Słupia Wielka

Fig. 4. Density plot of α-amino nitrogen depending on the variants of applied treatments for soil pests in individual years of research, Słupia Wielka



Rys. 6. Wykres gęstości poziomu sodu w zależności od wariantów zastosowanych zabiegów na szkodniki glebowe w poszczególnych latach badań, Słupia Wielka

Fig. 6. Density plot of sodium depending on the variants of applied treatments for soil pests in individual years of research, Słupia Wielka

cukrowego ma przebieg pogody, choć występują także różnice międzyodmianowe. Autorzy podkreślają jednocześnie złożoność zależności pomiędzy cechami ilościowymi a jakością korzeni buraka, głównie polaryzacją i zawartością

Tabela 2. Wyniki analizy regresji obserwowanych cech korzeni buraków na plon technologiczny buraków niezależnie dla zastosowanych wariantów zabiegów chemicznych na szkodniki glebowe i miejscowości prowadzenia doświadczeń
Table 2. The results of the regression analysis of the observed traits root on the technological yield of sugar beet regardless of the applied treatments for soil pests and the locations of the experiments

Winna Góra						
Zabieg Chemical treatment	Stała regresyjna Regression constant	Masa korzeni Root mass	Polaryzacja Polarization	Potas Potassium	Sód Sodium	Azot α-aminowy Nitrogen-amin
K	–236,42***	16,63***	14,86***	–0,27*	–0,20	–0,73***
S	–176,16***	16,06***	11,95***	–0,26	–1,69	–0,84***
F1	–184,66***	15,61***	12,34***	–0,13	–1,11	–0,70**
F2	–161,88***	15,65***	11,42***	–0,35*	0,27	–0,80***
K2	–168,86***	15,03***	11,59***	0,09	0,55	–1,31***
Słupia Wielka						
Zabieg Chemical treatment	Stała regresyjna Regression constant	Masa korzeni Root mass	Polaryzacja Polarization	Potas Potassium	Sód Sodium	Azot α-aminowy Nitrogen α-amin
K	–306,58***	18,53***	16,53***	–0,25	0,90	–0,26
K1	–335,75***	18,66***	18,16***	–0,38***	0,13	0,07
PD	–261,09***	17,47***	14,84***	–0,17	1,63	–0,52*
S	–315,68***	18,51***	17,13***	–0,28**	0,76	–0,25*
P	–303,91***	18,22***	16,94***	–0,35**	0,48	–0,28*
F	–249,60***	17,60***	14,67***	–0,39**	0,53	–0,32*

*p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001

związków melasotwórczych. Wskazują również, że duża zawartość melasotworów w korzeniach może być wynikiem niedojrzałości korzeni do zbioru, a nie czynników siedliskowych i elementów agrotechnicznych. Z badań Moliszewskiej (2015) oraz Górskiego i wsp. (2017) wynika bowiem, że skład chemiczny buraka cukrowego zmienia się wraz z jego rozwojem. Podobnie wypowiadają się Moradi i wsp. (2012), którzy stwierdzili, że warunki środowiskowe wynikające z lokalizacji oraz przebieg pogody zazwyczaj w różnym stopniu wpływają na plonowanie poszczególnych genotypów buraka cukrowego, co powinno być uwzględnione przy hodowli nowych odmian. Istotnym zagadnieniem jest dobór odmian. Kryterium jakości odmian jest ilość niecukrów, przechodząca do melasu i ich właściwości melasotwórcze (Antkowiak 1999; Artyszak i wsp. 1999; Tyburski i wsp. 2004). Jak twierdzą autorzy nowe odmiany buraka cukrowego charakteryzują się zmniejszonym w stosunku do wcześniej hodowanych odmian, współczynnikiem ulistnienia, co mogłoby sugerować ich niższe zapotrzebowanie na składniki pokarmowe, w tym azot. Są to odmiany w typie cukrowym. Nowe odmiany buraka cukrowego reprezentują różne typy: od cukrowego, przez normalny, normalno-plenny do plennego. Upraszczając można powiedzieć, że typ plenny charakteryzuje się wyższym plonem korzeni i mniejszą zawartością w nich cukru. W przypadku typu cukrowego sytuacja jest odwrotna – plon korzeni jest mniejszy, ale gromadzą one więcej cukru.

Wnioski / Conclusions

1. Wyniki analizy zależności cech składowych plonu technologicznego cukru, przeprowadzonej osobno w poszczególnych latach prowadzenia doświadczeń, wskazują na istotny statystycznie i wprost proporcjonalny wpływ plonu korzeni na plon technologiczny cukru we wszystkich ośmiu latach badań (2011–2018) w obu miejscowościach (Słupia Wielka i Winna Góra).
2. Plon technologiczny cukru buraka był determinowany wprost proporcjonalnie przez masę korzeni i polaryzację przy zastosowaniu każdego sposobu podejmowania decyzji o ochronie buraka przed szkodnikami glebowymi w obu miejscowościach.
3. Zawartość azotu α-aminowego determinowała odwrotnie proporcjonalnie plon technologiczny cukru buraka dla każdego z zastosowanych zabiegów w Winnej Górze oraz zastosowanych trzech wariantów zabiegów w Słupi Wielkiej.
4. Zawartość sodu nie wpływała istotnie statystycznie na plon technologiczny buraka przy żadnym z zastosowanych zabiegów na szkodniki glebowe.

Literatura / References

Antkowiak J. 1999. Wpływ melasotworów na wartość produkcyjną i uzysk cukru z buraka. Burak cukrowy 2: 6–7.

Artyszak A., Podlaska J., Mądry W. 1999. Analiza współczynników ścieżek technologicznego plonu cukru buraka cukrowego i cech łanu ujawniający się w trakcie ontogenezy. Roczniki Nauk Rolniczych, Seria A, 114 (1–2): 41–54.

Barłóg P., Szczepaniak W., Grzebisz W. 2013. Reakcja buraka cukrowego na dawkę i formę chemiczną sodu na tle obornika. Część I. Plon i jakość korzeni. Fragmenta Agronomica 30 (3): 24–34.

Bucholtz K., Märländer B., Puke H., Glattkowski H., Thielecke H. 1995. Neubewertung des technischen Wertes von Zuckerrüben. Zuckerindustre 120 (2): 113–121.

Bzowska-Bakalarz M., Banach M. 2005. Ocena jakości plonu jako element weryfikacji zastosowanego systemu zarządzania jakością w produkcji buraków cukrowych. [Crop quality evaluation as an element of verification of the quality management system in sugar beet production]. Inżynieria Rolnicza 9 (3): 95–101.

Bzowska-Bakalarz M., Banach M. 2009. Właściwości technologiczne surowca buraczanego produkowanego w zmodyfikowanej technologii nawożenia. [Technological properties of sugar beet produced in modified fertilisation technology]. Acta Agrophysica 14 (1): 31–40.

Eurostat 2019 – Crop production, yield, sugar beet [online], Available: (http://appsso.eurostat.ec.europa.eu). https://www.cbs.nl/en-gb/news/2019/24 sugar-beet-harvest-in eu... [dostęp: 30.01.2020].

Górski D., Gaj R., Ulatowska A., Piszczek J. 2017. Wpływ dolistnego nawożenia krzemem i wapniem na plon i jakość technologiczną buraka cukrowego. Fragmenta Agronomica 34 (4): 46–58.

Hoffmann C.M., Huijbregts T., van Swaaij N., Jansen R. 2009. Impact of different environments in Europe on yield and quality of sugar beet genotypes. European Journal of Agronomy 30 (1): 17–26. DOI: 10.1016/j.eja.2008.06.004

Jaskulska I., Jaskulski D., Gałęzewski L., Kotwica K., Doroszewski A., Jóźwicki T. 2017. Plony i jakość technologiczna korzeni odmian buraka cukrowego oraz ich zmienność w województwach wielkopolskim i kujawsko-pomorskim. Fragmenta Agronomica 34 (2): 18–27.

Kenter C., Hoffmann C.M., Märländer B. 2006. Effects of weather variables on sugar beet yield development (*Beta vulgaris* L.). European Journal of Agronomy 24 (1): 62–69. DOI: 10.1016/j.eja.2005.05.001

Kuc P., Zimny L. 2005. Plonowanie i jakość technologiczna korzeni buraka cukrowego uprawianego w warunkach różnych systemów uprawy. [Yielding and technological quality of sugar beet growing in different cultivation systems]. Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sectio E, Agricultura 60: 133–143.

Michalska-Klimczak B., Wyszyński Z. 2010. Plonowanie buraka cukrowego w zmiennych warunkach agrotechnicznych i siedliskowych. Cz. I. Plon i jakość korzeni a technologiczny plon cukru. Fragmenta Agronomica 27 (1): 88–97.

Moliszewska E. 2015. Cechy morfologiczne buraka cukrowego a jakość plonu. [Morphological features of sugar beet and its yield quality]. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 582: 43–51.

Moradi F., Safari H., Jalilian A. 2012. Study of genotype x environment interaction for sugar beet monogerm cultivars using AMMI method. Journal of Sugar Beet 28 (1): 29–35.

Musolf R., Grzebisz W., Szczepaniak W. 2004. Wpływ nawożenia potasem na tle zróżnicowanych warunków wodnych na plon i jakość korzeni buraka cukrowego (*Beta vulgaris* L.) Część II. Jakość technologiczna korzeni i plony cukru. [Effect of potassium fertilization under diversified water conditions on yield and quality of sugar beets (*Beta vulgaris* L.) Part II. Quality of taproots and yield of sugar]. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin 234: 115–121.

Palmer M., Casburn C. 1985. Amino nitrogen analyses – factory experiences. British Sugar Beet Review 53 (1): 73–76.

Řezbová H., Belová A., Škubna O. 2013. Sugar beet production in the European Union and their future trends. Agris on-line Papers in Economics and Informatics 5 (4): 165–178. DOI: 10.22004/ag.econ.162299

Rozbicki J., Kalinowska-Zdun M., Mądry W., Wyszyński Z. 1997. Uwarunkowanie technologicznego plonu sacharozy buraka cukrowego przez jego składowe w zmiennych warunkach uprawowych. Materiały Konferencyjne „Postęp w uprawie buraka cukrowego", Warszawa, 4–5 września 1997: 113–115.

Stępień A., Pawluczak J., Adamiak J., Marks M., Buczyński G. 2010. Wpływ wybranych czynników klimatycznych Polski północno-wschodniej na jakość plonu korzeni buraka cukrowego. Fragmenta Agronomica 27 (1): 170–176.

Strochalska B., Zimny L., Regiec P. 2014. Effect of different systems conservation tillage on technological value of sugar beet roots. [Wpływ różnych systemów uprawy konserwującej na wartość technologiczną korzeni buraka cukrowego]. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 576: 151–160.

Tyburski J., Szymczak-Nowak J., Łada M., Nowakowski M. (red.). 2004. Uprawa buraka cukrowego w gospodarstwach ekologicznych. Krajowe Centrum Rolnictwa Ekologicznego RCDRRiOW, Radom.