








¹Katedra Agronomii, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie,
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa, Polska

²Instytut Nauk Agronomicznych, Słowacki Uniwersytet Rolniczy,
ul. Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Słowacja

* e-mail: beata_michalska-klimczak@sggw.edu.pl

BEATA MICHALSKA-KLIMCZAK ^{1*}, ZDZISŁAW WYSZYŃSKI ¹,
VLADIMÍR PAČUTA ², MAREK RAŠOVSKÝ ²,
KRZYSZTOF PAĞOWSKI ¹

Termin siewu czynnikiem determinującym budowę przestrzenną i plonowanie łanu buraka cukrowego

Sowing date as a determinant of spatial structure and yield of sugar beet canopy

Streszczenie. W latach 2015–2016 na polu doświadczalnym w Miedniewicach należącym do Stacji Doświadczalnej Instytutu Rolnictwa SGGW w Warszawie przeprowadzono badania z burakiem cukrowym. W okresie wegetacji oceniono zmienność cech roślin i łanu buraka cukrowego oraz określono ich wpływ na kształtowanie się końcowej masy korzenia pojedynczych roślin oraz plonowanie tego gatunku w zależności od terminu siewu. Obsada roślin, ich powierzchnia życiowa, szybkość rozwoju roślin w okresie juvenilnym najsilniej determinowały plonowanie buraka cukrowego. Opóźnienie terminu siewu o dwa tygodnie spowodowało spadek plonu korzeni o $10,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (16,9%), obsady roślin o $8,9 \text{ tys. szt.} \cdot \text{ha}^{-1}$ (9,2%) i średniej końcowej masy korzenia o $14,0 \text{ g}$ (2,1%) oraz zawartości sacharozy o $0,4 \text{ p.p.}$ i wzrost zawartości azotu α -aminowego oraz jonów sodu i potasu odpowiednio o $1,1 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$; $0,4 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ i $1,0 \text{ mmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ miazgi, tj. o 14,5%; 9,5% i 2,4%.

Słowa kluczowe: termin siewu, obsada, powierzchnia życiowa roślin, plon i jakość korzeni, burak cukrowy

WSTĘP

Rośliny tego samego gatunku występujące na danym polu produkcyjnym tworzą tzw. łan roślin. Łany (pola produkcyjne) określonego gatunku roślin są bardzo podobne do

Cytowanie: Michalska-Klimczak B., Wyszyński Z., Pačuta V., Rašovský M., Pağowski K., 2023. Termin siewu czynnikiem determinującym budowę przestrzenną i plonowanie łanu buraka cukrowego. *Agron. Sci.* 78(4), 191–207. <https://doi.org/10.24326/as.2023.5328>

siebie, ale występujące zróżnicowanie warunków glebowych, pogodowych czy stosowanej agrotechniki powoduje określone zmiany w ich budowie przestrzennej [Freckleton i in. 1999, Kenter i in. 2006, Malnou i in. 2006]. Łan buraka cukrowego składa się z roślin występujących w rzędach o określonej odległości pomiędzy rzędami i roślinami w rzędzie. Przy rozstawie rzędów 45 cm i przyjęciu jako optymalnej obsady ok. 100 tys. roślin na 1 ha odległość pomiędzy roślinami w rzędzie powinna wynosić 20–25 cm. Takie rozmieszczenie roślin w łanie na polu produkcyjnym należy uznać za prawidłowe i optymalne [Sögüt i Aroglu 2004, Jaggard i in. 2011, Märlander i in. 2018].

Z budową przestrzenną łanu buraka cukrowego związane są składowe plonu tego gatunku: liczba roślin na jednostce powierzchni i średnia końcowa masa korzenia, czyli cechy łanu, których iloczyn odpowiada plonowi korzeni z jednostki powierzchni. Optymalizacja tych cech łanu gwarantuje duży plon korzeni z danego pola [Wyszyński 2006, Jaggard i in. 2011, Mahmood i Murdoch 2017]. Siew punktowy z odpowiednią odległością pomiędzy nasionami w rzędzie i duża polowa zdolność wschodów gwarantują uzyskanie zakładanej obsady roślin [Stibbe i Märlander 2002]. Masa korzenia poszczególnych roślin tworzona jest w całym okresie wegetacji i na plantacjach produkcyjnych charakteryzuje się dużo większą zmiennością niż obsada roślin. Celem rolnika jest uzyskanie łanu o równomiernym rozwoju roślin w okresie wegetacji i dużej wyrównanej końcowej masie ich korzeni podczas zbioru [Hoffmann 2017, Hoffmann i in. 2018].

Termin siewu jest beznakładowym czynnikiem agrotechnicznym najsilniej determinującym plonowanie buraka cukrowego. Siew w optymalnym terminie pozwala roślinom wcześniej wytworzyć dostatecznie dużą powierzchnię liści, które skutecznie pochłaniają fotosyntetycznie aktywną radiację (PAR), czyli część promieniowania słonecznego wykorzystywaną przez rośliny w procesie fotosyntezy [Jaggard i in. 2009]. Çakmakçı i Oral [2002] stwierdzili, że wczesny termin siewu sprzyja uzyskaniu wysokiej polowej zdolności wschodów, a w efekcie dużego plonu korzeni. Znaczenie wczesnego terminu siewu dla plonowania buraka cukrowego zwiększa się przy sprzyjających warunkach pogodowych w okresie wegetacji. Siew zbyt wczesny, a także nadmiernie opóźniony jest niekorzystny. Zbyt wczesne siewy mogą powodować wydłużenie wschodów i duży ubytek roślin w początkowym okresie wegetacji w wyniku porażenia ich grzybami powodującymi zgorzel siewek. Opóźniony termin siewu skraca okres wegetacji, powoduje znaczne spadki plonu korzeni i ich wartości technologicznej. Zmniejsza się zawartość sacharozy, a zwiększa azotu- α -aminowego oraz jonów sodu (Na^+) i potasu (K^+) [Jaggard i in. 1983, Lauer 1997]. Duża zmienność roślin buraka cukrowego w łanie pod względem ich końcowej masy korzeni jest ważnym problemem w uprawie tego gatunku [Michalska-Klimczak i in. 2020]. Określenie i wyeliminowanie przyczyn tej zmienności jest trudne.

Celem badań była ocena zmienności cech roślin i łanu buraka cukrowego w okresie wegetacji oraz określenia ich wpływu na kształtowanie się końcowej masy korzeni pojedynczych roślin oraz plonowanie buraka cukrowego w zależności od terminu siewu.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2015–2016 na polu doświadczalnym Katedry Agronomii w Miedniewicach należącym do Stacji Doświadczalnej Instytutu Rolnictwa SGGW w Warszawie położonej w Skierniewicach (51°9'N, 20°19'E) przeprowadzono badania polowe z burakiem cukrowym.

Tabela 1. Warunki pogodowe w okresie wegetacji w latach 2015–2016
 Table 1. Weather conditions during the growing season in 2015–2016

Rok Year	Miesiąc/Month							Suma (IV–X) Sum (IV–X)
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Opady (mm) / Rainfall (mm)								
2015	47,7	35,6	40,5	43,5	18,1	29,3	55,1	269,8
2016	19,5	95,3	60,5	127,7	35,6	17,4	114,1	470,1
Potrzeby opadów (mm) wg Dzieżycyca i in. [1987] Rainfall requirements (mm) according to Dzieżyc et al. [1987]								
–	18,0	65,0	74,0	85,0	78,0	54,0	34,0	408,0
Średnia miesięczna temperatura (°C)/ Monthly average temperature (°C)								
2015	8,2	13,1	17,0	19,7	21,5	14,6	6,6	–
2016	9,1	14,9	18,6	19,3	18,0	14,7	7,0	–

Doświadczenie założono na glebach pływowych, odgórnie oglejonych wytworzonych z gliny piaszczystej i gliny lekkiej na glinie piaszczysto-ilastej. Są to gleby kompleksu żytniego bardzo dobrego, klasy bonitacyjnej IIIb i IVa o odczynie lekko kwaśnym, wysokiej zasobności w fosfor, a średniej w potas i magnez, a warunki pogodowe w okresie wegetacji buraka cukrowego przedstawiono w tabeli 1. Większymi opadami w okresie wegetacji wynoszącymi 470 mm charakteryzował się 2016 r. niż 2015 r. Od kwietnia do lipca opady przekraczały potrzeby opadowe buraka cukrowego określone przez Dzieżycyca i in. [1987]. Niedobór opadów wystąpił w sierpniu i wrześniu. W 2015 r. suma opadów w okresie wegetacji wynosiła tylko 269,8 mm i była mniejsza o blisko 140,0 mm w stosunku do potrzeb opadowych. Poza kwietniem i październikiem opady w każdym miesiącu okresu wegetacji były mniejsze od potrzeb opadowych buraka cukrowego. Szczególnie duże niedobory wystąpiły w czerwcu, lipcu i sierpniu w miesiącach o największych potrzebach wodnych. Średnie miesięczne temperatury w pierwszych miesiącach i na koniec okresu wegetacji były wyższe w 2016 r., a w lipcu i sierpniu w 2015 r.

Badania prowadzono w ramach jednoczynnikowego doświadczenia założonego metodą losowanych bloków w 4 powtórzeniach z diploidalną odmianą Janosik (KHBC) o typie normalnym odporną na rizomanię, wykazującą brak skłonności do wydawania pośpiechów. Charakteryzuje się ona dużym plonem korzeni o małej zawartości melasotworów. Czynnikiem doświadczenia był termin siewu. Kłębki o kalibrze 3,50–4,75 mm wysiewano w dwóch terminach: 14 kwietnia i 28 kwietnia (optymalnym dla siewu buraka cukrowego w rejonie prowadzenia badań i opóźnionym o dwa tygodnie). Łączna liczba poletek wyniosła 8. Każde poletko miało powierzchnię 54,0 m² (10 mb długości × 12 rzędów × 0,45 m szerokość międzyrzędzi). Siew wykonano siewnikiem punktowym

o odległości kłębków w rzędzie 15,8 cm i głębokości ich umiejscowienia w glebie na 2,5 cm. Przedplonem dla buraka cukrowego w każdym roku badań była pszenica ozima. Po zbiorze przedplonu pole kultywatorowano, wykonywano podorywkę z bronowaniem i orką zimową niewyskibioną na głębokość 25–30 cm, przyorywano obornik bydłocy w ilości około 35 t·ha⁻¹. Nawozy fosforowe i potasowe w dawkach 35 kg P·ha⁻¹ i 133 kg K·ha⁻¹ stosowano jesienią pod orkę. Pozostałe czynniki agrotechniczne dostosowano do wymagań buraka cukrowego. Zwalczanie chwastów i chorób prowadzono zgodnie z zaleceniami IOR–PIB w Poznaniu. Nie było konieczności zwalczania szkodników. Zbiór przeprowadzono ręcznie 12 i 13 października odpowiednio w 2015 r. i 2016 r.

Określono następujące cechy roślin i ładu: datę wschodów ocenianych roślin, ich powierzchnię życiową (iloczyn sumy dwóch ½ odległości od sąsiednich roślin z lewej i prawej strony w rzędzie i szerokości międzyrzędzia – 45 cm), współczynnik centralności położenia roślin na ich powierzchni życiowej (iloraz boku krótszego do dłuższego na zajmowanej powierzchni – a : b) oraz fazę wzrostu i rozwoju tych roślin w okresie juvenilnym (liczba liści na roślinie 15 czerwca w obu latach badań), a także końcową masę ich korzeni w okresie zbioru. Cechy budowy przestrzennej ładu oceniano na 3., 6. i 10. rzędzie, a rosnące w tych rzędach rośliny nie podlegały oddziaływaniu kół ciągnika i siewnika. Oceniono również plon korzeni i jego składowe oraz cechy jakości korzeni (zawartość: sacharozy, azotu α -aminowego oraz jonów sodu i potasu).

Na wyznaczonych rzędach poletek od początku rozpoczęcia wschodów każdego kolejnego dnia oznaczano innym kolorem etykiety nowe wschodzące rośliny, co pozwoliło ustalić daty ich wschodów [Stibbe i Märlander 2002]. Po zakończeniu wschodów roślin w okresie rozwoju juvenilnego za pomocą taśmy o długości 10 m ustalono położenie każdej rośliny o przypisanej jej dacie wschodów, policzono liczbę rozwiniętych liści oraz określono powierzchnię życiową i współczynnik centralności położenia na zajmowanej powierzchni. W czasie zbioru poszczególne rośliny o ustalonych wcześniej cechach wykopano, oczyszczono i zważono ich korzenie.

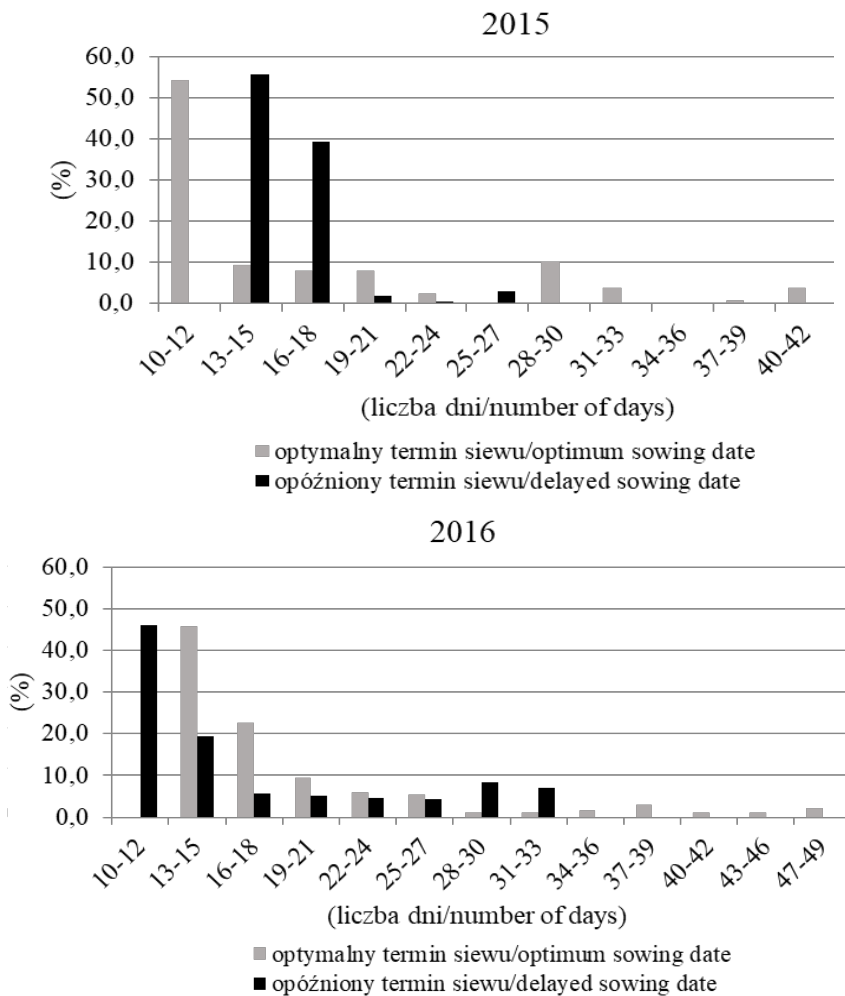
Plon korzeni, końcową obsadę i średnią masę korzenia ustalono podczas zbioru roślin buraka cukrowego z pozostałych 7 rzędów na poletku, tj. z powierzchni 28,35 m². Po ogłowieniu korzenie wykopano, oczyszczono, policzono ich liczbę i zważono. Na tej podstawie uzyskano liczbę roślin i masę korzeni z poletka, które po przeliczeniu przedstawiono jako końcową obsadę w tys. szt.·ha⁻¹ oraz plon korzeni w t·ha⁻¹ i średnią masę korzenia w gramach. Ponadto z każdego poletka pobrano próby korzeni o masie 20 kg i oznaczono w nich na automatycznej linii Venema w laboratorium Kutnowskiej Hodowli Buraka Cukrowego w Straszku zawartość sacharozy (%) i azotu α -aminowego oraz jonów sodu (Na⁺) i potasu (K⁺) w mmol·kg⁻¹ miazgi.

Otrzymane wyniki poddano analizom statystycznym, wykorzystując program Statistica 13.0. W celu określenia wpływu terminu siewu na badane cechy przeprowadzono analizę wariancji oraz wykonano porównania wielokrotne z wykorzystaniem testu Tukeya ($\alpha = 0,05$). W celu statystycznego opisu wpływu przedstawionych cech roślin i ładu na końcową masę korzenia buraka cukrowego zastosowano metodę regresji wielokrotnej liniowej na zmiennych standaryzowanych. Współczynniki ścieżek są wartościami standaryzowanymi współczynników regresji, czyli oznaczają, o ile zmieni się zmienna zależna (końcowa masa korzenia) przy zwiększeniu danej składowej plonu, co jest wyrażone w odchyleniach standardowych tych cech.

WYNIKI I DYSKUSJA

Dynamika wschodów i cechy łąnu

Warunki pogodowe wiosną w powiązaniu z terminem siewu determinowały wschody roślin buraka cukrowego. W 2015 r. pierwsze wschody roślin na obiektach z optymalnym terminem siewu wystąpiły w 10. dniu od daty siewu, a na obiektach z opóźnionym terminem – w 13. dniu (ryc. 1). Wschody roślin w kombinacji z optymalnym terminem siewu trwały 31 dni, a z opóźnionym 16 dni. W tym roku na obiektach z optymalnym terminem siewu udział roślin wschodzących w pierwszych trzech dniach wyniósł 54,2% ogółu,

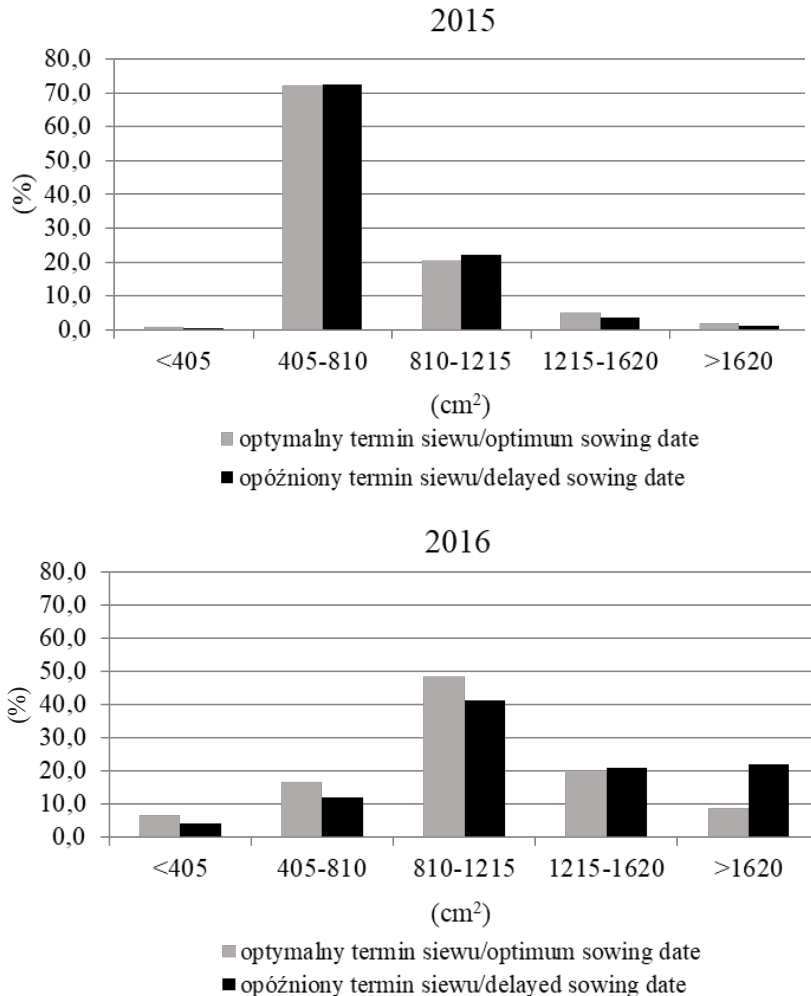


Ryc. 1. Udział roślin (%) wschodzących w określonym dniu od daty siewu w zależności od terminu siewu

Fig. 1. The share of plants (%) emerging on a specific day from the sowing date depending on the sowing date

a w kolejnych czterodniowych odcinkach czasowych udział roślin wschodzących wynosił od 9,2% w czasie od 4 do 6 dnia wschodów do 2,5% od 13 do 15 dnia wschodów (łącznie 27,5%). Pozostałe rośliny o udziale 18,5% wschodziły od 17 do 31 dnia wschodów. Na obiektach z opóźnionym terminem siewu udział roślin wschodzących w pierwszych 3 dniach wschodów był zbliżony i wyniósł 55,7%; a w kolejnych 3 dniach dużo większy i wynosił 39,2%. W kolejnych trzydniowych okresach od 7 do 16, tj. ostatniego dnia wschodów udział roślin wschodzących wyniósł tylko 5,1%. W 2016 r. pierwsze wschody roślin na obiektach odpowiednio z optymalnym i opóźnionym terminem siewu wystąpiły po 13 i 10 dniach od daty siewu. Udział roślin wschodzących w pierwszych trzech dniach od daty wschodów na obiektach z optymalnym terminem siewu wynosił 45,7%; a z opóźnionym terminem siewu 45,9%. W kolejnych trzech dniach wschodów na polstkach z optymalnym terminem siewu udział roślin wschodzących wynosił 22,6%; a z opóźnionym terminem siewu 19,3%. Na obiektach z optymalnym terminem siewu w kolejnych trzydniowych okresach od 7. do 15. dnia wschodów udział roślin wschodzących wynosił odpowiednio 9,3; 5,9 i 5,5%; łącznie po 15 dniach wschodów 89,0%; a na obiektach z opóźnionym terminem siewu wynosił 5,6; 5,0 i 4,5%; łącznie 80,3%. W tym roku badań wschody roślin z optymalnego terminu siewu trwały jeszcze przez kolejnych 21 dni i zakończyły się w 36. dniu, licząc od pierwszego dnia wschodów, a z opóźnionego terminu siewu trwały już tylko kolejnych 9 dni, zakończyły się po 24 dniach od daty siewu. Wspólną cechą wschodów buraka cukrowego w prowadzonych badaniach w latach 2015 i 2016 był dłuższy czas wschodów w optymalnym terminie siewu, a krótszy w opóźnionym terminie siewu, co wynikało z dłuższej występujących niższych temperatur wiosną w przypadku optymalnego terminu siewu. Istotny wpływ temperatury na wschody buraka cukrowego potwierdzają w swoich badaniach Durr i Boiffin [1995], a wody – Jaggard i in. [1998]. Stibbe i Marlander [2002] dodatkowo wskazują, że przedłużający się czas wschodów roślin może powodować zmienność w wielkości w ich późniejszym etapie wzrostu.

Liczba roślin oraz występujące odległości pomiędzy roślinami w rzędzie determinują powierzchnię życiową pojedynczych roślin w łanie buraka cukrowego. W przeprowadzonych badaniach roślin w łanie o powierzchni życiowej 810–1215 cm² (przyjętej za optymalną) było więcej w 2016 r. (ryc. 2). W tym roku na obiektach z optymalnym terminem siewu udział roślin o optymalnej powierzchni życiowej wynosił 48,6%; a z opóźnionym terminem siewu 41,1%. W 2015 r. o dużo większej obsadzie udział roślin o optymalnej powierzchni życiowej był mały i wynosił odpowiednio na obiektach z optymalnym i opóźnionym terminem siewu tylko 20,4% i 22,1%. W tym roku dominowały rośliny o małej powierzchni życiowej 405–810 cm² stanowiące na obiektach z optymalnym i opóźnionym terminami siewu odpowiednio 72,0 i 72,5% ogółu, a udział roślin o dużej (1215–1620 cm²) i bardzo dużej (ponad 1620 cm²) powierzchni życiowej był mniejszy i wynosił odpowiednio 4,9% i 2,0% w pierwszym oraz 3,7% i 1,2% w opóźnionym terminie siewu. Nieco więcej było roślin o bardzo małej powierzchni życiowej (poniżej 405 cm²) odpowiednio 6,5% i 4,1% w optymalnym i opóźnionym terminie siewu. W 2016 r. roślin o powierzchni życiowej 405–810 cm² było zdecydowanie mniej niż w 2015 r. odpowiednio 16,7% i 11,9% w optymalnym i opóźnionym terminie siewu, a więcej roślin o dużej i bardzo dużej powierzchni życiowej odpowiednio w optymalnym terminie siewu 19,5% i 8,7%, a w opóźnionym terminie siewu 21,1% i 21,8%. Rośliny o bardzo małej powierzchni życiowej (poniżej 405 cm²) stanowiły tylko 0,8% w optymalnym i 0,5% w opóźnionym terminie siewu. Tak duże zróżnicowanie roślin pod względem ich powierzchni życiowej w łanach pomiędzy 2015 i 2016 r. oraz optymalnym i opóźnionym

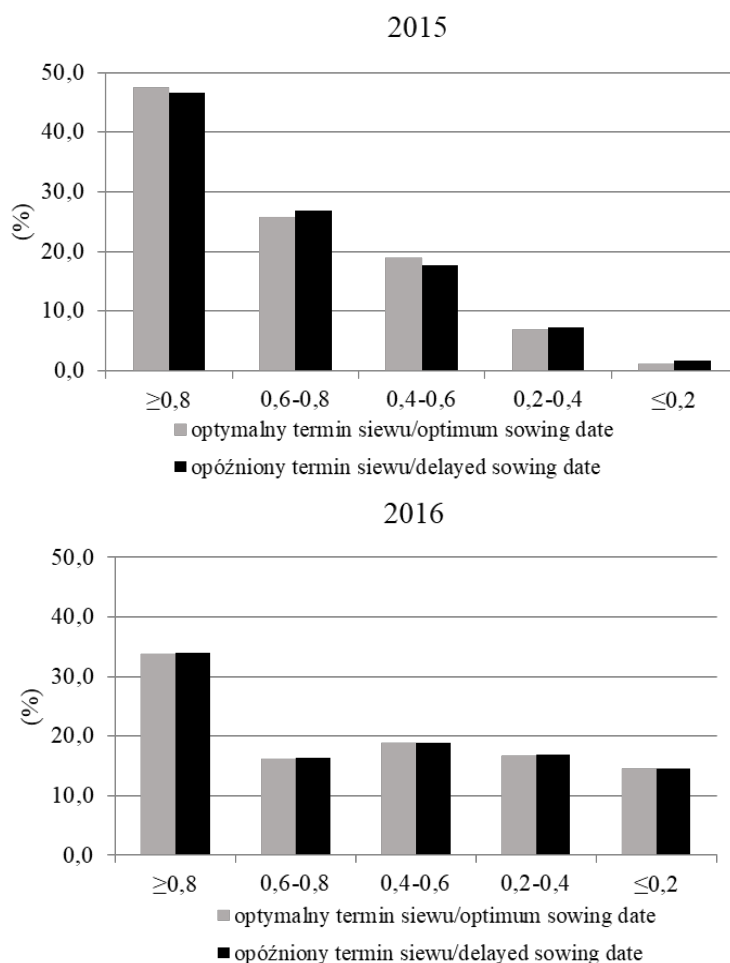


Ryc. 2 Udział roślin (%) o określonej powierzchni życiowej (cm²) w zależności od terminu siewu
 Fig. 2. The share of plants (%) with a specific living area (cm²) depending on the sowing date

terminem siewu w 2016 r. wynikało z różnej ich obsady determinowanej przez termin siewu i przebieg pogody w tych latach. W 2015 r. o obsadzie roślin średnio dla terminu siewu 121,1 tys. szt. \cdot ha⁻¹ dominowały rośliny o mniejszej od optymalnej powierzchni życiowej w przedziale 405–810 cm², a udział roślin o optymalnej powierzchni życiowej był zdecydowanie mniejszy. W 2016 r. o obsadzie roślin 91,1 tys. szt. \cdot ha⁻¹ w optymalnym i 73,0 tys. szt. \cdot ha⁻¹ w opóźnionym terminie siewu dominowały rośliny o optymalnej powierzchni życiowej, a mniejsza obsada roślin w opóźnionym terminie siewu była przyczyną większego udziału roślin o dużej i bardzo dużej powierzchni życiowej na obiektach z opóźnionym terminem siewu w porównaniu z optymalnym terminem siewu. W badaniach Xu i in. [2023] tylko niewielka część populacji charakteryzowała się optymalną powierzchnią życiową. Przyczyną występowania w łanie buraka cukrowego roślin często

rosnących w nieregularnych odległościach między sobą i o różnej wielkości jest niedokładna uprawa roli, jakość siewników i ich pracy, a także wartość nasion i zróżnicowane tempo wschodów roślin [Cariolle i Duval 1994].

Rozmieszczenie roślin na ich powierzchni życiowej oceniono współczynnikiem centralności położenia. Za prawidłowe położenie rośliny na zajmowanej powierzchni uznaje się takie, gdy odległości pomiędzy roślinami rosnącymi w rzędzie są jednakowe (zakres współczynnika w przedziale 0,8–1,0). Zarówno w 2015, jak i 2016 r. w obu terminach siewu dominowały rośliny o współczynniku centralności położenia większym niż 0,8. Stanowiły one w 2015 r. 47,5% i 46,6%, a w 2016 r. 38,2% i 33,9% odpowiednio w optymalnym i opóźnionym terminie siewu (ryc. 3). Pomimo małej obsady roślin w 2016 r. stwierdzono duży udział roślin o bardzo małej wartości współczynnika centralności położenia, co wskazuje na nierównomierne ich rozmieszczenie w rzędach i dużą liczbę roślin rosną-



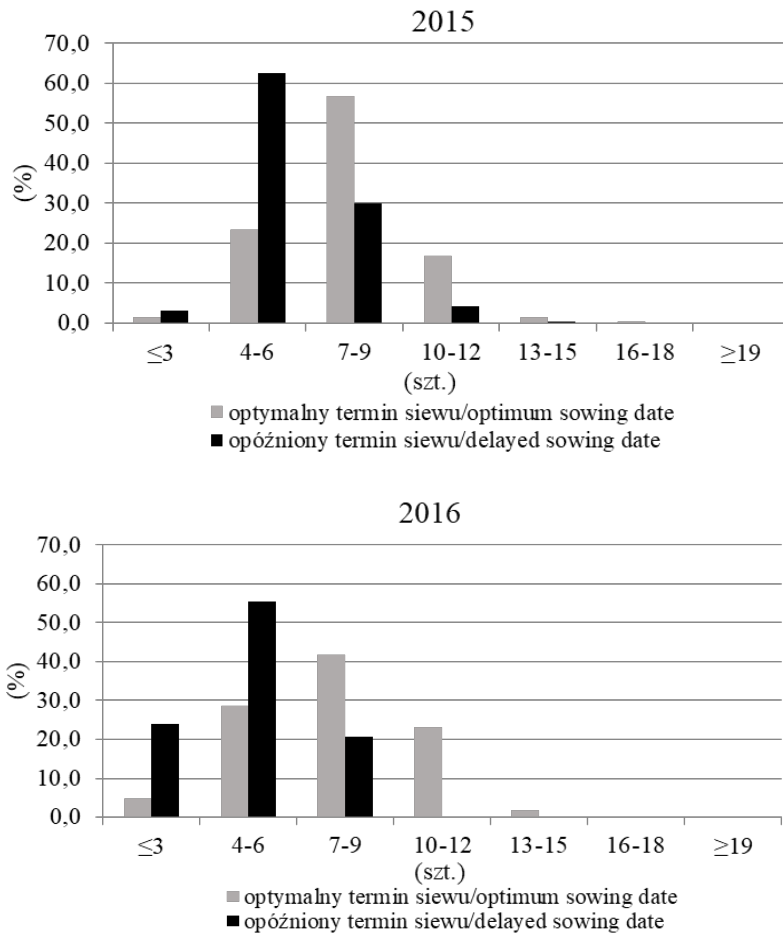
Ryc. 3. Udział roślin (%) o określonym współczynniku centralności położenia na ich powierzchni życiowej w zależności od terminu siewu

Fig. 3. The share of plants (%) with a specific location centrality coefficient on their living area depending on the sowing date

cych po dwie blisko siebie. Udział roślin w współczynniku centralności położenia poniżej 0,4 w tym roku wynosił 27,6% i 31,3% odpowiednio w optymalnym i opóźnionym terminie siewu przy tylko 8,0% i 8,9% udziale takich roślin w 2015 r. Regularne rozmieszczenie roślin w rzędzie pozwala uzyskać plon korzeni o wyrównanej strukturze, co poprawia ich wartość technologiczną [Çakmakçı i Oral 2002, Jaggard i in. 2011].

Wzrost i rozwój roślin buraka cukrowego

Ocenę zróżnicowania roślin buraka cukrowego w łanie w czasie wzrostu i rozwoju wykonano dwukrotnie: w okresie rozwoju juwenilnego za pomocą liczby rozwiniętych liści i po zakończeniu wegetacji, określając końcową masę korzenia badanych roślin. Większe rośliny o liczbie rozwiniętych liści średnio 7,8 w 2015 r. i 7,7 w 2016 r. były na

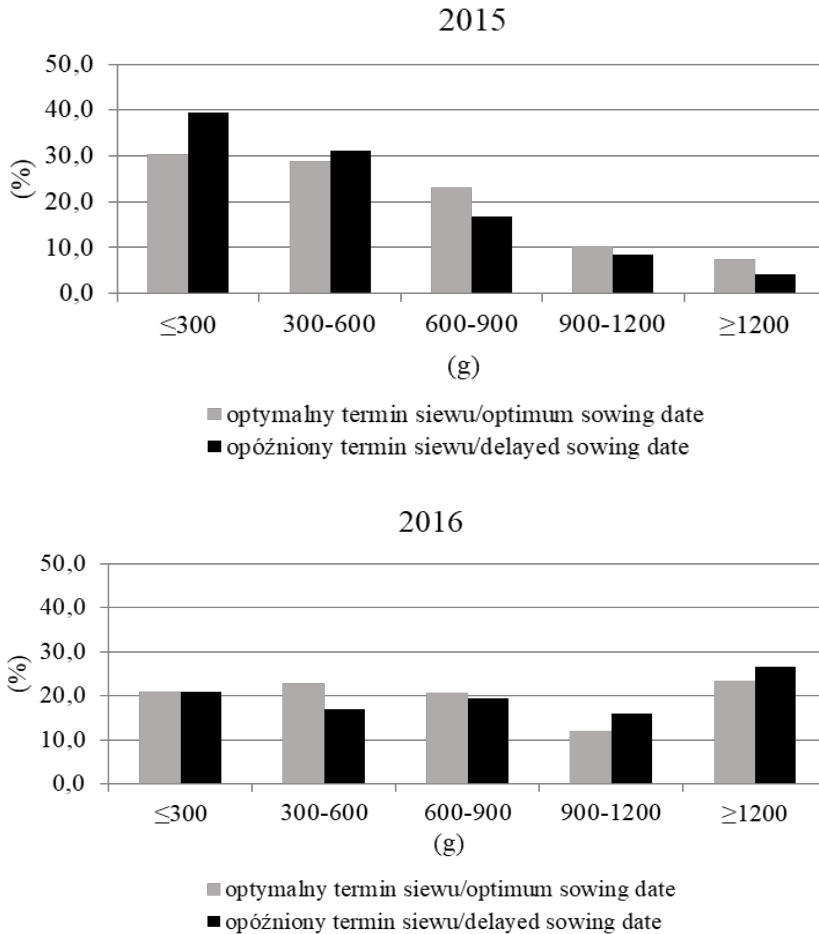


Ryc. 4. Udział roślin (%) w łanie o określonej liczbie liści (szt.) w okresie juwenilnym w zależności od terminu siewu

Fig. 4. The share of plants (%) in the canopy with a specific number of leaves (pcs.) in the juvenile period depending on the sowing date

objektach z optymalnym terminem siewu (ryc. 4). Na obiektach z opóźnionym terminem siewu w 2015 r. liczba rozwiniętych liści na roślinie wynosiła średnio 6,0; a w 2016 r. 5,0. W obydwu latach badań najmniejsze rośliny zarówno na obiektach z optymalnym, jak i opóźnionym terminem siewu miały rozwinięte tylko 2 liście, a największe odpowiednio 16 i 15 liści w 2015 r. oraz 14 i 9 liści w 2016 r. Termin siewu determinował także rozkład roślin pod względem liczby rozwiniętych liści. Na obiektach z optymalnym terminem siewu zarówno w 2015 r. i 2016 r. najczęściej było roślin o liczbie rozwiniętych liści 7–9, a ich udział wynosił odpowiednio 56,8% i 41,7%. Na obiektach z optymalnym terminem siewu w obydwu latach badań znaczący udział miały rośliny o liczbie liści od 4 do 6 i od 10 do 12. Ich udział w 2015 r. stanowił odpowiednio 23,4% i 16,7%, a w 2016 r. 28,7% i 23,2%. Udział pozostałych grup roślin, które wykształciły do 3 liści oraz 13 i więcej był niewielki i wynosił odpowiednio 1,5% i 1,6% w 2015 r. oraz 4,7% i 1,8% w 2016 r. Z kolei na obiektach z opóźnionym terminem siewu najczęściej było roślin o liczbie rozwiniętych liści 4–6 o udziale 62,2% i 55,3% odpowiednio w 2015 r. i 2016 r. W 2015 r. na obiektach z opóźnionym terminem siewu duży udział (29,9%) miały również rośliny o liczbie liści 7–9. Udział roślin, które miały do 3 rozwiniętych liści, był niewielki (3,1%); a o 10 liściach i więcej 4,5%. W 2016 r. na obiektach z opóźnionym terminem siewu stwierdzono duży udział roślin, które miały do 3 rozwiniętych liści – 23,9%, i o liczbie liści 7–9 – 20,8%. Milford i in. [1985] potwierdzają, że wczesny termin siewu przyspiesza rozwój liści, co prowadzi do lepszego wykorzystania promieniowania słonecznego, a w efekcie wpływa na plon korzeni.

Stwierdzona w badaniach zmienność cech roślin i łanu buraka cukrowego oraz dynamiki wzrostu i rozwoju w okresie juvenilnym w zależności od terminu siewu i lat badań była przyczyną dużego zróżnicowania pojedynczych roślin pod względem wielkości masy ich korzeni w czasie zbioru i w efekcie plonu korzeni. W 2015 r. o dużej, a nawet ponadnormatywnej obsadzie roślin 120,9 tys. szt. · ha⁻¹ i 121,3 tys. szt. · ha⁻¹ odpowiednio dla optymalnego i opóźnionego terminu siewu stwierdzono w łanie bardzo duży udział roślin o końcowej masie korzenia mniejszej od 300 g, tj. 30,3% i 39,5% (ryc. 5). Drugą grupę pod względem liczebności stanowiły rośliny o masie korzenia w przedziale 300–600 g, tj.: 28,9% i 31,0% odpowiednio z optymalnego i opóźnionego terminu siewu. Roślin o dużej masie korzenia w przedziale 900–1200 g i powyżej 1200 g było mniej odpowiednio 10,3% i 7,5% na obiektach z optymalnego terminu siewu oraz 8,5% i 4,3% z opóźnionego terminu siewu. Należy podkreślić w tym roku badań większy udział roślin o małej masie korzenia poniżej 300 g i w przedziale 300–600 g w kombinacji z opóźnionym terminem siewu w porównaniu z optymalnym, a większy udział korzeni dużych o masie 900–1200 g i powyżej 1200 g w kombinacji z optymalnym terminem siewu w porównaniu z opóźnionym. Odpowiada to większemu udziałowi roślin o małej liczbie rozwiniętych liści i mniejszemu o dużej liczbie liści w okresie rozwoju juvenilnego na obiektach z opóźnionym terminem siewu przy porównywalnej obsadzie roślin na obiektach z optymalnym terminem siewu. W 2016 r. przy mniejszej obsadzie roślin odpowiednio 91,1 tys. szt. · ha⁻¹ i 73,0 tys. szt. · ha⁻¹ na obiektach z optymalnym i opóźnionym terminem siewu udział korzeni małych o masie poniżej 300 g i 300–600 g był mniejszy niż w 2015 r. i wynosił odpowiednio 20,9% i 23,0% w optymalnym terminie siewu oraz 20,8% i 17,0% w opóźnionym terminie siewu. Udział korzeni dużych o masie 900–1200 g i powyżej 1200 g był większy jak w 2015 r. i wynosił odpowiednio 12,0% i 23,4% w optymalnym terminie siewu oraz 16,0% i 26,6% w opóźnionym terminie siewu. Większy udział korzeni dużych, a mniejszy korzeni małych w opóźnionym terminie



Rys. 5. Udział roślin (%) o określonej masie korzenia (g) podczas zbioru w zależności od terminu siewu

Fig. 5. Share of plants (%) with a specific root mass (g) during harvest depending on the sowing date

Rys. 5. Udział roślin (%) o określonej masie korzenia (g) podczas zbioru w zależności od terminu siewu

Fig. 5. Share of plants (%) with a specific root mass (g) during harvest depending on the sowing date

siewu wynikał z dużo mniejszej obsady o 18,9 tys. szt. \cdot ha⁻¹ w porównaniu z występującą w optymalnym terminie siewu. Wpływ terminu siewu na strukturę plonu korzeni buraka cukrowego potwierdzili w swoich badaniach Michalska-Klimczak i Wyszyński [2010b]. Duże zróżnicowanie wielkości pojedynczych roślin buraka w łąnie ocenia się jako niekorzystne zarówno w wyniku strat masy plonu podczas zbioru, jak i pogorszenia wartości

technologicznej surowca spowodowanej mniej korzystnym składem chemicznym korzeni małych i dużych [Pocock i in. 1990]. Według Rozbickiego i Kalinowskiej-Zdun [1993] oraz Kozaka i in. [2002] korzenie o niewielkiej masie (poniżej 300 g) i korzenie duże (powyżej 1200 g) przyczyniają się do strat powstających podczas zbioru i charakteryzują się niekorzystnym składem chemicznym.

Plon, składowe i jakość korzeni

Znaczenie terminu siewu w kształtowaniu plonowania buraka cukrowego stwierdzono w wielu badaniach [Smit 1993, Lauer 1997, Sögüt i Aroglu 2004, Pavlů i in. 2017]. W badaniach własnych termin siewu determinował istotnie plon korzeni, zarówno średnio w badanym okresie, jak i poszczególnych latach badań. W optymalnym terminie siewu średnio w latach badań 2015–2016 plon korzeni wynosił $70,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i był większy o $10,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, tj. 16,9% w porównaniu ze stwierdzonym w opóźnionym terminie siewu (tab. 2). Został on osiągnięty przy większej końcowej obsadzie roślin o $8,9 \text{ tys. szt}\cdot\text{ha}^{-1}$ (9,2%) i średniej masie korzenia o $14,0 \text{ g}$ (2,1%). Plon korzeni na obiektach z optymalnego terminu siewu w 2015 r. wynosił odpowiednio $67,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i był większy o $10,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, tj. 17,9%, a w roku 2016 $73,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ i był większy o $10,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, tj. 16,0% w porównaniu z uzyskanym w opóźnionym terminie siewu. Obsada roślin średnio w badanym okresie i w 2016 r. na obiektach z optymalnym terminem siewu wynosiła odpowiednio $106,0 \text{ tys. szt}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $91,1 \text{ tys. szt}\cdot\text{ha}^{-1}$ i była istotnie większa o $8,9 \text{ tys. szt}\cdot\text{ha}^{-1}$ i $18,1 \text{ tys. szt}\cdot\text{ha}^{-1}$, tj. o 9,2% i 24,8% w porównaniu z występującą w opóźnionym terminie siewu (tab. 2). Średnia masa korzenia była istotnie większa na obiektach z optymalnym terminem siewu tylko w 2015 r. Korzenie buraka cukrowego z optymalnego terminu siewu charaktery-

Tabela 2. Plon korzeni i jego składowe w zależności od terminu siewu
Table 2. Root yield and its components depending on the sowing date

Wyszczególnienie/ Specification	Termin siewu/ Sowing date	2015	2016	2015–2016
Plon korzeni ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) Root yield ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$)	optymalny/optimum	67,0 ^a	73,8 ^a	70,4 ^b
	opóźniony/delayed	56,8 ^a	63,6 ^a	60,2 ^a
	średnia/mean	61,9 ^a	68,7 ^a	–
Obsada roślin (tys. szt. $\cdot\text{ha}^{-1}$) Plant density (thousand plants $\cdot\text{ha}^{-1}$)	optymalny/optimum	120,9 ^a	91,1 ^b	106,0 ^b
	opóźniony/delayed	121,3 ^a	73,0 ^a	97,1 ^a
	średnia/mean	121,1 ^b	82,0 ^a	–
Średnia masa korzenia (g) Average mass of root (g)	optymalny/optimum	555 ^b	812 ^a	683 ^a
	opóźniony/delayed	468 ^a	871 ^a	669 ^a
	średnia/mean	511 ^a	841 ^b	–

Różne litery oznaczają istotne różnice ($\alpha = 0,05$)./ Different letters mean significant differences ($\alpha = 0.05$).

Tabela 3. Zawartość sacharozy, azotu α -aminowego oraz jonów sodu i potasu w korzeniach w zależności od terminu siewu
 Table 3. Content of sucrose, α -amino nitrogen and sodium and potassium ions in roots depending on the sowing date

Wyszczególnienie/Specification	Termin siewu/ Sowing date	2015	2016	2015–2016
Zawartość sacharozy (%) Content of sucrose (%)	optymalny/optimum	19,6 ^b	17,2 ^a	18,4 ^b
	opóźniony/delayed	19,3 ^b	16,7 ^a	18,0 ^a
	średnia/mean	19,5 ^b	17,0 ^a	–
Zawartość azotu α -aminowego (mmol·kg ⁻¹ miazgi) Content of α -amino nitrogen (mmol·kg ⁻¹ pulp)	optymalny/optimum	7,1 ^a	8,1 ^a	7,6 ^a
	opóźniony/delayed	7,2 ^a	10,1 ^a	8,7 ^a
	średnia/mean	7,2 ^a	9,1 ^a	–
Zawartość jonów sodu Na ⁺ (mmol·kg ⁻¹ miazgi) Sodium content (mmol·kg ⁻¹ pulp)	optymalny/optimum	3,8 ^a	4,6 ^{ab}	4,2 ^a
	opóźniony/delayed	3,7 ^a	5,5 ^b	4,6 ^a
	średnia /mean	3,8 ^a	5,1 ^b	–
Zawartość jonów potasu K ⁺ (mmol·kg ⁻¹ miazgi) Potassium content (mmol·kg ⁻¹ pulp)	optymalny/optimum	34,6 ^a	48,4 ^b	41,5 ^a
	opóźniony/delayed	35,5 ^a	49,4 ^b	42,5 ^a
	średnia/mean	35,1 ^a	48,9 ^b	–

Różne litery oznaczają istotne różnice ($\alpha = 0,05$)./ Different letters mean significant differences ($\alpha = 0.05$).

zowały się większą zawartością sacharozy, a mniejszą azotu α -aminowego, jonów sodu i potasu, wartości tych cech średnio dla lat wynosiły odpowiednio 18,4% i 7,6 mmol·kg⁻¹, 4,2 mmol·kg⁻¹, 41,5 mmol·kg⁻¹ miazgi (tab. 3). Zawartość sacharozy w korzeniach z optymalnego terminu siewu była większa o 0,4 p.p., a zawartość azotu α -aminowego, jonów sodu i potasu była mniejsza odpowiednio o 1,1 mmol·kg⁻¹, 0,4 mmol·kg⁻¹ i 1,0 mmol·kg⁻¹ miazgi, tj. o 14,5%, 9,5%, 2,4%. Wpływ terminu siewu na cechy jakościowe korzeni buraka cukrowego był zbliżony w badaniach innych autorów [Çakmakçı i Oral 2002, Petkeviciene 2009, Michalska-Klimczak i Wyszyński 2010a].

W przeprowadzonych badaniach na plonowanie buraka cukrowego wpływała obsada i średnia masa korzenia podczas zbioru wynikająca ze struktury roślin w łanie pod względem końcowej masy korzenia. W 2015 r. duży udział korzeni o masie 900–1200 g i powyżej 1200 g na obiektach z optymalnym terminem siewu w porównaniu z opóźnionym terminem siewu przy porównywalnej obsadzie roślin wynikał z dużo większego udziału roślin o liczbie rozwiniętych liści 7 i więcej, a mniejszego udziału roślin o liczbie rozwiniętych liści 6 i mniej w okresie rozwoju juwenilnego. W tym roku badań cechy łanu, tj. powierzchnia życiowa roślin i współczynnik centralności położenia, nie różniły się na obiektach z optymalnego i opóźnionego terminu siewu. W 2016 r. większy udział korzeni dużych w opóźnionym terminie siewu mimo mniejszego udziału roślin o liczbie liści 7

i więcej w okresie rozwoju juvenilnego w porównaniu z łanem z optymalnego terminu siewu był spowodowany większą powierzchnią życiową pojedynczych roślin. Większy udział korzeni dużych zarówno na obiektach z optymalnego i opóźnionego terminu siewu w 2016 r. w porównaniu z 2015 r. mimo mniejszego udziału roślin o liczbie liści 7 i więcej był również spowodowany większą powierzchnią życiową roślin i większą sumą opadów w okresie tworzenia się korzenia zapasonośnego, tj. w lipcu i sierpniu.

Znaczenie stopnia rozwoju roślin buraka cukrowego w okresie juvenilnym i powierzchni życiowej zajmowanej przez pojedyncze rośliny potwierdza wyznaczone równanie regresji wielokrotnej liniowej wskazujące, że te cechy łanu miały największy istotny wpływ na końcową masę korzenia. Obliczone wartości współczynników determinacji wielokrotnej R^2 wyrażają w procentach część wyjaśnionej zmienności masy pojedynczych korzeni (y) przez liniową zależność regresyjną od czterech cech roślin i łanu: liczby dni od siewu do wschodów poszczególnych roślin (x_1), stopnia rozwoju siewek buraków cukrowych w okresie juvenilnym (x_2), powierzchni życiowej roślin (x_3), współczynnika centralności położenia na zajmowanej powierzchni (x_4). Ustalone wartości standaryzowanych cząstkowych współczynników regresji (b_1, b_2, b_3, b_4) poszczególnych cech roślin i łanu wyrażających czysty (bezpośredni) wpływ każdej z nich osobno na końcową masę korzenia pojedynczych roślin (tab. 4). Największy wpływ na końcową masę korzenia

Tabela 4. Współczynnik determinacji (R^2) i cząstkowe współczynniki regresji (b_1, b_2, b_3, b_4) dla zależności końcowej masy korzenia pojedynczych roślin od badanych cech roślin i łanu ($x_1 - x_4$) w zależności od terminu siewu

Table 4. The determination coefficient (R^2) and partial regression coefficients (b_1, b_2, b_3, b_4) for the relationship of final root mass of individual plants to four analyzed traits of the plant and canopy depending on sowing date

Termin siewu Sowing date	Współczynnik determinacji (R^2) Determination coefficient (R^2)	Cechy roślin i łanu Plant and canopy traits			
		b_1 dla liczby dni od siewu do wschodów poszczególnych roślin (x_1) b_1 for number of days from sowing to emergence (x_1)	b_2 dla stopnia rozwoju siewek buraków cukrowych w okresie juvenilnym (x_2) b_2 for the development stage of plants in the juvenile period (x_2)	b_3 dla powierzchni życiowej roślin (x_3) b_3 for the plant living area (x_3)	b_4 dla współczynnika centralności położenia na zajmowanej powierzchni (x_4) b_4 for the location centrality index (x_4)
2015					
optymalny optimum	14,91	-0,093*	0,268*	0,214*	-0,013
opóźniony delayed	16,87	-0,013	0,379*	0,171*	-0,007
2016					
optymalny optimum	16,06	-0,058	0,282*	0,216*	0,057
opóźniony delayed	13,05	0,028	0,301*	0,267*	0,083

* Zależność istotna statystycznie ($\alpha = 0,05$) / relationship statistically significant ($\alpha = 0.05$)

miął stopień rozwoju siewek buraków cukrowych w okresie juvenilnym wyrażony liczbą rozwiniętych liści. Wartość współczynnika ścieżki dla tej cechy łanu wynosiła 0,268 dla optymalnego terminu siewu i 0,379 dla opóźnionego terminu siewu w 2015 r. i odpowiednio 0,282 i 0,301 dla terminów siewu w 2016 r. Większe wartości współczynnika ścieżki dla tej cechy w opóźnionym terminie siewu zarówno w 2015 r. i 2016 r. w porównaniu z optymalnym terminem siewu wskazują na większe znaczenie szybkiego wzrostu i rozwoju roślin buraka cukrowego w okresie rozwoju juvenilnego w kształtowaniu końcowej masy korzenia przy opóźnionym terminie siewu. Na końcową masę korzenia pojedynczych roślin buraka cukrowego istotny wpływ miała także powierzchnia życiowa roślin. Mniejsze wartości współczynnika ścieżki dla tej cechy w obydwu terminach siewu i latach badań w porównaniu z wartościami współczynnika ścieżki dla stopnia rozwoju siewek w okresie juvenilnym wskazują na mniejsze znaczenie tej cechy w kształtowaniu końcowej masy korzenia. Wartości współczynników ścieżek dla cech: centralności położenia na zajmowanej powierzchni i liczba dni od siewu do wschodów poszczególnych roślin poza optymalnym terminem siewu w 2015 r. były nieistotne, co oznacza praktycznie brak znaczenia tych cech łanu w kształtowaniu końcowej masy korzenia pojedynczych roślin. Istotny wpływ badanych cech łanu, tj. stopnia rozwoju siewek buraków cukrowych w okresie juvenilnym i powierzchni życiowej roślin na masę korzenia wykazała Michalska-Klimczak i in. [2020].

WNIOSKI

1. Opóźnienie terminu siewu o dwa tygodnie powoduje spadek plonu korzeni o 10,2 t·ha⁻¹ (16,9%), obsady roślin o 8,9 tys. szt.·ha⁻¹ (9,2%) i średniej końcowej masy korzenia o 14 g (2,1%) oraz zmniejszenie w korzeniach zawartości cukru o 0,4 p.p. i wzrost zawartości azotu α-aminowego oraz jonów sodu i potasu odpowiednio o 1,1 mmol·kg⁻¹; 0,4 mmol·kg⁻¹ i 1,0 mmol·kg⁻¹ miazgi, tj. o 14,5%; 9,5% i 2,4%.

2. Cechy łanu: obsada roślin, powierzchnia życiowa, szybkość rozwoju roślin w okresie juvenilnym silnie wpływają na plonowanie buraka cukrowego.

3. Zróżnicowanie pojedynczych roślin w łanie buraka cukrowego w okresie rozwoju juvenilnego skutkuje dużą zmiennością masy korzeni w okresie zbioru.

4. Znaczenie terminu siewu w kształtowaniu cech łanu i plonowania buraka cukrowego jest uzależnione od warunków pogodowych w czasie wschodów roślin i w okresie wegetacji.

PIŚMIENNICTWO

- Çakmakçı R., Oral E., 2002. Root yield and quality of sugarbeet in relation to sowing date, plant population and harvesting date interactions. *Turk. J. Agric. For.* 26(3), 133–139.
- Cariolle M., Duval R., 1994. Influence des populations et des varietes sur le composantes du rendement et sur la tare-terre. Publications de l'Institut Technique Français de la Betterave Industrielle. *Compte rendu de travaux*. Paris.
- Durr C., Boiffin J., 1995. Sugarbeet seedling growth from germination to first leaf stage. *J. Agric. Sci.* 124(3), 427–435. <https://doi.org/10.1017/S002185960007338X>
- Dziężyc J., Nowak L., Panek K., 1987. Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawianych w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 314, 11–32.
- Freckleton R.P., Watkinson A.R., Webb D.J., Thomas T.H., 1999. Yield of sugar beet in relation

- to weather and nutrients. *Agric. For. Meteorol.* 93, 39–51. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(98\)00106-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(98)00106-3)
- Hoffmann C.M., 2017. Changes in root morphology with yield level of sugar beet. *Sugar Ind.* 142, 420–425.
- Hoffmann C.M., Engelhardt M., Gallmeier M., Gruber M., Märländer B., 2018. Importance of harvesting system and variety for storage losses of sugar beet. *J. Food Sci. Technol.* 143(8), 474–484. <https://doi.org/10.36961/si19782>
- Jaggard K.W., Wickens R., Webb D.J., Scott R.K., 1983. Effects of sowing date on plant establishment and bolting and the influence of these factors on yields of sugar beet. *J. Agric. Sci.* 101(1), 147–161. <https://doi.org/10.1017/S0021859600036479>
- Jaggard K.W., Dewar A.M., Pidgeon J.D., 1998. The relative effects of drought stress and virus yellows on the yield of sugarbeet in the UK, 1980–95. *J. Agric. Sci.* 130(3), 337–343. <https://doi.org/10.1017/S0021859698005371>
- Jaggard K.W., Qi A., Ober E.S., 2009. Capture and use of solar radiation, water, and nitrogen by sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *J. Exp. Bot.* 60(7), 1919–1925. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp110>
- Jaggard K.W., Qi A.M., Milford G.F.J., Clark C.J.A., Ober E.S., Walters C., Burks E., 2011. Determining the optimal population density of sugarbeet crops in England. *Int. Sugar J.* 113, 114–119.
- Kenter C., Hoffmann C.M., Märländer B., 2006. Effects of weather variables on sugar beet yield development (*Beta vulgaris* L.). *Eur. J. Agron.* 24(1), 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.05.001>
- Kozak M., Mądry W., Wyszyński Z., 2002. Metoda analizy wpływu masy korzeni z różnych frakcji na plon buraka cukrowego. *Fragm. Agron.* 19(2), 251–261.
- Lauer J.G., 1997. Sugar beet performance and interactions with planting date, genotype and harvest date. *Agron J.* 89(3), 469–475. <https://doi.org/10.2134/agronj1997.00021962008900030017x>
- Mahmood S.A., Murdoch A.J., 2017. Within-field variations in sugar beet yield and quality and their correlation with environmental variables in the East of England. *Eur. J. Agron.* 89, 75–87. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.05.007>
- Malnou C.S., Jaggard K.W., Sparkes D.L., 2006. A canopy approach to nitrogen fertiliser recommendations for the sugar beet crop. *Eur. J. Agron.* 25, 254–263. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2006.06.002>
- Märländer B., Hoffmann C., Koch H. J., Ladewig E., Niemann M., Stockfisch N., Varrelmann M., Mahlein A.K., 2018. Sustainable intensification – a quarter century of research towards higher efficiency in sugar beet cultivation. *Sugar Ind.* 143(4), 200–217.
- Michalska-Klimczak B., Wyszyński Z., 2010a. Plonowanie buraka cukrowego w zmiennych warunkach agrotechnicznych i siedliskowych. Cz. I. Plon i jakość korzeni a technologiczny plon cukru. *Fragm. Agron.* 27(1), 88–97.
- Michalska-Klimczak B., Wyszyński Z., 2010b. Plonowanie buraka cukrowego w zmiennych warunkach agrotechnicznych i siedliskowych. Cz. II. Struktura plonu i wartość technologiczna frakcji korzeni. *Fragm. Agron.* 27(1), 98–106.
- Michalska-Klimczak B., Wyszyński Z., Pačuta V., Rašovský M., Brezovský O., 2020. Within-field variability of plant and canopy traits of sugar beet and their relation to individual root mass during harvest. *Plant Soil Environ.* 66, 437–445. <https://doi.org/10.17221/325/2020-PSE>
- Milford G.F.J., Pockock T.O., Riley J., Messum A.B., 1985. An analysis of leaf growth in sugar beet. III. Leaf expansion in field crops. *Ann. Appl. Biol.* 106(1), 187–203. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1985.tb03108.x>
- Pavlů K., Chochola J., Pulkrábek J., Urban J., 2017. Influence of sowing and harvest dates on production of two different cultivars of sugar beet. *Plant Soil Environ.* 63, 76–81. <https://doi.org/10.17221/614/2016-PSE>
- Petkeviciene B., 2009. The effects of climate factors on sugar beet early sowing timing. *Agron. Res.* 7(S1), 436–443.

- Pocock T.O., Milford G.F.J., Armstrong M.J., 1990. Storage root quality in sugarbeet in relation to nitrogen uptake. *J. Agric. Sci.* 115(3), 355–362. <https://doi.org/10.1017/S0021859600075791>
- Rozbicki J., Kalinowska-Zdun M., 1993. Badania nad wpływem struktury morfologicznej łanu na plon i wartość technologiczną buraka cukrowego na tle sposobu siewu i nawożenia azotem. Cz. 2. Plon sacharozy i wartość technologiczna korzeni. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A.* 110(1–2), 77–84.
- Smit A.L., 1993. The influence of sowing date and plant density on the decision to resow sugar beet. *Field Crops Res.* 34(2), 159–173. [https://doi.org/10.1016/0378-4290\(93\)90004-7](https://doi.org/10.1016/0378-4290(93)90004-7)
- Sögüt T., Aroglu H., 2004. Plant density and sowing date effects on sugar beet yield and quality. *J. Agron.* 3(3), 215–218. <https://doi.org/10.3923/ja.2004.215.218>
- Stibbe C., Märlander B., 2002. Field emergence dynamics significance to intraspecific competition and growth efficiency in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Eur. J. Agron.* 17(3), 161–171. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(02\)00005-9](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(02)00005-9)
- Wyszynski Z., 2006. Variability of the number and arrangement of plants in a sugar beet canopy under environmental and agrotechnical factors. *Sci. Agric. Bohem.* 37(4), 133–139.
- Xu Y., Liu D., Shi J., Wang X., Geng G., Liu J., Wang Y., 2023. Effect of Plant Spacing on Growth and Yield Formation of Sugar Beet Taproot. *Int. J. Plant Prod.* 1–15. <https://doi.org/10.1007/s42106-023-00274-z>

Źródło finansowania: Subwencja MEiN na działalność badawczą.

Summary. In 2015–2016, research on sugar beet was carried out in the experimental field in Miedniewice belonging to the Experimental Station of the Institute of Agriculture of the Warsaw University of Life Sciences. The variability of plant and canopy traits of sugar beet during the growing season was assessed, as well as their impact on the final root mass of individual plants and the yield of this species depending on the sowing date. The number of plants, their living area, and the rate of plant development in the juvenile period most strongly determined the yield of sugar beet. The delaying of the sowing date by two weeks resulted in a decrease in root yield by 10.2 t·ha⁻¹ (16.9%), a decrease of plant density by 8.9 thous.·ha⁻¹ (9.2%) and the average final root mass by 14.0 g (2.1%) as well as a decrease of the sucrose content by 0.4 percentage points and an increase in the content of α-amino nitrogen and an increase of sodium and potassium ions content respectively by 1,1; 0.4 and 1.0 mmol·kg⁻¹ of pulp, i.e. by 14.0%; 9.5% and 2.4%.

Key words: sowing date, plant density, plant living area, yield and root quality, sugar beet

Otrzymano/Received: 7.11.2023
Zaakceptowano/Accepted: 14.02.2024
Opublikowano/Published: 18.04.2024

