

CECHY MORFOLOGICZNE BURAKA CUKROWEGO A JAKOŚĆ PLONU

Ewa Moliszewska
Uniwersytet Opolski

Streszczenie. W warunkach polowych oceniono cechy morfologiczne roślin buraka cukrowego, zdrowotność oraz plonowanie. W trakcie sezonu mierzono takie cechy, jak długość, szerokość, liczbę liści oraz wysokość główek korzeni. Celem badań było określenie wpływu cech pokroju roślin buraka na parametry plonowania. Wyliczono współczynniki korelacji między cechami morfologicznymi a cechami plonowania. Wykazano negatywny wpływ zwiększonych główek korzenia na wielkość i jakość plonu buraka cukrowego. Niewielkie uszkodzenia liści także negatywnie wpływały na gromadzenie cukru w korzeniach, a delikatne uszkodzenia korzeni sprzyjały jego gromadzeniu. Stwierdzono dodatnią korelację między jakością plonu a długością blaszki liścia oraz liczbą dojrzałych i starzejących się liści, co było widoczne w lipcu i sierpniu, oraz powierzchnią liści odmian w typie normalno-cukrowym a masą plonu korzeni. Nie stwierdzono istotnego wpływu wielkości powierzchni blaszek liściowych i ogólnej liczby liści mierzonych w kolejnych terminach pomiarów na plon.

Słowa kluczowe: burak cukrowy, plon, morfologia liścia i korzenia

WSTĘP

Po wprowadzeniu reformy unijnego rynku cukru areal uprawy buraka cukrowego w Polsce w 2013 roku wynosił 194 tys. ha i był niższy niż w poprzednich latach, a zbiory korzeni buraka cukrowego wynosiły 11234,2 tys. ton i były wyższe niż w poprzednich latach [Witkowski i Dmochowska 2014]. Burak cukrowy, mimo ograniczeń w jego uprawie, jest nadal rośliną o szerokim znaczeniu gospodarczym i z tego względu istotnym elementem jest jego jakość oraz parametry uzyskiwanego plonu [Gruska i in. 2011, Stochalska i in. 2014]. Południowe regiony kraju są bardziej narażone na straty wynikające z występowania chwościka burakowego [Borodynko i in. 2011]. O efekcie końcowym

uprawy decydują w znacznej mierze nie tylko warunki środowiska uprawy, ale także właściwy dobór odmian. W hodowli buraka cukrowego postęp hodowlany jest wyznaczany przez takie cechy, jak masa plonu z powierzchni uprawy, zawartość sacharozy w tkankach korzenia, ale także zawartość tzw. melasotworów utrudniających pozyskanie czystego cukru z korzenia [Strochalska i in. 2014]. Ocena plonu może zostać dokonana przez indeks powierzchni liści (LAI) powiązany z warunkami meteorologicznymi obrazującymi intensywność wegetacji, jednak do tego wymagane jest precyzyjne oszacowanie parametrów promieniowania za pomocą instrumentów teledetekcyjnych [Woźniak 2008]. Precyzyjne szacowanie LAI nie zawsze jest możliwe, wobec czego w przeprowadzonych badaniach wybranych odmian buraka cukrowego zbadano zależność parametrów plonu od cech morfologicznych roślin.

MATERIAŁY I METODY BADAŃ

Doświadczenie prowadzono w 2012 roku w Kondratowicach (woj. dolnośląskie), na polu należącym do KWS-Lochow. Poletka doświadczalna o powierzchni 30 m² założono na glebie stanowiącej czarne ziemie utworzone z piasków, gliny i ilów. Obserwacje polowe prowadzono w trzech terminach: w połowie czerwca, połowie lipca i w końcu sierpnia. Do obserwacji wytypowano osiem odmian buraka cukrowego o zróżnicowanym pokroju i budowie, w trzech typach: normalno-cukrowym (NC) – Danuška KWS, Natura KWS i Sława KWS, normalno-plennym (NP) – 2B934, Julietta i Elvira KWS oraz w typie normalnym (N) – Primadonna KWS i Oliviera KWS. Obserwowano wysokość wystawiania ponad powierzchnię gleby główek korzeni, liczbę liści w rozecie, wyróżniając liście młode, dojrzałe i starzejące się oraz wykonywano pomiary biometryczne losowo pobieranych liści. Do obserwacji polowych (liczba liści, wystawianie główek) wyznaczano po 20 losowo wybranych roślin ze środkowych rzędów poletek, z kolejnych losowo wybranych 20 roślin pobierano po trzy wyrosnięte liście z zewnętrznych okółków i mierzono długość ogonka liściowego, długość, szerokość i pole powierzchni blaszek liściowych. Wystawianie główek korzeni mierzono od powierzchni gleby tuż przy korzeniu do wierzchołka korzenia. W trakcie badań obserwowano stopień porażenia liści według skali sześciostopniowej (0–5), gdzie stopień 0 oznaczał liść zdrowy, stopień 1 – pojedyncze plamy chorobowe obejmujące do 5% powierzchni liścia, stopień 2 – do 15%, stopień 3 – do 30%, stopień 4 – do 70%, stopień 5 – powyżej 70% powierzchni liścia. W ostatniej dekadzie września oceniono porażenie losowo wybranych korzeni według pięciostopniowej skali (0–4), gdzie 0 – oznaczało korzenie zdrowe, a 4 – korzenie całkowicie zniszczone [Moliszewska 2009]. Doświadczenie zakończono w pierwszej dekadzie października. Nawożenie oraz ochrona herbicydowa były prowadzone zgodnie z prawidłowymi zasadami agrotechniki jednakowo w całym doświadczeniu. Po zbiorach oceniono masę plonu korzeni, a także jego jakość w systemie automatycznym Venema w laboratorium KHBC w Straszku. Wyniki przeliczono, podając indeks porażenia [Ip (%)], który uwzględnia zarówno częstotliwość, jak i intensywność występowania choroby [Moliszewska 2009]. W analizie wyników uwzględniono połowę identyfikację symptomów chorobowych liści buraka wykonaną na podstawie ogólnie dostępnych opisów chorób buraka cukrowego.

Na podstawie wyników obserwacji polowych i laboratoryjnych oraz analizy chemicznej plonu wyliczono współczynniki korelacji między badanymi parametrami roślin buraków a cechami charakteryzującymi plony. Istotność obliczonych współczynników korelacji oceniono dla $p = 0,05$, wartości krytyczne r podano przy tabelach.

WYNIKI I DYSKUSJA

Plony uzyskane z wytypowanych do obserwacji roślin były wysokie, średnio przewyższały $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, i jedynie dwie odmiany plonowały na nieco niższym poziomie (tab. 1). Odmiany w typie cukrowym charakteryzowały się zawartością cukru na poziomie 16,49–18,29%, a odmiana 2B934 (na cele energetyczne) – na poziomie 13,2%. Ta ostatnia odmiana oraz odmiana Julietta odznaczały się na tle pozostałych wyższą zawartością melasotworów (K, Na, N- α -aminowy), co skutkowało większymi stratami cukru w melasie (tab. 1). Głównym celem uprawy buraka cukrowego jest uzyskanie wysokiego plonu korzeni o wysokiej zawartości cukru i dobrej jakości przetwórczej, wynikającej z niskiej zawartości związków melasotwórczych. Nowoczesne odmiany buraka cukrowego charakteryzują się bardzo dobrym plonowaniem oraz doskonałą jakością technologiczną, a ponadto tolerancją na patogeny i zdolnością przystosowywania się do warunków klimatyczno-glebowych [Tyburski i in. 2004]. Wydajność fotosyntezy jest także cechą odmianową, gdyż między zarejestrowanymi odmianami obserwuje się wyraźne różnice w budowie morfologicznej, plony natomiast są charakteryzowane dość podobnie, co świadczyć może o różnej wydajności fotosyntezy i jej wpływie na produkcję biomasy roślin.

Tabela 1. Charakterystyka plonu buraków cukrowych

Table 1. Sugar beet yield characteristics

Odmiana Variety	Plon korzeni Yield of roots [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$]	Zawartość cukru Sugar content [%]	Zawartość, [mval w 1000 g miazgi] Content [mval in 1000 g of pulp]			Cukier technolo- giczny Technologi- cal sugar [%]	Technolo- giczny plon cukru Technological sugar yield [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$]	Straty cukru w melasie Sugar losses in molasse [%]
			K	Na	N			
			Primadonna KWS	111,6	18,17			
Natura KWS	108,0	18,21	46,4	2,6	9,6	16,15	17,44	2,06
Oliviera KWS	105,5	18,17	46,5	5,6	12,1	15,98	16,86	2,19
Elvira KWS	107,6	17,59	43,1	3,2	9,8	15,62	16,80	1,97
Sława KWS	103,1	18,29	44,2	4,3	12,6	16,22	16,71	2,07
Danuška KWS	94,5	19,24	39,4	3,6	6,1	17,42	16,46	1,82
Julietta	99,5	16,49	59,4	7,8	20,8	13,70	13,64	2,79
2B 934	117,0	13,20	69,8	19,1	19,9	9,67	11,32	3,53

Mimo zastosowania ochrony fungicydowej w części doświadczenia, obserwowano porażenie liści, głównie przez *Cercospora beticola* (intensywniej w sierpniu), obejmowały one sporadycznie do kilku liści na jednej roślinie. Rzadziej występowały plamy powodowane przez *Ramularia beticola* oraz *Pseudomonas syringae*, który pojawiał się

tylko na początku lata i jego występowanie było związane z opadami atmosferycznymi. Oba te patogeny powodowały uszkodzenia oceniane maksymalnie w stopniu skali „1” i pojawiały się na nie więcej niż pięciu liściach pojedynczych roślin. Średni w sezonie indeks porażenia (I_p) dla wszystkich kombinacji wynosił 9,4%, przy czym najwyższą wartość porażenia liści obserwowano dla odmiany 2B 934 (22,5%), a w następnej kolejności dla odmiany Julietta (12,5%) (tab. 2). Nieco odmiennie kształtowała się zdrowotność korzeni, najwięcej powierzchniowych uszkodzeń określonych jako parch zanotowano na korzeniach odmiany Sława (tab. 2). Istotne wartości współczynników korelacji, obliczone między zdrowotnością liści (korelacja ujemna) a biologiczną i technologiczną zawartością cukru, a także zdrowotnością korzeni (korelacja dodatnia) a biologiczną i technologiczną zawartością cukru (tab. 2), wskazują na silną zależność między tymi parametrami. Oznacza to, że nawet niewielkie uszkodzenie aparatu asymilacyjnego przyczynia się do strat cukru zarówno w plonie, jak i w trakcie jego pozyskiwania [Borodynko i in. 2011], przy delikatnym uszkodzeniu korzeni zaobserwowano natomiast wzrost zawartości cukru w tkankach (tab. 2). Podobne obserwacje poczyniła Moliszewska [2009], a właściwość taka może być związana ze zmianami odpornościowymi wynikającymi z porażenia [Choluj i Moliszewska 2012].

Tabela 2. Zdrowotność liści i korzeni buraków cukrowych oraz wartości współczynników korelacji obliczonych dla zdrowotności i parametrów plonu (wartość krytyczna $r = 0,707$)

Table 2. Infection coefficients (I_p) calculated for foliage and roots of sugar beet ($r = 0.707$)

Odmiana Variety	Indeks porażenia Infection coefficient [%]	
	liście – leaves	korzenie – roots
Primadonna KWS	5,8	7,5
Natura KWS	9,2	10
Oliviera KWS	5	10
Elvira KWS	4,2	7,5
Sława KWS	7,5	12,5
Danuška KWS	8,3	10
Julietta	12,5	7,5
2B 934	22,5	5
Średnia – Average	9,4	8,8
Współczynniki korelacji – Correlation coefficients		
Plon korzeni – Root yield [$t \cdot ha^{-1}$]	0,3999	-0,5801
Zawartość cukru – Sugar content [%]	-0,8877	0,7684
Zawartość cukru technologicznego Technology sugar content [%]	-0,9026	0,7449
Straty cukru w melasie Lose of sugar in molasses [%]	0,9226	-0,6470

Uformowanie wysokich główek korzeni wyraźnie wpływa na straty cukru, a także na zwiększenie zawartości sodu w korzeniach, zależność ta widoczna jest już w czerwcu i pogłębia się w kolejnych miesiącach (tab. 3). Dalsze obserwacje wskazują na silną korelację między wielkością główki korzenia a zawartością melasotworów (tab. 3), co jednak wydaje się być istotne głównie dla odmian w typie plennym (tab. 4). Obliczone

Tabela 3. Wartości współczynników korelacji między parametrami plonu a cechami odmian we wszystkich badanych typach buraka (cechy ocenione w czerwcu, lipcu i sierpniu, wartość krytyczna $r = 0,707$)Table 3. Correlation coefficients calculated between yield parameters and yield features of tested sugar beet varieties in all types (June, July and August $r = 0.707$)

Cecha Feature	Plon korzeni Yield of roots [t·ha ⁻¹]	Zawartość cukru Sugar content [%]	Zawartość [mval w 1000 g miazgi] Content [mval in 1000 g of pulp]			Cukier technolo- giczny Technologi- cal sugar [%]	Technolo- giczny plon cukru Techno- logical sugar yield [t·ha ⁻¹]	Straty cukru w melasie Sugar lose in molasse [%]
			K	Na	α-N			
			Długość blaszki Leaf length	--* -0,016 -0,457	-- -0,629 0,712			
Wysokość główki Root head	0,557 0,535 0,626	-0,811 -0,901 -0,850	0,669 0,845 0,753	0,767 0,932 0,914	0,592 0,757 0,496	-0,793 -0,904 -0,845	-0,695 -0,850 -0,759	0,711 0,887 0,803
Liście młode Young leaves	0,825 0,176 --	-0,162 -0,612 --	-0,068 0,656 --	0,095 0,798 --	-0,273 0,527 --	-0,116 -0,640 --	0,228 -0,724 --	-0,034 0,708 --
Liście dojrzałe Mature leaves	-- 0,845 0,780	-- -0,481 -0,374	-- 0,342 0,283	-- 0,498 0,401	-- 0,151 0,077	-- -0,461 -0,362	-- -0,174 -0,089	-- 0,385 0,311
Liście starzejące się Senescent leaves	-- -- -0,128	-- -- 0,683	-- -- -0,661	-- -- -0,588	-- -- -0,576	-- -- 0,679	-- -- 0,751	-- -- -0,647

* Pierwszy wiersz danych – dane dla czerwca/the first row of data – data calculated for June; drugi wiersz – dane dla lipca/second row – data calculated for July; trzeci wiersz – dane dla sierpnia/third row – data calculated for August; znak -- oznacza brak istotnych zależności w danym terminie/sign -- means no importance of data for the proper term and feature of observation.

współczynniki korelacji wskazują na silną zależność między masą plonu korzeni a liczbą młodych liści wytwarzanych w czerwcu, podczas gdy w lipcu i końcu sierpnia masa korzeni jest już silnie uzależniona od liczby liści dojrzałych (tab. 3). W końcu sierpnia zaobserwowano, że duża liczba liści starzejących się jest objawem osiągnięcia maksymalnego plonu wyrażonego jako plon cukru technologicznego. Milford i inni [1985a, c] wskazują, że pojawianie się nowych liści u buraka ściśle zależy od temperatury, zamierają głównie najwcześniejsze liście, a kolejno pojawiające się żyją dłużej niż poprzednie. Baey i inni [2013] wskazują na istotność zmienności osobniczej w zdolności wykształcania liści w populacji buraka i wskazują na dwie fazy rozwoju ulistnienia. Taki obraz rozwoju aparatu asymilacyjnego sprawia, że to właśnie liście pojawiające się w drugiej połowie sezonu mogą mieć największy udział w kształtowaniu plonu. Przeprowadzone badania wskazują, że większa liczba młodych liści pojawiających się w lipcu sprzyja pogorszeniu jakości korzeni poprzez nadmierne gromadzenie sodu w melasotworach, co przekłada się na niższy plon cukru i wyższe jego straty w melasie (tab. 3). Spośród parametrów opisujących blaszkę liściową tylko długość blaszki może mieć istotny wpływ na jakość plonu,

Tabela 4. Wartości współczynników korelacji obliczone dla parametrów plonu i cech biometrycznych roślin (lipiec i sierpień)

Table 4. Correlation coefficients calculated between yield parameters and yield features (measured in July and August)

Cecha Feature	Plon korzeni Yield of roots [t·ha ⁻¹]	Zawartość cukru Sugar content [%]	Zawartość [mval w 1000 g miazgi] Content [mval in 1000 g of pulp]			Cukier technolo- giczny Technolo- gical sugar [%]	Technolo- giczny plon cukru Technolo- gical sugar yield [t·ha ⁻¹]	Straty cukru w melasie Sugar lose in molasse [%]	
			K	Na	α-N				
Główka korzenia Root head	VI	--*	--	--	--	--	--	--	
	VII	0,722 0,604	-0,999 -0,978	0,933 0,905	1,000 0,977	0,669 0,725	-0,999 -0,301	-0,947 -0,893	0,964 0,935
	VIII	-- 0,770	-- -0,919	-- 0,777	-- 0,943	-- 0,510	-- -0,372	-- -0,768	-- 0,829
Długość blaszki Leaf length	VI	--	--	--	--	--	--	--	
	VII	0,711 --	-0,998 --	0,939 --	1,000 --	-1,000 --	-1,000 --	-0,951 --	0,968 --
	VIII	-0,905 --	0,990 --	-0,927 --	0,030 --	0,993 --	0,993 --	-0,644 --	-0,999 --
Szerokość blaszki Leaf width	VI	0,722 --	-0,893 --	0,759 --	0,291 --	0,997 --	-0,902 --	0,366 --	0,935 --
	VII	--	--	--	--	--	--	--	--
	VIII	0,996 0,049	-0,979 0,625	0,999 -0,883	-0,370 -0,657	0,727 -1,000	-0,974 0,684	0,867 0,864	0,951 -0,833
VIII Powierzchnia liści Leaf area	0,999 -- --	-0,944 -- --	0,996 -- --	-0,487 -- --	0,632 -- --	-0,937 -- --	0,924 -- --	0,904 -- --	
VIII Liście młode Young leaves	0,479 -- 0,498	-0,201 -- -0,862	0,430 -- 0,873	-1,000 -- 0,943	-0,340 -- 0,734	-0,181 -- -0,880	0,803 -- -0,823	0,097 -- 0,904	
VIII Liście starzeją- ce się Senescent leaves	0,638 -0,006 --	-0,836 0,667 --	0,679 -0,907 --	0,399 -0,697 --	0,999 -0,999 --	-0,847 0,723 --	0,257 0,891 --	0,889 -0,862 --	

* Pierwszy wiersz danych – dla typu normalno-cukrowego (NC)/first row of data – data calculated for Z-type varieties (sugar-type; NC); wartość krytyczna $r = 0,997$; drugi wiersz – dla typu normalno-plennego (NP)/ second row of data – data calculated for N – type varieties (normal-type NP); wartość krytyczna $r = 0,997$; trzeci wiersz – sumarycznie dla typów normalno-plennego (NP) i plennego (P)/third row of data – calculated for N – type (NP) and E-type varieties together (emphasis on root yield, P); wartość krytyczna $r = 0,878$; -- oznacza brak istotnych zależności w danym terminie/sign -- means no importance of data for the proper term and feature of observation.

na co wskazuje korzystna korelacja długości blaszki liścia i zawartości cukru w korzeniach (tab. 3). Zaobserwowano, że w lipcu cecha ta jest niekorzystna i przyczynia się do obniżenia technologicznego plonu cukru, natomiast już w sierpniu można obserwować większą sprawność asymilacyjną długich liści wyrażoną jako procentowa i technologiczna zawartość cukru w korzeniach, ale jednoczesna korelacja tej cechy ze skłonnością do gromadzenia melasotworów nie przekłada się na zwiększenie technologicznego plonu cukru (tab. 3). Pewnym wyjaśnieniem wyższej sprawności fotosyntetycznej aparatu asymilacyjnego w lipcu i sierpniu może być fakt występowania w tych miesiącach wyższego usłonecznienia, w sezonie wegetacyjnym 2012 roku w czerwcu wynosiło ono 209 h, ale w lipcu – 272 h i w sierpniu – 289 h [Witkowski i Dmochowska 2014]. Nie stwierdzono istotnego wpływu na jakość plonu wielkości powierzchni blaszek liściowych mierzonych w kolejnych miesiącach, choć niewątpliwie to właśnie wiele cech związanych z aparatem asymilacyjnym odpowiada za jakość plonu i, jak można przypuszczać, rozpatrywać należałoby raczej sumaryczną powierzchnię czynną asymilacyjnie w całym sezonie wegetacyjnym [Milford i in. 1985d]. Można przypuszczać, że na sprawność fotosyntezy wpływ może mieć efektywność ekspozycji blaszki liściowej na promienie słoneczne, co w dużym zagęszczeniu będzie łatwiejsze dla liści wąskich niż szerokich. Milford i inni [1985b, d] stwierdzili, że na różnice w powierzchni liści między sezonami wpływały różnice temperatur oddziałujących na liście przed ich ostatecznym ukształtowaniem oraz nawożenie azotowe, natomiast mniej wpływały na ten parametr warunki meteorologiczne podczas głównego okresu rozwoju liści. Podobne obserwacje poczyniono dla wartości indeksu powierzchni liści (LAI) dla pszenicy twardej. Wartość LAI zależała od warunków meteorologicznych, od udziału pszenicy w zmianowaniu, a także od położenia liści na roślinie i jej fazy rozwojowej [Woźniak i in. 2005, Woźniak 2008]. Wartość LAI, będąca stosunkiem powierzchni liści do powierzchni gruntu, u buraka cukrowego spada w czasie suszy [Chołuj i in. 2014]. Dla odmiany w typie normalno-cukrowym kształt liści wpływa na straty cukru w melasie i niekorzystną zawartość melasotworów (K, Na, α -N), jednak wielkość powierzchni blaszki liściowej wykształconej w sierpniu przyczynia się do budowania masy plonu (tab. 4). Nie stwierdzono, aby wielkość główki korzeni w typie NC miała istotne znaczenie dla jakości plonu, jednak właściwość tę należy przypisać ogólnym cechom odmiany. W przypadku odmian normalno-plennych i plennych zarówno niektóre cechy liści, jak i uformowanie główki korzeni (duża główka ujemnie skorelowana z masą plonu korzeni) sprzyjają obniżeniu zawartości cukru (tab. 4), nawet pomimo korzystnego wpływu (ujemna korelacja) długości, szerokości i liczby liści starzejących się na gromadzenie azotu α -aminowego (α -N).

WNIOSKI

1. Wykształcenie niższych główek korzeni wpływa korzystnie na wielkość i jakość plonu, co zaznacza się szczególnie wyraźnie u odmian w typie normalno-plennym i plennym.
2. Wraz z upływem czasu większą rolę w wykształcaniu plonu odgrywają liście dojrzałe i starzejące się oraz liście o wydłużonych blaszkach, szerokie blaszki liściowe sprzyjają gromadzeniu melasotworów.

3. Delikatne uszkodzenie powierzchni korzeni przyczynia się do zwiększenia nagromadzenia cukru w ich tkankach, nawet niewielkie uszkodzenia liści powodują natomiast straty cukru w plonie.

4. Dla poszczególnych typów buraków cukrowych stwierdzono wpływ różnych cech morfologicznych (np. wystawnie główki, długość lub szerokość blaszki liścia, wiek liści) na jakość plonu (zawartość cukru, zawartość melasotworów, straty cukru w melasie).

5. Odmiany normalno-cukrowe wykazują silną korelację między powierzchnią blaszek liściowych a masą plonu korzeni.

LITERATURA

- Baey Ch., Didier A., Lemaire S., Maupas F., Cournede P.-H., 2013. Modelling the interindividual variability of organogenesis in sugar beet populations using a hierarchical segmented model. *Ecological Modelling* 263, 56–63.
- Borodynko N., Moliszewska E., Wiśniewski W., 2011. Choroby buraka cukrowego. *Biuletyn Agrotechniczny KWS, Poznań*.
- Chołuj D., Wiśniewska A., Szafranski K.M., Cebula J., Gozdowski D., Podlaski S., 2014. Assessment of the physiological responses to drought in different sugar beet genotypes in connection with their genetic distance. *Journal of Plant Physiology* 171, 1221–1230.
- Gruska R., Stanisław M., Wawro S., Iciek J., 2011. Sok z buraków cukrowych jako surowiec do otrzymywania etanolu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 569, 93–102.
- Milford G.F.J., Pocock T.O., Jaggard K.W., Biscoe P.V., Armstrong M.J., Last P.J., Goodman P.J., 1985a. An analysis of leaf growth in sugar beet. IV. The expansion of the leaf canopy in relation to temperature and nitrogen. *Ann. Appl. Biol.* 107, 335–347.
- Milford G.F.J., Pocock T.O., Riley J., 1985b. An analysis of leaf growth in sugar beet. II. Leaf appearance in field crops. *Ann. Appl. Biol.* 106, 173–185.
- Milford G.F.J., Pocock T.O., Riley J., 1985c. An analysis of leaf growth in sugar beet. I. Leaf appearance and expansion in relation to temperature under controlled conditions. *Ann. Appl. Biol.* 106, 163–172.
- Milford G.F.J., Pocock T.O., Riley J., Messem A.B., 1985d. An analysis of leaf growth in sugar beet. III. Leaf expansion in field crops; *Ann. Appl. Biol.* 106, 187–203.
- Moliszewska E.B., 2009. Etiologia wybranych chorób korzeni buraka cukrowego. *Studia i Monografie* 412, Uniwersytet Opolski, Opole.
- Strochalska B., Zimny L., Regiec P., 2014. Effect of different systems conservation tillage on technological value of sugar beet roots. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 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.
- Witkowski J., Dmochowska H. (red.), 2014. *Rocznik Statystyczny Rolnictwa*. Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa.
- Woźniak A., Gontarz D., Stanisławski M., 2005. Wpływ zmianowania na plonowanie i wartość wskaźnika LAI pszenicy twardej (*Triticum durum* Desf.). *Biul. IHAR* 237/238, 13–21.
- Woźniak A., 2008. Wpływ zróżnicowanego udziału pszenicy jarej w zmianowaniu na indeks powierzchni liści (LAI). *Acta Agrophysica* 12(1), 269–276.

MORPHOLOGICAL FEATURES OF SUGAR BEET AND ITS YIELD QUALITY

Summary. The field experiment was realized in 2012 in Kondratowice (Dolnośląskie) on the KWS-Lochow area. In this study six cultivars in three types of sugar beet were used (sugar type Z type: Danuška KWS, Natura KWS, Sława KWS, normal type – N type: 2B934, Julietta, Elvira KWS; and a type with an emphasis on the root yield – E type: Primadonna KWS and Oliviera KWS). In the middle of June and July and in the end of August the number of leaves per plant was counted and sizes of roots' crowns were measured for randomly chosen 20 plants. Leaves were also measured (petiole length, leaf length and width, and leaf surface area). The health condition of foliage was estimated each month, a six-grade scale (0–5) for leaves was used (0 – meant healthy, 5 – disease symptoms on more than 70% of the leaf surface). Health quality of roots was evaluated in September and for this purpose a five-point scale (0–4) was used, where 0 – meant healthy roots, and 4 – the roots completely destroyed. The quantity and quality of yield were estimated in an automatic system Venema. The aim of the work was the estimation of morphological features of sugar beet plants in the field experiment and finding correlations ($p = 0.05$) between them and yield parameters. Average root yields were over $100 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Sugar type cultivars (Z) showed an average sugar content 16.49–18.29%, but cultivar 2B934 (E) – only 13.2%. Minute *C. beticola* and *R. beticola* symptoms were observed on leaves, they were negatively correlated with sugar content. Correlation between root infection and sugar content showed that delicate scab symptoms on the roots' surfaces can be a reason of greater sugar content. It was found negative correlation between yield quality and root's crown sizes, especially for N-type and E-type varieties but not for Z-type. The study indicates that a greater number of young leaves appearing in July promotes deterioration of the roots by excessive accumulation of sodium. It was observed that in July leaf length contributes to the reduction in the yield of technological sugar, and in August can be seen more efficient assimilation in long leaves expressed as a sugar content in the roots, but the combined correlation of the above characteristic with the content of molasses-building elements explains the decrease in the yield of technological sugar content. Positive correlations were found between yield quality and such features as leaf length and number of mature leaves as well as senescent leaves. The correlations were distinct in July and August. This can be partly explained by favourable position of long leaves and better use of sun energy. The leaf area was positively correlated with a root yield for sugar-type (Z-type) varieties.

Key words: sugar beet, yield, leaf parameters, leaf and root morphology