

WPŁYW WYBRANYCH CZYNNIKÓW KLIMATYCZNYCH POLSKI PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ NA JAKOŚĆ PLONU KORZENI BURAKA CUKROWEGO

ARKADIUSZ STEPIEŃ¹, JAN PAWLUCZUK², JAN ADAMIAK¹, MAREK MARKS¹, GRZEGORZ BUCZYŃSKI¹

¹Katedra Systemów Rolniczych, ²Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

arkadiusz.stepien@uwm.edu.pl

Synopsis. Badania polowe dotyczące wpływu głównych czynników klimatycznych na plon cukru technologicznego prowadzono w latach 1994–2004 w Zakładzie Produkcyjno-Doświadczalnym w Bałcynach (mikroregion klimatyczny olsztyńsko-ostródzki). Według danych meteorologicznych z lat 1960–1995, obszar ten charakteryzuje się sumą opadów w miesiącach kwiecień-wrzesień – 377 mm (z nasileniem w lipcu i sierpniu) i średnią dobową temperaturą w tych miesiącach – 13,5°C. W korzeniach buraka cukrowego analizowano zawartość sacharozy i melasotworów (azot α -aminowy, potas, sód). W wyniku przeprowadzonych badań polowych, obserwacji i analiz laboratoryjnych, stwierdzono, że warunki pogodowe miały znaczący wpływ na wskaźniki jakości korzeni i w efekcie na plon cukru. Najbardziej niekorzystny układ czynników klimatycznych na jakość korzeni i wysokość plonu cukru technologicznego wystąpił w roku 1997, natomiast sprzyjający w 2003 roku.

Słowa kluczowe – *key words*: warunki meteorologiczne – *meteorological conditions*, burak cukrowy – *sugar beet*, cechy jakościowe – *qualitative features*, plon cukru – *sugar yield*

WSTĘP

Aleksandrov i Eitzinger [2005] twierdzą, że prowadzenie produkcji roślinnej w kolejnych latach, w tym uprawy buraka cukrowego, powinno uwzględniać spodziewane zmiany niektórych czynników klimatycznych. Nasilenie się pogodowych zjawisk ekstremalnych, szczególnie w zakresie zmian opadów atmosferycznych i temperatur otoczenia, może powodować zaburzenia w przebiegu procesów fizjologicznych roślin [Aleksandrov i Hoogenboom 2000, Rozbicki 2007]. Od lokalnego układu czynników przyrodniczych i agrotechnicznych bezpośrednio zależy przede wszystkim rolnicza przydatność do uprawy roślin rozmaitych siedlisk oraz wysokość i jakość plonów roślin uprawnych, a pośrednio jakość produktów, wyniki ekonomiczne produkcji oraz warunki życia i zdrowia producentów i konsumentów [Dzieżyc 1993].

Polska północno-wschodnia według podziału fizyczno-geograficznego kraju Kondrackiego [2000] obejmuje Pojezierze Mazurskie. Makroregion ten należy do najzimniejszych regionów w Polsce. Średnia roczna temperatura w wieloleciu wynosi 7,5°C. Roczne temperatury maksymalne wahają się od 10,3 do 11,6°C, a minimalne od 2,3 do 4,1°C [Banaszkiewicz i in. 2002, Grabowska i in. 2007, Szejtkowski i in. 2002]. Roczna suma opadów w tym regionie wynosi 599,2 mm z najwyższymi w czerwcu (76,8 mm) i lipcu (76,2 mm).

Końcowym miernikiem efektu uprawy buraka cukrowego jest plon cukru technologicznego. Decyduje o nim pozyskana masa korzeni, zawartość w nich sacharozy i składników melasotwórczych. Szkodliwość tych ostatnich polega na tym, że z sacharozą tworzą związki, przez co

utrudniają oczyszczanie soku i duże ilości sacharozy nie wykrystalizowanej przechodzi do melasy. Podstawowe melasotwory to potas, sód i azot α -aminowy [Filutowicz 1980]. Ich zawartość w korzeniach buraka cukrowego zależy głównie od typu użytkowego odmiany buraka, przebiegu pogody w okresie wegetacji, długości wegetacji buraka, a także od nawożenia mineralnego, szczególnie azotem [Stępień i Adamiak 2001].

Celem badań była ocena wpływu opadów atmosferycznych oraz temperatury powietrza na parametry jakościowe plonu korzeni buraka cukrowego uprawianego w Polsce północno-wschodniej.

MATERIAŁ I METODY

Wyniki badań pochodzą ze ścisłego, statycznego doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 1994–2004 w Zakładzie Produkcyjno-Doświadczalnym w Bałcynach k. Ostródy (53°36' N, 19°51' E), które jest położone w mikroregionie klimatycznym olsztyńsko-ostródzkim. Według klasyfikacji bonitacyjnej, gleby doświadczenia zaliczono do klasy IIIa, a według klasyfikacji glebowo-rolniczej do kompleksu 4 – zytńskiego bardzo dobrego i w niewielkiej części do kompleksu 2 – pszennego dobrego. Badania nad możliwościami uprawy buraka cukrowego w Polsce północno-wschodniej prowadzono w zmianowaniu: burak cukrowy – pszenica jara – jęczmień ozimy. Obornik w dawce 30 t·ha⁻¹ stosowano pod burak jesienią, natomiast fosfor i potas stosowano wiosną w dawce 43,7 kg·ha⁻¹ P i 166 kg·ha⁻¹ K. Nawożenie azotem w ilości 140 kg·ha⁻¹ stosowano w dwóch terminach. Burak cukrowy odmiany Kawejana wysiewano punktowo, najczęściej w trzeciej dekadzie kwietnia. Zbioru dokonywano w II dekadzie października.

Technologiczną ocenę surowca, na linii Venem'a, przeprowadzano corocznie na próbach czterech korzeni z każdego poletka. Analiza obejmowała zawartość sacharozy, potasu, sodu i azotu α -aminowego. Następnie obliczono wydatek cukru i plonu cukru technologicznego. Wydatek cukru technologicznego wyliczono przy pomocy wzoru Reinefelda:

$$W = \text{Pol.} - 0,343 (K+Na) - 0,094 N_{\alpha\text{-amin.}} - 0,29, \text{ gdzie,}$$

W – wydatek cukru oczyszczonego; Pol – procentowa zawartość sacharozy; K, Na, N _{α -amin.} – mval (milorównoważnik) w 100 g miazgi; 0,094 – poprawka eksperymentalna; 0,29 – poprawka na straty nieoznaczone.

Do obliczenia plonu cukru wykorzystano plony korzeni buraka cukrowego zamieszczone w pracy Stępnia [2009]. Wyniki badań zestawiono tabelarycznie. W przypadku charakterystyki warunków termicznych, obliczono średnie temperatury w miesiącach i latach. Warunki opadowe na badanym obszarze rozpatrywano w aspekcie ich rozkładu w czasie (miesiące, lata). Wyniki badań dotyczące cech jakościowych plonu buraka cukrowego opracowano statystycznie.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza danych meteorologicznych okresu wegetacyjnego z lat 1960–1995 wskazuje, że obszar badawczy charakteryzuje się, w miesiącach kwiecień – wrzesień, sumą opadów 377 mm z ich nasileniem w lipcu, sierpniu i średnią dobową temperaturą 13,5°C (tab.1).

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że takie czynniki klimatyczne jak opady atmosferyczne i temperatura powietrza miały wpływ na jakość plonu korzeni buraka cukrowego, wyrażone procentową zawartością sacharozy. W niniejszych badaniach najniższą jej koncentrację w korzeniach (14,9%) stwierdzono w 1997 roku (tab. 2). Podobnie duży wpływ pogody na gromadzenie sacharozy w korzeniach podkreślają Mercik i in. [2009] oraz Wiśniew-

Tabela 1. Wartości temperatur i opadów atmosferycznych okresu badań na tle wielolecia 1960–1995
 Table 1. Values of temperature and precipitation in investigation period against of long term period of 1960–1995

Lata – Years	Temperatura – Temperature (°C)									Opady – Precipitation (mm)								
	miesiące – months										suma sum							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	średnio mean	IV	V	VI		VII	VIII	IX				
1994	9,0	12,8	15,7	21,9	18,5	14,5	15,4	46,1	90,7	43,0	22,9	69,2	72,7	344,6				
1995	7,8	12,8	17,1	20,6	19,2	13,1	15,1	40,7	32,8	48,5	71,7	85,4	162,3	441,4				
1996	7,5	13,1	15,8	15,3	18,0	9,7	13,2	10,8	93,5	64,5	72,4	59,1	45,1	345,4				
1997	3,9	11,4	15,7	16,9	18,3	12,5	13,1	22,6	99,0	71,7	187,6	25,1	47,3	453,3				
1998	9,0	13,3	16,2	16,3	15,1	13,0	13,8	44,5	58,3	141,9	57,5	58,3	21,8	382,3				
1999	8,3	11,1	16,7	19,1	16,9	15,3	14,6	101,6	69,1	155,6	75,5	53,0	18,4	473,2				
2000	10,9	13,5	15,9	15,3	16,9	11,2	14,0	20,2	32,5	33,1	104,2	140,9	46,8	377,7				
2001	7,3	12,2	13,8	19,5	18,4	12,0	13,9	43,5	31,3	48,8	135,1	81,8	99,3	439,8				
2002	7,3	16,1	15,9	19,3	19,8	12,5	15,2	10,0	90,1	72,5	43,2	87,3	60,5	363,6				
2003	6,1	14,2	16,5	18,9	17,3	13,7	14,5	23,6	78,6	60,7	118,2	34,9	19,1	335,1				
2004	7,7	11,0	14,5	16,2	18,2	13,0	13,4	51,5	87,1	90,6	78,8	89,3	41,9	439,2				
1994 – 2004	7,7	12,9	15,8	18,1	17,9	12,8	14,2	37,7	69,4	75,5	87,9	71,3	57,7	399,6				
1960 – 1995	6,6	12,4	15,7	16,9	16,5	12,6	13,5	35,2	56,7	68,3	81,3	78,1	57,1	376,7				

Tabela 2. Zawartość sacharozy (%), składników melasotwórczych (mmol·100g⁻¹) oraz wydatek cukru technologicznego (%)Table 2. The content of saccharose (%), melassogenic substances (mmol·100g⁻¹) and expenditure of technological sugar (%)

Lata – Years	Sacharoza Saccharose (%)	N α-NH ₂	Potas Potassium	Sód Sodium	Wydatek cukru technologicznego Expenditure of technological sugar (%)
1994	16,7	1,18	3,03	0,988	14,9
1995	19,1	1,82	4,39	0,223	17,1
1996	16,4	2,80	4,06	0,320	14,3
1997	14,9	2,60	4,41	0,610	12,7
1998	17,3	2,36	5,20	0,213	14,9
1999	18,4	1,41	6,96	0,325	15,5
2000	17,7	0,61	4,80	0,208	15,6
2001	16,2	1,08	7,00	0,340	13,2
2002	18,2	1,85	5,13	0,275	15,9
2003	19,5	2,47	4,88	0,225	17,2
2004	18,0	0,96	4,81	0,325	15,9
Średnio – Mean	17,5	1,74	4,97	0,368	15,2
NIR _{0,05} dla lat LSD _{0,05} for years	0,6	0,04	0,23	r.n.	2,1

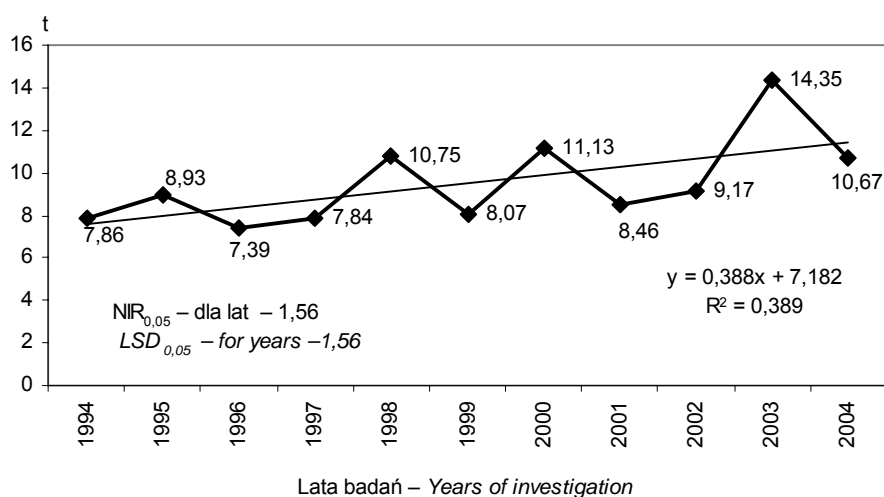
r.n. – różnice nieistotne – non significant differences

ski [1991]. Średnia temperatura okresu wegetacji buraka w 1997 roku była niższa od badanego okresu o 1,1°C i od średniej z lat 1960–1995 o 0,4°C. Są to wyniki zgodne z wynikami badań Wiśniewskiego [1991], który stwierdził, że największą zawartość cukru w korzeniach uzyskano, gdy w pierwszej połowie okresu wegetacji temperatura sprzyjała wzrostowi korzeni i liści, w lipcu i sierpniu była wysoka, a we wrześniu obniżyła się do 10°C. Równocześnie nałożyły się na to niezbilansowane opady, gdyż pomimo wysokich opadów w okresie wegetacji aż 41% przypadło na lipiec. Najbardziej korzystnymi na zawartość sacharozy okazały się sezony wegetacyjne w latach 2003 i 1995. Sprzyjające (zbliżone do potrzeb w fazach rozwojowych buraka) i równomiernie rozłożone opady oraz panujące warunki termiczne sprawiły, że jej zawartość była wyższa od średniej z okresu badań odpowiednio o 1,9 i 1,7%.

Jakość plonów korzeni buraka cukrowego zależy od zawartości sacharozy oraz niecukrów szkodliwych (azot α-aminowy, sód i potas). Zawartość niecukrów szkodliwych w skład, których wchodzi tzw. popioły rozpuszczalne obniża wydatek cukru technologicznego. Zawartość

tych składników w miazdze korzeni była różna w badanym 11-leciu i zależała od panujących warunków pogodowych (tab. 2). Najwyższa zawartość składników melasotwórczych wystąpiła w 1997 roku. Związane to było z najwyższą zawartością sodu ($0,610 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$ miazgi korzeni) oraz wysoką zawartością azotu α -aminowego ($2,60 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$ miazgi korzeni) i potasu ($4,41 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$ miazgi korzeni). Niekorzystny wpływ na wydatek cukru występujący w 1997 roku mogła mieć niższa temperatura oraz niekorzystny rozkład opadów w stosunku do zapotrzebowania w fazach krytycznych wzrostu i rozwoju buraka cukrowego. Mimo wysokich opadów występujących w sezonie wegetacyjnym 1997 roku to aż 41% przypadło na lipiec. W 1997 roku w sezonie wegetacyjnym suma opadów wynosiła 453 mm. Rudnicki i in. [1994] wykazali, iż najbardziej odpowiednie dla buraka cukrowego są sezony wegetacyjne, kiedy suma opadów w miesiącach kwiecień – wrzesień zawiera się w granicach 250–350 mm. Wyniki badań własnych pozwalają przypuszczać, że wysokie opady i ich koncentracja w jednym miesiącu może przyczynić się do wzrostu składników melasotwórczych. Najmniej składników melasotwórczych w ogólnym plonie cukru wystąpiło w 2000 roku. W tym roku zawartość azotu α -aminowego wynosiła $0,61 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$, potasu $4,80 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$, a sodu $0,208 \text{ mmol} \cdot 100\text{g}^{-1}$ miazgi korzeni. W badanym 11-leciu najwyższy wydatek cukru stwierdzono w 1995 i 2003 roku i wynosił odpowiednio 17,1 i 17,2%. Wyniki analiz statystycznych wskazują na istotność różnic w badanym 11-leciu w zawartości azotu α -aminowego i potasu oraz nieistotne różnice w zawartości sodu. Przeprowadzona analiza pokazuje na istotność różnic w zawartości sacharozy oraz w wydatku cukru.

Plon cukru technologicznego determinowany jest zarówno poziomem wydajności korzeni, jak i wydatkiem cukru. Sezony wegetacyjne w badanych latach 1996, 1997 i 1994 z sumą opadów mieszczą się wg Kaczorowskiej [1962] w kategorii przeciętnych i wilgotnych. Były to jednakże lata z niekorzystnym rozkładem opadów i temperatur powietrza, które nie sprzyjały pozyskiwaniu wysokiego plonu cukru (rys. 1). Na końcowy efekt w postaci plonu cukru białego miał w większym stopniu wpływ plon korzeni aniżeli wydatek cukru [Stępień 2009]. Przeliczenia



Rys. 1. Plon cukru technologicznego buraka cukrowego, $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$

Fig. 1. Yield of industrial sugar, $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$

czenia otrzymanych wyników pozwalają stwierdzić, że najwyższy, udowodniony statystycznie plon cukru technologicznego ($14,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) był w roku 2003. Oprócz wysokiego plonu korzeni jest to także efekt wynikający z wysokiej zawartości sacharozy, niskiej ilości sodu i potasu w miążdze korzenia oraz korzystnych czynników meteorologicznych. Rozważając zależność pomiędzy zawartością sacharozy, składników melasotwórczych, wydatkiem cukru i plonem cukru i wpływem warunków pogodowych wykazano jedynie istotny statystycznie dodatni współczynnik korelacji zawartości sacharozy i wydatku cukru ($r = 0,97$)

WNIOSKI

1. Zróżnicowane w badanym okresie (1994–2004) warunki pogodowe Polski północno-wschodniej miały niewielki wpływ na ukształtowanie się cech jakościowych korzeni buraka cukrowego.
2. Najbardziej korzystnymi dla zawartości sacharozy w miążdze korzeni buraka cukrowego okazały się sezony wegetacyjne 1995 i 2003. Najniższą jej koncentrację w korzeniu stwierdzono w 1997 roku.
3. Wydatek cukru technologicznego buraka cukrowego różnił się w badanych latach. Najwyższy wydatek cukru był w 1995 i 2003 roku, czyli w latach, w których wystąpiły optymalne warunki pogodowe dla wzrostu i rozwoju buraka cukrowego.
4. Sezony wegetacyjne lat 1994, 1996 i 1997 z sumą opadów mieszczących się w kategorii przeciętnych i wilgotnych, jednakże z niekorzystnym ich rozkładem i niesprzyjającymi temperaturami powietrza nie sprzyjały pozyskiwaniu cukru.
5. Najwyższy plon cukru technologicznego uzyskano w 2003 roku. Był wynikiem najwyższych plonów korzeni oraz wysokiego wydatku cukru, na który złożyła się wysoka zawartość sacharozy i niski udział składników melasotwórczych.

PIŚMIENNICTWO

- Alexandrov V.A., Eitzinger J. 2005. The potential effect of climate change and elevated air carbon dioxide on agricultural crop production in central and southeastern Europe. *J. Crop Improv.* 13: 291–331.
- Aleksandrov V.A., Hoogenboom G. 2000. The impact of climate variability and change on crop yield in Bułgaria. *Agric. Forest Meteorol.* 104: 315–327.
- Banaszkiewicz B., Szwejkowski Z., Nowicka A. 2002. Klimat Pojezierza Mazurskiego. Cz. III. Trendy zmian podstawowych elementów meteorologicznych w regionie w okresie 45-lecia 1951–1995. *Fragm. Agron.* 19(2): 297–306.
- Dzieżyc J. 1993. Czynniki plonotwórcze – plonowanie roślin. Praca zbiorowa, PWN Warszawa – Wrocław: ss. 476.
- Filutowicz A. 1980. Burak cukrowy. PWRiL Warszawa: ss. 396.
- Grabowska K., Panfil M., Olba-Zięty E. 2007. Ekstremalne warunki termiczne w latach 1951–2005 w Polsce północno-wschodniej. *Acta Agrophys.* 10(2): 341–347.
- Kaczorowska Z. 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Pr. Geogr.* ss. 33.
- Kondracki J. 2000. Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN Warszawa: ss. 441.
- Mercik S., Urbanowski S., Lenart S. 2009. Plonowanie i cechy jakościowe buraków cukrowych w zależności od nawożenia w wieloletnich doświadczeniach. *Fragm. Agron.* 26(1): 67–75.
- Rozbicki T. 2007. Złożone zmienne niezależne w modelach pogoda – plon. *Przeł. Nauk. Inż. Kształt. Środ.* 16(2): 3–10.

- Rudnicki F., Urbanowski S., Rajs T. 1994 Wpływ ilości opadów na efekty uprawy roślin w wieloletnich monokulturach. I. Burak cukrowy. Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz 187, Rol. 35: 7–13.
- Stępień A. 2009. Możliwości uprawy buraka cukrowego oraz jego plonowanie w warunkach Polski północno-wschodniej na tle zachodzących zmian klimatycznych. Ann. UMCS, Sect. E 64: 107–113.
- Stępień A., Adamiak J. 2001. Effect of organic fertilisers, nitrogen and biopreparations on industrial quality of sugar beetroots. Nat. Sci. 9: 225–235.
- Szwejkowski Z., Nowicka A., Banaszkiwicz B. 2002. Klimat Pojezierza Mazurskiego. Cz. III. Agroklimat. Fragm. Agron. 19(2): 307–316.
- Wiśniewski W. 1991. Wymagania klimatyczne. Woda. W: Produkcja buraka cukrowego. Red. I. Gutmański. PWRiL Poznań: 79–83.

A. STĘPIEŃ, J. PAWLUCZUK, J. ADAMIAK, M. MARKS, G. BUCZYŃSKI

INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS IN NORTH-EASTERN POLAND ON QUALITY OF SUGAR BEET YIELDS

Summary

Field studies investigating the influence of meteorological elements on sugar beet crop were conducted from 1994 to 2004 in the production and experimental facility in Bałcyny (53°36' N 19°51' E), in the Olsztyn-Ostróda climatic microregion). The region is characterised by the following (expressed in mean values from the 1960–1995 period): rainfall from April to September amounting to 377 millimeters (intensified in July and August), and a mean twenty-four hours temperature of 13.5°C during these months. The content of saccharose and melassogenic substances (alpha- amino nitrogen, potassium, sodium). The field studies, observations and laboratory analyses have shown that weather conditions influenced root quality and, in effect, the sugar yield. The weather conditions in 1997 had the most detrimental effect on root quality and the technological sugar yield, whereas the year 2003 saw highly favorable weather conditions.