

WPŁYW WARUNKÓW METEOROLOGICZNYCH NA ZAWARTOŚĆ CUKRÓW REDUKUJĄCYCH W BULWACH ZIEMNIAKA

Magdalena Grudzińska, Kazimiera Zgórska, Zbigniew Czerko
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Oddział w Jadwisinie

Streszczenie. Celem pracy było określenie wpływu warunków klimatycznych w czasie wegetacji na zawartość cukrów redukujących w genotypach ziemniaka. Materiałem badawczym było 268 genotypów ziemniaka. Badania prowadzono w latach 1999–2012. Zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka oznaczano po zbiorze. Stwierdzono, że warunki klimatyczne, takie jak temperatura powietrza i opady w II i III dekadzie września determinują zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka. Na podstawie równania regresji liniowej stwierdzono, że przy średniej temperaturze powietrza 12°C w II i III dekadzie września każde obniżenie temperatury o 1°C powoduje kumulację cukrów redukujących o około 0,6 mg·kg⁻¹ świeżej masy bulw ziemniaka uprawianego na glebie klasy IVa (piasek gliniasty lekki o podłożu pseudobielicowym).

Słowa kluczowe: ziemniak, warunki meteorologiczne, cukry redukujące

WSTĘP

W ostatnich latach przeprowadzono liczne badania dotyczące warunków atmosferycznych panujących na kuli ziemskiej. Szczególny nacisk położono na sprawdzenie zmian klimatu. Badania te jednoznacznie przesądziły o przesunięciu początku wiosny w różnych szerokościach geograficznych [Chmielewski i Rötzer 2002]. Zdaniem Seppe i Saue [2012], szczególnie interesujące są prace, które dotyczą nie tylko zmian klimatu, ale także jego wpływu na wzrost roślin, rozwój faz fenologicznych i jakość uzyskanego plonu [Badeck i in. 2004]. W wielu pracach autorzy mówią o istotnym wpływie warunków klimatycznych na skład chemiczny bulw, ale nie definiują tego zależnościami pomiędzy warunkami atmosferycznymi w czasie i pod koniec okresu

wegetacji a kształtowaniem cech jakości przetwórczej bulw ziemniaka [Zarzecka i Gąsiorowska 2000, Zgórska i in. 2006, Rodriguez i in. 2010, Gugala i in. 2013].

Celem pracy było określenie wpływu warunków klimatycznych w okresie wegetacji roślin na zmiany zawartości cukrów redukujących w bulwach ziemniaka po zbiorze.

METODY BADAŃ

Materiał badawczy stanowiło 268 odmian ziemniaka. Badania prowadzono w 14 sezonach wegetacyjnych od 1999 do 2012 roku. W tabeli 1 przedstawiono wykaz i liczbę odmian badanych w poszczególnych latach.

Tabela 1. Zestawienie odmian ziemniaka w poszczególnych latach badań w zależności od grup wczesności

Table 1. The quantities potato cultivars in different years of study, depending on the earliness groups

| Rok Year | Grupy wczesności odmian ziemniaka – Earliness groups of potato cultivars | | | | | Σ |
|-------------|--|------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------|-----|
| | Bardzo wczesne Very early | Wczesne Early | Średnio wczesne Medium early | Średnio późne Medium late | Późne Late | |
| 1999 | 1 | 3 | 8 | 4 | – | 16 |
| 2000 | 2 | 3 | 7 | 7 | – | 19 |
| 2001 | 4 | 3 | 9 | 4 | – | 20 |
| 2002 | 4 | 3 | 6 | 2 | 1 | 16 |
| 2003 | 4 | 6 | 9 | 2 | – | 21 |
| 2004 | 5 | 9 | 9 | 2 | – | 25 |
| 2005 | 2 | 8 | 10 | 2 | 1 | 23 |
| 2006 | 3 | 5 | 11 | 3 | 2 | 23 |
| 2007 | 1 | 4 | 8 | 2 | 2 | 17 |
| 2008 | 3 | 6 | 7 | 1 | 2 | 19 |
| 2009 | 3 | 6 | 6 | – | 1 | 16 |
| 2010 | 3 | 6 | 6 | – | 1 | 16 |
| 2011 | 3 | 5 | 8 | 1 | – | 17 |
| 2012 | 2 | 4 | 11 | 2 | – | 19 |
| Σ | 40 | 71 | 115 | 32 | 10 | 268 |

Ziemniaki uprawiano na polu doświadczalnym (gleba klasy IVa, piasek gliniasty lekki o podłożu pseudobielicowym) Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Oddział w Jadwisinie. Stosowano nawóz zielony gorczycę (35 t·ha⁻¹ świeżej masy) oraz nawożenie mineralne w ilości: N – 94 kg·ha⁻¹, P₂O₅ – 88 kg·ha⁻¹ i K₂O – 135 kg·ha⁻¹. Skład granulometryczny gleby w latach 1999–2012 nie uległ istotnym zmianom. Bulwy zbierano w pełnej dojrzałości.

Do badań pobierano około 5 kg próby ziemniaków z każdego genotypu. W świeżych bulwach oznaczano zawartość cukrów redukujących metodą dwunitrofenolową [Talbert i Smith 1967]. Każde oznaczenie wykonywano w dwóch powtórzeniach.

Do bezpośredniej analizy wpływu czynników meteorologicznych na badaną cechę bulw ziemniaka wykorzystano obserwacje z lat 1999–2012, zgromadzone przez Punkt Meteorologiczny Oddziału IHAR w Jadwisinie zlokalizowany w pobliżu pola doświadczalnego. W pracy uwzględniono: średnie temperatury powietrza (tab. 2) mierzone zgodnie z obowiązującymi standardami międzynarodowymi na wysokości 2 m nad poziomem gruntu oraz wielkość opadów atmosferycznych – tabela 3 [Mołga 1986].

Istotność wpływu badanych czynników na analizowane cechy określono z użyciem analizy wariancji dwuczynnikowej ANOVA. Do testowania różnic między wartościami średnimi przy poziomie istotności $p < 0,05$ wykorzystano test Tukeya. Przeprowadzono również analizę regresji liniowej w modelu krokowym R^2 . Analizę statystyczną wyników wykonano, wykorzystując program SAS.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przebieg warunków meteorologicznych w miesiącach lipiec–wrzesień przedstawiono w tabelach 2 i 3. Obserwacje meteorologiczne prowadzone w Jadwisinie w latach 1999–2012 wskazują na znaczne zróżnicowanie warunków pogodowych. Najwyższe

Tabela 2. Średnia temperatura powietrza [°C] w latach 1999–2012 w miesiącach VII–IX według Stacji Meteorologicznej „Cambela” w Jadwisinie

Table 2. Average air temperature [°C] in years 1999–2012 in months VII–IX by Weather Station „Cambel” in Jadwisin

| Lata badań Years | Miesiące – Months | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------------------------------------|-------|-------|-----------|---|-------|-------|-----------|--|-------|-------|-----------|
| | Lipiec – Juli [dekady – decades] | | | | Sierpień – August [dekady – decades] | | | | Wrzesień – September [dekady – decades] | | | |
| | I | II | III | \bar{x} | I | II | III | \bar{x} | I | II | III | \bar{x} |
| 1999 | 22,5 | 21,1 | 22,2 | 21,90 | 20,9 | 17,4 | 17,9 | 18,73 | 17,1 | 13,6 | 17,3 | 16,00 |
| 2000 | 15,6 | 15,6 | 18,6 | 16,60 | 16,9 | 19,9 | 16,2 | 17,66 | 12,3 | 10,5 | 9,9 | 10,90 |
| 2001 | 19,4 | 20,9 | 20,4 | 20,23 | 18,5 | 20,6 | 19,4 | 19,50 | 13,5 | 12,3 | 8,7 | 11,50 |
| 2002 | 20,1 | 21,4 | 19,8 | 20,43 | 21,0 | 20,5 | 20,1 | 20,53 | 18,5 | 11,5 | 9,5 | 13,16 |
| 2003 | 16,0 | 19,3 | 24,7 | 20,00 | 20,0 | 18,0 | 17,7 | 18,56 | 12,4 | 14,0 | 13,2 | 13,20 |
| 2004 | 15,8 | 16,2 | 20,0 | 17,33 | 19,5 | 19,7 | 17,8 | 19,00 | 14,8 | 15,1 | 18,7 | 16,20 |
| 2005 | 19,4 | 20,7 | 20,7 | 20,26 | 16,2 | 16,3 | 17,5 | 16,66 | 17,7 | 13,2 | 13,7 | 14,90 |
| 2006 | 22,0 | 21,0 | 24,8 | 22,60 | 18,2 | 17,6 | 16,8 | 17,53 | 14,8 | 15,3 | 14,2 | 14,80 |
| 2007 | 15,5 | 19,8 | 17,4 | 17,56 | 18,0 | 18,8 | 18,4 | 18,40 | 12,7 | 11,1 | 12,7 | 12,16 |
| 2008 | 17,3 | 17,6 | 19,3 | 18,06 | 18,3 | 19,2 | 15,7 | 17,70 | 17,4 | 8,4 | 9,0 | 11,60 |
| 2009 | 21,1 | 21,5 | 21,3 | 21,30 | 18,7 | 16,9 | 16,6 | 17,40 | 15,8 | 14,4 | 13,8 | 14,70 |
| 2010 | 17,4 | 23,4 | 19,3 | 20,03 | 19,4 | 20,1 | 16,0 | 18,50 | 10,9 | 11,6 | 10,7 | 11,06 |
| 2011 | 15,7 | 18,9 | 18,0 | 17,53 | 17,6 | 17,5 | 17,6 | 17,56 | 13,9 | 14,6 | 12,4 | 13,60 |
| 2012 | 22,6 | 15,9 | 20,1 | 19,53 | 19,2 | 15,9 | 17,1 | 17,40 | – | 9,1 | 9,5 | 9,30 |
| \bar{x} | 18,60 | 19,50 | 20,50 | | 18,70 | 18,45 | 17,50 | | 14,70 | 12,50 | 12,40 | |
| SD± | ±2,7 | ±2,40 | ±2,20 | | ±1,40 | ±1,60 | ±1,24 | | ±2,40 | ±2,20 | ±3,06 | |

\bar{x} – średnia/average.

SD± odchylenie standardowe/standard deviation.

Tabela 3. Suma opadów [mm] w latach 1999–2012 w miesiącach VII–IX według Stacji Meteorologicznej „Cambela” w Jadwisinie

Table 3. Rainfall in years 1999–2012 in months VII–IX by Weather Station „Cambel” in Jadwisin

| Lata badań Years | Miesiące – Months | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|-------|-------|-------|---|-------|-------|-------|--|-------|-------|-------|
| | Lipiec – Juli [dekady – decades] | | | | Sierpień – August [dekady – decades] | | | | Wrzesień – September [dekady – decades] | | | |
| | I | II | III | Σ | I | II | III | Σ | I | II | III | Σ |
| 1999 | 15,5 | 11,5 | 2,6 | 29,6 | 6,8 | 1,6 | 0,4 | 8,8 | 2,7 | 0,0 | 16,2 | 18,9 |
| 2000 | 40,8 | 17,9 | 36,1 | 94,8 | 5,7 | 13,1 | 21,5 | 40,3 | 11,15 | 28,9 | 0,0 | 10,05 |
| 2001 | 28,1 | 37,2 | 38,2 | 103,5 | 8,4 | 0,0 | 25,4 | 33,8 | 17,3 | 44,0 | 13,6 | 74,9 |
| 2002 | 17,7 | 20,0 | 0,0 | 37,7 | 25,2 | 13,5 | 2,0 | 40,7 | 0,0 | 14,7 | 7,4 | 22,1 |
| 2003 | 52,9 | 5,3 | 13,0 | 71,2 | 0,2 | 16,6 | 19,4 | 36,2 | 12,6 | 14,3 | 28,4 | 55,3 |
| 2004 | 28,6 | 16,9 | 23,8 | 69,3 | 9,7 | 12,0 | 15,3 | 37,0 | 0,2 | 0,25 | 8,8 | 9,2 |
| 2005 | 2,1 | 4,5 | 60,8 | 67,4 | 5,3 | 7,0 | 0,0 | 12,3 | 0,0 | 17,7 | 7,6 | 25,3 |
| 2006 | 0,0 | 1,9 | 7,3 | 9,2 | 59,0 | 57,1 | 40 | 156,1 | 6,5 | 0,0 | 5,0 | 11,5 |
| 2007 | 30,1 | 6,4 | 17,6 | 54,1 | 43,8 | 17,2 | 13,3 | 74,3 | 42,5 | 49,0 | 12,2 | 103,7 |
| 2008 | 20,2 | 38,2 | 10,4 | 68,8 | 26,8 | 37,8 | 16,3 | 80,9 | 21,6 | 10,3 | 16,9 | 48,8 |
| 2009 | 36,8 | 20,5 | 28,3 | 85,6 | 12,5 | 48,5 | 22,1 | 83,1 | 8,2 | 4,7 | 5,9 | 18,8 |
| 2010 | 43,5 | 12,3 | 40,9 | 96,7 | 28,7 | 31,7 | 45,8 | 106,2 | 50,7 | 6,7 | 13,9 | 71,3 |
| 2011 | 84,0 | 65,5 | 127,6 | 227,1 | 28,5 | 10,2 | 18,5 | 57,2 | 18,0 | 0,0 | 0,5 | 18,5 |
| 2012 | 45,8 | 35,1 | 11,3 | 92,2 | 34,9 | 24,4 | 27,9 | 87,2 | 0,0 | 20,2 | 27,9 | 48,1 |
| Σ | 446,1 | 293,2 | 417,9 | | 295,5 | 290,7 | 267,9 | | 191,4 | 210,7 | 164,3 | |

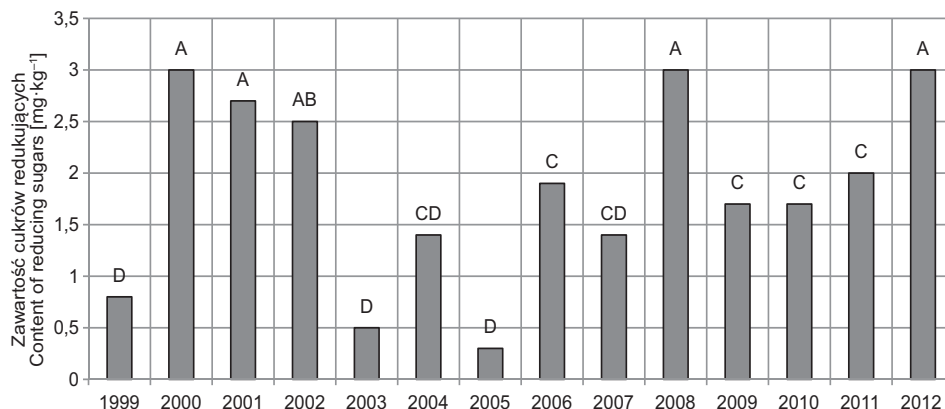
\bar{x} – średnia/average.

SD± odchylenie standardowe/standard deviation.

średnie temperatury powietrza (powyżej 20°C) odnotowano w latach 1999, 2002, 2006 i 2009 w I i II dekadach lipca przy równoczesnych niedoborach wody. Wyjątek stanowił rok 2009, w którym w analizowanym okresie odnotowano opady powyżej 50 mm. Najwyższą sumą opadów w I dekadzie lipca charakteryzował się rok 2003 (52,9 mm) oraz 2011 (84 mm), przy temperaturze około 16°C. Przed zbiorem (I i II dekada września) niskimi temperaturami powietrza charakteryzowały się lata 2010 i 2011 (odpowiednio 11 i 9°C). Najintensywniejsze opady atmosferyczne w badanym okresie odnotowano w 2007 roku (suma opadów wyniosła około 90 mm) przy średniej temperaturze powietrza około 12°C.

Zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka przeznaczonych do przetworstwa spożywczego jest wielkością priorytetową. Stanowi wyzwanie dla prac naukowych nie tylko w Polsce [Zarzecka i Gąsiorowka 2000, Grudzińska i Zgórska 2008, Gugała i in. 2013] ale i na świecie [Hertog i in. 1997, Finlay i in. 2003]. Poziom tego składnika determinuje barwę produktów smażonych (reakcja Maillarda) [Copp i in. 2000, Edwards i in. 2002, Grudzińska i Zgórska 2008] oraz formowanie niekorzystnych dla zdrowia substancji akrylamidów [Hebeisen i in. 2005, Shepherd i in. 2010]. Na podstawie wieloletnich badań [Hertog i in. 1997, Copp i in. 2000, Zgórska i Frydecka-Mazurczyk 2002] określono optymalny i graniczny poziom cukrów redukujących w bulwach ziemniaka: ziemniaki na chipsy nie powinny zawierać więcej niż 0,15 mg w 100 g świeżej masy, na frytki 0,25 mg i na susze do 0,50 mg w 100 g świeżej masy.

Na rysunku 1 przedstawiono zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka zebranego w latach 1999–2012. W ciągu dwunastu lat badań wykazano, że niską zawartością cukrów redukujących, nieprzekraczającą $1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ świeżej masy, odznaczały się bulwy zebrane w latach 1999, 2003 i 2005, z kolei największą (powyżej $2,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ świeżej masy) uprawiane w latach 2000, 2001, 2002 oraz 2008 i 2012. Z badań Grasserta i innych [1984], Zgórskiej i innych [2006] oraz Gugały i innych [2013] wynika, że stężenie cukrów prostych w bulwach ziemniaka jest cechą mało stabilną i podlega zmianom w poszczególnych latach badań.



Kolumny oznaczone literami (A, B, C) różnią się statystycznie przy $\alpha \leq 0,05$; grupy jednorodnie Tukeya.
Columns denoted by the letters (A, B, C) are statistically significant at $\alpha \leq 0.05$; homogeneous Tukey test.

Rys. 1. Zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka po zbiorze w latach 1999–2012
Fig. 1. The content of reducing sugars in potato tubers after harvest in years 1999–2012

Brazinskiene i inni [2014], prowadząc badania nad zmianami jakości bulw ziemniaka uprawianego w różnych systemach uprawy, stwierdzili, że na poziom zawartości cukrów redukujących w bulwach wpływa nie tyle system uprawy, co warunki pogodowe w czasie wegetacji roślin. Podobne wyniki uzyskali Rodriguez i inni [2010]. Autorzy [Zgórska i in. 2006, Murniece i in. 2011, Gugała i in. 2013] podali, że w czasie dwóch kolejnych sezonów wegetacyjnych spośród kilkunastu badanych odmian różnice w obrębie odmiany wynosiły nawet do $6 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ świeżej masy. Zgórska i Frydecka-Mazurczyk [1985] oraz Grudzińska [2012] dodają, że przy korzystnych warunkach atmosferycznych w czasie wegetacji roślin (optymalna ilość opadów i wysokie temperatury powietrza zwłaszcza na 10 dni przed zbiorem bulw) poziom cukrów redukujących w ziemniakach kształtuje przede wszystkim czynnik odmianowy.

Zdaniem Sowokinosa [2001], kontrola zawartości cukrów redukujących w bulwach, począwszy od wzrostu roślin poprzez zbiór, aż do końcowego etapu przechowywania surowca, jest bardzo ważnym i złożonym procesem, zważywszy na to, że zmiany w zawartości tego składnika w ziemniakach uwarunkowane są przez temperaturę powietrza. W tabeli 4 przedstawiono zależności między zawartością cukrów redukujących w bulwach ziemniaka a sumą temperatur i opadów w okresie wegetacji roślin.

Tabela 4. Współczynniki korelacji i determinacji między zawartością cukrów redukujących w bulwach ziemniaka a warunkami klimatycznymi w czasie wegetacji

Table 4. Coefficients of correlation and determination between the content of reducing sugars in potato tubers and weather conditions during growing

| Miesiące Months | Dekady Decades | Warunki pogodowe – Weather conditions | | | |
|-----------------------|-------------------|---|----------------|-------------------------------------|----------------|
| | | Średnia temperatura powietrza Average of temperatures air [°C] | | Suma opadów Sum of rainfall [mm] | |
| | | R | R ² | R | R ² |
| Lipiec July | I | -0,27 ^{n.i} | 0,07 | 0,30 ^{n.i} | 0,09 |
| | II | -0,31 ^{n.i} | 0,09 | 0,25 ^{n.i} | 0,03 |
| | III | -0,04 ^{n.i} | 0,00 | 0,08 ^{n.i} | 0,00 |
| Sierpień August | I | -0,02 ^{n.i} | 0,00 | 0,13 ^{n.i} | 0,01 |
| | II | -0,32 ^{n.i} | 0,10 | 0,08 ^{n.i} | 0,00 |
| | III | -0,22 ^{n.i} | 0,04 | 0,21 ^{n.i} | 0,04 |
| Wrzesień September | I | -0,04 ^{n.i} | 0,00 | 0,07 ^{n.i} | 0,00 |
| | II | -0,69* | 0,47 | 0,75* | 0,56 |
| | III | -0,71* | 0,50 | 0,54* | 0,29 |

R – współczynnik korelacji/correlation coefficient.

R² – współczynnik determinacji/determination coefficient.

*Współczynnik korelacji statystycznie istotny $P \leq 0,05$ /statistically significant correlation coefficient $P \leq 0.05$.

n.i – współczynnik korelacji statystycznie nieistotny/statistically insignificant correlation coefficient.

Decydujący wpływ na zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka po zbiorze miały temperatura powietrza oraz suma opadów atmosferycznych we wrześniu – 10 dni przed zbiorem i w czasie zbioru (III dekada września). Na podstawie współczynników korelacji ustalono, że im wyższa jest temperatura powietrza w II i III dekadzie września, tym mniejsza jest zawartość cukrów redukujących w bulwach (współczynniki korelacji wyniosły odpowiednio $r = -0,69$, $r = -0,71$) przy jednoczesnym niedoborze wody (współczynnik korelacji w II dekadzie września $r = 0,75$). Podobne badania prowadziły Frydecka-Mazurczyk i Zgórska [2002], które stwierdziły, że ważnym elementem środowiskowym wpływającym na zawartość cukrów redukujących w bulwach jest temperatura powietrza na około 10 dni przed zbiorem i w czasie zbioru. Ziemniaki, które przed zebraniem uległy jesiennemu przechłodzeniu (temperatura powietrza poniżej 8°C), intensywnie kumulowały analizowany składnik niezależnie od czynnika odmianowego. Natomiast Ezekiel i inni [1999] w swoich badaniach wykazali, że średnie temperatury powietrza (mniejsze niż 10°C) już 30 dni przed zbiorem (I dekada września) mają istotny wpływ na zawartość cukrów redukujących w ziemniakach. Badania własne nie potwierdziły tej zależności, ponieważ średnie temperatury powietrza w tym okresie na przestrzeni 12 lat badań były wyższe niż 10°C, kształtowały się na poziomie od 10,9 w 2010 roku do 18,5°C w 2002 roku. Nourian i inni [2003] intensywne nagromadzenia cukrów redukujących tłumaczą aktywnością enzymu katalizującego rozkład sacharozy do glukozy i fruktozy. Richardson i inni [1990] dodają, że w temperaturze powietrza około 4°C aktywność enzymu jest trzykrotnie większa niż w temperaturze 10°C.

Na podstawie współczynników determinacji wykazano współzależność cech na poziomie około 50% (temperatura powietrza) i 56% (opady atmosferyczne w II dekadzie września). Hertog i inni [1997] w jednej ze swoich prac stworzyli model matematyczny kumulacji cukrów redukujących w bulwach ziemniaka w czasie przechowywania w różnych temperaturach. Współzależność cech w modelu była na poziomie około 95%. Autor doszedł do wniosku, że zmiany składnika w czasie przechowywania uzależnione są od stanu dojrzałości bulw, terminu zbioru i warunków atmosferycznych w czasie zbioru, ponieważ to one wyznaczają ilość i aktywność enzymu katalizującego reakcję kumulacji cukrów prostych w ziemniakach. Zgórska i Frydecka-Mazurczyk [1985] udowodniły współzależność cech na poziomie około 40%. Podobne współczynniki determinacji otrzymali Rębarz i Borówczak [2006]. Z badań wymienionych autorów wynika, że dużo niższy współczynnik determinacji świadczy o większej liczbie czynników wpływających na badaną cechę, m.in. typ gleby i zabiegi agrotechniczne (sposoby nawożenia, stosowanie herbicydów, deszczowanie).

Na podstawie równania regresji liniowych (tab. 5) między średnią temperaturą i sumą opadów w II i III dekadzie września a zawartością cukrów redukujących w bulwach po zbiorze udowodniono, że obniżanie temperatury powietrza w tym okresie o każdy 1°C i wzrost sumy opadów o każde 10 mm powodują kumulację cukrów redukujących w bulwach o 0,6 mg·kg⁻¹ świeżej masy przy średniej temperaturze powietrza około 12°C. Podobne badania prowadził Haverkort i Harris [1987]. Autorzy wykazali zależność między zawartością suchej masy a średnią temperaturą powietrza w czasie wegetacji roślin. W badaniach stwierdzili, że stężenie suchej masy bulw zmniejsza się o 0,45% na każdy 1°C wzrostu temperatury od wartości bazowej 20% przy średniej dziennej temperaturze 14°C.

Tabela 5. Równania regresji liniowych zależności między zawartością cukrów redukujących a sumą temperatur powietrza i opadów w II i III dekadzie września

Table 5. Linear regression the of relationships between reducing sugars content and sum air temperature and rainfaal in II and III decades of September

| Dekady września Decades of September | Warunki pogodowe – Weather conditions | |
|---|---|-------------------------------------|
| | Średnia temperatura powietrza Average of temperatures air [°C] | Suma opadów Sum of rainfall [mm] |
| II | $y = -0,006 x + 0,932$ | $y = 0,0063 x + 0,0209$ |
| III | $y = -0,003 x + 0,607$ | $y = -0,0096 x + 0,2535$ |

WNIOSKI

1. Ocena wpływu warunków meteorologicznych w czasie wegetacji roślin na zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka wykazała, że temperatura powietrza oraz suma opadów tylko w II i III dekadzie września decydują o zawartości omawianego składnika w bulwach ziemniaka. Takich zależności nie obserwowano dla okresu lipiec–sierpień.

2. Na podstawie równania regresji liniowej stwierdzono, że przy średniej temperaturze powietrza 12°C w II i III dekadzie września każde obniżenie temperatury o 1°C i wzrost sumy opadów o każde 10 mm powodują kumulację cukrów redukujących o około 0,6 mg·kg⁻¹ świeżej masy w bulwach ziemniaka uprawianego na glebie klasy IVa (piasek gliniasty lekki o podłożu pseudobielicowym).

LITERATURA

- Badeck F.-W., Bondeau A., Böttcher K., Doktor D., Lucht W., Schaber J., Sitch S., 2004. Responses of spring phenology to climate change. *New Phytol.* 162, 295–309.
- Brazinskiene V., Asakaviciute R., Miezeliene A., Alencikiene G., Ivanauskas L., Jakstas V., Viskeli P., Razukas A., 2014. Effect of farming systems on the yield, quality parameters and sensory properties of conventionally and organically grown potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *Food Chemistry* 145, 903–909.
- Chmielewski F.-M., Rötzer T., 2002. Annual and spatial variability of the beginning of growing season in Europe in relation to air temperature changes. *Clim. Res.* 19 (3), 257–264.
- Copp L.J., Blenkinsop R.W., Yada R.Y., Marangoni A.G., 2000. The relationship between respiration and chip color during long – term storage of potato tubers. *Am. J. Potato Res.* 77, 279–287.
- Edwards Ch.G., Englar J.W., Brown Ch.R., Peterson J.C., Sorensen E.J., 2002. Changes in color and sugar content of yellow – fleshed potatoes stored at three different temperatures. *Am. Potato Res.* 79, 49–53.
- Ezekiel R., Verma S.C., Sukumaran N.P., Shekhawat G.S., 1999. A guide to potato processors in India. *Technical Bulletin* 48, 14–16.
- Finlay M.B., Dale and John E. Bradshaw, 2003. Progress in improving processing attributes in potato. *Trends in Plant Science* 8, 310–312.
- Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K., 2002. Wpływ jesiennego przechłodzenia bulw ziemniaka na zawartość glukozy, fruktozy i sacharozy. *Zesz. Post. Nauk Rol.* 481, 141–146.
- Gugała M., Zarzecka K., Sikorska A., Dołęga H., 2013. Zmiana zawartości cukrów w odmianach bulw ziemniaka w zależności od sposobu odchwaszczania. *Post. w Ochronie Roślin* 53, 271–275.
- Grassert V., Vogel J., Bartel W., 1984. Einfluss der Sorte und einiger Umweltfaktoren auf die Neigung von Kartoffelknollen zur Zuckerbildung während einer mehrmonatigen Lagerung bei 4°C. *Potato Res.* 27, 365–372.
- Grudzińska M., Zgórska K., 2008. Wpływ zawartości cukrów w bulwach ziemniaka na barwę chipsów. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 5, 107–115.
- Grudzińska M., 2012. Wpływ warunków atmosferycznych i przechowalniczych na zmienność cech technologicznych bulw ziemniaka do produkcji frytek i chipsów. *Biuletyn IHAR* 265, 137–148.
- Haverkort A.J., Harris P.M., 1987. A model for potato growth and yield under tropical highland conditions. *Agric for Meteorol.* 39, 271–282.
- Hebeisen T., Ballmer T., Guthapfel N., Torche J.M., Reust W., 2005. Suitable potato varieties reduce acrylamide formation in processed products and dishes, 16th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, July 17–22, Bilbao, Spain, 496–500.
- Hertog M.L.A.T.M., Putz B., Tijskens L.M.M., 1997. The effect of harvest time on the accumulation of reducing sugars during storage of potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers: Experimental data described, using a physiological based, mathematical model. *Potato Res.* 40, 69–78.

- Molga M., 1986. Podstawy klimatologii rolniczej. PWRL, Warszawa, 544–547.
- Murniece I., Karklina D., Galoburda R., Santare D., Skrabule I., Costa H.S., 2011. Nutritional composition of freshly harvested and stored Latvian potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties depending on traditional cooking methods. *J. of Food Com. and Anal.* 24, 699–710.
- Nourian F., Ramaswamy H.S., Kushalappa A.C., 2003. Kinetics of quality changes associated with potatoes stored at different temperatures. *Lebensm. – Wiss. U. – Technol.* 36, 49–65.
- Richardson D.L., Davies H.A., Mackay G.R., 1990. Invertase activity and its relation to hexose accumulation in potato tubers. *Journal of Experimental Botany* 41, 95–99.
- Rodriguez Galdon B., Rios Mesa D., Rodriguez E.M., Diaz Romero C., 2010. Influence of the cultivar on the organic acid and sugar composition of potatoes. *J. Sci. Food Agric.* 90, 2301–2309.
- Rębarz K., Borówczak F., 2006. Wpływ deszczowania, technologii uprawy i nawożenia azotowego na jakość ziemniaków odmiany Bila. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 511, 287–300.
- Shepherd L.V.T., Bradshaw J.E., Dale M.F.B., McNicol J.W., Pont S.D.A., Mottram D.S., Davies H.V., 2010. Variation in acrylamide producing potential in potato: Segregation of the trait in a breeding population. *Food Chemistry* 123, 568–573.
- Sepp M., Saue T., 2012. Correlations between the modelled potato crop yield and the general atmospheric circulation. *Int. J. Biometeorol* 56, 591–603.
- Sowokinos J.R., 2001. Biochemical and molecular control of cold induced sweetening in potatoes. *Am. J. of Potato Res.* 78, 221–236.
- Sparks T.H., Jeffree E.P., Jeffree C.E., 2000. An examination of the relationship between flowering times and temperature at the national scale using long-term phenological records from the UK. *Int. J. Biometeorol* 44, 82–87.
- Talbut W.F., Smith O., 1967. Potato processing, AVI Publishing Company, Westport, Connecticut USA, 22–23, 262–339.
- Zarzecka K., Gąsiorowska B., 2000. Oddziaływanie herbicydów na wybrane cechy jakościowe bulw ziemniaka jadalnego. *Żywność* 4 (25), Supl., 28–36.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A., 1985. Warunki agrotechniczne i przechowalnicze a cechy użytkowe bulw ziemniaka. *Biul. Instytutu Ziem.* 33, 109–119.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A., 2002. Przydatność nowych polskich odmian ziemniaka do przetwórstwa spożywczego. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 489, 347–354.
- Zgórska K., Czerko Z., Grudzińska M., 2006. Wpływ warunków przechowywania na niektóre cechy kulinarne i technologiczne bulw wybranych odmian ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 511, 567–578.

IMPACT OF WEATHER CONDITIONS ON THE CONTENT OF REDUCING SUGARS IN POTATO TUBERS

Summary. The aim of the study was to determine the effect of climatic conditions during the growing season on the content of reducing sugars in potato genotypes. The study was conducted in 14 growing seasons in the years 1999–2012 on 268 potato genotypes. The content of reducing sugars in potato tubers after harvest was determined. The meteorological data came from the observation station located in Division Jadwisin of Plant Breeding and Acclimatization Institute close to experimental field. The data included: an average air temperature and the amount of rainfall. It was found that the climatic conditions such as air temperature and rainfall in the second and third decade of September determined the content of reducing sugars in potato tubers. Decisive influence on the content of reducing

sugars in potato tubers after harvest had air temperature and total precipitation in September – 10 days before harvest and during harvest (third decade of September). On the basis of correlation coefficients, it was found that the higher the temperature in the second and third decade of September, the lower the content of reducing sugars in the tubers (correlation coefficient $r = -0.69$, $r = -0.71$) and the lower rainfall that the lower reducing sugars content was noticed (correlation coefficient in the second decade of September $r = 0.75$). On the base determination coefficients it was stated the relationship of the feature on the level about 50% (air temperature) and on the level 56% (rainfall) in the second decade of September.

Linear regression between an average of temperature and sum of rainfall in the second and third decade of September and reducing sugars content in potato tubers after harvest showed that an average air temperature of 12°C, reduction of air temperature in this period of 1°C and increase of rainfall of 10 mm caused the accumulation of reducing sugars of 0,6 mg·kg⁻¹ fresh weight in potato tubers grown on light soil.

Key words: potato, climatic conditions, reducing sugar