

**ZAWARTOŚĆ CUKRÓW W KORZENIACH SADZONEK
TRUSKAWEK W ZALEŻNOŚCI OD DŁUGOŚCI OKRESU
UPRAWY I PRZECHOWYWANIA ORAZ ICH WPŁYW NA
PLONOWANIE ROŚLIN**

**Carbohydrate content in the roots of strawberry tray plants as
affected by the duration of cultivation and storage and its influence
on fruit yield**

Krzysztof Klamkowski, Waldemar Treder,
Anna Tryngiel-Gać, Iwona Sowik

Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa im. Szczepana Pieniążka
ul. Pomologiczna 18, 96-100 Skierniewice
e-mail: Krzysztof.Klamkowski@insad.pl

ABSTRACT

Changes in the levels of starch, sucrose and fructose in the roots of strawberry tray plants (cv. 'Elsanta') as affected by the duration of the growing period (8, 12, 18 or 20 weeks) were examined. Measurements of air temperature during the growing period were used to calculate cumulative chilling hours ($<7^{\circ}\text{C}$). The largest accumulation of starch in the roots was found in the plants grown for 20 weeks, which was associated with the increased amount of chilling received by this group of plants (707 h). The lowest amount of starch was recorded in the roots of tray plants cultivated for 8 weeks (this group of plants had not been exposed to chilling temperatures at all). After storage (-1.5 to -2°C in a cooling chamber) no starch and low concentrations of soluble carbohydrates (sucrose and fructose) were detected in the roots of the plants which had not been exposed to chilling (cultivated for 8 weeks). Also, post-storage vigour and productivity were the lowest in this group of plants. There were no differences in fruit yield between the plants cultivated for 12, 18 or 20 weeks.

Key words: *Fragaria x ananassa*, chilling units, cold storage, carbohydrates

WSTĘP

Jakość materiału nasadzeniowego odgrywa kluczową rolę w intensyfikacji produkcji truskawek. Uzyskiwanie owoców poza sezonem tradycyjnego ich dojrzewania w gruncie jest możliwe dzięki uprawie na zbiór przyspieszony lub opóźniony – jest to tzw. uprawa sterowana. Ze względu na stosunkowo wysokie koszty inwestycji (koszt osłon i instalacji nawodnieniowej) w systemach sterowanej uprawy używa się najlepszej jakości materiału nasadzeniowego. Są to sadzonki pozyskiwane z matecznika w czasie spoczynku zimowego roślin oraz sadzonki doniczkowane, otrzymywane w wyniku ukorzenia rozetek liściowych (Żurawicz i Masny 2005). Oba typy sadzonek mogą być przechowywane w chłodni (-1,5 – -2 °C), przez co zwiększa się okres ich dostępności, umożliwiając plantatorom prowadzenie uprawy w niemal dowolnym terminie (Lieten 2000; 2002).

W ostatnich latach są czynione próby znalezienia kryterium, dzięki któremu możliwe stanie się określenie zdolności przechowalniczej sadzonek truskawek oraz ich potencjału produkcyjnego po przechowywaniu. Wcześniejsze badania (Treder i in. 2006) wykazały, że ocena sadzonek doniczkowanych wyłącznie na podstawie analizy wizualnej lub nawet parametrów budowy morfologicznej jest niewystarczająca.

Z uwagi na istniejący związek pomiędzy ilością węglowodanów zakumulowanych w tkankach roślinnych (skrobia, sacharoza, cukry proste) a przebiegiem warunków klimatycznych (głównie temperatury) w czasie uprawy sadzonek podejmowane są prace mające na celu wykorzystanie tej zależności do oceny wigoru i produktywności roślin po przechowywaniu (Lieten 1997; Schupp i Hennion 1997; Hicklenton i Reekie 1998).

Celem badań była ocena wpływu długości okresu uprawy i przechowywania doniczkowanych sadzonek truskawek na zawartość niektórych cukrów w korzeniach i plonowanie roślin. W poprzednich doświadczeniach (Treder i in. 2006; Klamkowski i in. 2008) określono zmiany w jakości sadzonek doniczkowanych w zależności od długości okresu ich uprawy. Dane te uzupełniono o analizę zawartości skrobi w korzeniach. W pracy przedstawiono wyniki dalszych badań nad tym

zagadnieniem, modyfikując okresy uprawy sadzonek przed umieszczeniem ich w chłodni. Nowym elementem jest także analiza zmian zawartości cukrów rozpuszczalnych w korzeniach sadzonek (sacharozy i fruktozy).

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w szklarni Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Skierniewicach w latach 2007-2008 na roślinach truskawki odmiany Elsanta. Sadzonki doniczkowane uzyskano z matecznika bezglebowego prowadzonego pod osłonami według opisu podanego przez Tredera i współautorów (2006).

W zależności od wariantu doświadczenia sadzonki uprawiano przez 8, 12, 18 lub 20 tygodni. Po tym okresie sadzonki były hartowane (3 dni w temperaturze 4 °C), a następnie umieszczane w chłodni (w terminach odpowiednio 28 IX, 19 X, 9 XI i 7 XII 2007) w temperaturze -1,5 – -2 °C. Liczbę godzin zakumulowanego chłodu dla poszczególnych okresów uprawy określano na podstawie pomiarów temperatury powietrza (0-7 °C) (Palha i in. 2002). Pomiary zawartości cukrów w korzeniach wykonano przed umieszczeniem sadzonek w chłodni oraz po zakończeniu przechowywania. Zawartość skrobi, sacharozy i fruktozy oznaczono metodą enzymatyczną z wykorzystaniem zestawu odczynników Boehringer Mannheim/R-Biopharm (Boehringer Mannheim 1993). Analizy przeprowadzono na losowo wybranej próbie 10 roślin z każdej grupy.

W zależności od terminu umieszczenia sadzonek w chłodni, okres ich przechowywania wynosił 18, 15, 12 lub 8 tygodni (odpowiednio dla sadzonek przenoszonych do chłodni 28 IX, 19 X, 9 XI i 7 XII). Po zakończeniu przechowywania (początek lutego 2008 roku) sadzonki posadzono do 16-litrowych worków polietylenowych wypełnionych mieszaniną substratu torfowego i perlitu (3:1) i umieszczono w szklarni. Doświadczenie prowadzono w 6 powtórzeniach – powtórzenie stanowił worek uprawowy z 6 roślinami. Rośliny były nawadniane i nawożone systemem kropłowym na podstawie pomiaru wilgotności podłoża prowadzonego za pomocą sond pojemnościowych CWP (ITS Systemy,

Polska). W trakcie uprawy określono przeżywalność oraz plonowanie roślin.

Wyniki opracowano statystycznie z użyciem metody analizy wariancji, a do oceny istotności różnic między średnimi użyto wielokrotnego testu t-Duncana, przy poziomie istotności 5%. Obliczenia wykonano programem Statistica 7.1 (StatSoft, USA).

WYNIKI

Warunki klimatyczne panujące w trakcie uprawy sadzonek

Stwierdzono różnice w liczbie godzin chłodu oddziaływującego na poszczególne grupy sadzonek. Sadzonki najwcześniej umieszczone w chłodni (28 IX, uprawiane przez 8 tygodni) nie były wystawione na działanie temperatur niższych niż 7 °C. W pozostałych przypadkach odnotowano następujące wartości skumulowanego chłodu: 94 h dla sadzonek uprawianych przez okres 12 tygodni, 352 h dla sadzonek 18-tygodniowych oraz 707 h dla sadzonek 20-tygodniowych.

Zawartość cukrów w korzeniach sadzonek truskawek

Zawartość skrobi, sacharozy i fruktozy w korzeniach sadzonek określono przed rozpoczęciem przechowywania oraz po jego zakończeniu. Najmniej skrobi w korzeniach zgromadziły sadzonki uprawiane najkrócej (przez 8 tygodni), które nie były wystawione na działanie niskich temperatur (rys. 1). Wydłużenie okresu uprawy, a przez to liczby godzin chłodu oddziaływującego na sadzonki spowodowało wzrost skrobi w korzeniach, przy czym największy przyrost (ponad 113%) stwierdzono w przypadku sadzonek uprawianych przez 12 tygodni. Najwięcej skrobi zarejestrowano w korzeniach sadzonek uprawianych najdłużej (20 tygodni, 707 h chłodu), jednak przyrost zawartości tego polisacharydu w porównaniu z sadzonkami uprawianymi 12 tygodni był już stosunkowo niewielki (rys. 1).

Po zakończeniu przechowywania w tkankach korzeni sadzonek uprawianych najkrócej (przechowywanych w chłodni przez ok. 4,5 miesiąca) nie stwierdzono obecności skrobi. W przypadku roślin z pozostałych grup (przechowywanych przez 2-4 miesiące) obniżenie

zawartości tego polisacharydu wynosiło ok. 80-90% w stosunku do wartości zarejestrowanych przed rozpoczęciem przechowywania (rys. 1).

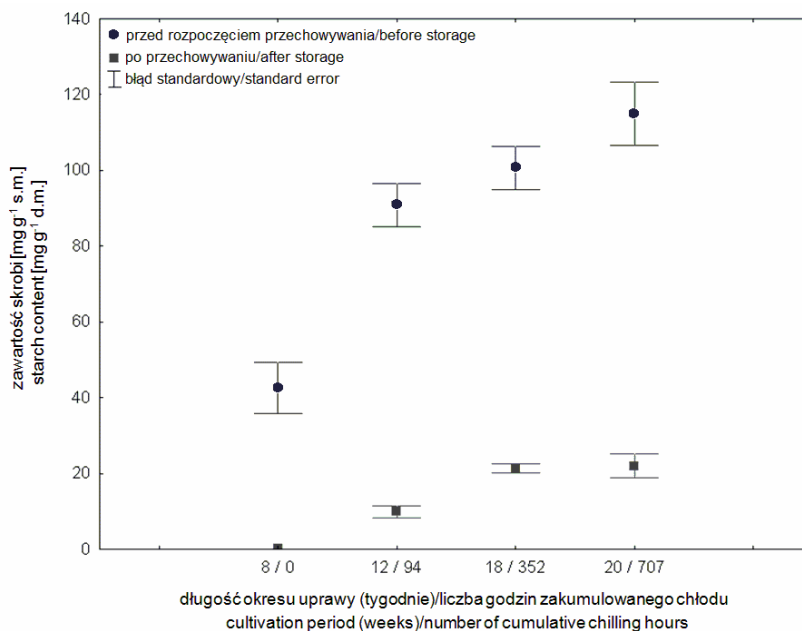
Podobnie jak w przypadku skrobi, zawartość cukrów rozpuszczalnych (sacharozy, fruktozy) w tkankach korzeni zwiększała się wraz ze wzrostem liczby godzin chłodu. Istotną różnicę stwierdzono jednak w przypadku sadzonek uprawianych najkrócej, które nie zostały poddane przechłodzeniu. Zawartość cukrów rozpuszczalnych tej grupy roślin przed rozpoczęciem przechowywania była stosunkowo wysoka; w przypadku sacharozy zbliżona do wartości zarejestrowanych dla sadzonek uprawianych najdłużej (rys. 2 i 3).

Po zakończeniu przechowywania sadzonek uprawianych najkrócej zawartość wszystkich analizowanych cukrów rozpuszczalnych była znacząco niższa. W przypadku sadzonek uprawianych przez dłuższy czas obserwowano istotnie wyższą zawartość fruktozy, a w niektórych przypadkach także sacharozy (rys. 2 i 3).

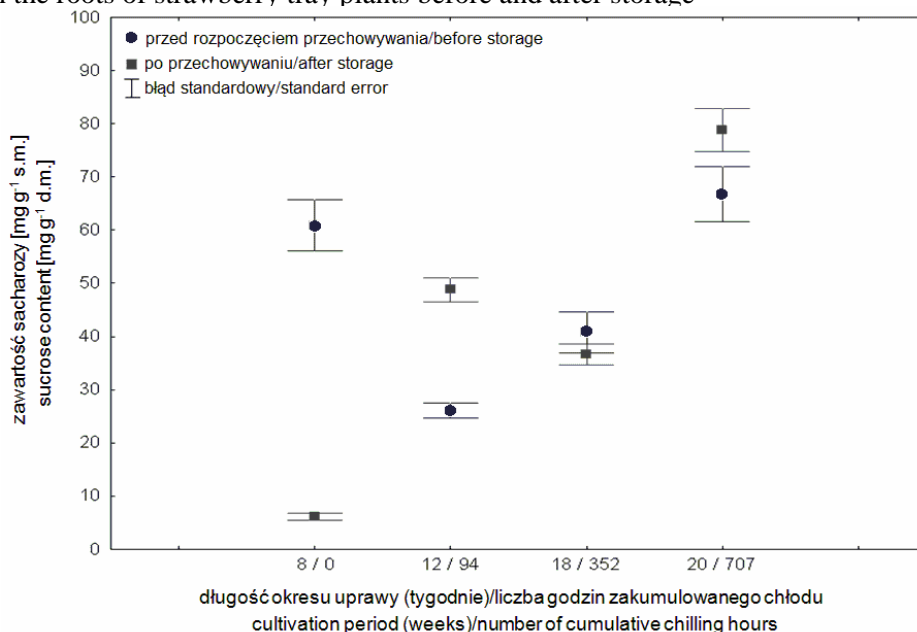
Ocena przeżywalności oraz plonowania roślin po zakończeniu przechowywania

Ocena stopnia przeżywalności (przeprowadzona po 3 tygodniach od posadzenia) wykazała, że 37% sadzonek uprawianych najkrócej (które nie były wystawione na oddziaływanie niskich temperatur) zmarło. Pozostałe rośliny z tej grupy rozpoczęły wegetację, jednak u większości z nich zaobserwowano wyraźne zahamowanie wzrostu. Jednocześnie stwierdzono, że rośliny z pozostałych grup sadzonek rozwijały się prawidłowo.

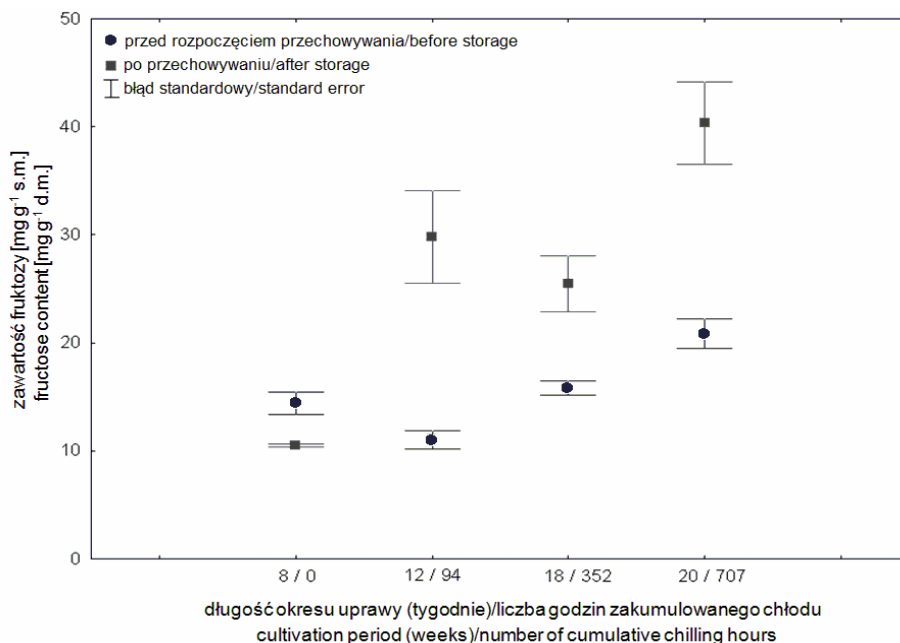
Najwyższy plon otrzymano z roślin, których sadzonki uprawiano przez 18 tygodni. Nie różnił się on istotnie od plonu z roślin, dla których okres produkcji sadzonek wynosił 12 i 20 tygodni. Najniższy plon odnotowano u roślin najwcześniej umieszczonych w chłodni (uprawianych przez 8 tygodni) (tab. 1). Rośliny te wydały także owoce o najniższej średniej masie. W przypadku pozostałych kombinacji dla tego parametru nie stwierdzono istotnych różnic.



Rysunek 1. Zawartość skrobi w korzeniach sadzonek truskawek przed rozpoczęciem przechowywania w chłodni i po jego zakończeniu – Starch content in the roots of strawberry tray plants before and after storage



Rysunek 2. Zawartość sacharozy w korzeniach sadzonek truskawek przed rozpoczęciem przechowywania w chłodni i po jego zakończeniu – Sucrose content in the roots of strawberry tray plants before and after storage



Rysunek 3. Zawartość fruktozy w korzeniach sadzonek truskawek przed rozpoczęciem przechowywania w chłodni i po jego zakończeniu – Fructose content in the roots of strawberry tray plants before and after storage

Tabela 1
Plonowanie roślin truskawek w zależności od długości okresu uprawy sadzonek
Yielding of strawberry plants as influenced by the duration of the period of cultivation of tray plants

Parametr Parameter	Długość okresu uprawy/liczba godzin zakumulowanego chłodu Duration of cultivation /cumulative number of chilling hours			
	8 tyg./0 8 weeks/0	12 tyg./94 12 weeks/94	18 tyg./352 18 weeks/352	20 tyg./707 20 weeks/707
Plon [g roślina ⁻¹] Yield [g plant ⁻¹]	27,87 a	116,11 b	129,11 b	102,17 b
Plon Yield [kg m ⁻²]	0,38 a	2,71 b	3,01 b	2,38 b
Średnia masa owocu Average fruit weight [g]	5,93 a	7,31 b	7,38 b	7,70 b

Objaśnienia: średnie w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie między sobą według wielokrotnego testu rozstępu Duncana (5%); Means within columns followed by the same letter do not differ significantly at the 5% level of significance according to Duncan's multiple-range t-test

DYSKUSJA

W kilku pracach wykazano, że jakość sadzonek i ich zdolność przechowalnicza są związane z zawartością cukrów w organach roślinnych (korzeniach, koronie), które z kolei są uzależnione od warunków klimatycznych panujących w trakcie uprawy (Bringhurst i in. 1960; Cieśliński i Borecka 1989; Lieten 1997; Treder i in. 2006; Klamkowski i in. 2008). Akumulacja skrobi w organach roślin następuje bowiem w warunkach niskich (dodatnich) temperatur oraz w odpowiednich warunkach świetlnych (krótki fotoperiod) (Maas 1986). Potwierdzają to wyniki przedstawionych badań. Wraz z wydłużaniem okresu uprawy zwiększała się zawartość skrobi w tkankach korzeni sadzonek.

Na uwagę zasługują wyniki dotyczące zawartości skrobi po zakończeniu przechowywania (rys. 1). W tkankach korzeni sadzonek uprawianych przez 8 tygodni nie stwierdzono obecności skrobi, co oznacza, że podczas przechowywania tej grupy roślin (ok. 4,5 miesiąca) niemal cała uległa degradacji. Schupp i Hennion (1997) wykazali, że degradacja skrobi w korzeniach truskawek ('Elsanta') następowała szczególnie intensywnie na początku okresu przechowywania sadzonek w ujemnych temperaturach (przez około miesiąc po jego rozpoczęciu). Powstające w wyniku hydrolizy skrobi sacharoza i cukry proste mają znaczenie w mechanizmach obronnych roślin przed skutkami działania mrozu (Bigey 2000). W tkankach korzeni sadzonek, które były wystawione na działanie chłodu obserwowano wzrost zawartości fruktozy (oraz w większości przypadków sacharozy) po zakończeniu przechowywania. W przypadku sadzonek uprawianych najkrócej, zawartość cukrów rozpuszczalnych po zakończeniu przechowywania była najniższa, co może tłumaczyć słabą kondycję tych roślin w trakcie późniejszej uprawy. Wyniki te potwierdzają obserwacje poczynione przez Bringhursta i współautorów (1960). Autorzy ci stwierdzili, że tylko rośliny, które zakumulowały dostateczną ilość węglowodanów mogą przetrwać przechowywanie w ujemnych temperaturach przez dłuższy czas. Wraz z wyczerpywaniem rezerw węglowodanów w trakcie przechowywania, obniżała się przeżywalność sadzonek i ich potencjał plonotwórczy. Sadzonki truskawek przechowywane najdłużej (ok. 4,5 miesiąca), w których po zakończeniu przechowywania nie stwierdzono obecności

skrobi w korzeniach charakteryzowały się niską przeżywalnością i słabym plonowaniem.

Jednym z celów badań była próba określenia zależności między liczbą godzin przechłodzenia a zawartością cukrów w korzeniach roślin. W kilku pracach zaproponowano graniczne zawartości skrobi (Bringhurst i in. 1960) lub sacharozy (Lieten 1997), jako wyznaczniki terminu pozyskiwania sadzonek z plantacji. Według Lietena (1997) dla odmiany Elsanta minimalna wartość niezbędna do prawidłowego przechowywania sadzonek w chłodni przez dłuższy czas (ponad 6 miesięcy) to 480-500 godzin z temperaturą poniżej 6 °C (przy zawartości skrobi w korzeniach ok. 20 mg/g s.m., sacharozy ponad 100 mg). W poprzednich badaniach (Treder i in. 2006) wykazano, że w warunkach Polski centralnej wystarczyło 88 h przechłodzenia, aby uzyskać dobre przechowywanie sadzonek (przez ok. 3 miesiące) oraz satysfakcjonujący plon. Dłuższa uprawa sadzonek (do ponad 1000 h chłodu) nie miała wpływu na produktywność roślin (Klamkowski i in. 2008). Wyniki potwierdzają powyższe spostrzeżenia. Wystarczyły 94 godziny chłodu (12 tygodni uprawy), aby uzyskać plon nie różniący się istotnie wielkością od kombinacji, w których sadzonki były uprawiane dłużej. Zawartość skrobi tej grupy sadzonek wynosiła ok. 91 mg g⁻¹ s.m. i była zbliżona do wartości zarejestrowanej w 2006 roku (ok. 109 mg, 88 h chłodu).

WNIOSKI

Uzyskane wyniki wskazują, że chłód indukuje zmiany wielkości akumulacji węglowodanów w tkankach roślin truskawek. Do otrzymania dobrej jakości doniczkowanych sadzonek „frigo” przed ich umieszczeniem w ujemnej temperaturze niezbędny jest okres uprawy w warunkach chłodu. Zbyt krótki okres uprawy sadzonek jest przyczyną złego ich przechowywania (duża część zamiera) oraz słabego plonowania roślin. Powodem jest zbyt niska koncentracja węglowodanów w korzeniach, wynikająca ze zbyt krótkiego okresu schładzania sadzonek podczas uprawy.

Badania wykazały, że w warunkach centralnej Polski około 90 h chłodu (z temperaturą 0-7 °C) było minimum niezbędnym do przetrwania sadzonek około 4-miesięcznego okresu przechowywania. Stwierdzono, że

zawartość skrobi w korzeniach do takiego poziomu przechłodzenia wynosiła więcej niż 90 mg g⁻¹ s.m., sacharozy ok. 26 mg g⁻¹ s.m., a fruktozy ok. 11 mg g⁻¹ s.m. Dalsze wydłużanie uprawy nie przyczyniało się do istotnego zwiększenia plonowania roślin, mimo wzrostu zawartości cukrów w tkankach korzeni.

Wykazano, że przechłodzenie roślin rzędu 90 h uzyskuje się około połowy października. Zmienność warunków klimatycznych jest jednak przeszkodą w precyzyjnym określeniu zależności między wzorcami akumulacji węglowodanów w tkankach truskawek a zdolnością przechowalniczą sadzonek i ich następczą produktywnością. Dotyczy to zwłaszcza cukrów rozpuszczalnych, których zmiany koncentracji w tkankach charakteryzują się większą dynamiką w porównaniu ze skrobią.

LITERATURA

- Bigey J. 2000. The search for a criterion for assessing the quality of cold stored strawberry plants. Report of the third meeting of WG3 – plant physiology (Cost action 836). Ancona, Italy.
- Boehringer Mannheim. 1993. Methods of biochemical analysis and food analysis using test-combinations. Boehringer Mannheim GmbH, Mannheim, Germany.
- Bringham R.S., Voth V., Van Hook D. 1960. Relationship of root starch content and chilling history to performance of California strawberries. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. **75**: 373-381.
- Cieśliński G., Borecka B. 1989. Evaluation of the usability of runners of strawberry cultivars in cold storage. Acta Hort. **265**: 359-362.
- Hicklenton P.R., Reekie J. 1998. Plant age, time of digging and carbohydrate content in relation to storage mortality and post storage vigor of strawberry plants. Acta Hort. **513**: 237-245.
- Klamkowski K., Treder W., Tryngiel-Gać A. 2008. Wpływ długości okresu uprawy sadzonek na zawartość skrobi w korzeniach oraz plonowanie roślin truskawki odmiany Elsanta. Zesz. Nauk. Inst. Sadow.Kwiac. **16**: 114-124.
- Lieten P. 1997. Relationship of digging date, chilling and root carbohydrate content to storability of strawberry plants. Acta Hort. **439**: 623-626.
- Lieten P. 2000. Recent advances in strawberry plug transplant technology. Acta Hort. **513**: 383-388.
- Lieten P. 2002. The use of cold stored plant material in Central Europe. Acta Hort. **567**: 553-560.

-
- Maas J.L. 1986. Photoperiod and temperature effects on starch accumulation in strawberry roots. *Adv. Strawberry Res.* 5: 22-24.
- Palha M.G.S., Taylor D.R., Monteiro A.A. 2002. The effect of digging date and chilling history on root carbohydrate content and cropping of 'Chandler' and 'Douglas' strawberries in Portugal. *Acta Hort.* **567**: 511-514.
- Schupp J., Hennion B. 1997. The quality of strawberry plants in relation to carbohydrate reserves in roots. *Acta Hort.* **439**: 617-621.
- Treder W., Tryngiel-Gać A., Klamkowski K. 2006. Plonowanie truskawki `Elsanta` w zależności od terminu umieszczenia sadzonek w chłodni. *Zesz. Nauk. Inst. Sadow. Kwiac.* **14**: 37-44.
- Żurawicz E., Masny A. 2005. *Uprawa truskawek w polu i pod osłonami.* Plantpress, Kraków.