

KRYSTYNA RYKACZEWSKA

Zakład Agronomii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie

Szybkie mnożenie minibułw ziemniaka z zastosowaniem hydroponiki

Rapid multiplication of potato minitubers using hydroponic

Celem badań zrealizowanych w latach 2008–2009 była ocena możliwości szybkiego mnożenia minibułw ziemniaka z materiałów *in vitro* przy zastosowaniu metody hydroponicznej i porównanie jej z metodą tradycyjną. Rośliny *in vitro* badanych genotypów (Cyprian, Cekin, Irga, Zebra, Katahdin, SZC2707) umieszczano w hydroponikach produkcji własnej. Zastosowano pożywkę zawierającą wszystkie makro- i mikroelementy: N (jako NO_3^- i NH^+), P, K, S, Ca, Na, Mg, Fe (chelate), Mn, Zn, B, Cu, Mo, w odpowiednich dla ziemniaka proporcjach. Wymiana pożywki odbywała się w odstępach 1-tygodniowych. Wykonano cztery zbiory minibułw: I — 23 czerwca, II — 14 lipca, III — 6 sierpnia i IV — 26 sierpnia. W doświadczeniu przeprowadzonym metodą tradycyjną rośliny *in vitro* badanych genotypów zostały wysadzone do skrzynek wypełnionych substratem glebowym. Zbiór przeprowadzono jednorazowo w ostatniej dekadzie sierpnia. Uzyskany dwoma metodami materiał nasienny był przez okres zimy przechowywany w temperaturze około 3°C. Wiosną oceniono jego zdolność kiełkowania. Stwierdzono istotne różnice w plonie i w wielkości współczynnika rozmnażania między zastosowaną tradycyjną i hydroponiczną metodą mnożenia minibułw. W wyniku zastosowania metody hydroponicznej, uzyskano wysoki współczynnik rozmnażania minibułw, wynoszący 191% w stosunku do metody tradycyjnej, przy plonie ogólnym niższym o około 35%. Stwierdzono pełną zdolność kiełkowania minibułw uzyskanych dwoma zastosowanymi metodami.

Słowa kluczowe: hydroponika, minibułwy, współczynnik rozmnażania, zdolność kiełkowania, ziemniak

The aim of the study, carried out in the years 2008–2009, was to assess the possibility of rapid multiplication of potato minitubers grown from *in vitro* materials using the hydroponic method and compare it with the traditional method. Plants *in vitro* of genotypes tested (Cyprian, Cekin, Irga, Zebra, Katahdin, SZC2707) were placed in hydroponic of own production. The applied medium contained all the macro- and micronutrients: N (as NO_3^- and NH^+), P, K, S, Ca, Na, Mg, Fe (chelate), Mn, Zn, B, Cu, Mo in the appropriate proportions for potato. Exchange of medium was done at intervals of 1-week. Four harvests of minitubers were performed: I — June 23, II — July 14, III — August 6, and IV — 26 August. In the experiment carried out using traditional method, plants *in vitro* of the tested genotypes were planted in boxes with soil substrate. The harvest took place once, in the last decade of August. The minitubers obtained by both methods were stored for a period of winter at a temperature of about 3°C. The sprouting capacity of minitubers was determined in the spring. Significant differences in yield and multiplication coefficient between traditional and hydroponic methods were found. The multiplication coefficient reached a higher value in the hydroponic method, on average 191% in relation

to the traditional method, but the yield was lower by 35%. It was found that the sprouting capacity of minitubers obtained by both methods was complete.

Key words: hydroponic, minitubers, multiplication coefficient, potato, sprouting capacity

WSTĘP

Uprawa roślin w hydroponikach nie jest techniką nową. W Europie kultury wodne wykorzystywano w badaniach fizjologicznych już od XVI wieku, ale w praktyce, na szerszą skalę zaczęto je stosować w pierwszej połowie wieku XX. W latach pięćdziesiątych uprawy hydroponiczne pojawiły się już na całym świecie — we Francji, Anglii, Niemczech, Izraelu, Włoszech, Hiszpanii, Szwecji, USA i ZSRR. Początkowo nie spotykały się z powszechnym uznaniem, ze względu na wysokie koszty budowy zbiorników i innych elementów konstrukcji, ale wprowadzenie do powszechnego użytku tworzyw sztucznych pozwoliło na podwyższenie opłacalności ich stosowania. Hydroponiczna produkcja roślin, odbywająca się w całkowicie zamkniętym systemie sprawia, iż nie dochodzi do skażenia środowiska naturalnego, jakie ma miejsce w przypadku produkcji bulw w glebie.

Uprawa ziemniaka w systemie hydroponicznym ma na celu przede wszystkim produkcję materiału nasiennego wysokiej jakości, uwzględniającej zbiory powtarzające się w okresie wegetacji. Innym jej przeznaczeniem jest stała podaż do bezpośredniej konsumpcji, gdzie młode, niewielkiej wielkości, systematycznie zbierane bulwy mogą być produkowane przez cały rok. Nie jest to łatwe, albowiem, w przeciwieństwie do innych gatunków, takich jak pomidor, ogórek, papryka czy sałata, plon rolniczy wytwarzany jest nie nad powierzchnią pożywki, lecz w jej roztworze, a produktywność poszczególnych odmian jest w tych warunkach zróżnicowana. Obecnie bardzo pożądane są prace nad optymalizacją fizjologicznych i technicznych aspektów tej specjalnej produkcji minibulw (Lommen, 2007; Rykaczewska, 2008). Stąd też celem badań przeprowadzonych w latach 2008–2009 była ocena możliwości szybkiego mnożenia minibulw ziemniaka z materiałów *in vitro*, przy zastosowaniu hydroponiki, w porównaniu z metodą tradycyjną.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach zastosowano odmiany: Cyprian (wczesna), Cekin, Irga, Zebra, Katahdin (średnio wczesne) oraz na ród hodowlany SZC2707. Odmiana Katahdin (kraj wyhodowania — USA) nie znajduje się w Krajowym Rejestrze Odmian, ale została włączona do badań ze względu na bardzo wysoką tolerancję na stres środowiskowy. Materiały *in vitro* tych odmian rozmnażano dwoma metodami: tradycyjną — w glebie i hydroponiczną.

Metoda tradycyjna

Rośliny *in vitro* badanych odmian, zostały wysadzone do skrzynek o powierzchni 1925 cm² (55 × 35 cm) i głębokości 14 cm, wypełnionych substratem glebowym przeznaczonym do pikowania roślin, wyprodukowanym w Pasłęku przez firmę Hollas. Sadzenie miało miejsce 28 kwietnia 2008 roku. Doświadczenie przeprowadzono w trzech powtórzeniach, przy czym powtórzenie stanowiła jedna skrzynka z 12 roślinami. Skrzynki zostały

ustawione na specjalnych wózkach i umieszczone w hali vegetacyjnej. W okresie vegetacji rośliny były starannie pielęgnowane, zwłaszcza regularnie podlewane i dokarmianie, przede wszystkim przy użyciu nawozu „Osmoform” w ilości $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ gleby (jednorazowo) i „Universol” (żółty) w ilości $0,25 \text{ g} \cdot 1 \text{ dm}^{-3}$ wody/ skrzynkę (jednokrotnie w ciągu tygodnia). Od końca czerwca, co 10–14 dni, stosowane były zabiegi ochronne przeciw zarazie ziemniaka (*Phytophthora infestans*) i alternariozie (*Alternaria solani*) oraz od połowy lipca - przeciw stonce (*Colorado beetle*). Zbiór wykonano 22 sierpnia. Po zbiorze określono masę i liczbę minibułw, strukturę plonu, wydzielając frakcje o poprzecznej średnicy mniejszej od 1 cm, 1–2, 2–3, 3–4, 4–5 cm i większej od 5 cm. Następnie wyliczono masę 1 minibułwy i współczynnik rozmnażania.

Metoda hydroponiczna

Doświadczenie zrealizowano w hydroponikach konstrukcji własnej. Plastikowe pojemniki, o powierzchni $0,1 \text{ m}^2$ i pojemności 7 litrów, przykryto płytami styropianowymi grubości 2 cm, w których wywiercono okrągłe otwory o średnicy 16 mm. Zastosowano pożywkę zawierającą wszystkie makro- i mikroelementy: N (jako NO_3^- i NH^+), P, K, S, Ca, Na, Mg, Fe (chelat), Mn, Zn, B, Cu, Mo, w odpowiednich dla ziemniaka proporcjach. W pierwszym okresie vegetacji (od początku do 23 czerwca) stężenie pożywki wynosiło 0,075%, a w drugim okresie (od 23 czerwca do końca vegetacji) — 0,15%. Rośliny *in vitro* badanych odmian umieszczano na powierzchni styropianu w taki sposób, aby korzenie przechodzące przez otwór mogły być zanurzone w roztworze pożywki. Doświadczenie przeprowadzono w trzech powtórzeniach, a powtórzenie stanowił jeden pojemnik z 6 roślinami, sadzonymi z gęstością taką samą jak w metodzie tradycyjnej. Wymiana pożywki odbywała się w odstępach 1-tygodniowych. Wykonano cztery zbiory minibułw: I — 23 czerwca, II — 14 lipca, III — 6 sierpnia i IV — 26 sierpnia. W każdym terminie zbioru oceniano masę i liczbę minibułw, oraz masę 1 minibułwy. Współczynnik rozmnażania wyliczono dla wszystkich terminów zbioru łącznie.

Materiał nasienny uzyskany metodą tradycyjną i hydroponiczną, przez okres zimy przechowywano w przechowalni, w temperaturze około 3°C , a w końcu lutego 2009 roku nastawiono do podkiełkowania w temperaturze około 15°C . Po 4 tygodniach, określono zdolność kiełkowania minibułw. Ocenę tę przeprowadzono na wyrównanym pod względem wielkości materiale (masa minibułw około 5 g, poprzeczna średnica 1,5–2,0 cm), o liczebności 20 dla każdej kombinacji.

Istotność zróżnicowania uzyskanych wyników określano przy zastosowaniu analiz wariancji na poziomie ufności 0,05, stosując test F „Snedecora”. Istotność różnic szacowano stosując test t-Studenta.

WYNIKI

Mnożenie minibułw metodą tradycyjną

Plon minibułw badanych odmian wahał się od $5,73 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ (ród hodowlany SCZ2707) do $7,64 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ (odmiana Zebra) i wynosił średnio $6,38 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ (tab. 1, rys. 3). Liczba minibułw w przeliczeniu na 1 m^2 osiągnęła średnią wartość 444, a współczynnik rozmnażania wynosił 7,4. Najwyższą wydajnością minibułw charakteryzowała się odmia-

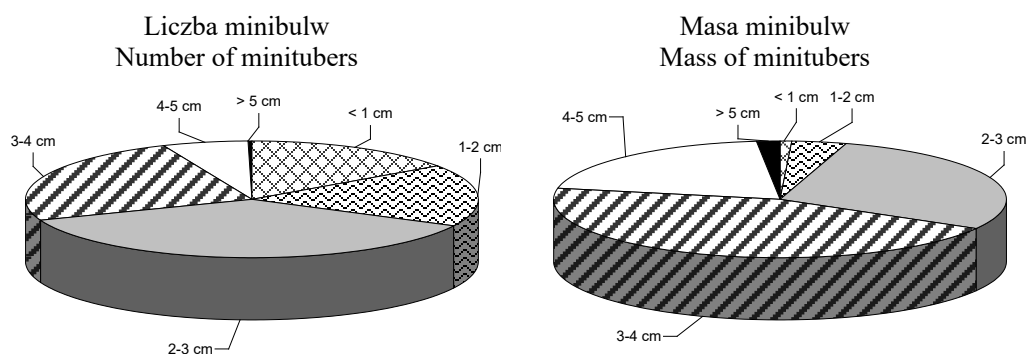
na Zebra ($605 \cdot \text{m}^{-2}$; współczynnik rozmnażania 10,1), a najniższą ród SZC2707 ($323 \cdot \text{m}^{-2}$; współczynnik rozmnażania 5,4). Średnia masa 1 minibułwy była odwrotnie proporcjonalna do ich liczby. Pozostałe badane odmiany (Cyprian, Cekin, Irga, Katahdin) charakteryzowały się zbliżonymi wartościami wszystkich określanych parametrów.

Tabela 1

Charakterystyka plonu minibułwy wyprodukowanych metodą tradycyjną — w glebie
Characteristic of minitubers yield produced by the traditional method — in the soil

Odmiana Cultivar	Plon Yield ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	Liczba minibułw Minitubers number $\times \text{m}^{-2}$	Współczynnik rozmnażania Multiplication coefficient	Masa 1 minibułwy Mass of 1 minituber (g)
Cyprian	6,38	403	6,7	15,8
Cekin	6,10	460	7,7	14,0
Irga	6,16	438	7,3	14,1
Katahdin	6,27	438	7,3	14,6
Zebra	7,64	605	10,1	12,6
SZC2707	5,73	323	5,4	17,9
NIR _{0,01} — LSD _{0,01}	0,78	122	2,0	4,5

Przeciętny, procentowy udział poszczególnych frakcji w ogólnej liczbie minibułw był odmienny niż ich procentowy udział w ogólnej masie (rys. 1). Stwierdzono, iż największy udział w ogólnej liczbie miała frakcja 2–3 cm (średnio 36,8%), a w ogólnej masie — frakcja 3–4 cm (średnio 44,6%).



Rys. 1. Procentowy udział poszczególnych frakcji w ogólnej liczbie i masie minibułw wyprodukowanych metodą tradycyjną – średnio dla odmian

Fig. 1. Percentage distribution of tuber size in the total number and the total mass of minitubers produced by the traditional method – mean for cultivars

Mnożenie minibułw metodą hydroponiczną

Plon minibułw badanych odmian wynosił średnio $2,25 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ i u odmian Cyprian, Cekin, Katahdin, Zebra i SZC2707 kształtował się na zbliżonym, nie różniącym się istotnie poziomie, ale był istotnie niższy u odmiany Irga (tab. 2, rys. 3). Liczba minibułw w przeliczeniu na 1 m^2 wynosiła średnio 850, a współczynnik rozmnażania osiągnął wartość

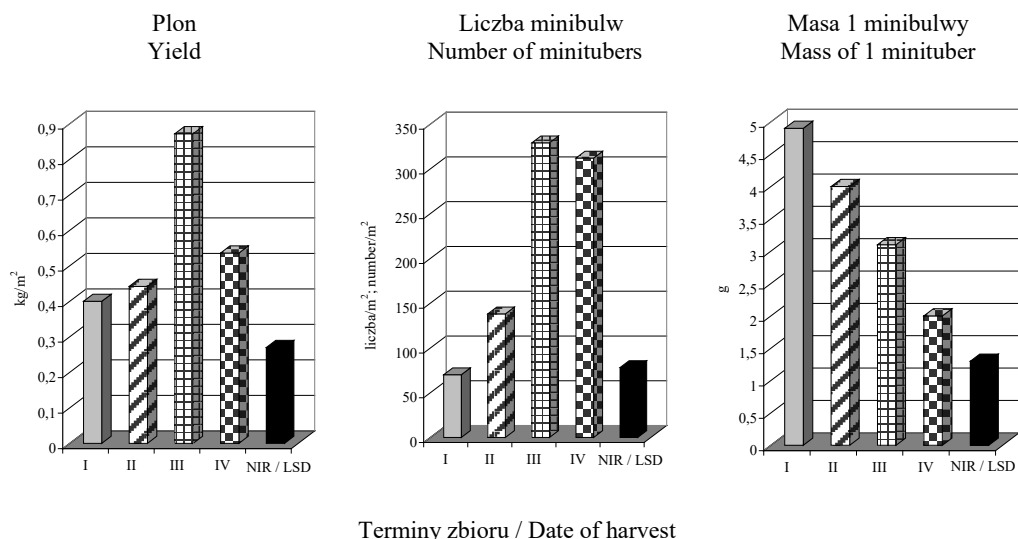
14,0. Najwyższą wydajnością minibułw charakteryzowała się odmiana Zebra i odmiana Cyprian, a najniższą — odmiana Irga. Wydajność pozostałych odmian (Cekin, Katahdin) i roku hodowlanego (SZC2707) była zbliżona. Najwyższą średnią masą 1 minibułwy wyróżniała się odmiana Katahdin i odmiana Cekin, natomiast najniższą — odmiana Zebra.

Plon, liczba minibułw i masa 1 minibułwy badanych odmian była zależna od terminu zbioru (rys. 2). Najwyższy plon uzyskano w III terminie, a największa liczba minibułw wystąpiła w III i IV terminie. Średnia masa pojedynczej minibułwy w I terminie była bliska 5 g i z każdym kolejnym zbiorem była coraz mniejsza.

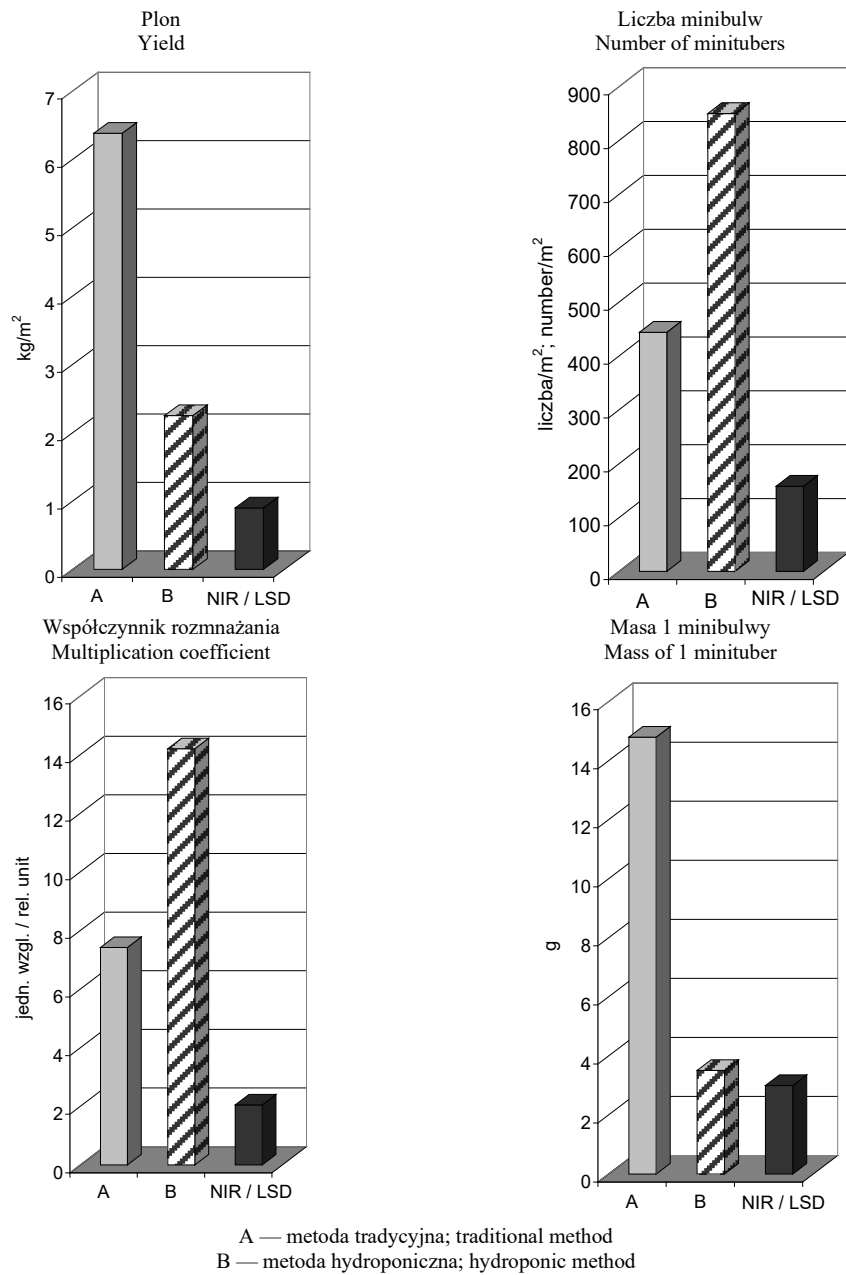
Tabela 2

Charakterystyka plonu minibułw badanych odmian wyprodukowanych metodą hydroponiczną
Characteristic of minitubers yield of the tested cultivars produced by the hydroponic method

Odmiana Cultivar	Plon Yield (kg·m ⁻²)	Liczba minibułw Minitubers number×m ⁻²	Współczynnik rozmnażania multiplication coefficient	Masa 1 minibułwy Mass of 1 minituber (g)
Cyprian	2,00	1110	18,5	2,7
Cekin	2,77	620	10,3	4,9
Irga	1,40	330	5,5	2,9
Katahdin	2,55	733	12,2	5,4
Zebra	2,61	1658	27,6	1,7
SZC2707	2,16	653	10,9	3,5
NIR _{0.01} — LSD _{0.01}	1,08	475	7,9	1,6



Rys. 2. Wpływ terminu zbioru minibułw uzyskanych metodą hydroponiczną na plon, liczbę i masę 1 minibułwy — średnio dla odmian
Fig. 2. Effect of the date of harvest of minitubers obtained by the hydroponic method on yield, number and mass of 1 minituber — mean for cultivars



Rys. 3. Plon, liczba minibułw, współczynnik rozmnażania i masa 1 minibułwy w zależności od zastosowanej metody mnożenia minibułw — średnio dla odmian
Fig. 3. Yield, number of minitubers, multiplication coefficient and mass of 1 minituber in dependence on the used method — mean values for cultivars

Porównanie wyników mnożenia minibulw metodą tradycyjną i hydroponiczną

Stwierdzono istotne różnice w plonie i liczbie minibulw, we współczynniku rozmnażania i masie 1 minibulwy między metodą tradycyjną a hydroponiczną (rys. 3). Plon i masa 1 minibulwy były wyższe w przypadku metody tradycyjnej niż hydroponicznej (odpowiednio o 65% i 76%), ale liczba minibulw z jednostki powierzchni i współczynnik rozmnażania osiągnęły średnią dla badanych odmian wartość wynoszącą 191% w stosunku do metody tradycyjnej. Zatem metoda hydroponiczna pozwoliła na uzyskanie oczekiwanego, wyższego współczynnika rozmnażania.

Ocena zdolności kiełkowania minibulw

Zdolność kiełkowania materiału nasiennego wszystkich badanych odmian z obydwu metod mnożenia minibulw była bardzo wysoka (100%; tab. 3).

Tabela 3

Zdolność kiełkowania minibulw wyprodukowanych metodą tradycyjną i hydroponiczną — wyrażona procentem kiełkujących bulw
Sprouting capacity of minitubers produced by the traditional and the hydroponic method — expressed by percent of sprouting tubers

Metoda Method	Odmiana Cultivar					
	Cyprian	Cekin	Irga	Katahdin	Zebra	SZC2707
Tradycyjna — traditional	100	100	100	100	100	100
Hydroponiczna — hydroponic	100	100	100	100	100	100

DYSKUSJA

Plon uzyskany w doświadczeniu, przeprowadzonym metodą tradycyjną, był bardzo wysoki. W przeliczeniu na 1 hektar osiągałby poziom 64 ton. Współczynnik rozmnażania wynosił średnio 7,4, a u odmiany Zebra dochodził do 10,4. W podobnych badaniach, w warunkach szklarni, Pruski i wsp. (2003 a) uzyskali współczynnik zależnie od odmiany zaledwie od 1,57 do 3,40. W innych badaniach tychże autorów (Pruski i in., 2003 b) współczynnik ten był nieco wyższy i wynosił od 2,22 do 3,97. Kawakami i wsp. (2003) w warunkach polowych, przy zbiorze minibulw o masie nie mniejszej jak 20 g, otrzymywali od 47,5 do 66,3 sztuk z powierzchni 1 m². Autorzy ci nie podali jednak wartości współczynnika rozmnażania.

Produkcja materiału nasiennego ziemniaka w warunkach hydroponiki jest techniką coraz częściej stosowaną, ale istnieją różne jej odmiany, na przykład uprawa żwirkowa lub „NFT” (Nutrient Film Technique), czyli cienkowarstwowa kultura przepływowa (Ritter i in., 2001; Rolot i in., 2002). W doświadczeniach Rolot i Seutin (1999), Rittera i wsp. (2001) oraz Rolot i wsp. (2002) te dwie techniki są łączone. Nie pozwalają one jednak na wykonywanie kilku zbiorów w okresie wegetacji roślin mącznych. Prowadzone są również badania nad metodą produkcji bulw w obiegu całkowicie zamkniętym w warunkach kontrolowanych, celem jej wdrożenia na statkach kosmicznych (Wheeler, 2005). W przeprowadzonych badaniach własnych zastosowano prostą metodę hydroponiczną i uzyskany współczynnik rozmnażania był relatywnie wysoki, dzięki możliwości

wykonania kilkakrotnych zbiorów w okresie wegetacji roślin mącznych. Średnio dla odmian wynosił 14,0, ale w przypadku odmiany Zebra osiągał 17,6. Tymczasem Ritter i wsp. (2001) prowadząc badania metodą hydroponiczną uwzględniającą dwa cykle wegetacji i dwa zbiory, otrzymali współczynnik rozmnażania wynoszący łącznie zaledwie 4,9. Obecnie dosyć obiecującą wydaje się być metoda aeroponiczna, która pozwala na lepsze dotlenienie systemu korzeniowego, stolonów i tworzących się bulw. Metoda ta wymaga jednak większych nakładów i nie gwarantuje uzyskania bardzo wysokiego współczynnika rozmnażania materiałów *in vitro* (Ritter i in., 2001; Faran i Mingo-Castel, 2006).

WNIOSKI

1. Zastosowana metoda szybkiego mnożenia minibulw ziemniaka z zastosowaniem hydroponiki i zbiorami w trakcie wzrostu roślin mącznych pozwala na istotne zwiększenie współczynnika rozmnażania.
2. Potrzebne są dalsze prace nad optymalizacją fizjologicznych i technicznych aspektów tej metody.

LITERATURA

- Farran I., Mingo-Castel A. M. 2006. Potato minituber production using aeroponics. Effect of plant density and harvesting intervals. *Amer. J. of Potato Res.* 83: 47 — 53.
- Lommen W.J.M. 2007. The canon of potato science. 27. Hydroponics. *Potato Res.* 50: 315 — 318.
- Kawakami J., Iwama K., Hasegawa T., Jitsuyama Y. 2003. Growth and yield of potato plants grown from microtubers in fields. *Am. J. Potato Res.* 80: 371 — 378.
- Pruski K., Astatkie T., Duplessis P., Stewart L., Nowak J., Struik P.C. 2003 a. Manipulation of microtubers for direct field utilization in seed production. *Am. J. Potato Res.* 80: 173 — 181.
- Pruski K., Astatkie T., Duplessis P., Lewis T., Nowak J., Struik P. 2003 b. Use of jasmonate for conditioning of potato plantlets and microtubers in greenhouse production of minitubers. *Am. J. Potato Res.* 80: 183 — 193.
- Ritter E., Anguolo B., Riga P., Herrián C., Relloso J., San José M. 2001. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers. *Pot. Res.* 44: 127 — 135.
- Rolot J. L., Seutin H. 1999. Soilless production of potato minitubers using a hydroponic technique. *Pot. Res.* 42: 457 — 469.
- Rolot J. L., Seutin H., Michelante D. 2002. Production de minitubercules de pomme de terre par hydroponie : évaluation d'un système combinant les techniques ' NFT' et 'Gravel Culture' pour deux types de solutions nutritives. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 6, 155 — 161.
- Rykaczewska K. 2008. Uprawa ziemniaka w hydroponikach – techniką przyszłości? *Ziemniaki — nowe perspektywy. Agroservis. Poradnik dla plantatorów* – wyd. II: 13 – 14.
- Wheeler R. M. 2005. Potato production for space. Abstracts of 16th Triennial Conference of the EAPR, July 17-22, 2005, Bilbao, Basque Country, Spain: 54 — 55.