

## WPLYW EMULSJI KRZEMOWO-MIEDZIOWEJ NA WZROST I PLONOWANIE ROŚLIN PERSPEKTYWICZNYCH MATERIAŁÓW HODOWLANYCH JABŁONI

### THE INFLUENCE OF SILICON-COPPER EMULSION ON GROWTH AND YIELDING OF PERSPECTIVE APPLE PLANT BREEDING MATERIALS

**Mariusz Lewandowski, Edward Żurawicz**

Instytut Ogrodnictwa

ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice

Mariusz.Lewandowski@inhort.pl

#### Abstract

The experiment was conducted in the years 2011–2015. Its aim was to study the impact of silicon emulsion on growth and yield of perspective apple plant breeding materials. Three experimental factors were studied: factor A – cultivar (three cultivars – ‘Free Redstar’, ‘Melfree’ and ‘Pink Braeburn’); factor B – rootstock (four rootstocks – M.9, M.26, P 14, P 68); factor C – emulsion (silicon-copper emulsion and without emulsion – control). The experiment was established in 4 replications, 5 trees per plot planted into 21 dm<sup>3</sup> jute bags (480 trees altogether – silicon-copper emulsion + control × 3 cultivars/clones × 4 rootstocks × 4 replications × 5 trees). Over the four-year period (2011–2015), the most flowers and fruits were observed on trees of all tested cultivars that were grown on rootstocks P 68 and M.9. The plants of ‘Free Redstar’, ‘Melfree’ and ‘Pink Braeburn’ grown on all four tested rootstocks grew significantly more vigorously when the silicon-copper emulsion was applied.

Key words: *Malus domestica*, apple, apple cultivar, apple rootstock, silicon-copper emulsion, plant growth, yielding

#### WSTĘP

Tradycyjna hodowla większości drzewiastych gatunków roślin sadowniczych jest kosztowna, gdyż oczekiwanie na kwitnienie i owocowanie uzyskanych materiałów krzyżówkowych trwa wiele lat. Z tego powodu poszukuje się sposobów skrócenia fazy juwenilnej (młodocianej) tych roślin i przyspieszenia przejścia w fazę generatywną, w której rośliny kwitną i wydają owoce.

Współczesna praktyka ogrodnicza przyjęła jako normę produkcję rozsady, sadzonek i drzewek w pojemnikach indywidualnych (cylindry foliowe, worki jutowe, doniczki plastikowe). W Ameryce ozdobny materiał szkółkarski w pojemnikach zaczęto produkować już na początku lat trzydziestych XX

wieku (Bosley 1969). Technologia ta szybko została wprowadzona w Europie i jest obecnie stosowana nie tylko w produkcji bylin (Marcinkowski 1981), krzewów, drzew ozdobnych i leśnych (Weatherspoon i Harrel 1980; Beckjord 1982; Heiskanen 1993), a także sadowniczego materiału roślinnego (Menzel i Waite 2006; Overcash i in. 1983; Offer i Allen 1987; Tattini i in. 1988; Lewandowski i Żurawicz 2001, 2005). Warzywnicy produkują w pojemnikach miliony sztuk rozsady doniczkowej do mechanicznego sadzenia, szkółkarze dysponują materiałem w pojemnikach, który można sadzić od wiosny do jesieni. Również w hodowli gatunków sadowniczych niezmiernie ważne jest rozmnażanie i produkcja w pojemnikach materiałów hodowlanych (siewek i klonów). Metoda ta umożliwia skrócenie czasu prowadzenia poszczególnych etapów selekcyjnych, dzięki możliwości otrzymania w krótkim czasie silnych i dobrze ukorzenionych roślin, zdolnych do owocowania często już w następnym roku po posadzeniu. Dłuższe przetrzymywanie roślin w pojemnikach powoduje jednak, że system korzeniowy ulega deformacji, spiralnemu skręceniu wokół ścian doniczek, a część korzeni nawet „ucieka” z pojemników. Takie rośliny przyjmują się gorzej w polu i z opóźnieniem wznawiają wzrost (Tryngiel-Gać i in. 2010).

Od dawna poszukiwano sposobu zapobiegania skręcania się korzeni roślin rosnących w pojemnikach. Zaobserwowano, że jeżeli wewnętrzne ściany doniczek lub innych pojemników do uprawy pokryje się związkami miedzi, to korzenie, które rosną zwykle ku zewnętrznej powierzchni bryły podłoża wypełniającego doniczkę, zamierają po zetknięciu ze ścianą doniczki potraktowanej takim związkiem. Stymuluje to wyrastanie nowych korzeni bocznych. W efekcie powstaje znaczna liczba korzeni, które nie oplatają bryły korzeniowej, ale ją przerastają. Jednakże stosowane dotychczas związki miedzi ulegały szybkiemu wypłukiwaniu w czasie podlewania, co niweczyło skutki zabiegu, zwłaszcza w uprawie drzew i krzewów rosnących w tych samych pojemnikach przez 2 lata lub dłużej. Od dłuższego czasu poszukiwano więc stabilizatora związków miedzi, który byłby nieszkodliwy dla korzeni, a być może nawet sprzyjający roślinom. Takim okazał się krzem – pierwiastek o korzystnym działaniu na wzrost roślin. Zauważono, że gatunki należące do grupy roślin jednoliściennych (np. trzcina cukrowa, ryż) oraz dyniowate (ogórek) reagują zwyżką plonu na dogłębowe lub dolistne nawożenie nawozami krzemowymi (na nośnikach z Ca, K, Na, NH<sub>4</sub>). Krzemiany wapnia i amonu są nawozami o spowolnionym, długotrwałym działaniu, więc można stosować jednorazowo wysokie ich dawki (Pellett i in. 1980; Fernandes i Henriques 1991; Cattivello i Danielis 2008).

W 2007 roku w Instytucie Warzywnictwa (obecnie Instytut Ogrodnictwa) opracowano emulsję krzemowo-miedziową (Cu-Si – Patent PL 196994 – emulsja do pojemników szkółkarskich i doniczek). Emulsja zawiera długo-trwale działające związki miedzi i krzemu. Aktywność emulsji w blokowaniu

przerastania korzeni w kierunku ścian pojemników zależy od ilości związków miedzi, jaka się znajduje w emulsji. Pozytywny efekt plonotwórczy przypisuje się również związkom krzemu. Skuteczność emulsji przebadano na takich roślinach jak: kukurydza, pomidor, oberżyna, papryka, cebula, ogórek, wiele gatunków roślin ozdobnych, a spośród drzewiastych (wstępne badania): jabłoń, morela, brzoskwinia, wiśnia, porzeczka czarna, kasztanowiec, orzech włoski, świerk kłujący. Nie zaobserwowano fitotoksycznego działania emulsji na rośliny badanych gatunków. Stwierdzono natomiast istotne zmiany w wyglądzie bryły korzeniowej oraz we wzroście części nadziemnych roślin.

Celem doświadczenia była ocena wpływu emulsji krzemowo-miedziowej na wzrost i plonowanie wybranych perspektywicznych materiałów hodowlanych jabłoni, poprzez jej oddziaływanie na rozwój systemu korzeniowego i części nadziemnej roślin rosnących w pojemnikach.

#### MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2011–2015. Materiał roślinny w postaci 3 odmian jabłoni hodowli Instytutu Ogrodnictwa: ‘Free Redstar’, ‘Mel-free’ i ‘Pink Braeburn’ otrzymano w wyniku zimowego szczepienia „w rękę” wykonanego w styczniu 2011 roku na odwirusowanych podkładkach wegetatywnych: M.9 (karłowa), M.26 (półkarłowa), P 14 (półkarłowa, ale nieco silniejsza niż M.26) i P 68 (karłowa, ale nieco słabsza niż M.9). Zrazy do szczepienia pochodziły z kolekcji odmian Instytutu Ogrodnictwa (bank genów), a podkładki (posiadające status „virus free”, wybór I, średnica 8–10 mm) z Ośrodka Elitarnego Materiału Szkółkarskiego w Prusach. Otrzymane szczepy w połowie marca 2011 roku posadzono do pojemników (worków jutowych) o pojemności 21 dm<sup>3</sup>, wypełnionych mieszaniną substratu torfowego i ziemi kompostowej w stosunku 1:1, których wewnętrzne ściany wcześniej pokryto emulsją krzemowo-miedziową. Kontrolą były takie same rośliny posadzone do worków jutowych bez zastosowanej emulsji. Pojemniki z roślinami ustawiono w wysokim tunelu foliowym. Doświadczenie założono w 4 powtórzeniach. Powtórzenie stanowiło 5 drzewek posadzonych do worków jutowych o pojemności 21 dm<sup>3</sup>. Łącznie w doświadczeniu rośło 480 drzewek (emulsja krzemowo-miedziowa + kontrola × 3 odmiany/kłony × 4 podkładki × 4 powtórzenia × 5 drzewek). Drzewka wyprowadzono w formie super wrzeciona o wysokości pnia około 50 cm. W czasie okresu wegetacyjnego rośliny były nawożone doglebowo (Osmocote w ilości 85 g na worek jutowy). W miarę wzrostu drzewka kilkakrotnie przywiązywano do palików bambusowych wstawionych do worków, aby zapobiec ich przewracaniu się i uzyskać prosty wzrost. W każdym sezonie wegetacyjnym wykonano pięć zabiegów ochronnych zwalczających szkodniki (w kwietniu kwieciaka jabłkowca, w czerwcu i lipcu – mszyce i przędziorki, a w lipcu i sierpniu – owocówkę jabłkowieczkę). Rośliny w doświadczeniu nawadniano systemem

kropłowym sterowanym automatycznie. Cięcie i formowanie koron (drzewa prowadzono w formie super wrzeciona) wykonywano corocznie, przerzedzanie zawiązków prowadzono w miarę potrzeby (przy bardzo obfitym kwitnieniu), ręcznie. W latach 2011–2015 wykonano następujące pomiary i obserwacje drzewek, indywidualnie dla każdego genotypu. Oceniono następujące cechy:

1. siła wzrostu roślin – pomiar średnicy pnia na wysokości 30 cm od powierzchni gleby w worku jutowym (mm) – po posadzeniu roślin oraz corocznie jesienią, po zakończeniu wegetacji,
2. zawartość chlorofilu w liściach (30 liści/poletko) przy użyciu N-Testera firmy YARA,
3. intensywność kwitnienia drzewek (skala bonitacyjna 1–5, gdzie 1 – brak kwiatów, 2 – 1–20 kwiatów, 3 – 21–40 kwiatów, 4 – 41–60 kwiatów, 5 – 61 i więcej kwiatów),
4. plon owoców (kg/drzewko),
5. masa 1 owocu w gramach (na próbie 100 losowo pobranych owoców).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie przy użyciu dwuczynnikowej (podkładka, sposób traktowania) analizy wariancji przeprowadzonej oddzielnie dla każdej odmiany. Do oceny istotności różnic między średnimi użyto testu t-Duncana ( $p = 0,05$ ). Wpływu lat nie oceniano, gdyż badania prowadzono w tunelu foliowym.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Wyniki dotyczące siły wzrostu drzew badanych odmian, wyrażone średnicą pnia, podano w tabeli 1. Wzrost drzewek odmian ‘Free Redstar’, ‘Melfree’ i ‘Pink Braeburn’ zależał w podobnym stopniu od zastosowanej podkładki. Jak można było oczekiwać najslabiej rosły drzewa wszystkich odmian na karłowej podkładce P 68, silniej na nieco silniejszej podkładce M.9, średnio silnie na podkładce półkarłowej M.26, a najsilniej na podkładce P 14. Podobne zależności dla odmian ‘Melfree’ i ‘Free Redstar’ rosnących na tych podkładkach w doświadczeniu polowym zaobserwowali już wcześniej Lewandowski i Żurawicz (2007). Rośliny odmian ‘Free Redstar’, ‘Melfree’ i ‘Pink Braeburn’ na wszystkich podkładkach rosły także istotnie silniej w kombinacjach z użyciem emulsji krzemowo-miedziowej niż w kombinacji kontrolnej.

Zdaniem wielu badaczy (Devlin i Barker 1971; Karczmarczyk i in. 1993) barwniki asymilacyjne są jednymi z najważniejszych związków chemicznych w roślinie wpływających na intensywność fotosyntezy i produkcję biomasy. W przypadku niskiej zawartości chlorofilu w tkankach asymilacyjnych może dojść do obniżenia aktywności fotosyntetycznej, a tym samym do zmniejszenia intensywności wzrostu roślin (Hall i Rao 1999; Jaumień 2001;

Pilarski 2000; Wojcieszka 1994). W przedstawionych badaniach najmniejszym indeksem chlorofilowym charakteryzowała się odmiana 'Melfree', zaś największym odmiana 'Free Redstar' (tab. 2). Co ciekawe, najwięcej chlorofilu w liściach dla wszystkich badanych odmian otrzymano na podkładce P 68, najmniej na podkładce M.26. Stwierdzono także, że rośliny odmian 'Free Redstar', 'Melfree' i 'Pink Braeburn' na wszystkich podkładkach zawierały więcej chlorofilu w liściach w kombinacjach z użyciem emulsji krzemowo-miedziowej niż w kombinacji kontrolnej.

Tabela 1. Siła wzrostu drzew wyrażona średnicą pnia (Skierniewice 2015)  
Table 1. Vigor of trees estimated as trunk diameter (Skierniewice 2015)

Odmiana Cultivar	Podkładka Rootstock (mm)				Średnia dla sposobu traktowa- nia Average for treat- ment
	P 68	M.9	M.26	P 14	
<b>'Pink Braeburn'</b>					
kontrola; control	17,6 a*	18,9 b	20,6 c	22,8 d	<b>20,0 A</b>
emulsja krzemowo-miedziowa silicon-copper emulsion	19,1 b	21,4 c	24,6 e	27,0 f	<b>23,0 B</b>
średnia dla podkładki average for rootstock	<b>18,3 A</b>	<b>20,1 B</b>	<b>22,6 C</b>	<b>24,9 D</b>	
<b>'Melfree'</b>					
kontrola; control	15,2 a	16,4 b	18,5 d	19,4 e	<b>17,4 A</b>
emulsja krzemowo-miedziowa silicon-copper emulsion	17,3 c	18,6 d	20,4 f	21,8 g	<b>19,5 B</b>
średnia dla podkładki average for rootstock	<b>16,3 A</b>	<b>17,5 B</b>	<b>19,5 C</b>	<b>20,6 D</b>	
<b>'Free Redstar'</b>					
kontrola; control	12,6 a	13,9 b	15,2 d	16,4 e	<b>14,5 A</b>
emulsja krzemowo-miedziowa silicon-copper emulsion	14,6 c	15,6 d	16,6 e	17,9 f	<b>16,2 B</b>
średnia dla podkładki average for rootstock	<b>13,6 A</b>	<b>14,8 B</b>	<b>15,9 C</b>	<b>17,2 D</b>	

\* Średnie w obrębie każdej odmiany oznaczone taką samą literą nie różnią się istotnie przy  $p = 0,05$

\* Means for each cultivar followed by the same letter are not significantly different at  $p = 0.05$

Tabela 2. Zawartość chlorofilu w liściach (Skierniewice 2011–2015)  
 Table 2. Chlorophyll index in the leaves (Skierniewice 2011–2015)

Odmiana Cultivar	Podkładka; Rootstock (średnia z lat; average for years 2011–2015)				Średnia dla sposobu traktowa- nia Average for treat- ment
	P 68	M.9	M.26	P 14	
<b>‘Pink Braeburn’</b>					
kontrola; control	837 c*	830 bc	821 a	827 ab	<b>829 A</b>
emulsja krzemowo-mie- dziowa silicon-copper emulsion	850 d	845 d	829 abc	833 bc	<b>839 B</b>
średnia dla podkładki average for rootstock	<b>844 C</b>	<b>838 B</b>	<b>825 A</b>	<b>830 A</b>	
<b>‘Melfree’</b>					
kontrola; control	790 cd	782 bc	769 a	775 ab	<b>779 A</b>
emulsja krzemowo-mie- dziowa silicon-copper emulsion	806 e	793 d	776 ab	788 cd	<b>791 B</b>
średnia dla podkładki average for rootstock	<b>798 C</b>	<b>788 B</b>	<b>773 A</b>	<b>782 B</b>	
<b>‘Free Redstar’</b>					
kontrola; control	845 de	840 bcd	826 a	835 bc	<b>837 A</b>
emulsja krzemowo-mie- dziowa silicon-copper emulsion	859 f	850 e	834 b	842 cd	<b>846 B</b>
średnia dla podkładki average for rootstock	<b>852 D</b>	<b>845 C</b>	<b>830 A</b>	<b>839 B</b>	

\* objaśnienia patrz tabela 1; explanation see Table 1

Wyniki dotyczące intensywności kwitnienia i plonowania drzew badanych odmian (tab. 3 i 4) pokazują, że wszystkie odmiany lepiej kwitły i plonowały w kombinacjach z użyciem emulsji krzemowo-miedziowej niż w kombinacji kontrolnej, niezależnie od zastosowanej podkładki. We wszystkich latach badań najintensywniej kwitła i owocowała odmiana ‘Free Redstar’, nieco słabiej odmiana ‘Pink Braeburn’, a najslabiej odmiana ‘Melfree’. Podobne zależności dla odmian ‘Free Redstar’ i ‘Melfree’ zaobserwowali wcześniej w doświadczeniu polowym Żurawicz i in. (2004). Dla wszystkich badanych odmian najwięcej kwiatów i najwyższy plon owoców uzyskano na podkładce P 68, zaś najmniej kwiatów i najniższy plon – na podkładce P 14.

Tabela 3. Intensywność kwitnienia drzew\* (Skierniewice 2011–2015)  
Table 3. Intensity of flowering of trees\* (Skierniewice 2011–2015)

Odmiana Cultivar	Podkładka; Rootstock (średnia z lat; average for years 2011–2015)				Średnia dla sposobu traktowa- nia Average for treat- ment
	P 68	M.9	M.26	P 14	
<b>‘Pink Braeburn’</b>					
kontrola; control	4,6 d**	4,3 c	4,1 ab	4,0 a	<b>4,3 A</b>
emulsja krzemowo-mie- dziowa silicon-copper emulsion	4,8 e	4,6 d	4,4 c	4,2 b	<b>4,5 B</b>
średnia dla podkładki average for rootstock	<b>4,7 D</b>	<b>4,5 C</b>	<b>4,3 B</b>	<b>4,1 A</b>	
<b>‘Melfree’</b>					
kontrola; control	4,5 e	4,2 c	4,0 b	3,8 a	<b>4,1 A</b>
emulsja krzemowo-mie- dziowa silicon-copper emulsion	4,6 e	4,4 d	4,2 c	4,0 b	<b>4,3 B</b>
średnia dla podkładki average for rootstock	<b>4,6 D</b>	<b>4,3 C</b>	<b>4,1 B</b>	<b>3,9 A</b>	
<b>‘Free Redstar’</b>					
kontrola; control	4,7 d	4,5 c	4,3 b	4,2 a	<b>4,4 A</b>
emulsja krzemowo-mie- dziowa silicon-copper emulsion	4,9 e	4,7 d	4,5 c	4,3 b	<b>4,6 B</b>
średnia dla podkładki average for rootstock	<b>4,8 D</b>	<b>4,6 C</b>	<b>4,4 B</b>	<b>4,2 A</b>	

\* Skala bonitacyjna 1–5, gdzie 1 – brak kwiatów, 2 – 1–20 kwiatów, 3 – 21–40 kwiatów, 4 – 41–60 kwiatów, 5 – 61 i więcej kwiatów

\* Ranking scale 1–5, where: 1 – no flowers, 2 – up to 20 flowers, 3 – 11–40 flowers, 4 – 41–60 flowers, 5 – 61 flowers and more

\*\* objaśnienia patrz tabela 1; explanation see Table 1

Tabela 4. Plon/drzewo w kg (Skierniewice 2011–2015)

Table 4. Yield/tree in kg (Skierniewice 2011–2015)

Odmiana Cultivar	Podkładka; Rootstock (średnia z lat; average for years 2011–2015)				Średnia dla spo- sobu trak- towania Average for treat- ment
	P 68	M.9	M.26	P 14	
<b>‘Pink Braeburn’</b>					
kontrola; control	3,7 cd*	3,5 bc	3,3 b	3,0 a	<b>3,4 A</b>
emulsja krzemowo-mie- dziowa silicon-copper emulsion	4,4 f	4,2 ef	4,0 e	3,8 d	<b>4,1 B</b>
średnia dla podkładki average for rootstock	<b>4,1 D</b>	<b>3,9 C</b>	<b>3,7 B</b>	<b>3,4 A</b>	
<b>‘Melfree’</b>					
kontrola; control	3,1 cd	3,0 bc	2,9 b	2,6 a	<b>2,9 A</b>
emulsja krzemowo-mie- dziowa silicon-copper emulsion	3,8 f	3,5 e	3,3 d	3,2 cd	<b>3,4 B</b>
średnia dla podkładki average for rootstock	<b>3,5 D</b>	<b>3,3 C</b>	<b>3,1 B</b>	<b>2,9 A</b>	
<b>‘Free Redstar’</b>					
kontrola; control	4,0 d	3,8 c	3,5 b	3,4 a	<b>3,7 A</b>
emulsja krzemowo-mie- dziowa silicon-copper emulsion	4,5 g	4,3 f	4,2 e	4,1 de	<b>4,3 B</b>
średnia dla podkładki average for rootstock	<b>4,3 D</b>	<b>4,1 C</b>	<b>3,9 B</b>	<b>3,7 A</b>	

\* objaśnienia patrz tabela 1; explanation see Table 1

Zastosowane podkładki miały wpływ na wielkość owoców badanych odmian (tab. 5). Niezależnie od zastosowanej podkładki największe owoce wytwarzała odmiana ‘Pink Braeburn’, a następnie ‘Melfree’ i ‘Free Redstar’, przy czym największe owoce otrzymano z drzew rosnących na podkładce P 68, a następnie M.9, M.26 i P 14. Niezależnie od odmiany zastosowanie emulsji krzemowo-miedziowej przyczyniło się w istotny sposób do zwiększenia średniej masy zebranych owoców.



Tabela 5. Masa owocu w gramach (Skierniewice 2011–2015)  
 Table 5. Fruit weight in grams (Skierniewice 2011–2015)

Odmiana Cultivar	Podkładka; Rootstock (średnia z lat; average for years 2011–2015)				Średnia dla sposobu traktowania Average for treatment
	P 68	M.9	M.26	P 14	
<b>‘Pink Braeburn’</b>					
kontrola; control	255,0 a-d*	252,5 a-c	250,0 ab	247,5 a	<b>251,3 A</b>
emulsja krzemowo-mie- dziowa silicon-copper emulsion	265,0 e	262,5 de	260,0 c-e	257,5 b-e	<b>261,3 B</b>
średnia dla podkładki average for rootstock	<b>260,0 B</b>	<b>257,5 AB</b>	<b>255,0 AB</b>	<b>252,5 A</b>	
<b>‘Melfree’</b>					
kontrola; control	217,5 cd	215,0 bc	212,0 ab	210 a	<b>213,6 A</b>
emulsja krzemowo-mie- dziowa silicon-copper emulsion	222,5 e	220,0 de	217,5 cd	215 bc	<b>218,8 B</b>
średnia dla podkładki average for rootstock	<b>220,0 C</b>	<b>217,5 BC</b>	<b>214,8 AB</b>	<b>212,5 A</b>	
<b>‘Free Redstar’</b>					
kontrola; control	195,0 d	190,0 bc	187,5 ab	185,0 a	<b>189,4 A</b>
emulsja krzemowo-mie- dziowa silicon-copper emulsion	200,0 e	195,0 d	192,5 cd	190,0 bc	<b>194,4 B</b>
średnia dla podkładki average for rootstock	<b>197,5 D</b>	<b>192,5 C</b>	<b>190,0 B</b>	<b>187,5 A</b>	

\* objaśnienia patrz tabela 1; explanation see Table 1

#### PODSUMOWANIE

Niezależnie od zastosowanej podkładki drzewa odmian ‘Pink Braeburn’, ‘Melfree’ i ‘Free Redstar’ charakteryzowały się silniejszym wzrostem, zawierały więcej chlorofilu w liściach, intensywniej kwitły i dawały większy plon oraz wytwarzały większe owoce w kombinacjach z użyciem emulsji krzemowo-miedziowej niż w kombinacji kontrolnej. Emulsja krzemowo-miedziowa wykazała korzystny wpływ na wzrost i plonowanie drzewek jabłoni.

## Literatura

- Beckjord P.R. 1982. Containerized and nursery production of *Paulownia tomentosa*. *Tree Planters' Notes* 33(1): 29–33.
- Bosley R.W. 1969. Ground bark – a container growing medium. *Acta Horticulturae* 15: 17–20. DOI: 10.17660/actahortic.1969.15.4.
- Cattivello C., Danielis R. 2008. Chemical root pruning by copper salts on vegetables: a possible way to improve the seedling quality. *Acta Horticulturae* 779: 477–484. DOI: 10.17660/actahortic.2008.779.60.
- Devlin R.M., Barker A.V. 1971. *Photosynthesis*. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 304 s.
- Fernandes J.C., Henriques F.S. 1991. Biochemical, physiological, and structural effects of excess copper in plants. *Botanical Review* 57: 246–273. DOI: 10.1007/bf02858564.
- Hall D.O., Rao K.K. 1999. *Fotosynteza*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 258 s.
- Heiskanen J. 1993. Favoruable water and aeration conditions for growth media used in containerized tree seedling production: a review. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8: 337–358. DOI: 10.1080/02827589309382782.
- Jaumień F. 2001. Czy można oddziaływać na przebieg fotosyntezy w sadzie? *Ogrodnictwo* 4: 13–17.
- Karczmarczyk S., Koszański Z., Podsiadło C. 1993. Przebieg niektórych procesów fotosyntetycznych oraz plonowanie pszenicy ozimej i pszenżyta pod wpływem deszczowania i nawożenia azotem. Część I. Zawartość chlorofilu i karotenoidów w niektórych organach pszenicy ozimej i pszenżyta. *Acta Agrobotanica* 46(1): 15–30. DOI: 10.5586/aa.1993.002.
- Lewandowski M., Żurawicz E. 2001. Wpływ podłoża, nawożenia i bioregulatorów na wzrost siewek jabłoni uprawianych w pojemnikach pod osłonami. *Folia Horticulturae* 13(1A): 487–492.
- Lewandowski M., Żurawicz E. 2005. Wpływ podłoża, nawożenia i bioregulatorów na wzrost siewek jabłoni uprawianych w pojemnikach w tunelu wysokim. *Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa* 13: 41–46.
- Lewandowski M., Żurawicz E. 2007. Plonowanie nowych parchoodpornych odmian jabłoni hodowli Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa w Skierniewicach na różnych typach podkładek. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu* 383, *Ogrodnictwo* 41: 333–337.
- Marcinkowski J. 1981. *Mrozoodporność kilku gatunków bylin w uprawie pojemnikowej*. Praca doktorska, Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, Skierniewice.
- Menzel Ch.M., Waite G.K. 2006. The performance of strawberry plugs in Queensland. *Acta Horticulturae* 708: 217–224. DOI: 10.17660/actahortic.2006.708.35.
- Offer B.V., Allen P. 1987. Fertilization of young citrus trees grown in containers in a pine bark medium. *Applied Plant Science* 1(2): 71–74.

- Overcash J.P., Acock M., Bostian D.B., Sloan R.C. 1983. Research with pecan nursery trees in containers and orchards. Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station Bulletin 922: 1–12.
- Pellett H., Litzow M., Mainquist L. 1980. Use of metal compounds as root pruning agents. *HortScience* 15: 308–309.
- Pilarski J. 2000. Photosynthetic activity of stems and leaves of apple, sweet cherry, and plum trees. *Folia Horticulturae* 12(1): 41–44.
- Tattini M., Carmi V., Tafani R., Traversi M.L. 1988. Container growth of peach: some aspect of nutritional and substrate requirements. *Acta Horticulturae* 221: 167–173. DOI: 10.17660/actahortic.1988.221.14.
- Tryngiel-Gać A., Treder W., Górecki R. 2010. Wpływ emulsji ograniczającej wzrost korzeni na rozwój systemu korzeniowego i jakość sadzonek truskawki odmiany Elsanta. *Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa* 18: 115–123.
- Weatherspoon D.M., Harrell C.C. 1980. Evaluation of drip irrigation for container production of woody landscape plants. *HortScience* 15: 488–489.
- Wojcieszka U. 1994. Fizjologiczna rola azotu w kształtowaniu plonu roślin. Część II. Żywienie roślin azotem a fotosynteza, fotorespiracja i oddychanie ciemniowe. *Postępy Nauk Rolniczych* 41(1): 127–143.
- Żurawicz E., Lewandowski M., Broniarek-Niemiec A., Rutkowski K. 2004. Preliminary results on the production value of new scab-resistant apple cultivars bred at the Research Institute of Pomology and Floriculture (RIPF), Skierniewice, Poland. *Acta Horticulturae* 663: 879–882. DOI: 10.17660/actahortic.2004.663.159.