

EFFECTS OF HYDROPRIMING ON METABOLIC ACTIVITY, SEED GERMINATION AND SEEDLING EMERGENCE OF CARROT

Summary

The aim of the experiments has been to investigate the effect of four methods of hydroconditioning, including single and two-step soaking, on the carrot 'Amsterdamska' seeds quality. For this purpose, the commercial seeds of this variety have been hydrated with four methods at 20°C, using a single or two-step soaking for 2, 4, 6, 12 and 24 hours or in doses of the aerated water to the different moisture content (10 to 52%). Next, the moistened seeds with the mentioned methods have been incubated at 18-20°C in airtight containers for 1, 2, 4 or 6 days, with daily aeration and assessing their moisture content. Then, the hydroprimed seeds have been examined by the evaluation of the dynamics and number of germinated seeds, mean time of seed germination at 20°C, permeability of cytoplasmic membranes, total activity of dehydrogenases, dynamics of emergence, number of emerged seedlings and their height after 18 days after sowing. The results indicate that the carrot 'Amsterdamska' seeds after hydration up to 40% of water content and incubation at 20°C for 2-4 days and drying down to an initial moisture content, affects in the higher vigor of seeds, accelerate their germination, often in greater percentages and accelerate emergence and growth of seedlings. Rapid penetration of water into the embryos does not damage the cytoplasmic membranes.

WPLYW HYDROKONDYCJONOWANIA NA AKTYWNOŚĆ METABOLICZNĄ ORAZ KIELKOWANIE NASION I WSCHODY SIEWEK MARCHWI

Streszczenie

Celem przeprowadzonych doświadczeń było zbadanie wpływu czterech metod hydrokondycjonowania, z uwzględnieniem etapowości moczenia, na wartość siewną nasion marchwi 'Amsterdamska'. W tym celu komercyjne nasiona tej odmiany uwadnianio czterema metodami w temperaturze 20°C, metodą jednoetapowego lub dwuetapowego moczenia przez 2, 4, 6, 12 i 24 godziny lub w dawkach napowietrzanej wody do różnych wilgotności (10 do 52%). Uwilgotnione nasiona wymienionymi metodami inkubowano następnie w temperaturze 18-20°C w hermetycznych pojemnikach przez 1, 2, 4 lub 6 dni, codziennie je przewietrzając i oceniając ich wilgotność metodą suszarkową. Następnie oceniono ich wartość siewną na podstawie dynamiki, zdolności i średniego czasu kielkowania w 20°C, przepuszczalności membran cytoplazmatycznych, ogólnej aktywności dehydrogenaz, dynamiki wschodów, liczby wzeszłych siewek i ich wysokości po 18 dniach od wysiewu. Uzyskane wyniki wskazują, że nasiona marchwi 'Amsterdamska' uwodnione do około 40% zawartości wody oraz inkubowane w 20°C przez okres 2-4 dni i następnie wysuszone do wilgotności wyjściowej charakteryzują się wysokim wigorem, szybciej kielkują, często w większym procencie, a uzyskane z nich siewki szybciej wschodzą i rosną niż siewki z nasion kontrolnych. Szybkie wnikanie wody do zarodków nie uszkadza membran cytoplazmatycznych.

1. Wstęp

Wysoka wartość siewna nasion produkowanych metodami sprzyjającymi środowisku jest jednym z nadrzędnych celów przemysłu nasiennego na świecie. Wynika on z powszechnego dążenia do ograniczenia nadmiernego stosowania związków chemicznych w produkcji roślinnej, zwiększającego się arealu roślin uprawianych metodami integrowanymi, produkcji zdrowej żywności, ochrony środowiska przyrodniczego oraz zwiększenia odporności kielkujących nasion i roślin na niesprzyjające warunki zmieniającego się klimatu. Jednocześnie spowolnione i nie wyrównane kielkowanie nasion wielu gatunków roślin ogrodniczych może powodować opóźnienie i zmniejszenie wschodów roślin w warunkach polowych, co stwarza poważne problemy w ich produkcji, zwłaszcza w warunkach suszy i nieodpowiedniej temperatury.

Jednym ze sposobów poprawy jakości nasion jest ich przedsiwne kondycjonowanie. Przewiduje się, że wśród wielu metod kondycjonowania w praktyce ogrodniczej największe zastosowanie może znaleźć hydrokondycjono-

wanie. Polega ono na przedsiwnym moczeniu nasion w wodzie i następnie ich inkubacji przez ściśle określony czas w celu inicjacji wszystkich procesów metabolicznych poprzedzających kielkowanie, z niedopuszczeniem do przebiccia okrywy nasiennej przez korzeń zarodkowy [2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 17, 18].

Literatura światowa podaje dużo danych dotyczących kondycjonowania nasion wielu gatunków roślin ogrodniczych, jednakże wiele z nich jest zbyt ogólnikowa, aby móc je zastosować w praktyce. Aby zapewnić maksymalną efektywność zabiegu poszczególne parametry tego uszlachtowania powinny być opracowane osobno dla każdego gatunku, a nawet dla każdej partii nasion, co wynika często z odmiennych ich właściwości wywołanych warunkami środowiskowymi w czasie wzrostu roślin. W literaturze światowej znajdują się dane dotyczące przedsiwnego kondycjonowania nasion marchwi metodą osmokondycjonowania i matrykondycjonowania, które są stosunkowo trudne do zastosowania na skalę przemysłową. Część danych literaturowych dotyczy traktowania tych nasion różnymi substancjami korzystnie wpływającymi na ich kielkowanie

i zdrowotność. Natomiast ograniczone są informacje dotyczące hydrokondycjonowania, szczególnie w aspekcie różnych sposobów i etapowości uwilgataniania nasion [5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 19, 20, 21].

Celem przeprowadzonych doświadczeń było zbadanie wpływu czterech metod hydrokondycjonowania, z uwzględnieniem etapowości moczenia, na wartość siewną nasion marchwi 'Amsterdamska', mając na uwadze produkcyjne zastosowanie tego rodzaju kondycjonowania w produkcji nasiennej.

2. Materiał i metody badań

Badania nad hydrokondycjonowaniem nasion marchwi odmiany Amsterdamska przeprowadzono w latach 2010-2011 w kolejnych etapach, mających na celu wskazanie:

- efektywnego i możliwego do zastosowania w produkcji sposobu uwadniania nasion, które korzystnie wpłynie na kiełkowanie, ze szczególnym uwzględnieniem etapowości uwilgacania,
- czasu inkubacji uwilgoconych nasion, korzystnie wpływającego na wartość siewną,
- wpływu zastosowanych metod hydrokondycjonowania na dynamikę, zdolność i średni czas kiełkowania nasion w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych,
- wigoru hydrokondycjonowanych nasion na podstawie oceny przepuszczalności membran cytoplazmatycznych metodą elektroprowadnictwa wód nastoinowych oraz pomiarów ogólnej aktywności dehydrogenaz,
- wpływu hydrokondycjonowania nasion na dynamikę wschodów, liczbę wzeszłych siewek i ich wysokość po 18 dniach od wysiewu, w kontrolowanych warunkach w pokojach wegetacyjnych.

Nasiona marchwi 'Amsterdamska' uwadniano czterema metodami w temperaturze 20°C:

- moczone przez 2, 4, 6, 12 lub 24 godziny w napowietrzanej wodzie w stosunku objętościowym (v:v) 1:3 celem uwilgotnienia ich do różnych wilgotności, w zakresie od 10 do 52% zawartości wody. Uwilgatanianie to przeprowadzono dwoma sposobami: jednoetapowo – przez 0, 2, 4, 6, 12 lub 24 h w tej samej wodzie oraz dwuetapowo – przez 0, 2, 4, 6, 12 lub 24 godz., z 4-godzinną przerwą po 2 godzinach wstępnego uwilgotnienia i następnym moczeniem przez pozostały okres w nowej wodzie,
- w różnych dawkach wody w zakresie od 0 do 1280 ml wody · kg nasion⁻¹, w celu uwilgotnienia ich do wilgotności w zakresie od 10 do 50%: jednoetapowo – w całej dawce tej samej wody, oraz dwuetapowo – nasiona nawilżano początkowo w 160 µl wody g nasion⁻¹ i następnie po 4 godzinach inkubacji pozostałą częścią dawki nowej dawki wody.

Do dalszych badań wybrano nasiona uwilgotnione do 30, 35, 40-42% zawartości wody, która według wstępnych doświadczeń autorów może być najbardziej przydatna.

Uwilgotnione nasiona wymienionymi metodami inkubowano następnie w temperaturze 18-20°C w hermetycznych pojemnikach przez 1, 2, 4 lub 6 dni, codziennie je przewietrzając i oceniając ich wilgotność metodą suszarkową.

Tak skondycjonowane nasiona wysuszone w laboratorium, na bibule filtracyjnej w 20°C i 50-60% RH do wilgotności wyjściowej i następnie oceniono ich wartość siewną metodami rutynowo stosowanymi w Pracowni Nasiennictwa IO w Skierniewicach:

- dynamikę, zdolność i średni czas kiełkowania w 20°C,

- przepuszczalność membran cytoplazmatycznych metodą elektroprowadnictwa wód nastoinowych oraz ogólną aktywność dehydrogenaz,
- dynamikę wschodów, liczbę wzeszłych siewek i ich wysokość po 18 dniach od wysiewu, w kontrolowanych warunkach w pokojach wegetacyjnych.

Jednostopniowe i dwustopniowe uwilgatanianie zastosowano w celu sprawdzenia wpływu powolnego (dwustopniowego) i szybkiego (jednostopniowego) uwilgataniania na wartość siewną nasion. Celem było sprawdzenie wpływu powolnego i szybkiego uwilgataniania nasion na możliwość uszkodzenia membran cytoplazmatycznych podczas powolnego i szybkiego wnikania wody do komórek. Ponadto wymiana wody podczas uwilgataniania może wpłynąć na wymywanie patogenów z powierzchni nasion i poprawić ich zdrowotność.

W trakcie inkubacji dokonywano pomiaru wilgotności nasion wyrażonej w % świeżej masy metodą suszarkową, zgodnie z zaleceniami ISTA [15].

W celu oceny dynamiki i zdolności kiełkowania wysiewano 3 x 50 nasion w temperaturze 20°C na wilgotną bibulę w szalkach Perti'ego i codziennie liczono liczbę skiełkowanych sztuk. Za skiełkowane nasiona przyjmowano te, u których korzonek zarodkowy przebił okrywą nasienną i uzyskał długość co najmniej 1 mm.

Przepuszczalność membran cytoplazmatycznych badano metodą elektroprowadnictwa wód nastoinowych w 20°C, po umieszczeniu 1 grama nasion w probówkach i dodaniu 3 ml wody destylowanej. Elektroprowadnictwo wód nastoinowych mierzono po 2 i 4 godzinach przy użyciu mikrokomputera konduktometru CC-551 Elmetron.

Ogólną aktywność dehydrogenaz oceniano po 24 godzinach uwilgotnienia nasion w temperaturze 25°C na bibule filtracyjnej zwilżonej wodą destylowaną. Następnie 0,1 g nasion został zmiażdżony i inkubowany w 25°C przez 24 godziny w 1 ml 0,1 M buforu fosforanu sodu, pH 7,2, zawierającego 0,7% 2,3,5- trifenylchloroku tetrazoliny. Po tym czasie próbki wirowano (5 min. 12000xg) i osad ekstrahowano cztery razy w 10 ml acetonu. Absorbancję roztworu mierzono w stosunku do czystego acetonu, przy 510 nm. Aktywność dehydrogenaz oznaczono przy pomocy krzywej standardowej przygotowanej na podstawie znanych stężeń formazanu. Każde określenie zostało dokonane w czterech powtórzeniach.

W teście dynamiki i wzrostu siewek 3 x 50 nasion wysiano do standardowej gleby ogrodniczej w skrzynkach, które przykryto 0,5 cm warstwą przesianego piasku i umieszczono w pokoju wegetacyjnym w stałej temperaturze 20°C oraz 16-godzinnym oświetleniu dobowym światłem sodowym o gęstości strumienia fotonów światła fotosyntetycznie czynnego 100 µmol m⁻² s⁻¹, emitowanym przez lampy SON-T AGRO 400. Codziennie liczono liczbę wzeszłych siewek, a po 18 dniach od wysiania zmierzono ich wysokość.

Kontrolę stanowiły nasiona niekondycjonowane oraz uzyskane z nich siewki.

Badania wykonano w trzech seriach doświadczalnych, a prezentowane wyniki stanowią średnie z tych serii i powtórzeń. Wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. Wartości NIR_{0,05} przy analizie dynamiki kiełkowania nasion zostały wyznaczone na podstawie liniowego modelu mieszanego z uwzględnieniem pomiarów powtarzanych.

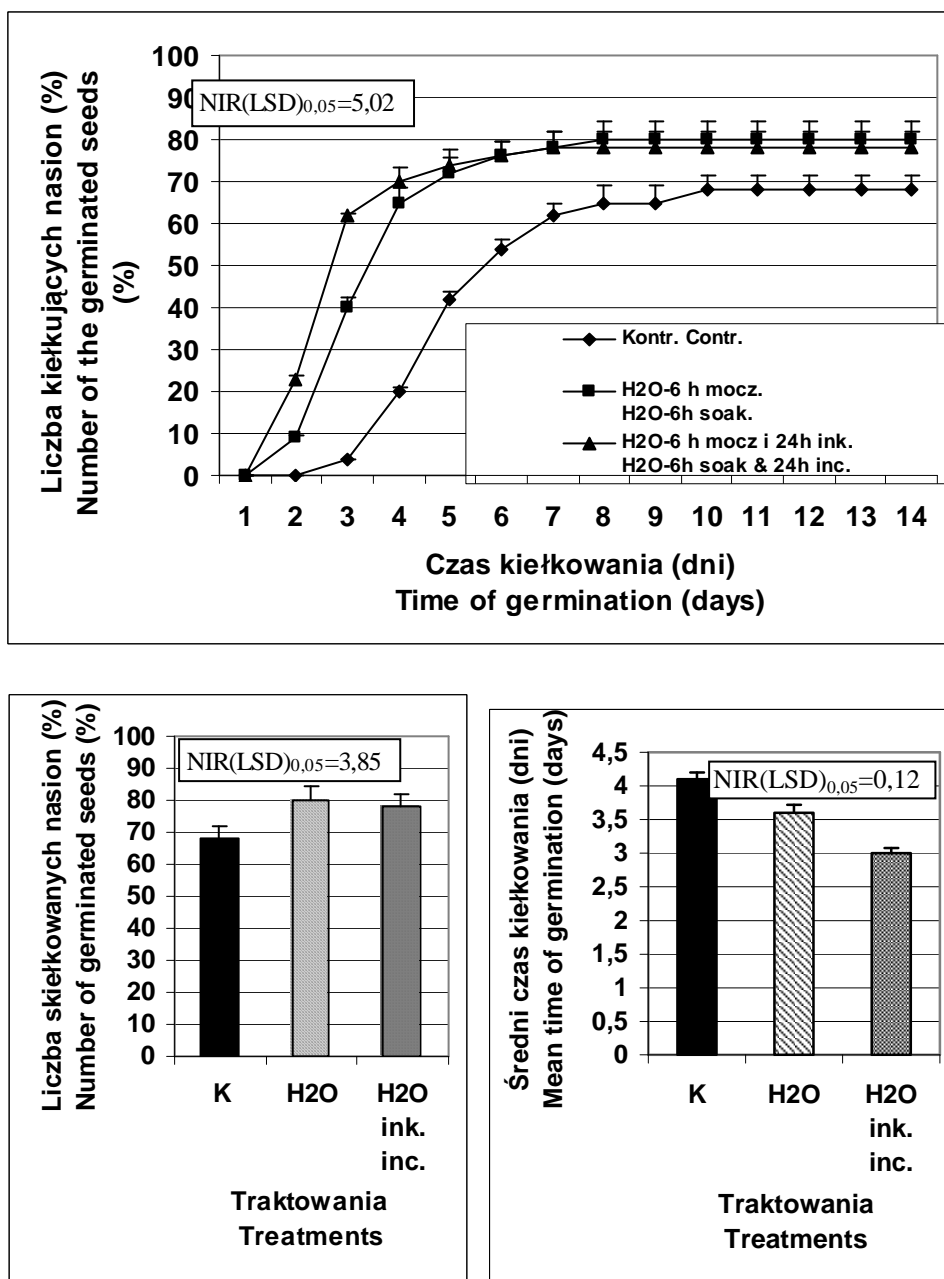
3. Wyniki i dyskusja

Uzyskane wyniki wskazują, że nasiona marchwi uwodnione do około 40% zawartości wody oraz inkubowane przez okres 2-4 dni i następnie wysuszone do wilgotności wyjściowej charakteryzują się wysokim wigorem, szybciej kiełkują, często w większym procencie, a uzyskane z nich siewki szybciej wschodzą niż siewki z nasion kontrolnych (rys. 1, 3).

Moczenie nasion o wilgotności wyjściowej 8-10%, przez okres 2-12 godzin (w tej samej lub raz zmienionej wodzie) umożliwia uwilgotnienie ich do 40-50% zawartości wody. Natomiast uwilgotnienie do 30-50% w dawkach wymaga zastosowania 288-1280 μl wody g nasion⁻¹.

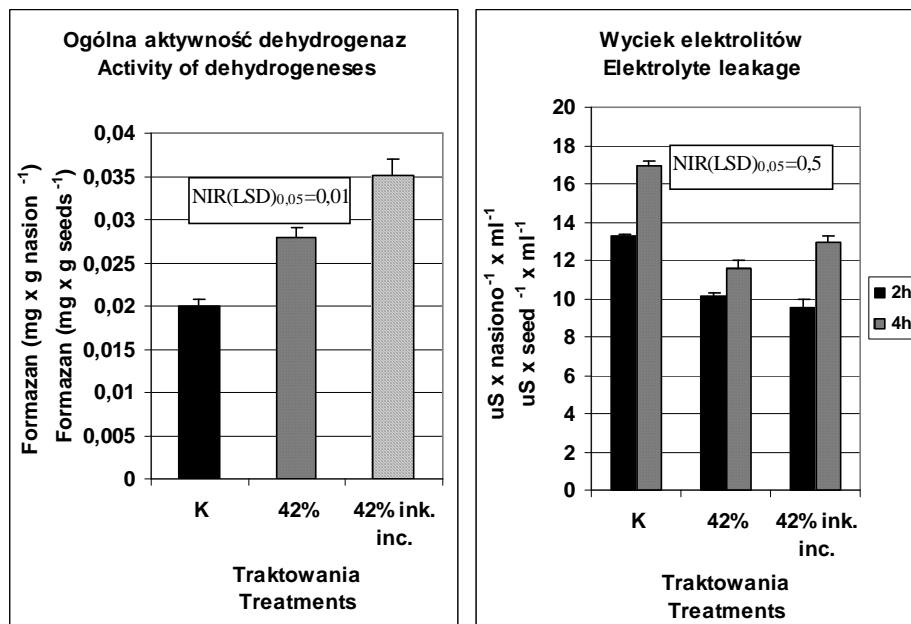
Wilgotność nasion uwilgotnianych jednoetapowo i dwuetapowo w tych samych dawkach wody jest podobna. Natomiast nasiona moczone dwuetapowo przez ten sam łączny okres zawierają nieco więcej wody niż uwilgotniane jednoetapowo, co jest prawdopodobnie związane z niemożliwością natychmiastowego i dokładnego powierzchniowego wysuszenia po pierwszym etapie, szczególnie dużych partii materiału siewnego (dane nie prezentowane).

Badania wykazały, że uwilgotnienie nasion marchwi czterema metodami do wilgotności około 40% oraz ich inkubacja przez 2-4 dni i wysuszenie do wilgotności wyjściowej znacznie przyspiesza kiełkowanie, skraca jego średni czas i zwiększa także odsetek kiełkujących nasion (rys. 1).



Rys. 1. Dynamika, zdolność i średni czas kiełkowania nasion marchwi 'Amsterdamska' w 20°C uwilgotnionych do 42% zawartości wody, nie inkubowanych lub inkubowanych 2 doby i następnie wysuszonych do wilgotności wyjściowej. Odchylenie standardowe $\pm\text{SD}$. Najmniejsza istotna różnica przy poziomie istotności $P=0,05$

Fig. 1. Dynamics, number of germinated seeds and mean germination time of carrot seeds 'Amsterdamska' at 20°C, moistened up to 42% of water content and not incubated or incubated for 2 days and then dried an initiate moisture content in laboratory conditions. Vertical bars denote $\pm\text{SD}$. LSD at alpha level of 0.05



Rys. 2. Ogólna aktywność dehydrogenaz oraz wyciek elektrolitów z nasion uwilgotnionych do 42% zawartości wody i następnie nie inkubowanych lub inkubowanych przez 2 dni w 20°C oraz wysuszonych do wilgotności wyjściowej w warunkach laboratoryjnych. Odchylenie standardowe \pm SD. Najmniejsza istotna różnica przy poziomie istotności $P=0,05$

Fig. 2. Total dehydrogenase activity and electrolyte leakage from carrot seeds 'Amsterdamska' at 20°C, moistened up to 42% of water content and not incubated or incubated for 2 days and then to an initiate moisture content in laboratory conditions. Vertical bars denote \pm SD. LSD at alpha level of 0.05

Korzystny wpływ hydrokondycjonowania był widoczny szczególnie w niesprzyjających do kiełkowania warunkach, w tym w zbyt niskiej temperaturze (10°C). W temperaturze 20°C, nasiona hydrokondycjonowane siewki w 68% po 3-4 dniach od wysiania na wilgotną bibułę, podczas gdy kontrolne dopiero po 10. Świadczy to o znacznym wyrównaniu tego procesu, co jest szczególnie ważne w warunkach polowych przy zaskorupiającej się szybko glebie i braku opadów. Pod wpływem tego zabiegu zdolność kiełkowania zwiększyła się od 68% w kontroli do 80%, natomiast średni czas kiełkowania nasion zmniejszył odpowiednio od 4,2 do 3 dni. Uwilgotnienie w wodzie, w stosunku objętościowym (v:v) 1:3 lub w jej dawkach do tej samej wilgotności miało zbliżony wpływ na kiełkowanie nasion. Dane te wskazują, że w czasie hydrokondycjonowania dużej ilości nasion można stosować dawki wody, co jest bezpieczniejsze i wygodniejsze dla całego zabiegu. Problemem jest tu tylko jednolite uwilgotnienie całego materiału siewnego w pierwszym okresie zabiegu (rys. 1).

Jednorazowe lub dwuetapowe uwilgotnianie nasion i ich inkubacja wpłynęło w podobnym stopniu na przyspieszenie dynamiki, średniego czasu i zdolności kiełkowania. Świadczy to, że szybko wnikać woda do komórek podczas jednorazowego uwilgotnienia nasion o wilgotności około 10% wody nie wpływa ujemnie na struktury cytoplazmatyczne i ten sposób moczenia może być stosowany w praktyce ogrodniczej. Można jedynie zmieniać wodę, co powinno sprzyjać wymywaniu patogenów z powierzchni nasion zwiększając ich zdrowotność (dane nie udokumentowane).

Hydrokondycjonowanie nasion pozytywnie wpłynęło także na zwiększenie aktywności metabolicznej w nasionach, co wykazał wigorowy test ogólnej aktywności dehydrogenaz, uznany przez autorów na podstawie wieloletnich badań jako jeden z lepszych do oceny jakości biologicznej materiału siewnego (rys. 2). Procesy metaboliczne były najintensywniejsze i najbardziej zaawansowane w nasionach

najbardziej uwodnionych oraz inkubowanych i były skorelowane z ich wartością siewną. Wyniki te wskazują na przydatność hydrokondycjonowania w poprawianiu wartości siewnej nasion marchwi, podobnie jak w przypadku innych gatunków roślin [1, 2, 3, 4, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 18].

Rezultatem pozytywnego wpływu hydrokondycjonowania na dynamikę, zdolność i średni czas kiełkowania oraz aktywność metaboliczną była znaczna poprawa dynamiki i średniego czasu oraz wyrównania wschodów siewek, zwiększenia ich liczby i szybszego wzrostu roślin. Siewki zaczęły wschodzić o 2 dni wcześniej niż kontrolne. Również maksymalna liczba siewek uzyskanych z nasion kondycjonowanych weszła o 4 dni wcześniej i w większej liczbie niż z kontrolnych (rys. 3).

Zwiększony wigor nasion, przyspieszone kiełkowanie oraz wschody siewek przyczyniły się do przyspieszonego wzrostu siewek, co jest bardzo korzystne w produkcji i ułatwia stosowanie wymaganych zabiegów agrotechnicznych (rys. 3).

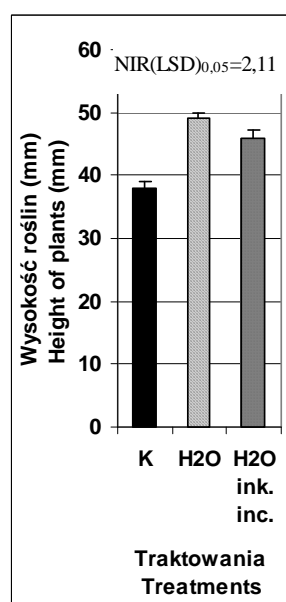
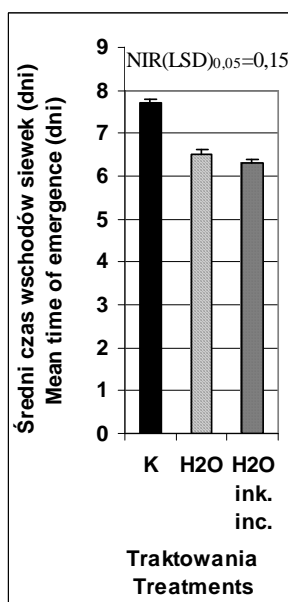
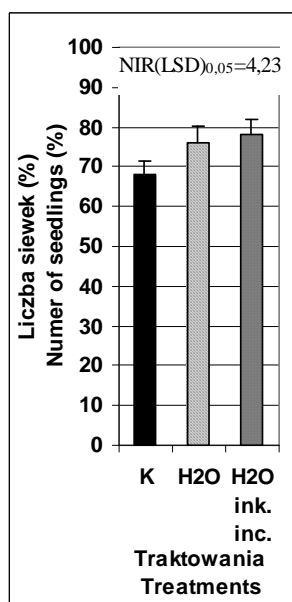
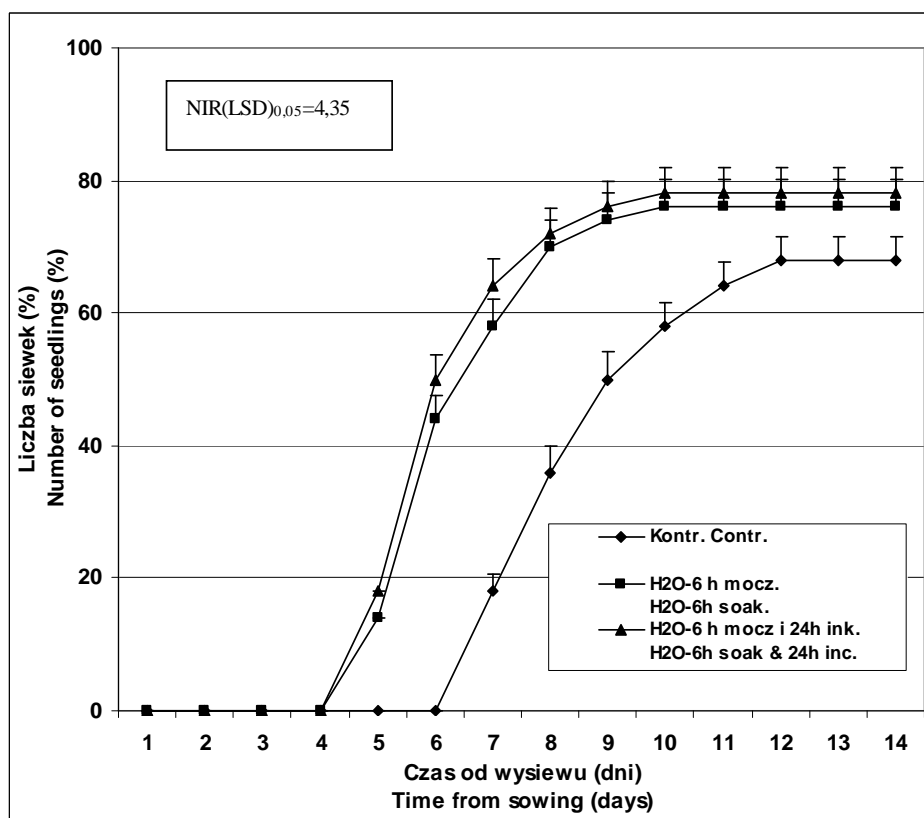
Uzyskane wyniki badań wskazują więc na możliwość poprawy kiełkowania, wschodów siewek i wzrostu roślin marchwi poprzez zastosowanie przedsewnego hydrokondycjonowania nasion, podobnie jak to uzyskano po zastosowaniu innych metod traktowania nasion [5, 6, 7, 8, 10, 13, 14, 19, 20, 21, 22]. Hydrokondycjonowanie jest tanią i stosunkową łatwą do wykonania metodą uszlachetniania nasion i z tego względu powinno być stosowane w praktyce. Uzyskane wyniki wskazują, że nasiona o wilgotności około 10%, często stosowane w obrocie handlowym, mogą być uwilgotniane bez obawy, że ich struktury cytoplazmatyczne będą uszkodzone przez szybko wnikać woda do zarodków wodę. Ważnym atutem dwu- lub jednostopniowego moczenia w zmienianej wodzie jest korzystny wpływ na zdrowotność nasion, co jest związane z wymywaniem patogenów z okrywy nasiennej.

Konieczne są dalsze badania nad optymalizacją metody hydrokondycjonowania dla nasion produkowanych w róż-

nych warunkach środowiskowych. Wskazany okres inkubacji może ulec pewnym zmianom w przypadku kondycjonowania nasion innych odmian, nieco inaczej czyszczonych lub dojrzewających w innych warunkach środowiskowych, szczególnie nadmiernej suszy lub obfitych opadów w związku z zachodzącymi zmianami klimatycznymi. Ważnym czynnikiem decydującym o efektach inkubacji jest też temperatura. Niewykluczone, że inna temperatura, niż stosowana w prezentowanych badaniach (20°C), np. 15

lub 25°C byłaby również korzystna, czy wręcz korzystniejsza. Wyjaśnienie tego problemu wymaga przeprowadzenia odrębnych badań.

Problemem niezbadanym, który wymaga również wyjaśnienia, jest stopień odwodnienia nasion, do którego można wysuszyć hydrokondycjonowane nasiona oraz warunki odwadniania, tj. temperatura, wilgotność powietrza, szybkość suszenia itp. Uzyskanie tych danych wymaga odrębnych doświadczeń.



Rys. 3. Dynamika, liczba i średni czas wschodów siewek oraz ich wysokość po 18 dniach od wysiewu nasion marchwi 'Amsterdamska' w 20°C, uwilgotnionych do 42% zawartości wody, nie inkubowanych lub inkubowanych 2 doby i następnie wysuszonych do wilgotności wyjściowej. Najmniejsza istotna różnica przy poziomie istotności P=0,05

Fig. 3. Dynamics of emergence, number of emerged seedlings and mean emergence time of carrot seeds 'Amsterdamska' at 20°C, moistened up to 42% of water content and not incubated or incubated for 2 days and then to an initiate moisture content in laboratory conditions. Vertical bars denote \pm SD. LSD at alpha level of 0.05

4. Wnioski

1. Jednostopniowe lub dwustopniowe uwadnianie nasion marchwi w wodzie w stosunku objętościowym (v:v) 1:3 lub jej dawkach do wilgotności około 40% i inkubacja przez 2-4 dni w 20°C skraca znacznie średni czas kiełkowania, poprawia zdolność kiełkowania i zdrowotność, aktywność metaboliczną oraz przyspiesza i wyrównuje wschody siewek.
2. Jedno- lub dwustopniowe moczenie w zmienianej wodzie sprzyja większej zdrowotności nasion.

5. Literatura

- [1] Badek B., Van Duijn B., Grzesik M.: Effects of water supply methods and seed moisture content on germination of China aster (*Callistephus chinensis*) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seeds. *European Journal of Agronomy*, 2006, 24, 45-51.
- [2] Badek B., Van Duijn B., Grzesik M.: Effects of water supply methods and incubation during priming on germination of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seeds. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 2006, 65, 17-28.
- [3] Badek B., Van Duijn B., Grzesik M.: Wpływ parametrów kondycjonowania na starzenie się nasion astra chińskiego (*Callistephus chinensis*). *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2006, z. 510: 49-56.
- [4] Badek B., Van Duijn B., Grzesik M.: Effects of water supply methods and incubation on germination of China aster (*Callistephus chinensis*) seeds. *Seed Science and Technology*, 2007, Vol. 35, No 3, 569-576 (8).
- [5] Bieniek A.: Influence of fungicide treatment and osmoconditioning with polyethylene glycol on germination of graded carrot seeds. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 2001, 55: 115-120.
- [6] Bieniek A., Strachowska A.: Porównanie efektywności kondycjonowania nasion marchwi i selera w glikolu polietylenowym i w celicie. *Roczniki Akademii Rolniczej Poznań, CC-CXXIII, Ogrodnictwo*, 2000, 31: 223-227.
- [7] Borowski A., Michałek R.: Wpływ kondycjonowania nasion na wschody i wczesny wzrost siewek cebuli i marchwi. *Annals of Botany*, 2006, 16. 119-127.
- [8] Dawidowicz-Grzegorzewska A.: Ultrastructure of carrot seeds during matricconditioning with Micro-Cel E. *Annals of Botany*, 1997, 79, 535-545.
- [9] Grzesik M., Romanowska-Duda Z., Janas R.: Seed sterilization with non-toxic chemicals for human and environment. *Folia Horticulturae*, 2003, nr 1, s. 562-564.
- [10] Grzesik M., Karsznicka A., Badek B., Górnik K.: Wpływ wybranych czynników na efektywność kondycjonowania nasion. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 2003, 488. 405-412 .
- [11] Grzesik M., Karsznicka A., Badek B., Górnik K.: Fizjologiczne podstawy kondycjonowania nasion. W: Wybrane zagadnienia z nasiennictwa roślin ogrodniczych. Praca zbiorowa pod redakcją B. Michalik i W. Weinera PTNO Kraków, 2004, 85-93.
- [12] Grzesik M. Wybrane zagadnienia z produkcji nasion ekologicznych. W: Wybrane zagadnienia z nasiennictwa roślin ogrodniczych. Praca zbiorowa pod redakcją B. Michalik i W. Weinera PTNO Kraków, 2004, 86-93.
- [13] Grzesik M., Romanowska-Duda B.Z., Van Duijn B., Janas R., Badek B., Górnik K. Usefulness of some Ecological Methods in Seed Technology. *Biblioteka Fragmenta Agronomii*, 2006: 11; 755-756.
- [14] Grzesik M., Janas R., Romanowska-Duda B.Z.: Effects of Akwaton on germination, physiological events and seed health status of some plant species. w: *Spontaneous and Induced Variation for the Genetic Improvement of Horticultural Crops*, ed. P. Nowaczyk, 2007, s. 131-136. ISBN978-83-89334-13-8.
- [15] ISTA 2003. *International Rules for Seed Testing*. Edition 2003. Published by: The International Seed Testing Association P.O.Box 308, 8303 Basserdorf, CH-Switzerland.
- [16] Janas R., Grzesik M.: Zastosowanie środków biologicznych do poprawy jakości nasion roślin ogrodniczych. *Progress in Plant Prot/ Postępy w Ochronie Roślin*, 2005, 45, 1: 739-741.
- [17] Janas R., Grzesik M.: Wykorzystanie biostymulatorów w uprawach roślin ogrodniczych na nasiona. *Konf. Nauk. "Nauka dla hodowli roślin uprawnych"*. Zakopane, 02.-06. 02.2009: 144.
- [18] Janas R., Grzesik M.: Poprawa wartości siewnej nasion kopru włoskiego (*Foeniculum vulgare* Mill) metodą kondycjonowania. *Postępy Nauk Rolniczych*, 2009.
- [19] Kolańska A., Dąbrowska A.: Wpływ sposobu uszlachetniania materiału siewnego marchwi i pietruszki na zdolność kiełkowania, wigor oraz wschody. *Biul. Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 1996, 197: 261-271.
- [20] McDonald, M.B.: Seed priming. W: Black M., Bewley J.D. *Seed Technology and its Biological Basis*. Sheffield Academic Press, England; CRC Press, U.S.A. and Canada, 2000, 287-325.
- [21] Piękna-Grochala J., Kępczyńska E.: Wpływ matrykondycjonowania na kiełkowanie nasion marchwi [*Daucus carota* L.] i pora [*Allium porrum* L.] *Zeszyty Naukowe, Uniwersytet Szczeciński Acta Biologica*, 1999, 29-37.
- [22] Szafirowska A., Janas R.: Integrating matricconditioning and chemical seed treatment to improve carrot field emergence and yield. *Vegetable Crop Research Bulletin*, 2000, 53: 55-63.