

WPLYW KONTROLOWANEJ ATMOSFERY I NISKIEJ KONCENTRACJI ETYLENU NA TRWAŁOŚĆ PRZECHOWALNICZĄ CEBULI

**EFFECT OF CONTROLLED ATMOSPHERE
AND LOW CONCENTRATION OF ETHYLENE
ON STORAGE POTENTIAL OF ONION**

Ewa Badelek, Franciszek Adamicki*, Robert Maciorowski

Instytut Ogrodnictwa

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

*emerytowany pracownik Instytutu Ogrodnictwa

Abstract

The aim of the study conducted in 2009–2012 was to determine the influence of controlled atmosphere (CA) and low concentration of ethylene on sprouting, rooting and storage potential of onion. Two cultivars of onion ‘Polanowska’ and ‘Grabowska’ treated and untreated with maleic hydrazide (MH) were used for experiment. Onion was stored at $3 \pm 0,5$ °C for 6 months. Onion untreated with MH was stored in CA containing: 2% CO₂ – 2% O₂, 2% CO₂ – 2% O₂ + 15 ppm of ethylene, 3% CO₂ – 5% O₂, 3% CO₂ – 5% O₂ + 15 ppm of ethylene, air + 15 ppm, and in air (control). Onion treated with MH was stored only in air. The higher percentage of the premium quality onion was found after storage in CA containing 2% CO₂ – 2% O₂ compared to 3% CO₂ – 5% O₂. Additional use of ethylene to CA 2% CO₂ – 2% O₂ and 3% CO₂ – 5% O₂ had no effect on the quality and storage potential of onion. There was found beneficial effect of ethylene in air. The percentage of premium quality onion was significantly higher compared to air without ethylene. Usage of HM improved slightly quality of onion, compared to untreated onion and stored in air with ethylene.

Key words: onion, cultivar, storage, controlled atmosphere, ethylene, maleic hydrazide

WSTĘP

Cebula ze względu na kulisty kształt, zwartą budowę łusek mięsistych, pokrycie główek suchymi łuskami zabezpieczającymi przed parowaniem, porażeniem przez choroby i uszkodzeniami mechanicznymi oraz wytrzymałość na niskie temperatury, nadaje się do transportu i długotrwałego przechowywania. Trwałość przechowalnicza i jakość cebuli jest uza-

leżniona od odmiany (Adamicki 1998b), warunków klimatycznych i agrotechnicznych panujących w okresie wegetacji (Grzegorzewska 1998; Põldma i in. 2012), terminu zbioru i stopnia dojrzałości (Grzegorzewska 1998; Horbowicz i Grzegorzewska 2000; Suojala 2001), a także od warunków przechowywania (Adamicki 1998a, b; Adamicki 2005; Ilić i in. 2009; Põldma i in. 2012). Optymalna temperatura do przechowywania cebuli to 0 °C i wilgotność względna powietrza w granicach 65–75%. Wyrastanie korzeni oraz szczypioru podczas przechowywania obniża jakość cebuli i powoduje zmniejszenie twardości cebul, spękanie, rozluźnienie i odpadanie od główki suchej łuski, a w końcowym efekcie także porażenie przez choroby. Długość spoczynku bezwzględnej cebuli, w czasie którego nie następuje wyrastanie szczypioru jest uzależniona od odmiany. U odmian wczesnych cebula zaczyna wyrastać zaraz po zbiorze i dosuszeniu, a u odmian późnych nawet dwa miesiące później (Adamicki 2007). Szybkość wyrastania szczypioru wewnętrznej cebuli jest częściowo kontrolowana przez endogenne hormony (Chope i in. 2006). Wykazano, że ilość kwasu abscysynowego w cebuli zmniejszała się w czasie przechowywania w kontrolowanej atmosferze, a jego najmniejsza zawartość pokrywała się z początkiem wyrastania szczypioru. Optymalną temperaturą do wyrastania szczypioru jest temperatura około 15 °C (Komochi 1990). Podczas przechowywania cebuli w przechowalni z grawitacyjnym obiegiem powietrza, wzrost temperatury zewnętrznej w okresie wiosennym, powoduje podniesienie temperatury w przechowalni i bardzo szybkie wyrastanie szczypioru, które u niektórych odmian może sięgać nawet 50–70% po 6 miesiącach przechowywania (Adamicki 1998b). Według Grzegorzewskiej i in. (2014) straty po 6 miesiącach przechowywania cebuli wynoszą odpowiednio: w chłodni w temp. 0 °C – 5%, w chłodni w temp. 5 °C – 24%, w przechowalni grawitacyjnej – 60% i uzależnione są od odmiany. Po przechowaniu cebuli w wyższych temperaturach główny udział w stratach stanowiła cebula z wyrosniętym szczypiosem. Zahamowanie wyrastania korzeni i szczypioru następuje podczas przechowywania cebuli w kontrolowanej atmosferze (KA) zawierającej 5% CO₂ i 3% O₂ (Chope i in. 2007b) oraz w ultra niskiej koncentracji tlenu: 3% CO₂ – 0,5% O₂, 3% CO₂ – 1–2% O₂ (Adamicki 2005). Na zahamowanie lub opóźnienie wyrastania korzeni i szczypioru w czasie przechowania efektywnie wpływa również, powszechnie stosowany w wielu krajach, hydrazyd kwasu maleinowego (HM) (Adamicki 1995; Benkeblia 2004; Adamicki 2005). Preparat działa destrukcyjnie na najmłodsze komórki wierzchołka wzrostu hamując ich podział, co uniemożliwia różnicowanie się tkanek i wyrastanie nowego

szczypioru wewnątrz cebuli (Adamicki 2007). Badania wykazały również, że egzogeny etylen hamuje wyrastanie cebuli w szczypior, jednak jego rola w regulowaniu spoczynku cebuli nie jest dokładnie poznana, a dostępna literatura na ten temat nie jest jednoznaczna (Adamicki 2007; Bufler 2009). Traktowanie cebuli 1-metylocyklopropenem (1-MCP), który jest blokerem etylenu, wpływa również na zahamowanie wyrastania szczypioru podczas przechowywania cebuli w temp. 4 °C i 12 °C, nie ma natomiast pozytywnego wpływu w temperaturze 20 °C (Chope i in. 2007a). Downes i in. (2010) traktując 1-metylocyklopropenem dwie odmiany cebuli – ‘Sherpa’ i Wellington stwierdzili zahamowanie wyrastania szczypioru tylko u odm. ‘Sherpa’. Od wielu lat znana jest metoda ciągłego dostarczania etylenu do otaczającej atmosfery, stosowana do hamowania wyrastania kielków ziemniaków podczas przechowywania (Rylski i in. 1974; Daniels-Lake i in. 2005; Foukaraki i in. 2014). Dostarczanie etylenu do atmosfery przez co najmniej 25 tygodni opóźnia wyrastanie kielków ziemniaków, a po ich pojawieniu się wydłużanie jest zahamowane i większość z nich nie przekracza 5 mm (Prange i in. 1998). Opóźnienie wstawienia ziemniaków do atmosfery z etylenem do momentu, gdy na 10% bulw przechowywanych w normalnej atmosferze pojawiają się pierwsze kielki jest tak samo skuteczne, jak wstawienie ziemniaków do atmosfery z etylenem zaraz po zbiorze (Foukaraki in. 2014). Etylen jest stosowany w Kanadzie do zahamowania wyrastania kielków ziemniaków odmiany ‘Russet Burbank’, a w Anglii, zarówno do zahamowania wyrastania kielków ziemniaków, jak i cebuli w szczypior i korzenie (Briddon 2006).

Celem badań było określenie wpływu kontrolowanej atmosfery i niskiej koncentracji etylenu, a także traktowania cebuli hydrazidem kwasu maleinowego na zahamowanie wyrastania cebuli w korzenie i szczypior podczas jej długotrwałego przechowywania.

MATERIAL I METODY

Badania prowadzone w Instytucie Ogrodnictwa w Skierniewicach w latach 2009–2012 obejmowały 3 sezony przechowalnicze: 2009/2010, 2010/2011 i 2011/2012. Materiałem do badań były dwie późne odmiany cebuli: ‘Grabowska’ i ‘Polanowska’ uprawiane na polu doświadczalnym Instytutu Ogrodnictwa. Nasiona wysiewano w drugiej połowie kwietnia. Uprawę prowadzono metodą konwencjonalną, zgodnie z zaleceniami dla tego typu uprawy. Na około 2 tygodnie przed zbiorem, gdy 50% roślin miało załamany szczypior, część cebuli na plantacji była opryskana hydrazidem kwasu maleinowego. Zbiór cebuli przeprowadzano gdy 60–80%

cebul miało załamany szczypior (koniec sierpnia początek września). Po zbiorze cebula była dosuszana 7–10 dni w polu, a potem pod zadaszeniem do połowy listopada. Następnie cebulę oczyszczano (obcinano korzenie i szczypior), sortowano i ważono. Doświadczenie założono w trzech powtórzeniach po 10 kg cebuli w każdym powtórzeniu. W 2009 r. cebulę wstawiono do chłodni 19 listopada, w 2010 r. – 24 listopada i w 2011 r. – 23 listopada. Cebula była przechowywana w temperaturze $3 \pm 0,5$ °C przez okres 6 miesięcy. Cebula nie opryskiwana hydrazidem kwasu maleinowego była przechowywana w gazoszczelnych kontenerach umieszczonych w komorze chłodniczej, w których utrzymywano następujący skład gazowy atmosfery: 2% CO₂ – 2% O₂, 2% CO₂ – 2% O₂ + 15 ppm etylenu, 3% CO₂ – 5% O₂, 3% CO₂ – 5% O₂ + 15 ppm etylenu oraz w normalnej atmosferze (NA) + 15 ppm etylenu. Cebula opryskiwana hydrazidem kwasu maleinowego była przechowywana tylko w normalnej atmosferze. Obiektem kontrolnym była cebula nie traktowana hydrazidem kwasu maleinowego i przechowywana w normalnej atmosferze (NA). Skład gazowy atmosfery był kontrolowany i automatycznie sterowany za pomocą urządzenia Oxystat 200 firmy David Bishop Instruments, Sussex, UK. Stężenie etylenu na poziomie 15 ppm było utrzymywane za pomocą urządzenia ICA Ethylene Control System i sensorów etylenu (ICA 514). Wilgotność względna powietrza w komorze chłodniczej wynosiła 75–85%.

Po przechowaniu cebulę posortowano na: eksportową (cebula najwyższej jakości – twarda, bez widocznego szczypioru i korzeni, z przynajmniej jedną, dobrze przylegającą, całą suchą łuską), ze spękaną łuską, z wyrośniętymi korzeniami, z wyrośniętym szczypiorem oraz porażoną przez choroby. Wstawiono również po 20 sztuk cebuli z każdego obiektu do temp. 18–20 °C (SOT – Symulowany Obrót Towarowy) na okres 3 tygodni, w celu określenia wyrastania szczypioru po chłodniczym przechowaniu.

Uzyskane wyniki analizowano statystycznie za pomocą analizy wariancji, traktując jako zmienne w analizie: lata, odmiany i warunki przechowywania. Dla istotnych efektów dokonano porównania średnich testem Tukeya przy $p = 0,05$. Dane odnoszące się do ilości cebul odmiany ‘Polanowska’ wyrośniętych w szczypior w warunkach SOT analizowano ze względu na brak normalności rozkładu, za pomocą nieparametrycznego testu Kruskala–Wallisa i szczegółowe porównania wykonano testem Dunna. Dla odmiany ‘Grabowska’ analizę wykonano w sposób parametryczny opisany wcześniej, czyli za pomocą analizy wariancji i testu

posthoc Tukeya. Wszystkie obliczenia wykonano w pakiecie statystycznym STATISTICA v.13.1 (Dell 2016).

WYNIKI I DYSKUSJA

We wszystkich latach badań nie stwierdzono zwiększonego występowania chorób w porównywanych odmianach i sposobach przechowania. Średnio dla odmiany 'Polanowska' udział cebuli porażonej przez choroby wynosił od 0,6 do 1,1% w zależności od warunków przechowywania, natomiast dla odmiany 'Grabowska' od 0,9 do 1,9%. Ubytki naturalne masy kształtowały się na podobnym poziomie u obu odmian i wynosiły około 5–7%. U cebuli przechowywanej w kontrolowanej atmosferze nie stwierdzono widocznego szczypioru na zewnątrz cebuli, a w normalnej atmosferze udział cebuli z wyrośniętym szczypiosem był również nieznaczny i wynosił 0,3% dla odm. 'Polanowska' i 1,1% dla odmiany 'Grabowska'. Brak wyrastania szczypioru w kontrolowanej atmosferze, a także niewielki udział cebuli z wyrośniętym szczypiosem w normalnej atmosferze świadczy o tym, że na zahamowanie wyrastania szczypioru w przeprowadzonych doświadczeniach miała wpływ głównie niska temperatura przechowania i w niewielkim stopniu kontrolowana atmosfera. Podobnie Ilić i in. (2009) stwierdzili po 6 miesiącach przechowywania cebuli w temp. 0–2 °C zaledwie 1–6% cebuli z wyrośniętym szczypiosem (w zależności od odmiany), podczas gdy w przechowalni chłodzonej powietrzem zewnętrznym 30–50% cebuli miało wyrośnięty szczypior. Również Pöldma i in. (2012) nie stwierdzili większego wyrastania cebuli w szczypior po długotrwałym przechowywaniu w niskiej temp. 1–2 °C, zarówno w normalnej, jak i kontrolowanej atmosferze. Uzyskane przez autorów wyniki potwierdzają również doniesienia Komochiego (1990), który podaje, że wyrastanie szczypioru następuje w wyższej temperaturze przechowania. Chope i in. (2006) także nie stwierdzili wyrośniętego szczypioru na zewnątrz u cebuli odm. 'Renate' przechowywanej w temp. 2 ± 1 °C w KA zawierającej 3% CO₂ – 5% O₂, natomiast wykazali różnice między odmianami w wyrastaniu szczypioru wewnętrznego. U odm. wczesnej SS1, mimo zastosowania niskiej temperatury i kontrolowanej atmosfery, już po około 85 dniach szczypior wewnętrzny stanowił 50% wysokości cebuli, podczas gdy u późnej odmiany 'Renate' po 230 dniach przechowywania szczypior wewnętrzny osiągnął zaledwie 10% wysokości cebuli. W późniejszych badaniach Chope i in. (2007a, b) wykazali korzystny wpływ kontrolowanej atmosfery o składzie 5% CO₂ – 3% O₂ na zahamowanie wyrastania szczypioru wewnętrznego u cebuli odm. 'Super Sweet'.

Wyniki badań z trzech sezonów przechowalniczych wykazały, że wyższy udział cebuli eksportowej uzyskano po przechowywaniu w kontrolowanych atmosferach niż w normalnej atmosferze (tab. 1). U cebuli przechowywanej w kontrolowanej atmosferze stwierdzono zahamowanie wyrastania szczypioru zewnętrznego i niewielkie wyrastanie korzeni. Obniżenie jakości cebuli po przechowywaniu w kontrolowanej atmosferze było głównie spowodowane spękaniem suchej łuski, natomiast w obiekcie kontrolnym poza wysokim udziałem cebuli ze spękaną łuską (od 28,3 u odm. ‘Grabowska’ do 35,1% u odm. ‘Polanowska’) (rys. 2), duży udział stanowiła cebula z wyrośniętymi korzeniami (44,7% odm. ‘Grabowska’ i 35,0% odm. ‘Polanowska’) (rys. 3).

Tabela 1. Wpływ sposobów przechowania na procentowy udział cebuli eksportowej po 6 miesiącach w temp. 3 °C (średnie z 3 lat)

Table 1. Effect of storage conditions on the percentage of premium quality onion after 6 months storage at 3 °C (means of 3 years)

Warunki przechowywania Treatment	Cebula eksportowa (%) Premium quality onion (%)
KA; CA 2% CO ₂ – 2% O ₂	76,3 a
KA; CA 2% CO ₂ – 2% O ₂ + 15 ppm C ₂ H ₄	78,6 a
KA; CA 3% CO ₂ – 5% O ₂	62,5 bc
KA; CA 3% CO ₂ – 5% O ₂ + 15 ppm C ₂ H ₄	69,2 ab
Normalna atmosfera + 15 ppm C ₂ H ₄	44,0 d
Normalna atmosfera (cebula traktowana HM)	54,0 cd
Air (onion treated with MH)	
Normalna atmosfera (kontrola)	19,1 e
Air (control)	

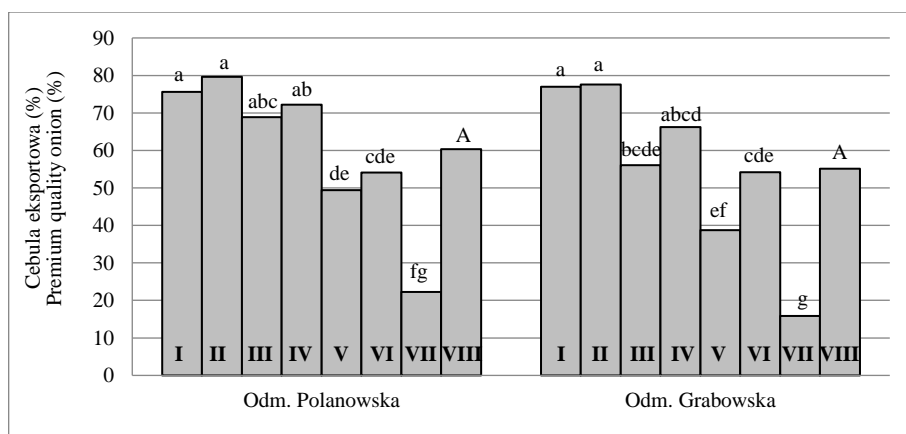
Średnie oznaczone jednakowymi literami nie różnią się istotnie według testu Tukeya przy p = 0,05

Means followed by the same letter are not significantly different according to Tukey's test at p = 0.05

Istotnie wyższy udział cebuli eksportowej notowano po przechowywaniu w atmosferze zawierającej 2% CO₂ – 2% O₂, średnio 76,3%, natomiast w atmosferze 3% CO₂ – 5% O₂ udział cebuli eksportowej wynosił średnio 62,5%. (tab. 1). W atmosferze 2% CO₂ – 2% O₂, udział cebuli eksportowej był na podobnym poziomie u obu odmian i wynosił u odm. ‘Polanowska’ 75,6% i u odm. ‘Grabowska’ 77,0% (rys. 1). Podobna sytuacja wystąpiła przy przechowywaniu w atmosferze zawierającej 3% CO₂ – 5% O₂.

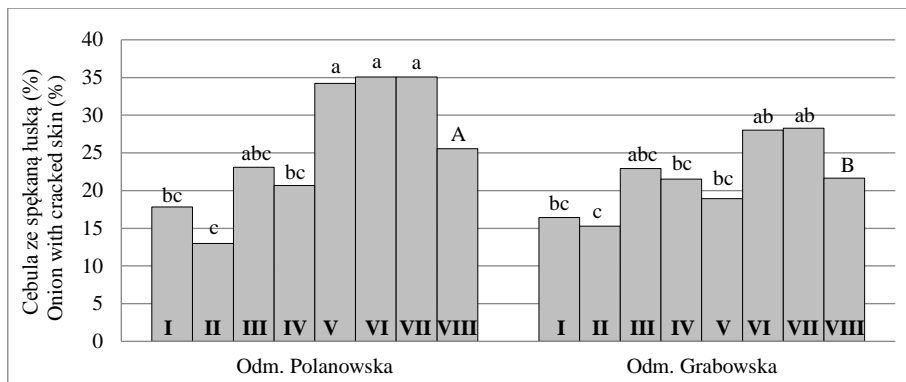
We wcześniejszych badaniach Adamicki (2005) stwierdził różnice między odmianami ‘Rumba’ i ‘Renate’ podczas przechowywania cebuli w ultra niskich koncentracjach tlenu od 0,5 do 2%. Autor uzyskał prawie dwukrotnie więcej cebuli najwyższej jakości dla odmiany ‘Renate’ w porównaniu z odmianą ‘Rumba’. Põldma i in. (2012) wykazali mniejsze straty podczas przechowywania cebuli i czosnku w kontrolowanej atmosferze zawierającej 1% O₂ i 5% CO₂ niż w normalnej atmosferze. Według autorów kontrolowana atmosfera o niskiej koncentracji tlenu w połączeniu z niską temperaturą hamowała również rozwój szarej pleśni u cebuli porażonej w okresie wegetacji *Botrytis allii*.

Dodatek etylenu do atmosfery zawierającej 2% CO₂ – 2% O₂ nie miał wpływu na lepsze przechowanie cebuli (tab. 1). U obu odmian udział cebuli eksportowej po przechowaniu w atmosferze 2% CO₂ – 2% O₂ z dodatkiem etylenu był na podobnym poziomie, jak po przechowaniu w atmosferze bez dodatku etylenu (rys. 1).



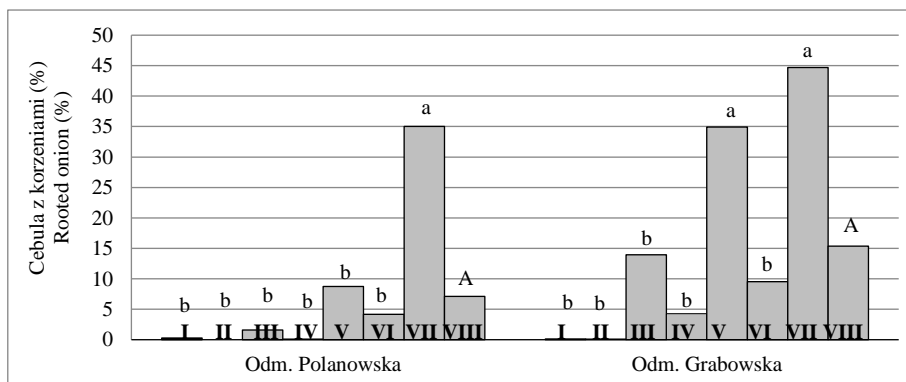
Rys. 1. Procentowy udział cebuli eksportowej po 6 miesiącach przechowywania w temperaturze 3 °C w: **I** – KA 2% CO₂ – 2% O₂, **II** – KA 2% CO₂ – 2% O₂ + 15 ppm C₂H₄, **III** – KA 3% CO₂ – 5% O₂, **IV** – KA 3% CO₂ – 5% O₂ + 15 ppm C₂H₄, **V** – NA + 15 ppm C₂H₄, **VI** – NA + HM, **VII** – NA (kontrola), **VIII** – średnia dla odmiany. Średnie z trzech lat badań. Wartości oznaczone jednakowymi literami (małymi i wielkimi) nie różnią się istotnie według testu Tukeya przy p = 0,05.

Fig. 1. Percentage of premium quality onion after 6 months storage at 3 °C in: **I** – CA 2% CO₂ – 2% O₂, **II** – CA 2% CO₂ – 2% O₂ + 15 ppm C₂H₄, **III** – CA 3% CO₂ – 5% O₂, **IV** – CA 3% CO₂ – 5% O₂ + 15 ppm C₂H₄, **V** – air + 15 ppm C₂H₄, **VI** – air + MH, **VII** – air (control), **VIII** – mean for cultivars. Means of 3 years, followed by the same letter (small and capital) are not significantly different according to Tukey's test at p = 0.05.



Rys. 2. Procentowy udział cebuli ze spękaną łuską po 6 miesiącach przechowywania w temperaturze 3 °C w: **I** – KA 2% CO₂ – 2% O₂, **II** – KA 2% CO₂ – 2% O₂ + 15 ppm C₂H₄, **III** – KA 3% CO₂ – 5% O₂, **IV** – KA 3% CO₂ – 5% O₂ + 15 ppm C₂H₄, **V** – NA + 15 ppm C₂H₄, **VI** – NA + HM, **VII** – NA (kontrola), **VIII** – średnia dla odmiany. Średnie z trzech lat badań. Wartości oznaczone jednakowymi literami (małymi i wielkimi) nie różnią się istotnie według testu Tukeya przy p = 0,05.

Fig. 2. Percentage of onion with cracked skin after 6 months storage at 3 °C in: **I** – CA 2% CO₂ – 2% O₂, **II** – CA 2% CO₂ – 2% O₂ + 15 ppm C₂H₄, **III** – CA 3% CO₂ – 5% O₂, **IV** – CA 3% CO₂ – 5% O₂ + 15 ppm C₂H₄, **V** – air + 15 ppm C₂H₄, **VI** – air + MH, **VII** – air (control), **VIII** – mean for cultivars. Means of 3 years, followed by the same letter (small and capital) are not significantly different according to Tukey's test at p = 0.05.



Rys. 3. Procentowy udział cebuli z korzeniami po 6 miesiącach przechowywania w temperaturze 3 °C w: **I** – KA 2% CO₂ – 2% O₂, **II** – KA 2% CO₂ – 2% O₂ + 15 ppm C₂H₄, **III** – KA 3% CO₂ – 5% O₂, **IV** – KA 3% CO₂ – 5% O₂ + 15 ppm C₂H₄, **V** – NA + 15 ppm C₂H₄, **VI** – NA + HM, **VII** – NA (kontrola), **VIII** – średnia dla odmiany. Średnie z trzech lat badań. Wartości oznaczone jednakowymi literami (małymi i wielkimi) nie różnią się istotnie według testu Tukeya przy p = 0,05.

Fig. 3. Percentage of rooted onion after 6 months storage at 3 °C in: **I** – CA 2% CO₂ – 2% O₂, **II** – CA 2% CO₂ – 2% O₂ + 15 ppm C₂H₄, **III** – CA 3% CO₂ – 5% O₂, **IV** – CA 3% CO₂ – 5% O₂ + 15 ppm C₂H₄, **V** – air + 15 ppm C₂H₄, **VI** – air + MH, **VII** – air (control), **VIII** – mean for cultivars. Means of 3 years, followed by the same letter (small and capital) are not significantly different according to Tukey's test at p = 0.05.

W kontrolowanej atmosferze zawierającej 3% CO₂ – 5% O₂ z dodatkiem etylenu udział cebuli eksportowej był nieco wyższy (zwłaszcza dla odmiany ‘Grabowska’) niż w atmosferze bez dodatku etylenu, ale różnice były statystycznie nieistotne. Korzystny wpływ etylenu na poprawę jakości cebuli stwierdzono u obu odmian przechowywanych w normalnej atmosferze. Udział cebuli eksportowej w normalnej atmosferze z dodatkiem etylenu wynosił u odmiany ‘Grabowska’ 38,7%, natomiast u odmiany ‘Polanowska’ 49,4%, podczas gdy w normalnej atmosferze bez dodatku etylenu (kontrola) wynosił odpowiednio 15,9% i 22,3%. W badaniach Buflera (2009) egzogenny etylen hamował nie tylko wyrastanie cebuli w szczypior w okresie spoczynku, ale również wydłużanie szczypioru u cebuli, u której rozpoczął się już proces jego wyrastania. We wcześniejszych badaniach Adamicki (2007) nie stwierdził wpływu etylenu na poprawę trwałości przechowalniczej cebuli w temperaturze 0 °C. Korzystny efekt etylenu wystąpił w temperaturze 8 °C. Autor stwierdził również różnice między odmianami w reakcji na etylen. Najsilniej na ciągłe dostarczanie etylenu do atmosfery reagowała odmiana ‘Sherpa’, dając wyższy procentowy udział cebuli handlowej, w porównaniu z odmianami ‘Sunskin’ i ‘Red Baron’. Podczas przechowywania ziemniaków nie stwierdzono wyraźnych różnic między odmianami w reakcji na działanie etylenu (Foukaraki i in. 2014).

Po zastosowaniu hydrazynu kwasu maleinowego i przechowywaniu w normalnej atmosferze uzyskano u obu odmian średnio po 54% cebuli eksportowej (tab. 1). Dla cebuli nietraktowanej hydrazynem maleinowym i przechowywanej w normalnej atmosferze udział cebuli eksportowej u obu odmian był istotnie niższy (rys. 1). Efekt działania hydrazynu maleinowego był zbliżony do zastosowania etylenu w normalnej atmosferze. Benkeblia (2004) u cebuli nietraktowanej HM i przechowywanej w temperaturze 10 i 20 °C uzyskał po 24 tygodniach odpowiednio 50% i 75% cebuli z wyrośniętym szczypiorem, podczas gdy w cebuli traktowanej, w temp. 20 °C – 22% i 38%, a w temp. 10 °C – 17% i 33% (w zależności od stężenia HM). Natomiast po 24 tygodniach przechowywania w temp. 4 °C udział cebuli z wyrośniętym szczypiorem był bardzo mały i wynosił około 5% dla cebuli traktowanej i około 7% dla nietraktowanej. Autor, podobnie jak Komochi (1990), potwierdza, że na zahamowanie wyrastania szczypioru większy wpływ ma przechowanie cebuli w niskiej temperaturze niż stosowanie hydrazynu maleinowego. W badaniach Suolaja (2001) po przechowaniu w niskiej temperaturze 0–1 °C stwierdzono, że największe straty były spowodowane wyrastaniem korzeni, które nastąpiło ze względu na wysoką wilgotność powietrza w komorze chłodniczej. Autor

ten sugeruje, że obniżenie wilgotności do optymalnego poziomu wpłynęłoby na zmniejszenie ilości cebuli w wyrosniętych korzeniach. W badaniach przeprowadzonych w Instytucie Ogrodnictwa mimo wyższej niż optymalna wilgotności powietrza w komorze, cebula traktowana hydrazidem maleinowym wyrastała w korzenie w mniejszym stopniu niż cebula nietraktowana (rys. 3). Udział cebuli z korzeniami w obiekcie traktowanym hydrazidem wynosił dla odmiany ‘Polanowska’ 4,7% i dla odmiany ‘Grabowska’ 10,3%, natomiast w obiekcie kontrolnym wynosił odpowiednio 35,1 i 44,0 %.

Tabela 2. Procentowy udział cebuli wyrosniętej w szczypior po 6 miesiącach przechowania w temp. 3 °C i 3 tygodniach w warunkach symulowanego obrotu towarowego (SOT – 18–20 °C) (średnie z trzech lat badań)
Table 2. Percentage amount of bulbs with visible sprouts after 6 months of storage at 3 °C and 3 weeks at shelf life (18–20 °C) (means of 3 years)

Warunki przechowywania Treatment	‘Polanowska’	‘Grabowska’
KA; CA 2% CO ₂ – 2% O ₂	0,0 a	6,5 a
KA; CA 2% CO ₂ – 2% O ₂ + 15 ppm C ₂ H ₄	0,0 a	6,5 a
KA; CA 3% CO ₂ – 5% O ₂	3,5 a	25,0 ab
KA; CA 3% CO ₂ – 5% O ₂ + 15 ppm C ₂ H ₄	1,5 a	8,5 a
Normalna atmosfera + 15 ppm C ₂ H ₄ Air + 15 ppm C ₂ H ₄	10,0 a	36,5 b
Normalna atmosfera (cebula traktowana HM) Air (onion treated with MH)	6,5 a	13,5 ab
Normalna atmosfera (kontrola) Air (control)	35,0 a	38,5 b

Dane w kolumnach oznaczone jednakowymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0.05$. Dla odmiany ‘Polanowska’ dane analizowano testem Dunna, a dla odmiany ‘Grabowska’ testem Tukeya.

Data in columns followed by the same letter are not significantly different for ‘Polanowska’ cultivar according to Dunn’s test and for ‘Grabowska’ cultivar according to Tukey’s test at $p = 0.05$.

Hydrazyd maleinowy wpływa również na zahamowanie wyrastania szczypioru i korzeni w warunkach „shelf life” (Suojala 2001). Obserwacje wyrastania cebuli w szczypior po 6 miesiącach chłodniczego przechowania i 3 tygodniach w warunkach SOT wykazały, że udział cebuli wyrosniętej w szczypior był dla obu odmian przechowywanych wcześniej w kontrolowanej atmosferze niższy niż u cebuli przechowywanej w normalnej

atmosferze, chociaż różnice były statystycznie istotne tylko dla odmiany 'Grabowska' i tylko pomiędzy niektórymi warunkami przechowywania (tab. 2). Dla cebuli traktowanej hydrazidem kwasu maleinowego procentowy udział cebul z wyrośniętym szczypiorem był u obu odmian niższy niż w obiekcie kontrolnym, a także niższy niż u cebuli przechowywanej wcześniej w normalnej atmosferze z dodatkiem etylenu, ale różnice były również statystycznie nieistotne. Stwierdzone powyżej różnice mają jedynie charakter wstępnych tendencji i wymagają potwierdzenia w szerszej zakrojonych badaniach.

WNIOSKI

- Stwierdzono korzystny wpływ przechowywania cebuli w kontrolowanej atmosferze na jakość i trwałość przechowalniczą cebul. Procentowy udział cebuli eksportowej był u obu odmian istotnie wyższy niż w normalnej atmosferze.
- Po przechowaniu cebuli w kontrolowanej atmosferze zawierającej 2% CO₂ – 2% O₂ stwierdzono wyższy udział cebuli eksportowej w porównaniu z atmosferą 3% CO₂ – 5% O₂. Pojawiła się tendencja do mniejszego wyrastania w szczypior w warunkach SOT po przechowaniu cebuli w atmosferze 2% CO₂ – 2% O₂.
- Nie stwierdzono pozytywnego wpływu zastosowania etylenu w kontrolowanej atmosferze zawierającej 2% CO₂ – 2% O₂, jak i w atmosferze 3% CO₂ – 5% O₂, na poprawę jakości cebuli po przechowaniu.
- Korzystny wpływ etylenu na jakość cebuli notowano w normalnej atmosferze. Procentowy udział cebuli eksportowej był u obu odmian istotnie wyższy niż w normalnej atmosferze bez dodatku etylenu.
- Przedzbiornicze zastosowanie hydrazidu kwasu maleinowego wpłynęło na poprawę jakości cebuli w nieco większym stopniu, niż przechowywanie cebuli nietraktowanej w atmosferze normalnej z dodatkiem etylenu.

Literatura

- Adamicki F. 1995. Wpływ regulatorów wzrostu na plon, jakość i trwałość przechowalniczą cebuli. Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Nauka Praktyce Ogrodniczej”, AR Lublin, s. 711–716.
- Adamicki F. 1998a. Wpływ niektórych regulatorów wzrostu na plon, jakość oraz wyrastanie cebuli podczas przechowania i obrotu. *Biuletyn Warzywniczy* 48: 77–87
- Adamicki F. 1998b. Porównanie jakości i przydatności do długotrwałego przechowania niektórych odmian cebuli. *Biuletyn Warzywniczy* 48: 89–100.

- Adamicki F. 2005. Effects of pre-harvest treatments and storage conditions on quality and shelf-life of onions. *Acta Horticulturae* 688: 229–238. DOI: 10.17660/ActaHortic.2005.688.31.
- Adamicki F. 2007. Wpływ etylenu na spoczynek i wyrastanie cebuli. *Nowości Warzywnicze* 45: 5–15.
- Benkeblia N. 2004. Effect of maleic hydrazide on respiratory parameters of stored onion bulbs (*Allium cepa* L.). *Brazilian Journal of Plant Physiology* 16(1): 47–52. DOI: 10.1590/S1677-04202004000100007.
- Briddon A. 2006. The use of ethylene for sprout control. Research Review, Ref: R279, British Potato Council, 29 s.
- Bufler G. 2009. Exogenous ethylene inhibits sprout growth in onion bulbs. *Annals of Botany* 103: 23–28. DOI: 10.1093/aob/mcn203.
- Chope G.A., Terry L.A., White P.J. 2006. Effect of controlled atmosphere storage on abscisic acid concentration and other biochemical attributes of onion bulbs. *Postharvest Biology and Technology* 39: 233–242. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2005.10.010.
- Chope G.A., Terry L.A., White P.J. 2007a. The effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the physical and biochemical characteristics of onion cv. SS1 bulbs during storage. *Postharvest Biology and Technology* 44: 131–140. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2006.11.012.
- Chope G.A., Terry L.A., White P.J. 2007b. The effect of the transition between controlled atmosphere and regular atmosphere storage on bulbs of onion cultivars SS1, Carlos and Renate. *Postharvest Biology and Technology* 44: 228–239. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2006.12.018.
- Daniels-Lake B.J., Prange R.K., Nowak J., Asiedu S.K., Walsh J.R. 2005. Sprout development and processing quality changes in potato tubers stored under ethylene: 1. Effects of ethylene concentration. *American Journal of Potato Research* 82: 389–397. DOI: 10.1007/BF02871969.
- Dell 2016. Dell Statistica (data analysis software system), version 13.1.
- Downes K., Chope G.A., Terry L.A. 2010. Postharvest application of ethylene and 1-methylcyclopropene either before or after curing affects onion (*Allium cepa* L.) bulb quality during long term cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 55: 36–44. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2009.08.003.
- Foukaraki S.G., Cools K., Chope, G.A., Terry L.A. 2014. Effect of the transition between ethylene and air storage on post-harvest quality in six UK-grown potato cultivars. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 89(6): 599–606. DOI: 10.1080/14620316.2014.11513126.
- Grzegorzewska M. 1998. Wpływ stadium dojrzałości w czasie zbioru na jakość i trwałość przechowalniczą cebuli. *Biuletyn Warzywniczy* 48: 101–112.
- Grzegorzewska M., Badełek E., Sikorska-Zimny K. 2014. Szacunkowa ocena stanu przechowalnictwa warzyw w Polsce. Materiały wewnętrzne Instytutu Ogrodnictwa, Skierniewice, s. 11–15.

- Horbowicz M., Grzegorzewska M. 2000. Effect of maturity stage and post-harvest drying on carbohydrate composition and storability of onion. *Folia Horticulturae* 12(1): 65–75.
- Ilić Z., Milenković L., Djurovka M., Trajković R. 2009. The effect of long-term storage on quality attributes and storage potential of different onion cultivars. *Acta Horticulturae* 830: 635–642. DOI: 10.17660/ActaHortic.2009.830.92.
- Komochi S. 1990. Bulb dormancy and storage physiology. W: Rabinowitch H.D., Brewster J.L. (red.). *Onions and allied crops. I. Botany, physiology, and genetics*. CRC Press, Boca Ratan, Florida, s. 89–111.
- Põldma P., Moor U., Merivee A., Tõnutare T. 2012. Effect of controlled atmosphere storage on storage life of onion and garlic cultivars. *Acta Horticulturae* 945: 63–69. DOI: 10.17660/ActaHortic.2012.945.7.
- Prange R.K., Kalt W., Daniels-Lake B.J., Liew Ch.L., Page R.T., Walsh J.R. i in. 1998. Using ethylene as a sprout control agent in stored ‘Russet Burbank’ potatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 123(3): 463–469.
- Rylski I., Rappaport L., Pratt H.K. 1974. Dual effects of ethylene on potato dormancy and sprout growth. *Plant Physiology* 53: 658–662. DOI: 10.1104/pp.53.4.658.
- Suojala T. 2001. Effect of harvest time on storage loss and sprouting in onion. *Agricultural and Food Science in Finland* 10: 323–333.