



Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie
Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa

Krzysztof Gasparski

Nr albumu: 256

**Wpływ zróżnicowanych warunków przechowywania i
preparatów fosforowych na jakość jabłek odmiany
'Natali Gala'**

Praca doktorska
na kierunku Ogrodnictwo

Praca wykonana pod kierunkiem
Dr hab. inż. Jan Błaszczyk
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja
Wydział Biotechnologii i Ogrodnictwa

Kraków, listopad 2021r.

Niniejszą pracę dedykuję swojej rodzinie.

Chciałbym, aby ta dysertacja była dowodem potwierdzającym, że nigdy nie jest za późno na naukę i rozwijanie własnych pasji.

Składam serdeczne podziękowania Promotorowi ***dr hab. inż. Janowi Błaszczkowski*** za to, że dostrzegł we mnie drzemiący potencjał, wyciągnął pomocną dłoń, nadzorował mnie podczas badań i w czasie tworzenia tej pracy dyplomowej, a w efekcie pozwolił spełnić moje starzejące się plany.

Karta dyplomowa

Krzysztof Gasparski

/ Imię i nazwisko autora pracy /

Jan Blaszczyk

/ Imię i nazwisko promotora pracy /

Biotechnologia i Ogrodnictwo

/ Wydział - kierunek studiów /

Ogrodnictwo

/ Katedra / Instytut /

Dr inż.

/ Nadawany tytuł /

Tytuł pracy w języku
polskim

Wpływ zróżnicowanych warunków przechowywania i preparatów fosforynowych na jakość jabłek odmiany 'Natali Gala'

Słowa kluczowe
/maksymalnie 5 słów /

Jabłka 'Natali Gala', Przechowywanie, kontrolowana atmosfera, fosforyn potasu

Streszczenie pracy
/ maksymalnie 1200 znaków /

Jakość i trwałość owoców w obrocie handlowym zależy m.in. od warunków w jakich były one przechowywane. Jedną z najważniejszych gospodarczo odmian jabłoni jest 'Gala'. Celem badań było określenie warunków przechowywania dla mutacji 'Natali Gala'. Badania przeprowadzono w trzech sezonach w latach 2015-2018. W każdym roku badawczym jabłka przechowywano przez 120 i 150 dni w temperaturze 2°C i wilgotności 90-92% w zwykłej chłodni z normalną atmosferą (NA) oraz w magazynie z kontrolowaną atmosferą (CA) zawierającym dwutlenek węgla i tlen. w różnych proporcjach: 2% CO₂ : 2% O₂, 2% CO₂ : 1,2% O₂ i 4% CO₂ : 1,2% O₂. Pomiary i analizy przeprowadzono: po zbiorze, po przechowywaniu i po symulowanym okresie przechowywania. Określono następujące parametry: jędrność miąższu, zawartość rozpuszczalnych substancji stałych (SSC), kwasowość miareczkową (TA), szybkość oddychania i utratę masy ciała. Monitorowano również występowanie chorób przechowalniczych. Z uwagi na podatność odmiany 'Natali Gala' na wiele chorób patogeniczných, do doświadczenia włączono nawozy fosforynowe w celu szerszego zweryfikowania wpływu stosowania preparatów fosforynowych na jakość jabłek tej odmiany. W doświadczeniach wykorzystano trzy preparaty fosforynowe o różnych poziomach zawartości fosforynu potasu. Uzyskane wyniki badań stanowią będą materiał o znacznej wartości poznawczej oraz pozwolą na sformułowanie ważnych wniosków dla praktyki.

Tytuł pracy w języku
angielskim

Influence of different storage conditions and the phosphite preparations on the quality of apples cultivar 'Natali Gala'.

Słowa kluczowe
/maksymalnie 5 słów /

Apples, 'Natali Gala', Storage, Controlled Atmosphere, Potassium Phosphite.

Streszczenie pracy
/ maksymalnie 1200 znaków /

The quality and durability of fruit in trade depends, among others, on the conditions in which they were stored. One of the most important economically varieties of apple trees is 'Gala'. The aim of the research was to determine the storage conditions for the 'Natali Gala' mutation. The research was conducted in three seasons in 2015-2018. In each research year, the apples were stored for 120 and 150 days at 2 °C and 90-92% humidity in a normal normal atmosphere (NA) cold store and a controlled atmosphere (CA) warehouse containing carbon dioxide and oxygen. in various proportions: 2% CO₂: 2% O₂, 2% CO₂: 1.2% O₂ and 4% CO₂: 1.2% O₂. Measurements and analyzes were carried out: after harvest, after storage and after the simulated storage period. The following parameters were determined: flesh firmness, soluble solids content (SSC), titratable acidity (TA), respiration rate and weight loss. The occurrence of storage diseases was also monitored. Due to the susceptibility of the 'Natali Gala' variety to many pathogenic diseases, phosphite fertilizers were included in the experiment in order to verify the impact of the use of phosphite preparations on the quality of apples of this variety. Three phosphite preparations with different levels of potassium phosphite content were used in the experiments. The obtained research results will constitute material of significant cognitive value and will allow for the formulation of important conclusions for the practice.

/ Podpis promotora pracy/

Ja, niżej podpisany/-a:

Krzysztof Gasparski

/ Imię i nazwisko /

256

/ Numer albumu /

autor pracy dyplomowej pt.:

Wpływ zróżnicowanych warunków przechowywania i preparatów fosforowych na jakość
jablek odmiany 'Natali Gala'

/ Tytuł pracy /

Student/-ka Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kollątaja w Krakowie

Biotechnologia i Ogrodnictwo - Ogrodnictwo

/ Wydział - kierunek studiów /

Oświadczam, że ww. praca dyplomowa:

- została przygotowana przeze mnie samodzielnie¹,
- nie narusza praw autorskich w rozumieniu ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz.U.2018. poz. 1191 t.j. z dnia 21.06.2018) oraz dóbr osobistych chronionych prawem cywilnym,
- nie zawiera danych i informacji, które uzyskałem/-am w sposób niedozwolony,

1. Oświadczam również, że treść pracy dyplomowej zamieszczonej przeze mnie w Archiwum Prac Dyplomowych jest identyczna z treścią zawartą w wydrukowanej wersji pracy.
2. W związku z realizowaniem przez Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie zadań ustawowych i statutowych, szczególnie w zakresie prowadzenia działalności dydaktycznej i naukowo-badawczej upoważniam Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja do archiwizowania i przechowywania w/w pracy utrwalonej w postaci tradycyjnej (papierowej) i elektronicznej - zgodnie z ustawą - prawo o szkolnictwie wyższym i przepisami wykonawczymi do tej ustawy, ustawą o narodowym zasobie archiwalnym i archiwach oraz ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych.

Jestem świadomy/-a odpowiedzialności karnej za złożenie fałszywego oświadczenia.

Kraków, dn. 09.11.2021.r.

/ Miejsce i data/

/ Podpis autora pracy/

¹ uwzględniając merytoryczny wkład opiekuna/promotora

Zawarta w Krakowie w dniu 09.11.2021 r. między Uniwersytetem Rolniczym im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, reprezentowanym przez Prodziekana ds. Dydaktycznych i Studenckich

Iwonę Domagałę-Świątkiewicz

a Studentem/~~ką~~ Krzysztofem Gasparskim

Biotechnologia i Ogrodnictwo - Ogrodnictwo

/Wydział - kierunek studiów/

autorem pracy dyplomowej pt. Wpływ zróżnicowanych warunków przechowywania i preparatów fosforowych na jakość jabłek odmiany 'Natali Gala'

zrealizowanej w Katedrze/Instytucie Ogrodnictwa

pod kierunkiem Dr hab. inż. Jana Błaszczyka

/imię i nazwisko promotora/

1. Niniejszym udzielam Uniwersytetowi Rolniczemu im. Hugona Kołłątaja w Krakowie nieodpłatnej, bezterminowej licencji niewyłącznej do korzystania z w/w pracy na następujących polach eksploatacji:

- a. w zakresie obrotu oryginałem pracy lub egzemplarzami, na których pracę utrwalono w postaci tradycyjnej (papierowej) - poprzez wprowadzanie ich do obrotu, użyczenie lub najem egzemplarzy pracy;
- b. w zakresie zwielokrotniania i rozpowszechniania - w ramach wewnętrznej elektronicznej bazy danych prac dyplomowych - w taki sposób, aby każdy korzystający z wewnętrznej sieci Uniwersytetu mógł mieć do pracy dostęp w miejscu i czasie przez siebie wybranym — od dnia, gdy taka baza danych zostanie w Uniwersytecie uruchomiona.

2. Udzielenie licencji do korzystania przez Uniwersytet Rolniczy z w/w pracy na polach eksploatacji wymienionych w pkt. 1 ograniczam w następujący sposób:

.....
.....
.....

w imieniu UR Prodziekan /podpis/

/czytelny podpis studenta /

Zawarta w Krakowie w dniu 09.11.2021 r. między Uniwersytetem Rolniczym im.

Hugona Kołłątaja w Krakowie, reprezentowanym przez Prodziekana ds. Dydaktycznych i Studenckich

Iwonę Domagałę-Świątkiewicz

a Studentem/~~ką~~ Krzysztofem Gasparskim

Biotechnologia i Ogrodnictwo - Ogrodnictwo

/Wydział - kierunek studiów/

autorem pracy dyplomowej Wpływ zróżnicowanych warunków przechowywania
pt.

i preparatów fosforowych na jakość jabłek odmiany 'Natali Gala'

zrealizowanej w Katedrze / Instytucie Ogrodnictwo

pod kierunkiem Dr hab. inż. Jana Błaszcyka

/imię i nazwisko promotora/

Świadomy, iż wykonana przeze mnie praca dyplomowa jest częścią tematu badawczego realizowanego przez pracowników Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, niniejszym udzielam Uniwersytetowi nieodpłatnej, bezterminowej licencji wyłącznej na korzystanie z w/w pracy w zakresie rozpowszechniania pracy lub jej fragmentów, a szczególnie wykorzystywania wyników badawczych zamieszczonych w pracy w sposób inny, niż określony w umowie o udzieleniu licencji niewyłącznej, którą zawarłem w dniu 10.11.2021. r. z Uniwersytetem Rolniczym - z zastrzeżeniem nienaruszalności moich autorskich praw osobistych.

w imieniu UR
Prodziekan /podpis/

/ czytelny podpis studenta /

SPIS TREŚCI

SPIS TREŚCI	1
1. WSTĘP	3
2. PRZEGLĄD LITERATURY	4
2.1. Wprowadzenie	4
2.2. Termin zbioru	7
2.3. Warunki przechowywania i technologia przechowalnicza.....	10
2.4. Nawożenie	16
2.5. Fosforany i fosforyny w ochronie i nawożeniu	19
2.6. Choroby przechowalnicze jabłek.....	24
3. BADANIA WŁASNE	27
3.1. Cel i zakres pracy.....	27
3.2. Materiał i metody.....	27
3.2.1. Położenie sadu i warunki wzrostu owoców.....	27
3.2.2. Charakterystyka odmiany ‘Natali Gala’	28
3.2.3. Charakterystyka podkładki M 9	29
3.2.4. Metody ograniczania chorób i szkodników w sadzie.....	30
3.2.5. Warunki klimatyczne.....	32
3.2.6. Warunki glebowe.....	35
3.2.7. Nawożenie	37
3.2.8. Ochrona drzew przed chorobami i szkodnikami,	38
3.2.9. Preparaty fosforynowe.....	39
3.2.10. Termin zbioru owoców	41
3.2.11. Przechowywanie owoców.....	42
3.2.12. Pomiar i analizy owoców.....	42
4. WYNIKI BADAŃ	47
4.1. Stan fizjologiczny owoców przed zbiorem,.....	47
4.2. Zawartość suchej masy, makro- i mikrośladników w jabłkach	47
4.2.1. Zawartość suchej masy w jabłkach	47
4.2.1. Zawartość wapnia w jabłkach.....	48
4.2.2. Zawartość fosforu w jabłkach	49
4.2.3. Zawartość potasu w jabłkach.....	50
4.2.4. Zawartość magnezu w jabłkach.....	51

4.2.5.	Zawartość siarki w jabłkach	52
4.2.6.	Zawartość mikroelementów w jabłkach	53
4.3.	Stan fizjologiczny owoców bezpośrednio po zbiorze.....	55
4.3.1.	Jędrność miąższu owoców bezpośrednio po zbiorze	55
4.3.2.	Zawartość ekstraktu	55
4.3.3.	Kwasowość miareczkowa.....	56
4.3.4.	Intensywność oddychania owoców	56
4.3.5.	Indeks skrobiowy.....	57
4.3.6.	Indeks Streifa.....	57
4.4.	Jakość owoców po przechowywania	58
4.4.1.	Jędrność miąższu owoców.....	58
4.4.2.	Zawartość ekstraktu	67
4.4.3.	Kwasowość miareczkowa.....	76
4.4.4.	Intensywność oddychania.....	85
4.4.5.	Ubytki masy owoców	95
4.4.6.	Choroby przechowalnicze	103
5.	DYSKUSJA.....	108
5.1.	Wprowadzenie	108
5.2.	Wpływ warunków przechowywania na jakość jabłek odmiany ‘Natali Gala’	109
5.3.	Wpływ preparatów fosforynowych na jakość jabłek odmiany ‘Natali Gala’	116
6.	WNIOSKI.....	125
7.	LITERATURA	126
8.	SPIS RYCIN.....	144
9.	SPIS TABEL	145
	Summary.....	151
	Conclusions	152

1. WSTĘP

Rosnące wymagania krajowego i zagranicznego rynku owoców zmuszają do poszukiwania nowych rozwiązań tak w technologii produkcji owoców jak i w technologii ich przechowywania. Ostatecznie, należy weryfikować wpływ tych rozwiązań na jakość plonu, jego zdrowotność i trwałość pozbiorną. Rosnąca krajowa produkcja jabłek do poziomu 4,5 mln ton w 2018 roku nie jest w stanie bazować tylko na konsumentach polskiego rynku, w którym spożycie jabłek wynosi według różnych autorów do około 13,8 kg/osobę (średnia z ostatnich trzech lat - GUS i Zakład Ekonomiki Ogrodnictwa IERiGZ, Warszawa). Zmuszeni zatem jesteśmy produkować owoce uwzględniając wymagania pod względem parametrów owoców i maksymalnych dopuszczalnych poziomów pozostałości po środkach ochrony roślin (NDP – Najwyższy Dopuszczalny Poziom, MRL – Maximum Residue Level).

Jakość i trwałość owoców w obrocie handlowym zależy również od warunków w jakich były przechowywane. Prawidłowo ustalone dla danej odmiany warunki przechowywania gwarantują zachowanie wysokiej jakości owoców z minimalnymi stratami ilościowymi i jakościowymi. Dzięki temu owoce nie tracą swoich wysokich walorów konsumpcyjnych nawet po długoterminowym przechowywaniu. Jedną z najważniejszych gospodarczo odmian jabłoni jest 'Gala' oraz jej liczne mutacje. Sporty te różnią się istotnie nie tylko pod względem wizualnym, ale także porą dojrzewania owoców, skłonnością do pęknięcia owoców oraz właściwościami i zdolnościami przechowalniczymi. Z uwagi na obecne preferencje rynku owocowego w kierunku paskowanych wersji 'Gala', do badań wykorzystano polską odmianę 'Natali Gala'. Dotychczas opublikowana literatura nie dostarczała danych dotyczących możliwości przechowalniczych jabłek tej odmiany. Uzyskane wyniki badań stanowią materiał o znacznej wartości poznawczej oraz pozwoliły na sformułowanie ważnych wniosków dla praktyki.

W ostatnich latach wykorzystuje się w uprawie jabłoni nawozy fungistatyczne, wykazujące oprócz odżywiania, także działanie ochronne na rośliny. Do takiej grupy nawozów można zaliczyć między innymi nawozy fosforynowe. Na rynku spotkać można fosforyny amonu i fosforyny potasu. Fosforyny w ostatnich latach bardzo mocno zdominowały rynek sadowniczy. Było to następstwem powstania wielu odporności. Przykładem może być odporność parcha jabłoni *Venturia inaequalis* na wiele grup fungicydów w tym strobiluryny, IBE i dodynę.

Producenci środków ochrony roślin także wprowadzają podobne rozwiązania. Firma Bayer wprowadziła preparaty Aliette 80WG i Luna Care zawierające fosetyl glinowy, a firma BASF preparat Delan PRO zawierający fosfonian dipotasu.

W celu szerszego zweryfikowania wpływu zróżnicowanych warunków przechowywania, a także wpływu preparatów fosforynowych na jakość jabłek odmiany 'Natali Gala', w trzyletnich doświadczeniach wykorzystano cztery kombinacje warunków przechowywania i zastosowano trzy preparaty fosforynowe o różnych poziomach zawartości fosforynu potasu (Profos, Resistim i Fosmagnum).

2. PRZEGLĄD LITERATURY

2.1. Wprowadzenie

Jabłoń *Malus* (Mill.) jest wiodącym w Polsce gatunkiem sadowniczym. Jest to wieloletnia roślina z rodziny różowatych *Rosaceae*, pochodzenia europejsko-azjatyckiego głównie od dwóch gatunków: jabłoni domowa (*Malus domestica* Borkh.) oraz jabłoni dzika (jabłoni leśna) *Malus silvestris* Mill. W Polsce jabłoni jest gatunkiem owocowym uprawianym prawie na całym obszarze [Kruczyńska 2003]. Produkcja owoców jabłoni w Polsce nie jest jednoznacznie określona. Dane GUS, nie są spójne z danymi innych jednostek np. Towarzystwa Rozwoju Sadów Karłowych. Różnią się one prawdopodobnie z uwagi na różny sposób docierania do sadowników reprezentujących różne poziomy produkcji. Szacuje się, że potencjał produkcyjny wynosi ponad 5 mln ton jabłek rocznie. Stanowi to blisko 25% produkcji jabłek w Europie, ale co ważniejsze, w parametrach eksportowych przyjmuje się, że co drugie jabłko eksportowane poza Unię Europejską pochodzi z Polski [Pakuła i in. 2018].

Od czasu wejścia Polski w struktury Unii Europejskiej, obserwuje się statystyczny spadek spożycia jabłek w Polsce. W roku 2003 przeciętne roczne spożycie jabłek w przeliczeniu na jedną osobę wynosiło 23,76 kg i spadało do poziomu około 15 kg w latach 2010-2012 [Kapusta 2014]. Niestety w Polsce udział jabłek słabej jakości jest ciągle bardzo wysoki. Do tego dochodzi często wiele błędów związanych z niewłaściwym terminem zbioru, niewłaściwą logistyką pozbiorną, niewłaściwym przechowywaniem, itd. Wszystko to prowadzi do tego, że ciągle jeszcze jakość produkowanych i oferowanych u nas jabłek odbiega od oczekiwań krajowych i tym bardziej zachodnioeuropejskich konsumentów [Nadulski i in. 2012]. Obecnie nie wystarczy już skupiać się na produkcji ilościowej jabłek. Wymagania konsumenckie dotyczące jakości owoców z każdym rokiem idą w górę. Także naukowcy ciągle starają się badać preferencje konsumenckie. Okazuje się jednak, że parametry takie jak chrupkość, soczystość i mączystość miąższu owoców jest zbyt subiektywna i wymaga dalszych udoskonaleń badawczych [Mehinagic i in. 2004]. Toteż trwają prace nad aspektami tekstury żywności w szerokim znaczeniu tego wyrażenia, w celu prawidłowej oceny preferencji konsumenckich [Surmacka Szczesniak 2002]. Wzrasta także asortyment gatunkowy oferowanych w kraju owoców. Z tego powodu w przypadku jabłek zmiany ulegają trendy odmianowe, preferencje dotyczącej barwy zasadniczej skórki, barwy rumieńca i jego rozmycia, a także cech owocu takich jak smak szerzej rozumiany jako smakowitość, jędrność i trwałość pozbiorną. Coraz więcej też mówi się o ograniczaniu poziomu pozostałości pestycydów w owocach znacznie poniżej dopuszczalnych i bezpiecznych dla konsumenta poziomów NDP (NDP – Najwyższy Dopuszczalny Poziom), czy MRL (ang. MRL – Maximum Residue Level). Okazuje się, że problem redukcji pozostałości jest bardzo kłopotliwy, bo ich ilość w danym roku zależy nie tylko od przebiegu pogody i ilości wykonanych zabiegów, ale i co wydaje się najbardziej zaskakujące nawet odmiany [Szymczak i in. 2010]. Szczególnie duże sieci handlowe starają się podnosić wymagania i wymuszać na swoich dostawcach dostarczanie owoców z coraz mniejszą liczbą wykrytych substancji i z coraz niższym poziomem ich pozostałości. Powoduje to szukanie innych możliwości ochrony przed patogenami wykorzystując metody biologiczne i agrotechniczne [Mieszka i Bielenin 2010]. Nie wystarczy produkować dużo, ale trzeba produkować dobrze, bo to decyduje o wynikach

finansowych producenta [Rybczyński 2007, Marks 2011, Nadulski i in. 2012]. Wysoka produkcja jabłek w Polsce spowodowała powstanie wielu obiektów przechowalniczych. Klimakteryczny rodzaj owoców jakimi są jabłka i oczekiwania klientów dotyczące wysokiej jakości oferowanych owoców wymusił powstanie wielu coraz to nowocześniejszych obiektów do przechowywania, a powstanie grup producenckich jeszcze bardziej unowocześniło zaplecze. Biorąc pod uwagę klimakteryczność jabłek, by sprostać obecnym oczekiwaniom klientów i aby zapewnić dostęp do świeżych jabłek na przestrzeni całego roku kalendarzowego, koniecznym się stało nie tylko budowanie nowoczesnych obiektów, ale i coraz precyzyjniejsze określanie właściwego terminów zbioru owoców i dobranie optymalnych warunków do przechowywania. Ze względów ekonomicznych nieopłacalnym stało się przechowywanie owoców gorszej jakości [Rybczyński 2007, Marks 2011]. Jednym z najbardziej ocenianych parametrów jabłek w obecnym czasie obok smakowitości jest ich jędrność. To ona w dużym stopniu decyduje o trwałości owoców w transporcie i na półkach sklepowych. Okazuje się, że z przebadanych czterech odmian, to 'Gala' utraciła najwięcej jędrności i stała się bardziej podatna na choroby, które wywołał symulowany transport [Walkowiak-Tomczak i in. 2021]. Zależność między odczytami twardości a temperaturą owoców między 0-20°C okazała się liniowa i dodatnia w okresie zbiorczym oraz liniowa i ujemna dla owoców przechowywanych, a to sugeruje, że logistyka owoców schłodzonych będzie mniej narażona na uszkodzenia mechaniczne [Johnston i in. 2001]. Im dłużej jabłka są przechowywane, tym ich właściwości mechaniczne się pogarszają. Na jakość jabłek wpływ ma szereg zabiegów takich jak: nawożenie i ochrona, termin zbioru, przechowywanie owoców i dystrybucja. Niewątpliwie także przebieg warunków pogodowych ma istotny wpływ na wielkość i jakość plonu zebranego w danym sezonie wegetacyjnym. Już właściwe zapylenie i zapłodnienie kwiatów mają ogromny wpływ na wzrost owoców w danym roku, tworzenie pąków kwiatostanowych na rok kolejny, jak również ma wpływ na jakość plonu w bieżącym sezonie. Jak donoszą Bieniasz i Dziedzic [2011] właściwy przebieg wykształcania pąków kwiatowych, a także kwitnienie mają decydujący wpływ na jakość plonu i jego wielkość. Jabłonie tworzą kwiaty obupłciowe, ale kwiaty zapyłane obcym pyłkiem charakteryzują się lepszą plonotwórczością. Nawet u odmian samopłodnych wskazane jest sadzenie zapyłaczy, gdyż wpływa to na poprawę jakości owoców. W przypadku opóźnienia zapylenia kwiatów, może dochodzić do redukcji ilości nasion w owocu, a w następstwie do powstania mniejszych owoców. Lech i Małodobry [2006] podkreślają, że różnicowanie się pąków kwiatowych zachodzi u roślin sadowniczych w roku poprzedzającym owocowanie. W roku owocowania należy dbać nie tylko o powstające owoce, ale i o inicjujące się pąki kwiatowe na rok następny. Jakość powstających owoców zależeć będzie także od przebiegającego procesu zapylenia i zapłodnienia kwiatów. Zdaniem Pardo i Borges [2020] to pszczoły i bzygowate są uznane za głównych zapyłaczy w uprawach sadowniczych. Zdaniem Badaczy, w sadach w otoczeniu różnorodnych półnaturalnych siedlisk, jest bardzo dużo dzikich zapyłaczy, które często są skuteczniejsze nawet od pszczoły miodnej. Brak równomiernie rozmieszczonych nasion w gnieździe nasiennym często prowadzi do deformacji lub innych niekształtności owoców. Brak jest jednoznacznych dowodów na bezpośredni wpływ zapylenia na cechy jakościowe owoców, jednak są dowody na pośredni ich wpływ, gdyż jabłka z dużą ilością nasion są lepiej odżywione w wapń, a ten z kolei wpływa na jakość i trwałość owoców [Bieniasz i Dziedzic 2011]. Potwierdzono to m.in. na odmianie

‘Braeburn’ [Brookfield i in. 1996], a także na czterech innych odmianach w tym na ‘Red Delicious’ i ‘Golden Delicious’ [Buccheri i Di Vaio 2005].

O jakości owoców decyduje także odmiana i zastosowana w sadzie podkładka. Wpływają one nie tylko na jakość zbieranych owoców, ale także na ich zdolność przechowalniczą. Badanie wpływu różnych podkładek jabłoni na plonowanie drzew oraz jakość i zdolność przechowalniczą jabłek odmiany Jonagold prowadził Skrzyński [2002]. Doświadczenie udowodniło, że różne podkładki mają różny wpływ na wiele cech jakościowych owoców m.in. ich kwasowość, ale także na zawartość wapnia w owocach odpowiedzialnego tak za jędrność owoców jak i ich podatność na choroby fizjologiczne. Przełożyło się to na jakość owoców bezpośrednio po przechowywaniu oraz także w czasie symulowanego obrotu handlowego. Kolejnym czynnikiem kształtującym jakość produkowanych owoców jest utrzymanie drzew we właściwych proporcjach wzrostu, gdyż zmniejszenie intensywności wzrostu jabłoni ma wpływ na poprawę wybarwienia się jabłek [Wünsche i Lakso 2000, Tomala i in. 2013]. Spośród wielu sposobów ograniczenia wzrostu drzew w celu skuteczniejszej ochrony, a także dla otrzymania większej liczby silnych pąków kwiatowych stosowanych było wiele metod regulowania wzrostu drzew w sadzie [Sosna 1999, Tomala i in. 2013]. Zastosowanie podcinania korzeni i produktu Regalis Plus10 WG wpływało bardzo dobrze na ograniczenie wzrostu pędów, jednak należy brać pamiętać, że jednoczesne podcięcie korzeni z obu stron drzewa i zastosowanie pełnej dawki produktu chemicznego, może doprowadzać do ograniczenia możliwości właściwego odżywienia owoców. Zabieg należy zatem przemyśleć i jego intensywność uzależnić od warunków glebowych, stosowanego nawadniania i spodziewanego plonu [Tomala i in. 2013]. Badania nad wpływem różnych metod ograniczania wzrostu jabłoni, na poziom akumulacji wybranych mikroelementów prowadzili Skrzyński [2002] oraz Gąstoł i Domagała-Świątkiewicz [2009]. Wykazali oni, że niektóre podkładki mają wpływ na zawartość mikroelementów w jabłkach. Nie wykazano jednak, aby badany sposób skarłania wpływał na ilość określanych mikroelementów. Ograniczanie siły wzrostu jabłoni może doprowadzić do dużego obłożeniem kwiatów i potencjalnie większego owocowania. Naukowcy badali także wpływ stosowanych podkładek na kwitnienie i owocowanie. Wociór i in. [2006] udowodnili, że ta zależność jest indywidualna dla wielu kombinacji podkładowo-odmianowych. Nadmierne owocowanie może jednak prowadzić do wykształcenia się zbyt dużej liczby małych owoców. Zbyt obficie owocujące drzewa wpadają w przemienność w owocowaniu co prowadzi do mniejszego plonu w kolejnym roku z owocami nadmiernie przerośniętymi [Czynczyk i in. 2001, Wociór i in. 2006, Treder 2008, Verdaasdonk R., Tomala K. 2014]. Z kolei Stebbins [1989] wykazał, że po intensywnym owocowaniu z występującą przemiennością owocowania, jabłka nie zawsze dorastają do właściwych rozmiarów mimo małej ilości owoców na drzewie. Może to być wynikiem przesilenia drzew i wykształcenia słabych pąków kwiatowych. Obficie owocujące drzewa mają zazwyczaj opóźnione wejście w okres zimowego spoczynku i w konsekwencji mniejszą zimotrwałość [Hołubowicz 1979]. Zatem, aby uzyskiwać owoce o optymalnej wielkości, należy rokrocznie prowadzić przeredzanie zawiązków. Badania jakie prowadzili w 2006 i 2008 roku w Krakowie Gonkiewicz i Leja [2009] wykazały w kombinacjach przeredzanych wzrost udziału w plonie głównym owoców powyżej 7 cm, bez wpływu na pozostałe cechy jakościowe owoców. Badania Szot [2011] potwierdziły, że zabiegi przeredzania wpłynęły na zwiększenie masy pojedynczego owocu, a także jędrności miąższu i zawartości ekstraktu.

2.2. Termin zbioru

Bardzo ważnym czynnikiem wpływającym na jakość i zdolność przechowalniczą jabłek jest termin zbioru [Streif 1996]. Przedłużający się zbiór powoduje zwiększanie się zawartości ekstraktu w jabłkach, zmniejszenie ich jędrności, a także zwiększenie podatności na występowanie chorób przechowalniczych [Błaszczuk 2006]. Badania litewskie również wykazały, że termin zbioru ma wpływ na cechy fizyczne i chemiczne jabłek [Juhnevica-Radenkova i Radenkova 2016]. Określenie prawidłowej daty zbioru jest podstawowym obowiązkiem sadownika. Dzięki zebraniu jabłek w odpowiednim czasie, możemy wydłużyć okres przechowywania owoców, a także sprawić, że owoce będą się charakteryzowały właściwym wyglądem i smakiem w czasie ich wprowadzania do handlu. [Błaszczuk 2006]. Wiadomym jest, że jędrność owoców jest jednym ze wskaźników dojrzałości owoców. Jędrność zmienia się podczas dojrzewania owoców, dlatego najwyższą jej wartość obserwuje się przed przechowywaniem [Köpcke 2015]. Także w przypadku gruszek obserwuje się podobną tendencję, z tą różnicą, że owoce tego gatunku w przypadku opóźnienia zbioru bardzo szybko mięknią i zwiększają swoją podatność na gnicie [Błaszczuk 2010, 2011]. Problemy związane z utratą wody poprzez transpirację owoców w czasie przechowywania stanowią istotny problem w przypadku wielu odmian gruszek [Błaszczuk i Łysiak 2001]. Dlatego prawidłowy termin zbioru gruszek, szybkość pozbiorecznego transportu do chłodni, a także ustawienie właściwych parametrów przechowywania jest tu bardziej istotna niż w przypadku jabłek. Istnieje coraz więcej dostępnych metod wyznaczania właściwego terminu zbioru. Najbardziej powszechnym jest oznaczenie stopnia rozkładu skrobi w jabłkach i porównywanie go z opracowanym dla konkretnych odmian indeksem skrobiowym. Dodatkowym wsparciem jest zmierzenie jędrności owoców, kwasowości i zawartości cukrów, a także badanie poziomu zawartości etylenu w komorach nasiennych [Błaszczuk 2006, Musacchi i Serra 2018]. Mimo, że wielu naukowców wskazuje na zależność poziomu stężenia etylenu w komorach nasiennych, w stosunku do dojrzałości zbiorczej [Gorny i Kader 1996], to jednak poziom stężenia etylenu w komorach nasiennych nie zawsze stanowi właściwą informację pozwalającą określić termin zbioru i przydatność do długiego przechowywania owoców [Jeziorek i Tomala 2009]. Nie wszystkie metody są powszechnie wykorzystywane. Wspólnie przeliczone wartości jędrności owocu, stopnia rozkładu skrobi i zawartości ekstraktu wykorzystywane są w kolejnej metodzie określania terminu zbioru pod nazwą indeksu dojrzałości Streifa [Streif 1996]. Spotkać można także doniesienia dotyczące określenia terminu zbioru na podstawie wybarwienia się rumieńca i barwy zasadniczej skórki. Zmiana barwy zasadniczej skórki w odmianach 'Szampion' i 'Royal Gala' była badana w latach 2002-2006 dla oceny przydatności tej metody do wyznaczania terminu zbioru Łysiak [2012a]. Badania były kontynuowane i dotyczyły także odmian 'Ligol' i 'Jonagored'. Po pięciu latach badań Łysiak i ni. [2014] udowodnili możliwość wykorzystywania pomiarów barwy zasadniczej skórki do wyznaczania terminu zbioru jabłek. Ciekawym jest także określanie dojrzałości zbiorczej owoców na podstawie sum efektywnych temperatur. Łysiak [2012b] przez osiem lat porównywał sumy efektywnych temperatur mogących być wyznacznikiem do określenia terminu zbioru dla odmian 'Szampion' i 'Ligol'. Okazało się, że metoda może stać się podstawowym sposobem określania dojrzałości zbiorczej wielu odmian. Dla odmiany 'Szampion' określono już sumę aktywnych temperatur jako 2550 stopni, a dla odmiany 'Ligol' równą 2600 stopni. Należy dodać, że te aktywne temperatury

dotyczą pomiarów liczonych od temperatury bazowej określonej jako 0°C, gdyż to dla tej wartości wyniki wykazywały się największą powtarzalnością w latach 1999-2006. Bajcar i inni [2020] opracowali inną metodę wyznaczania dojrzałości zbiorczej owoców w oparciu o ich kaloryczność. Kalorymetryczne progi dojrzałości dla jabłek określono na 3930 cal/g suchej masy, ale pożądanym byłoby, aby docelowo powstały opracowania poziomu kaloryczności zbiorczej dla każdej z odmian jabłek. Z kolei Toivonen i Lennard [2020] badali związek dojrzałości zbiorczej jabłek odmiany 'Royal Gala' z zawartością suchej masy. Określali oni poziom suchej masy owoców za pomocą przenośnego spektrometru podczerwieni w stosunku do poziomu świeżej masy owoców. Wyniki tych badań udowodniły, że owoce zebrane w czasie wyższej zawartości suchej masy w owocach, miały w konsekwencji większą jędrność, wyższy poziom cukrów, wyższy poziom kwasowości miareczkowej, a cecha wyższej zawartości suchej masy była widoczna także po przechowaniu owoców w warunkach niskotlenowych przez 6 miesięcy. Z kolei Caliskan-Aydogan i in. [2020] weryfikowali przydatność przewodności cieplnej i dyfuzji termicznej owoców w celu określania właściwego terminu zbioru. Zaobserwowano, że w sezonie wegetacyjnym przewodność cieplna miała lepsze korelacje z jędrnością niż dyfuzja termiczna. Zatem, przewodność cieplna owoców może być przydatna do wykrywania tygodniowych zmian jakości owoców w sezonie wegetacyjnym, a w rezultacie do określenia właściwego terminu zbioru jabłek. Fathizadeh i in [2020] do badania jędrności owoców jabłek 'Royal Gala' wykorzystali obiecującą, nieinwazyjną metodę reakcji wibracji akustycznych z dwoma czujnikami: mikrofonem i akcelerometrem kontaktowym.

W artykułach czasopism sadowniczych „Sad Nowoczesny”, „Hasło Ogrodnicze”, „Miesięcznik Praktycznego Sadownictwa SAD” spotykamy doniesienia, że owoce odmian jabłoni na podkładce M 9 dojrzewają wcześniej, lepiej się wybarwiają i mają mniejszy problem z chorobami fizjologicznymi związanymi z transportem wapnia niż owoce tych samych odmian jabłoni uszlachetnionych na innych podkładkach. Powszechnie uznano, że na wpływ dojrzałości owoców i ich termin zbioru ma także podkładka [Łysiak i Kurlus 2000, Tomala i in. 2008]. Najczęściej przyjmuje się, że jabłonie owocujące na podkładce M 9 dojrzewają wcześniej. Wcześniejsze dojrzewanie jabłoni na podkładce M 9 potwierdzili w swoich badaniach Tomala i in. [2008] w przypadku odmiany 'Jonagold'. Spotyka się jednak doniesienia o tym, że nie jest regułą wcześniejsze dojrzewanie jabłek zebranych z drzew szczepionych na podkładce M 9. Łysiak i Kurlus [2000] udowodnili, że w przypadku odmian 'Szampion' i 'Elstar' jabłka z drzew rosnących na M 9 dojrzewały jako ostatnie.

Także nawadnianie sadów ma wpływ na jakość owoców i może wpływać na wyniki pomiarów służących do określenia właściwego terminu zbioru owoców. Wyniki opublikowane przez Fallahi [2018] nad wpływem nawadniania na cechy jakościowe owoców wykazały, że intensywne nawadnianie drzew może prowadzić do dużego uwodnienia owoców w czasie zbioru. Jędrność owoców, a także ich inne cechy jakościowe różnią się istotnie w czasie zbioru w porównaniu do cech owoców pochodzących z drzew nienawadnianych. Ponadto po przechowywaniu, owoce zebrane z drzew nawadnianych charakteryzowały się większą utratą wody. Z tego powodu nawadnianie sadów powinno być prowadzone precyzyjnie w oparciu o właściwie dobrany system nawadniania.

Atrakcyjny wygląd owoców ma budzić zainteresowanie klientów. Z tego powodu preferowane w uprawie są odmiany, których owoce dobrze się wybarwiają. Jednak w przypadku deficytu słońca i braku występowania w końcowym okresie dojrzewania jabłek

dużych wahań temperatury potrzebnych do tworzenia się antocyjanów, wielu sadowników szuka rozwiązań, które by ten proces mogły przyspieszyć. Do przyspieszenia zbioru dość powszechnie używano produktów zawierających w swym składzie etefon [Basak i in. 1977, Soczek i in. 1980, Peşteanu 2017]. Produkty te stosowane na 14 dni przed planowanym zbiorem powodowały jego przyspieszenie o około 7 dni. Jak podaje de Wit [2018] stosowanie zawierającego etefon produktu Ethrel w dawce tak 200 jak i 400 ml/ha na 3 tygodnie przed zbiorem wpłynęło na poprawę wybarwienia się pierwszych owoców o 10-16%. Co istotniejsze, nie zaobserwowano wyraźnie negatywnego wpływu tego zabiegu na jakość jabłek po przechowywaniu. Podstawowym warunkiem utrzymania w dobrej kondycji owoców po zbiorze, jest ich wcześniejsze zabezpieczenia w sadzie przed patogenami chorobotwórczymi. Zabezpieczenie owoców w sadzie może być oparte o typowe zabiegi preparatami fungicydowymi, ale także coraz częściej preparatami biologicznymi [Ippolito i Nigro 2000]. Badano również wpływ pozbiorcze traktowania jabłek metodami fizycznymi poprzez zanurzanie ich w gorącej wodzie. Takie obserwacje prowadzono na różnych odmianach i z wykorzystaniem różnego czasu traktowania owoców gorącą wodą [Skrzyński 2007, Bryk i Rutkowski 2012]. Przetrzywanie jabłek w temperaturze 48-49°C przez 2 minuty ograniczyło występowanie gorzkiej zgnilizny jabłek o 75-100%, bez negatywnego wpływu na pogorszenie się parametrów jakości owoców [Bryk i Rutkowski 2012]. Na rynku pojawiają się produkty, które mają zapobiegać przedwczesnemu opadaniu owoców i dające możliwość dłuższego czasu ich zbioru [Rademacher 2015]. Do takich produktów można było do niedawna zaliczyć Pomonit, a obecnie oferowane są produkty Topper i Xstress. Produkty te wymagają jednak dalszych badań w celu dokładniejszego określenia, jak wpływa ich stosowanie na termin zbioru owoców oraz na ich przechowywanie i trwałość w obrocie handlowym. Spowalnianie dojrzewania owoców przed zbiorem można będzie prawdopodobnie uzyskać wykorzystując technologię firmy AgroFresh. Oferowany od 2020 roku w Polsce produkt Harvista™ pozwala wydłużyć okres zbioru do 21 dni, jednocześnie ograniczając ich opadanie. Przynosi to wiele korzyści, gdyż pozwala owocom osiągnąć optymalny kolor i wielkość, bez wpływu na utratę jędrności i innych cech jakościowych. Potwierdzają to badania przeprowadzone przez naukowców SGGW na odmianie ‘Szampion’ w której przedzbiorcza aplikacja 1-MCP pozwoliła na uzyskanie bardzo dobrych cech jakościowych owoców, także tych zbieranych w opóźnionym terminie [Tomala i in. 2020a]. Podobne wyniki ze stosowaniem Harvista na odmianie ‘Starkrimson’ osiągnęli także Sun i in. [2021]. W przypadku odmiany ‘Red Jonaprince’ przedzbiorcza aplikacja 1-MCP pozwoliła na uzyskanie lepszych cech jakościowych zbieranych jabłek, a pogorszenie się cech jakościowych tych owoców w czasie przechowywania było mniejsze [Tomala i in. 2020b].

Bardzo często jabłka są zbierane z wielodniowym opóźnieniem z uwagi na brak właściwego wybarwienia się owoców. Sposobem na zebranie owoców we właściwym terminie mogą też być zatem działania poprawiające ich wybarwienie. Wśród tych działań jest stosowanie niektórych biostymulatorów poprawiających właściwe wybarwienie się owoców bez wpływu na przyspieszenie ich dojrzewania. Badania Soppelsa i in. [2020] wykazały, że zastosowania przedzbiorcze ekstraktów z wodorostów w połączeniu z Ca zwiększało intensywność barwy rumieńca skórki, umożliwiając zebranie owoców we właściwym terminie.

2.3. Warunki przechowywania i technologia przechowalnicza

W jabłkach, owocach klimakterycznych, po zbiorze nadal zachodzą przemiany fizjologiczne i zmiany strukturalne związane z autokatalityczną syntezą etylenu, oddychaniem komórkowym, mięknięciem miąższu, hydrolizą skrobi, wzrostem zawartości cukrów i degradacją chlorofilu [Fellman i in. 2003]. Prowadzi to do szybkiego dojrzewania a następnie do przejrzenia owoców. W czasie tego procesu następuje przyspieszenie metabolizmu owoców z szybką utratą cech jakościowych [Rybczyński 2007].

Obecnie mamy w kraju wiele obiektów przechowalniczych. W zależności od ich rodzajów, typów i parametrów aparatury chłodniczej, uzyskujemy różny efekt dotyczący jakości przechowania owoców. Najbardziej prymitywnym na obecne warunki rodzajem obiektów są coraz rzadziej spotykane przechowalnie zwykłe. W obiektach tych obniżanie temperatury uzyskuje się poprzez ich wietrzenie w czasie spadków temperatury nocą lub w chłodniejsze dni. Spotkać je można w wersji naziemnej, częściowo podziemnej, bądź nawet całkiem w wersji podziemnej [Pieniżek 1988]. Obiekty te obecnie rzadko są wykorzystywane do przechowywania owoców z racji coraz to większych wymogów jakościowych. Ich wykorzystywanie najczęściej ogranicza się jako magazyny np. do krótkiego przetrzymywania jabłek przemysłowych.

Kolejną grupą obiektów do przechowywania owoców są chłodnie. Najbardziej prostym, z punktu widzenia wyposażenia chłodni, jest przechowywanie owoców w tzw. normalnej atmosferze (NA – ang. Normal Atmosphere). Technologia ta polega na składowaniu owoców w ustalonej i stabilnej temperaturze przechowywania. Brak kontroli nad temperaturą prowadzi często do zamrażania owoców lub oparzelizn chłodniczych. Skoki temperatur powodowały też skoki poziomu wilgotności prowadzące do pogorszenia się jakości przechowywanych owoców [Lange 1989]. Kluczowe jest utrzymanie w chłodni niskiej temperatury, aby podtrzymać wysoką twardość miąższu [Weber i in. 2013]. Temperatura 1,0°C zmniejsza poziom produkcji etylenu, a także aktywność enzymu oksydazy ACC, co prowadzi do utrzymania większej twardości miąższu [Weber i in. 2012].

Po chłodniach zwykłych nadszedł czas na chłodnie z kontrolowaną atmosferą (chłodnie KA, ang. CA – Controlled Atmosphere). Na tym etapie regulować zaczęto oprócz temperatury także poziom stężenia tlenu i dwutlenku węgla w komorach chłodniczych. Optymalna temperatura w chłodniach KA dla przechowywania jabłek powinna wynosić od 0°C do 4°C, a wilgotność względna powietrza 85-95% [Kader 1980]. Tego typu obiekty zapewniają już wysoką jakość owoców po przechowywaniu. Wydłużył się także okres podaży owoców na rynku [Jobling i McGlasson 1995, Tomala 1995]. Obniżony poziom tlenu i zwiększony poziom dwutlenku węgla, zmniejszyły intensywność oddychania owoców i produkcję etylenu. Ponadto owoce z tych obiektów wykazały mniejsze zmiany barwy zasadniczej skórki, jędrności, smaku i wartości odżywczej [Wawrzyńczak i in. 2006]. Brak szybkich zmian w obrębie barwy skórki jest wynikiem spowolnienia rozkładu chlorofilu w skórce jabłek, a także spowolnienia biosyntezy antocyjanów, karotenoidów i związków fenolowych. Z kolei dłuższe utrzymywanie smaku, jędrności i wartości odżywczej wynika z faktu, iż owoce przechowywane w warunkach chłodni KA, mają bardziej zahamowaną aktywność enzymów odpowiedzialnych za rozkład ścian komórkowych. Prowadzi to do zmniejszenia strat kwasów i spowolnienia przechodzenia skrobi w cukry proste [Kader 2003, Both i in. 2016].

Drake i Eisele [1997] porównywali efekty przechowywania w warunkach NA i KA jabłek odmiany 'Gala' przechowywanych łącznie z gruszkami 'Bartlett'. Wykazano wyższy poziom kwasowości oraz mniejszą zmianę koloru 'Gali' składowanej w warunkach KA niż owoców tej odmiany z warunków NA. Udokumentowano także, iż wspólne przechowywanie jabłek 'Gala' z gruszkami 'Bartlett' w warunkach KA przez 90 dni, nie wpłynęło na negatywną jakość owoców, bo te zachowywały dobrą jakość. Wyniki porównano dodatkowo z wynikami przechowywania jabłek i gruszek osobno i nie stwierdzono pogorszenia się jakości owoców przechowywanych tak w KA zawierającej 1% CO₂ i 1% O₂ jak i w atmosferze o składzie 3% CO₂ i 2% O₂

Erkan i in. [2004] porównywali przechowywanie jabłek odmiany 'Granny Smith' w warunkach NA i KA. W czasie 9-cio miesięcznego okresu przechowywania w warunkach NA odnotowano 10,4% zepsutych owoców, natomiast w warunkach KA zepsutych owoców nie stwierdzono. Także jędrność owoców oraz zawartość kwasów i ekstraktu była wyższa w jabłkach pochodzących z KA, niż owoców przechowywanych w NA. Przechowywanie jabłek w KA dodatkowo opóźniało rozkład chlorofilu i żółknięcie barwy zasadniczej skórki, a także ograniczało oddychanie jabłek i występowanie rozpadu miąższu. Cytowani Autorzy badali także wpływ różnych stężeń CO₂ i O₂ na rozwój oparzelizny jabłek 'Granny Smith'.

Nadulski i inni [2017] wykazali, że jabłka różnych odmian w sezonie 2011/2012 przechowane w warunkach NA odznaczały się bardzo dużą utratą jędrności miąższu w porównaniu do owoców przechowane w warunkach KA charakteryzowały się zdecydowanie mniejszą utratą jędrności.

Weber i in. [2012] badali wpływ różnej wilgotności względnej powietrza i dwóch różnych temperatur na jakość jabłek odmiany 'Gala' i jej mutacji 'Royal Gala', 'Gala Brookfield' i 'Maxi Gala' przechowywanych przez 8 miesięcy w warunkach KA. Badania wykazały, że 'Gala Brookfield' i 'Maxi Gala' we wszystkich stosowanych warunkach przechowywania odznaczały się najwyższą intensywnością oddychania. Temperatura przechowywania 1,0°C sprzyjała zachowaniu większej jędrności miąższu, wyższej zawartości ekstraktu i zmniejszyła odsetek owoców z rozpadem miąższu. Jabłka odmiany 'Brookfield' miały gorsze właściwości przechowalnicze w porównaniu z pozostałymi mutacjami i odmianą wyjściową. Wilgotność względna powietrza wynosząca 93-95% okazała się najlepsza dla wszystkich przechowywanych odmian, ponieważ przyczyniła się do zachowania wyższej jędrności miąższu i mniejszego udziału jabłek z objawami rozpadu miąższu.

Kolejnym etapem było wprowadzanie do praktyki przechowalniczej chłodni ULO (ang. ULO – Ultra Low Oxygen). W technologii tej zawartość tlenu w atmosferze nie przekracza 1,5%, a zawartość dwutlenku węgla utrzymywana jest na poziomie około 2%. Zawartość tlenu nie może być mniejsza niż 1% gdyż w takich warunkach może dochodzić do fermentacji i innych niepożądanych zmian jakościowych w owocach [Lange 1992, Schouten i in. 1998, Rutkowski 2015, Thewes i in. 2017].

Nadulski [2009] wywnioskował, że badanie jędrności jabłek tylko jedną metodą jest niewystarczające. Przeprowadzał on pomiary właściwości mechanicznych jabłek mierząc: siłę przebijania skórki, jędrność miąższu, ściskanie i rozciąganie próbek miąższu. Pomiary dokonywano w czasie długotrwałego okresu przechowywania jabłek w warunkach KA i ULO. Według Badacza, w przypadku przechowywania jabłek w chłodni ULO zmiany mechanicznych właściwości nie były wyższe niż 30%. Natomiast w przypadku jabłek

przechowywanych w warunkach chłodni zwykłej, niektóre parametry mechaniczne wyniosły 80%.

W doświadczeniach z odmianami jabłek ‘Gala’, ‘Jonagored’ i ‘Gloster’ przechowywanych w warunkach chłodni zwykłej i w warunkach chłodni ULO stwierdzono, że zależność między właściwościami mechanicznymi owoców i czasem ich przechowywania są nierozzerwalne. Spadek jędrności owoców następuje z czasem bez względu na rodzaj wykorzystywanej w tym wypadku chłodni. Jabłka składowane przez trzy miesiące w chłodni zwykłej w temperaturze 1,7-2,5°C i wilgotności 86-92% i dodatkowo przez okres 20 dni w trzech wariantach temperaturowych: 8°C, 14°C i 20°C nie nadawały się do obrotu handlowego. Owoce przechowywane w ULO 1,6-2,2°C i 2,2% CO₂ i 1,6% O₂ utrzymały parametry dopuszczające do obrotu handlowego wszystkich badanych odmian [Nadulski i in. 2012]. Weber i in. [2011] badali interakcję bardzo niskich stężeń tlenu ze stężeniami dwutlenku węgla i temperaturami przechowywania dla jabłek odmiany ‘Royal Gala’. Najlepszą kombinacją dla tej odmiany okazała się atmosfera zawierająca 2 kPa CO₂ i 1kPa O₂, oraz temperatura 1°C. Obniżanie poziomu tlenu poniżej 0,8 kPa O₂ zwiększało udział owoców z zaburzeniami fizjologicznymi i powodowało obniżenie jakości owoców po przechowywaniu.

Weber i in. [2013] prowadzili badania nad oceną różnych warunków przechowywania chłodni ULO w temperaturze 0,5°C i 1°C oraz atmosferze o pięciu różnych składach O₂ i CO₂ dla odmiany ‘Gala’ i dwóch jej mutacji: ‘Royal Gala’ i ‘Gala Brookfield’. Ocenie poddano owoce po ośmiu miesiącach przechowywania oraz uwzględnieniu dodatkowego siedmiodniowego okresu przechowywania w temperaturze pokojowej. Jędrność owoców okazała się wyższa po przechowywaniu w temperaturze 1,0°C niż przy 0,5°C. Najbardziej odpowiednimi warunkami ULO dla przechowywania ‘Gali’ i jej sportów okazała się atmosfera zawierająca 0,8-1,0 kPa O₂ i 1,5-2,0 kPa CO₂. Najszybciej starzejącą się z testowanych odmian okazała się ‘Gala Brookfield’.

Prace nad udoskonalaniem metod przechowywania owoców doprowadziły do opracowania niskotlenowych technologii przechowywania. Takim przykładem jest system chłodni DCS (ang. DCS – Dynamic Control System®). Ten opatentowany, dynamicznie kontrolowany system, polega na obniżaniu poziomu tlenu do granic stresu, po którym w owocu mogłyby zachodzić procesy fermentacyjne. Z tego powodu w obiektach z systemem DCS przeprowadza się dodatkowo pomiar poziomu etanolu świadczącego o poziomie zachodzących procesów fermentacyjnych. Ideą jest tu przechowywanie owoców poszczególnych gatunków i odmian w możliwie jak najniższym poziomie tlenu. [Veltman i in. 2003, Rutkowski 2015]. Z kolei Schouten i in. [1998] wykazali, że jabłka odmiany ‘Elstar’ przechowywane w warunkach DCS wykazały znacznie lepsze parametry w porównaniu do kontrolnej partii owoców przechowywanych w warunkach chłodni ULO.

Innym przykładem niskotlenowej technologii przechowywania owoców jest system dynamicznie kontrolowanej atmosfery DKA (ang. DCA – Dynamic Controlled Atmosphere). Znane są jej warianty oparte o różne metody monitorowania. Pierwsza z nich znana jest pod nazwą HarvestWatch™. Metoda ta także opiera się na utrzymywaniu w komorach bardzo niskiego stężenia tlenu (ang. LOL – Lower Oxygen Limit). Zawartość tlenu w tego typu obiektach ustala się na bardzo niskim poziomie 0,4-0,5%. Poziom ten musi jednak być bardzo precyzyjnie monitorowany, nadzorowany i utrzymywany w wartościach tolerowanych przez owoce. Co jakiś czas lub w okresach powstałego stresu stężenie tlenu zostaje czasowo

podniesione w celu przerwania ewentualnych procesów oddychania beztlenowego. Zawartość dwutlenku węgla utrzymuje się zazwyczaj na poziomie poniżej 1%. Trzy spotykane obecnie podczas przechowywania jabłek metody monitorowania LOL opierają się na pomiarze produkcji etanolu w owocach, pomiarze fluorescencji chlorofilu (ang. DCA-CF – Dynamic Controlled Atmosphere – Chlorophyll Fluorescence), oraz na wyznaczeniu ilorazu oddechowego owoców (ang. DCA-RQ – Dynamic Controlled Atmosphere - Respiratory Quotient) [Rutkowski 2015, Both i in. 2017]. Przechowywanie owoców w atmosferze zawierającej poniżej 1% tlenu - ILOS (ang. ILOS – Initial Low Oxygen Stress) z roku na rok ma więcej zwolenników. Wydłużenie możliwości przechowalniczych z zachowaniem doskonałych parametrów owoców jest już koniecznością. Zaobserwowano, że utrzymywanie owoców na granicy oddychania beztlenowego, jest najbardziej efektywnym sposobem na maksymalne wydłużenie okresu przechowywania owoców klimakterycznych. Technologicznie przez pierwsze kilkanaście dni jabłka przechowuje się przy poziomie 0,4% O₂ i przy niskim stężeniu CO₂, a następnie w warunkach ULO. Metoda ta pozwala na ograniczenie występowania na jabłkach oparzelizny powierzchniowej [Rutkowski 2015].

Jak donoszą [Weber i in. 2015] jabłka ‘Royal Gala’ przechowywane w dynamicznie kontrolowanej atmosferze DCA-RQ2 w temperaturze 0,5°C zachowały jakość porównywalną z jabłkami przechowywanymi w DCA-CF. Jabłka przechowywane w DCA-RQ4 w temperaturze 1°C również utrzymały wysoką jakość. Niższe ciśnienie cząstkowe O₂ podczas przechowywania owoców może powodować wzrost ryzyka wystąpienia fermentacji. Badacze zalecają system DCA-RQ2, i podniesienie temperatury z 0,5°C do 1,0°C w celu ograniczenia występowania zaburzeń fizjologicznych jabłek odmiany ‘Royal Gala’. Jabłka przechowywane w obu systemach DKA po ośmiu miesiącach przechowywania wykazały lepszą jakość niż te przechowywane w statycznej KA.

Porównując długoterminowe przechowywanie jabłek odmiany ‘Royal Gala’ i ‘Galaxy’ w warunkach KA, ULO i DCA-CF dowiedziono, że warunki ULO i DCA-CF pozwoliły skuteczniej utrzymać wysoką jakość owoców w porównaniu do jabłek przechowywanych w warunkach KA [Thewes i in. 2015]. Dalsze badania wnoszą kolejne informacje. Gdy ciśnienie parcjale tlenu spadło do 0,15 kPa O₂ i 0,0 kPa CO₂ to uruchomiło wysoki metabolizm beztlenowy w przechowywanej odmianie ‘Royal Gala’. Powstająca akumulacja etanolu i octanu etylu prowadziła do większych strat w przechowywanych owocach [Thewes i in. 2021].

Badania nad przechowywaniem jabłek odmiany ‘Royal Gala’ w warunkach ULO przy zawartości tlenu wynoszącej 0,5 i 0,7 kPa wykazali, że jabłka przechowywane w takich warunkach cechowały się najniższą produkcją etylenu, większą jędrnością miąższu i liczbą zdrowych owoców. Proces oddychania i podnoszenia poziomu etylenu zachodził istotnie wolniej dla owoców przechowywanych w warunkach DKA (0,6-0,8% O₂ i 0,6-0,8% CO₂) niż w ULO (1,5% O₂ i 1,5% CO₂) [Both i inni 2016].

Coraz powszechniejsze w przechowalnictwie jest pozbiornicze stosowanie 1-MCP (1-metylocyklopropenu). Technologia ta znajduje już zastosowanie nie tylko w sadownictwie, ale i w warzywnictwie, a także w segmencie roślin ozdobnych. 1-MCP powstrzymuje starzenie się przechowywanych produktów poprzez blokowanie receptorów etylenowych [Sisler i Serek 1997]. Na skalę produkcyjną 1-MCP stosowany jest od 1999 roku. Początki tej technologii zapoczątkowało wykorzystanie przez firmę Floralife produktu EthylBlock™ w celach utrzymania kwiatów ciętych w stanie świeżym. Dość szybko 1-MCP zaistniał także jako

produkt SmartFresh™ oferowany przez firmę AgroFresh. Jego wykorzystywanie jest już mocno zauważalne w przechowalnictwie warzyw i owoców. Stosowanie SmartFresh™ powoduje zachowanie na właściwym poziomie jędrności i kwasowości owoców. Przeprowadzone testy oceny preferencji konsumenckich na owocach wskazały, że preferowane są jabłka twarde i soczyste [Tomala i in. 2009]. Ponadto środek ogranicza i opóźnia występowanie oparzelizny powierzchniowej. Technologia wykorzystywania 1-MCP dotyczy może każdego rodzaju szczelnych komór, ale mocniejsze działanie jest wykazywane w warunkach KA. Skuteczność stosowania produktu na jabłkach, jest uzależniona m.in. od odmiany i warunków przechowywania uwzględniających temperaturę i czas trwania przechowywania [Watkins i in. 2000, DeEll i in. 2002, Rutkowski 2015, DeEll i in. 2016].

W litewskim doświadczeniu jabłka przechowywane w warunkach ULO oceniono pod względem smakowości i barwy znacznie wyżej w porównaniu z jabłkami traktowanymi 1-MCP. Odnotowano natomiast pozytywny wpływ działania 1-MCP na utrzymanie jakości jabłek przechowywanych przez 6 miesięcy w warunkach NA. Jakość tych jabłek była porównywalna z owocami przechowanymi w analogicznym okresie w warunkach ULO [Juhneva-Radenkova i Radenkova 2016].

Tomala i in. [2013] zbadali, że obniżanie temperatury i poziomu tlenu przy jednoczesnym zwiększaniu poziomu dwutlenku węgla w obiektach przechowalniczych przedłuża możliwości długiego magazynowania jabłek, ale dla odmian charakteryzujących się niską jędrnością, takich jak np. ‘Szampion’ może to być niewystarczające. Przyspieszenie zbioru w celu zachowania wyższej jędrności owoców tej odmiany skutkuje zazwyczaj niedostatecznym wybarwieniem jabłek niespełniającym wysokich wymaganiach konsumenckich. Pozostaje zatem zbierać odmianę ‘Szampion’ we właściwym czasie, ale należy zabezpieczyć owoce możliwie jak najlepiej, chroniąc je przed dalszą utratą jędrności. Zastosowanie w takich sytuacjach 1-MCP (SmartFresh™) spowodowało utrzymanie wymaganej jędrności, natomiast, u jabłek przechowywanych bez 1-MCP, zwłaszcza tych później zbieranych, zaobserwowano intensywniejsze wydzielanie etylenu [Tomala i in. 2013]

Zaobserwowano, że w czasie sezonu, w którym użyty był 1-MCP, zwiększył się o 26-39% poziom obrażeń zewnętrznych spowodowanych dwutlenkiem węgla jabłek odmiany ‘McIntosh’ przechowywanych w warunkach KA [DeEll i in. 2003]. Badanie wpływu CO₂ na jabłka w systemie KA poddanych działaniu 1-MCP były prowadzone także na odmianie ‘Empire’ [DeEll i in. 2005]. Jak podają Wang i Dilley [2000] sposobem na ograniczenie poziomu oparzelizny powierzchniowej jabłek może być ich pozbiornicze traktowanie difenylaminą (DPA). Prowadzono także badania porównujące oddziaływania 1-MCP oraz DPA. Celem badania było określenie nie tylko wpływu, ale i interakcji 1-MCP z DPA na jakość przechowywanych jabłek ‘Empire’ [DeEll i in. 2005]. Jędrność owoców okazała się lepsza w kombinacji z 1-MCP w porównaniu do kombinacji bez 1-MCP. Jędrność owoców okazała się także lepsza w kombinacji z DPA w porównaniu do kombinacji bez DPA. Kombinacja z CO₂ okazała się mieć lepszy wpływ na jędrność w porównaniu do kombinacji bez CO₂. Na skuteczne hamowanie wytwarzania CO₂, etylenu i innych substancji lotnych, miał nie tylko wpływ 1-MCP, ale i sam CO₂, czyli niejako 1-MCP naśladował skutek działania CO₂ [DeEll i in. 2005]. Wyniki zatem sugerują, że w celu zmniejszenia podatności owoców na uszkodzenie dwutlenkiem węgla, można go wyeliminować lub ograniczyć w KA, zastępując go 1-MCP. Także Tomala [2014] potwierdza, że sposobem na ograniczenie oparzelizny powierzchniowej

może być stosowanie 1-MCP. Działanie takie opóźnia niemal całkowicie rozwój tej choroby, a połączenie 1-MCP z przechowywaniem owoców w warunkach DKA sprawia, że choroba praktycznie nie występuje. Badania jakie przeprowadził Köpcke [2015] wykazują, że dla jabłek odmian 'Elstar', 'Jonagold' i 'Gloster', połączenie 1-MCP i DKA jest bardziej korzystne niż stosowanie tylko 1-MCP lub DKA. Zabieg 1-MCP powodował co prawda uwidacznianie się uszkodzeń zewnętrznych w jabłkach 'Elstar', ale połączenie technologii 1-MCP i DKA doprowadziło do mniejszej liczby plam na skórce niż sam 1-MCP lub same warunki DKA. Rozpatrując czynniki pojedynczo, stwierdzono, że 1-MCP był bardziej skuteczny niż DKA, szczególnie w przedłużaniu okresu trwałości owoców. Połączenie 1-MCP i DKA pozwala na długie i efektywne przechowywanie jabłek nawet w temperaturze 4-5°C co jest bardzo ważne w przypadku redukcji uszkodzeń wewnętrznych takich jak szklistość miąższu czy zewnętrznego ryzyka uszkodzeń podatnych odmian na oparzeliznę chłodniczą. Połączenie tych technologii może też wpłynąć na redukcję zużycia coraz bardziej kosztownej energii elektrycznej. Porównanie różnych warunków przechowywania jest przedmiotem wielu prac naukowych. Wyniki jakie przedstawili Błaszczuk i Gasparski [2019], potwierdziły, że różne warunki przechowywania mają istotny wpływ na jakość przechowanych jabłek. Owoce odmiany 'Red Jonaprince' w warunkach chłodni NA nawet w połączeniu z traktowaniem ich 1-MCP utraciły jędrność najszybciej, natomiast najlepiej jędrność zachowały owoce przechowywane w warunkach ULO z zastosowaniem 1-MCP. Sganzerla i in. [2018] badali wpływ 1-MCP na parametry jakościowe owoców trzech mutacji odmiany 'Gala' składowanych w temperaturze 0°C przez 90 dni. Okazało się, że 'Mondial Gala', 'Imperial Gala' i 'Galaxy' różnią się istotnie między sobą terminem osiągnięcia dojrzałości zbiorczej. Natomiast pozbiornicze zastosowanie 1-MCP pozytywnie wpłynęło na końcową jędrność jabłek wszystkich badanych odmian. Zastosowanie 1-MCP nie miało jednak istotnego wpływu na barwę zasadniczą skórki.

2.4. Nawożenie

Podstawą prawidłowego nawożenia powinny być analizy chemiczne gleby, a w razie potrzeby także i liści [Starck 1997].

Wykazano, że prawidłowo odżywione rośliny lepiej znoszą presję stresów, chorób i szkodników w porównaniu do roślin źle odżywianych [Borys 1979, Hołubowicz 1979]. Nadmierne nawożenie azotowe może wpłynąć na przedłużenie wegetacji drzew, a także na gorsze zimowanie drzew i gorsze parametry plonu. Z kolei deficyt azotu powoduje słabą jakość pąków w tym także kwiatostanowych, co w sposób oczywisty przekłada się na kondycję drzewa, a w efekcie także na gorszy plon.

Pieniążek [1988] opierając się na licznych obserwacjach z Miczurińska, a także obserwacjach po zimie w 1963 roku w sadach z okolic Polski centralnej, donosił, że nawet dawki azotu w granicach 240-250 kg czystego azotu na hektar utrzymały sady w lepszej zimotrwałości, w porównaniu do sadów słabo nawożonych.

W celu uzyskania właściwej jakości plonu należy dążyć do zapewnienia roślinom optymalnego dostępu do makro- i mikroelementów, uwzględniając ich wymagania pokarmowe i potrzeby nawozowe. W praktyce nie tylko niedobory, ale i nadmiary składników pokarmowych mogą powodować redukcję plonu i pogorszenie jakości plonu [Pieniążek 1988, Wójcik 2009b]. Najskuteczniejszą metodą reagowania na ewentualnie powstałe deficyty jest nawożenie dolistne. Można w ten sposób uzupełniać deficyty składników wywołane np. poprzez przejściowe niekorzystne warunki klimatyczne lub glebowe takie jak np. ochłodzenie blokujące fosfor, czy okresowe zalanie gleby uwiadczniające objawy niedoboru żelaza [Sady 2000].

Badania nad wpływem stosowanej formy azotu na jakość jabłek było przedmiotem wielu badań [Wang i in. 2020, Alhaj Alali i in. 2020]. Wang i inni [2020] wykazali, że stosowanie nawozów azotowych z inhibitorem nityfikacji DMPP (dimetylpirazolphosphate) zwiększył poziom antocyjanów i cukrów w owocach, a także ograniczył degradację owoców na skutek nadmiernego nawożenia azotem. Smoleń i Sady [2009] pracując z nawozem z inhibitorem nityfikacji DMPP nie stwierdzili, aby badany nawóz obniżył pH gleby. Jest to ważne, gdyż kwasowość gleby ma wpływ na pobieralność składników z gleby i na jakość plonu. Alhaj Alali i in. [2020] badając różne formy azotu udowodnili, że nadmiar azotu pogarsza wybarwienie się owoców, a w czasie przechowywania owoców obserwuje się ich większe utraty masy i jędrności.

Wieloletnie doświadczenia prowadzone w Wilanowie wykazały, że dla dobrej jakości plonu jabłek, na dobrych glebach i utrzymanych w dobrej kulturze, przy przynajmniej średniej zasobności gleby w próchnicę, azot pochodzący z mineralizacji materii organicznej, jest w stanie całkowicie zaspokoić potrzeby drzewa [Wrona 2008, 2010].

Zdolność do pobierania składników pokarmowych poprzez różne strefy korzenia jest różna. Jak donieśli Wrona i Sadowski [1998] ponad połowa korzeni cienkich znajduje się w strefie pod ugorem herbicydowym. Stwierdzono, że podkładki karłowe i te silnie rosnące mają podobną głębokość zakorzenienia [Wrona i Sadowski 1998, Wrona 2008 i 2010].

Każdy z pierwiastków chemicznych odgrywa w przyrodzie swoją rolę [Borys 1979, Wójcik 2009a]. Pewne pierwiastki są jednak często w glebie niewystarczająco dostępne [Pyrak i Worwąg 2018]. W doświadczeniu w latach 2006-2008 w oparciu o bloki nawożenia

dolistnego jabłoni na wzór holenderski, nie wykazano istotnego efektu dokarmiania pozakorzeniowego na zmianę poziomu wrażliwości kwiatów na mróz, a także nie wykazały wpływu tego nawożenia na większość cech parametrów owoców [Wójcik 2009b]. Także badania prowadzone przez SGGW w Wilanowie w latach 2002-2008 uwzględniające tak dolistne jak i doglebowe kombinacje nawożenia azotem w odmianie 'Jonagored', nie wykazały wpływu nawożenia azotem na plon drzew w latach 2002-2008 ani też na sumę plonu za te lata [Wrona 2009a]. Kolejne doświadczenie na odmianie jabłoni 'Szampion' uszlachetnionej na podkładce M 9 w latach 1995-2008 wykazało, że dawka azotu i sposób nawożenia azotem nie miały wpływu na średnią masę owoców [Wrona 2009b]. Jest to zgodne z siedemnastoletnimi badaniami przeprowadzonymi w Przybrodzie na odmianie 'Cortland' uszlachetnionej na podkładce M 26. Badania wykazały, iż nawożenie przez okres 17 lat nie wykazało wpływu na poziom plonowania [Pacholak i Rutkowski 1999].

Pasini i in. [2004] udowodnili wpływ systemu nawożenia na jakość jabłek 'Gala' i 'Fuji'. Okazało się, że odporność na uszkodzenia i na prawdopodobieństwo uszkodzenia owoców zależna jest od nawożenia doglebowego, tak tego zastosowanego na powierzchni gleby jak i podanego systemami fertygacji.

Wspomaganie dokarmiania w postaci nawożenia pozakorzeniowego lub fertygacji należy stosować w okresach zakłócenia pobierania składników [Wójcik 2009a].

W przypadku doświadczenia prowadzonego w sadzie doświadczalnym Katedry Sadownictwa i Pszczelarstwa UR w Krakowie zlokalizowanego w Garlicy Murowanej nie wykazano, aby nawożenie jesienne mocznikiem istotnie wpływało na plony jabłek odmiany 'Elise' [Domagała-Świątkiewicz i Błaszczuk 2009b].

Nadmierne nawożenie azotem pozytywnie wpływa na dłuższe utrzymywanie się zielonej barwy zasadniczej skórki, jednak negatywnie wpływa na barwę rumieńca na jabłku. W sadach intensywnie nawożonych azotem świadomie opóźnia się zbiory w oczekiwaniu na prawidłowy poziom wybarwienia się jabłek kosztem utraty parametru jędrności owoców [Mochecki 1999, Wójcik 2009a].

Owoce przenawożone azotem mają zaburzenia prawidłowych proporcji między składnikami co prowadzi do większego występowania chorób fizjologicznych w czasie przechowywania owoców [Błaszczuk i Ben 1997].

Prawidłowe nawożenie azotem, czyli wnoszenie go w dawkach umiarkowanych, nie wywołuje ujemnych skutków w cechach jakościowych owoców [Wrona 2008].

Milosevic i in. [2019] obserwowali wydajność plonotwórczą i wzrost drzew, a także cechy jakościowe owoców w zależności od rodzaju stosowanego nawożenia makroskładnikowego. W badaniach porównano wybrane nawozy organiczne, mineralne i organiczno-mineralne. Okazało się, że wybór nawozu miał istotny wpływ na masę owoców i ich jędrność, ale nie wpływał na cechę wielkości owoców.

Kurešová i in. [2019] badali wpływ nawożenia dolistnego na plonowanie i stan odżywienia drzew jabłoni 'Rubinola'. Doświadczenia przeprowadzone na dwóch typach gleby wykazały różny poziom plonotwórczości badanych sadów. Wyniki wykazały lepszy efekt stosowania nawożenia w sadzie z gorszymi warunkami glebowymi, jednak i w tym przypadku poprawa stanu odżywienia roślin nie zwiększyła istotnie plonu.

Brayek i in. [2019] badali wpływ nawożenia mikroelementowego w intensywnym sadzie jabłoniowym. Odmiana 'Golden Delicious' badana pod kątem liczby owoców i

jednostkowego plonu owoców z drzewa, wykazała się stosunkowo niską reakcją na stosowanie nawozów mikroelementowych (poniżej 10%).

Przy deficycie łatwo dostępnego w glebie wapnia i braku dostarczania go drogą pozakorzeniową, musimy się liczyć z gorszymi parametrami jędrności jabłek i z ich większą podatnością na choroby przechowalnicze [Wójcik 2012, Tomala i in. 2013, Verdaasdonk i Tomala 2014]. Owoce lepiej odżywione wapniem dzięki lepszej, czyli większej jędrności, są mniej podatne na uszkodzenia podczas zbioru, transportu i przechowywania, a także podczas obrotu handlowego [Wójcik 2012, Michalski 2016].

Wapń ze względu na cechy spowolnionego transportu w roślinie powinien być podawany także pozakorzeniowo przez cały okres wzrostu owocu [Verdaasdonk i Tomala 2014]. Im wcześniej zaczyna się nawozić dolistnie wapniem, a także im więcej zabiegów dolistnych wapniem jest wykonanych, tym jędrność owoców bardziej wzrasta. Jabłka z małą zawartością wapnia dojrzewają wcześniej od owoców, które tego pierwiastka mają więcej [Tomala i in. 2013]. Mała zawartość wapnia w owocach zwiększa ich wrażliwość na pęknięcie oraz na choroby fizjologiczne m.in.: gorzką plamistość podskórną, różne typy rozpadów, oraz szklistość miąższu [Fallahi i in. 1997].

Potas ma ogromny wpływ na gospodarkę wodną roślin i na rozmiar jabłek. Owoce odpowiednio nawożone potasem osiągają większe wymiary niż owoce z deficytem tego składnika. Intensyfikacja nawożenia potasowego pogarsza stosunek potasu do wapnia. Gorzka plamistość podskórna (GPP) przypisywana jest między innymi problemom związanym z równowagą pomiędzy potasem i wapniem [Ben 2006].

Fosfor kontroluje wiele funkcji komórkowych dla prawidłowego wzrostu i rozwoju rośliny a zatem pełni bardzo istotną rolę plonotwórczą [Gómez-Merino i Trejo-Téllez 2015]. Im z większej liczby komórek jest zbudowany owoc, tym ostatecznie owoc powinien wykazywać się lepszymi parametrami jakościowymi (wielkość, jędrność, podatność na pęknięcie). Fosfor jest kluczowym składnikiem wielu niezbędnych cząsteczek, takich jak kwas rybonukleinowy (RNA) i kwas deoksyrybonukleinowy (DNA), fosfoproteiny, fosfolipidy, fosforany cukru, enzymy i związki bogate w energię, takie jak trifosforan adenozy, adenozylo trójfosforan (ATP) i fosforan dinukleotydu nikotynoamidoadeninowego Dinukleotyd nikotynoamidoadeninowy (NADP) [Manna i in. 2016]. Fosfor bardzo często w składzie gleby zajmuje duży udział, ale występuje w niej w formie bezpośrednio nieprzyswajalnej np. w postaci minerałów o słabej rozpuszczalności takich jak waryscyt, apatyt i fosforyt [Pyrak i Worwąg. 2018]. Dostępność fosforu w glebie zależy w dużej mierze od kwasowości gleby (pH). Na glebach kwaśnych oraz w zasadowych, fosfor wchodzi w reakcje chemiczne na skutek których przechodzi w formy niedostępne dla roślin [Grzebisz 1996]. Kolejnym problemem jest trudność w przemieszczaniu się fosforu w strefie glebowej, co ma duże znaczenie przy braniu pod uwagę faktu pobierania tego pierwiastka w obrębie ryzosfery. Zakłócenia w pobieraniu fosforu uwidaczniają się często sezonowo w okresach wiosennych ochłodzeń - są przejściowe i mijają po ustąpieniu chłódów [Sady 2000].

2.5. Fosforany i fosforyny w ochronie i nawożeniu

W przypadku nawożenia fosforem, zazwyczaj spotykamy się z nawozami fosforowymi z fosforem w formie fosforanów. Dużo rzadziej od nawozów fosforanowych spotyka się stosowanie doglebowych nawozów fosforynowych. Bardziej powszechne znaczenie w nawożeniu mają zatem fosforany, gdyż stanowią podstawowe źródło nawożenia fosforem [Gómez-Merino i Trejo-Tellez 2016]. Można jednak wyczytać, że fosforyny też są źródłem fosforu [MacIntire i in. 1950].

W przypadku nawożenia fosforem jednoznacznie ocenia się nawożenie roślin w oparciu o formy fosforanowe (HPO_4^{2-} oraz H_2PO_4^-) [Gómez-Merino i Trejo-Tellez 2016]. Formy fosforynowe nie są cząsteczkami w pełni utlenionymi (HPO_3^{2-} oraz H_2PO_3^-). W praktyce fosforyny są łatwiej rozpuszczalne a w konsekwencji szybciej pobierane i wchłaniane przez rośliny. Szybkość systemicznego działania fosforynów w roślinie wynika z transportowania go poprzez floem i ksylem [Ouimette i Coffey 1989b, Guest i Grant. 1991]. Obecnie dużą uwagę poświęca się nawozom fosforynowym. Fosforyny w rolnictwie są stosowane jako pestycydy, nawozy i biostymulatory [Tkaczyk i in. 2016]. Mimo niskiego zapotrzebowania drzew jabłoni na fosfor, podawanie go w każdym roku prowadzenia sadu w okresie okołokwitnieniowym, pozytywnie wpływa na rozwój nie tylko owoców, ale i merystemów wzrostu tak na korzeniach, jak i pędach, oraz dodatkowo poprawia parametry skórki owoców ograniczając straty związane z ich przechowywaniem [Neilsen i in. 2008].

Fosforyny stosowano jako nawozy ograniczające występowanie chorób [Gómez-Merino i Trejo-Tellez 2015 i 2016, Manna i in. 2016]. Niektórzy rozpatrują użyteczność fosforynów jako: nawozu, herbicydu, biostymulatora i biocydu [Achary i in. 2017].

Dyskusyjnym jest jednak to, jaka jest przydatność nawożeniowa fosforynów [Landschoot i Cook 2005]. W licznych doniesieniach podaje się, że fosforyny są tak trwałym związkiem chemicznym, że w roślinie nie przechodzą w fosforany i nie mogą stanowić źródła odżywienia fosforem [Ouimette i Coffey 1989a, Othake i in. 1996, Estrada-Ortiz i in. 2011, Gómez-Merino i Trejo-Tellez 2015, 2016]. W oparciu o inżynierię genetyczną powstały już rośliny transgeniczne zdolne do wykorzystywania formy fosforynowej jako nawóz lub herbicyd [Manna i in. 2016].

Krążące w sokach fosforyny mają duży wpływ na ewentualną ilość stosowanych zabiegów ochrony roślin. Zaobserwowano, że nawożenie fosforynami ma duże znaczenie w budowaniu zdrowotności roślin i ograniczaniu występowania chorób i szkodników. Jest to wynikiem wpływu fosforynów na budowanie przez rośliny własnego układu odpornościowego [Daniel i Guest 2006, Thao i Yamakawa 2009, Tkaczyk i in. 2016].

Stwierdzono, że fosforyny nie mogą być stosowane w kulturach *in vitro* jako źródło fosforu dla batatów [Hirose i in. 2012]. Wykazano, że w uprawach na których stosowano nawożenie tak fosforanowe, jak i fosforynowe, doszło do synergizmu działania obu form skutkujące lepszym efektem odżywienia fosforem [Bertsch i in. 2009].

W uprawie truskawek zastosowanie fosforynów jako nawozu nie wpłynęło ani na wzrost roślin, ani na owocowanie [Moor i in. 2009]. Obecnie oprócz oceny działania fosforynów jako nawozów i środków ochrony, rozpatruje się również działanie fosforynów jako stymulatorów [Tkaczyk i in. 2014]. O korzystnym wpływie fosforynów na wzrost trzech odmian truskawek donoszą Glinicki i inni [2010]. Wykazano efektywność doglebowego

zastosowania preparatu Resistim skutecznie ograniczającego występowanie wielu patogenów glebowych i stymulującego wzrost korzeni [Bertsch i in. 2009, Moor i in. 2009, Glinicki i in. 2010]. Fosforyny działają w dużej mierze systemicznie, ale i wykazują bezpośredni wpływ na zarodnikowanie wielu organizmów. Początkowo oceniano, że fosforyny wykazują działanie tylko kontaktowe i powinny być stosowane punktowo w dużych stężeniach [Fenn i Coffey. 1984, 1985].

Dowodem na grzybobójcze działanie fosforynów może być ograniczenie zarodnikowania grzybów z rodzaju *Phytophthora* [Lovatt. 1990]. Natomiast skuteczność fosforynów w ograniczeniu występowania antraknozy na fasoli wykazali Gagada i in [2017]. Doświadczenia na produktach fosforynowych Phos 60 EU oraz Bacphos wykazały ich skuteczność na *Plasmodiophora brassicae* stwarzając nowe możliwości w ochronie kapusty głowiastej przed kiłą kapusty [Czajka i in. 2016].

Wykazano także fitotoksyczny lub nawet śmiertelny wpływ fosforynów na rośliny. Thao i Yamakawa [2009] opisywali działanie preparatów na bazie fosforynów, ostrzegając o ich fitotoksycznym charakterze po reakcjach jakie zaszły z innymi nawozami i pestycydami. Wykorzystanie fitotoksycznych właściwości preparatów fosforynowych do walki z chwastami badali López-Arredondo i Herrera-Estrella [2012], którzy przetestowali fosforyny na różnych chwastach i wykazali, że chwasty *Brachypodium distachyon* i *Ipomoea purpurea* nie były w stanie prawidłowo rosnąć w glebie nawożonej fosforynami. Także chwasty *Brachiaria plantaginea* i *Amaranthus hybridus* były skutecznie kontrolowane przez zastosowane fosforyny. Fosforyny jako herbicyd wykazały działanie zarówno tak przedwzrostowe, jak i powzrostowe. Podanie fosforynów w wysokich stężeniach w postaci oprysku na liście niszczyło chwasty szerokoliste takie jak *Phyllanthus niruri* i *Euphorbia hirta*, ale u *Portulaca oleracea* powodowało jedynie opóźnienie wzrostu, natomiast u *Chloris barbata* zostały jedynie niejako etiolowane. Działanie przedwzrostowe fosforynów na chwasty zaobserwowano na przykładzie hamowania kiełkowania *Amaranthus viridis*. Uogólniając badania wykazały, że fosforyny przy wyższym stężeniu wykazuje działanie chwastobójcze na małe, delikatne rośliny gatunków chwastów dwuliściennych, a efekt doglebowy efekt obserwowany w przypadku niektórych chwastów dwuliściennych i silnie rosnących chwastów jednoliściennych [Manna i in. 2016].

Fosforyny wykazują toksyczne działanie w stosunku do lęgniowców *Oomycetes* w szczególności do rodzajów *Peronospora*, *Plasmopara*, *Phytophthora* i *Pythium* [Lobato i in. 2011]. Z kolei fosforyn potasu stosowany pod nazwą Resistim wykazał działania ochronne w stosunku do grzybów niższych [Szwonek i in. 1997], a także stymulował plonowanie warzyw i tymianku [Kołodziej 2009]. W innych publikacjach podkreśla się skuteczne działanie fosforynów na bakterie [Aćimović i in. 2015].

Przykładem skuteczności działania na różne patogeny są badania prowadzone na ziemniakach pod kątem uszkodzenia bulw przez *Phytophthora infestans*, *Fusarium solani* i *Erwinia carotovora*. Na roślinach traktowanych fosforynem potasu, zmniejszone zostały o około 50% w porównaniu do wielkości uszkodzeń w bulwach otrzymanych z roślin nietraktowanych [Lobato i in. 2011].

Percival i Banks [2014] udowodnili, że zastosowanie fosforynu potasu i fosforynu krzemu wywołało pozytywny wpływ na witalność tytoniu i może stanowić alternatywną, bądź

też uzupełniającą rolę dla konwencjonalnych środków chemicznych. Uwidocznione to było zwiększoną zawartością chlorofilu w liściach oraz zwiększoną aktywnością enzymów obronnych (β -1,3-glukanazy, peroksydazy). Wykazano, że fosforyny mogą być stosowane nalistnie i nakorzeniowo, a efekt stosowania będzie wykazywać podobny skutek.

Działanie ograniczające szkodliwość niektórych nicieni przez zastosowanie fosforu potasu została już udowodniona. Dias-Arieira i in. [2012] testowali m.in. skuteczność fosforu potasu do ograniczenia występowania nicieni *Pratylenchus brachyurus* w uprawie kukurydzy. Po 60 dniach po zabiegu populacja badanych nicieni została znacznie zmniejszona. Z kolei Oka i in. [2007] stosowali fosforu w pszenicy. Zastosowanie 0,63 mg fosforu na roślinę spowodowało redukcję pasożytniczych nicieni *Heterodera avenae* i *Meloidogyne marylandi*.

Stosowanie w nawożeniu fosforu powoduje ich szybkie pobieranie przez rośliny, jednak długo pozostają w roślinie w formie niezwiązanej, krążącej wraz z sokami roślinnym [Malusa i Tosi 2005]. Fosforyny potasu charakteryzują się niskim pH roztworu i z tego powodu są łatwo mieszalne z większością pestycydów przedłużając nawet trwałość mieszanin zbiornikowych. Zaleca się niemieszania fosforu z fungicydami miedziowymi [Glinicki i in. 2010, Tkaczyk i in. 2016]. Etykiety fungicydów i nawozów siarkowych, a także etykiety produktów fosforowych mają często zapisy przestrzegające przed wzajemnym mieszaniem. Trzecią grupą nawozów, których nie należy mieszać z fosforami stanowią nawozy wapniowe. Reaktywność fosforu z wapniem może doprowadzić do wzajemnego wytrącania się wapnia i fosforu z mieszaniny zbiornikowej o czym ostrzegają etykiety produktów.

Rola fosforu potasu została uznana, a substancja sklasyfikowana na liście FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) w grupie fungicydów o niskim ryzyku powstawania oporności na patogeny pod kodem 33. Fosforu jako substancja czynna została dopuszczona z powodu braku szkodliwości dla pszczół i organizmów wodnych [Aleksić i in. 2014]. Także Stowarzyszenie MCFA w USA (Minor Crop Farmer Alliance) z powodu przeklasyfikowania w Unii Europejskiej fosforu z grupy nawozów do środków ochrony roślin, ostrzegała, że związki zawierające fosforu jako pestycydy wpływać mogą na normy pozostałości, a przez to wpływać także na globalny handel żywności [MCFA, 2014].

Wykorzystanie fosforu w sadownictwie.

Coraz częściej w innowacyjnych sposobach ochrony roślin sadowniczych przed patogenami wykorzystuje się oprócz pestycydów, także nawozy dolistne. Taki przykład stanowi wykorzystywanie w ochronie produktów fosforowych [Ellis i in. 2000, Bielenin 2002, Reuveni i in. 2003, Sutton i in. 2006, Muszyńska i Orlikowski 2010, Glinicki i inni 2010, Meszka i Bielenin 2010, Aćimović i in. 2015, Broniarek 2015].

W sadownictwie fosforyny, w tym fosetyl glinowy znajdował zastosowanie do walki z chorobami bakteryjnymi takimi jak rak bakteryjny *Pseudomonas syringae* i zaraza ogniowa *Erwinia amylovora*. W badaniach wykorzystano fosetyl glinowy porównywany w swym działaniu i skutecznością ze streptomycyną [Ellis i in. 2000]. Skuteczność fosforu w kontrolowaniu zarazy ogniowej wywoływanej przez bakterię *Erwinia amylovora* potwierdził także Johnson i Temple [2017] a także Aćimović i in. [2015].

W Instytucie Ogrodnictwa w Skierniewicach badano działanie grzybobójcze fosforu amonu w produkcie Actifos przeciwko *Phytophthora* [Bielenin 2002, Muszyńska i Orlikowski 2010]. Badanie te były istotne ze względu na występowanie *Phytophthora* ssp. w podłożu,

w owocach i w roślinach na plantacjach truskawek i malin [Meszka i Michalecka 2016]. Z kolei Estrada-Ortiz i in. [2013] wykazali, że w uprawie truskawek odmiany 'Festival' dostarczenie 20% fosforu w roztworze składników odżywczych, poprawiło plonotwórczość truskawek. Zastosowanie stężeń 30% uaktywniło mechanizmy obronne poprawiając zdrowotność roślin, co w konsekwencjach zwiększyło stężenie antocyjanów i poprawiło jakość owoców. Jednak stężenia fosforu potasu wyższe niż 30% w roztworze składników odżywczych negatywnie wpłynęły na plonotwórczość i jakość owoców.

Fosforom przypisuje się cechę prewencyjnego działania. Po ich zastosowaniu stwierdza się zwiększoną ilość fitoaleksyn w roślinie odpowiedzialnych za wewnętrzne mechanizmy obronne roślin przed patogenami [Thao i Yamakawa 2009].

W uprawie jabłoni prowadzono badania nad wykorzystaniem fosforów w zwalczaniu parcha jabłoni *Venturia inaequalis* [Sutton i in. 2006]. Początkowo nie wykazano bezpośredniej skuteczności fosforów w walce ze sprawcą parcha jabłoni.

W przypadku fosforów najczęściej w praktyce są stosowane fosfor potasu i fosfor amonu. Według Hailey i Percival [2014] fosfor potasu ma mniejszą skutecznością w walce ze sprawcą parcha jabłoni *Venturia inaequalis* w porównaniu do innych przebadanych form fosforowych m.in.: fosforu miedzi, fosforu cynku, fosforu wapnia.

W przypadku jabłoni Heaton i Dullahide [1990] stwierdzili działanie fosforu wapnia i fosforu potasu przeciwko białej zgniliznie korzeni *Dematophora necatrix* i parchowi jabłoni *Venturia inaequalis*. Reuveni i in. [2003] zbadali, że trzy zastosowania dolistne fosforu potasu, między początkiem kwitnienia a opadaniem płatków, zmniejszyły liczbę zainfekowanych owoców pleśnieniem gniazd nasiennych jabłek wywołane przez *Alternaria arnata* o 40 i 60%, w porównaniu z nietraktowanymi drzewami kontrolnymi. Zdaniem Lobato i in. [2010] działanie fosforów jest bardziej fungistatyczne niż fungitoksyczne, choć wykazują one tak działanie bezpośrednie jak i pośrednie przeciwko wielu patogenom.

Wykazano, że preparaty fosforowe stosowane łącznie z preparatami opartymi na substancji aktywnej *kaptan* często podnoszą skuteczność zabiegów w porównaniu do zabiegów wykonanych preparatami zawierającymi tylko substancje aktywne *kaptan* [Meszka i Bielenin 2010, Broniarek 2015]. W niektórych badaniach wykazano, że mieszanina zawierająca *kaptan* i fosfor potasu może konkurować z innymi kontaktowymi i systemicznymi rozwiązaniami fungicydowymi [Aleksić i in. 2014].

Działanie fosforów przeciwko innym chorobom w uprawie jabłoni prowadzili także Rosenberger i in. [2009]. Skuteczność rozwiązań w tych doniesieniach była niewystarczająca.

Stosowanie fosforowych nawozów powinno być rekomendowane w okresie wiosennym, aby jak najszybciej zwiększyć w roślinie poziom fitoaleksyn odpowiedzialnych za mechanizmy obronne roślin [Daniel i Guest 2006, Tkaczyk i in 2016]. Doniesienia belgijskiej stacji badawczej PC Fruit nad fungicydem Luna Care wskazują, że pojedyncze zabiegi fosforami lub fosfitem glinowym nie wywołują efektu odporności, gdyż do wywołania mechanizmu obronnego przez rośliny potrzebne są przynajmniej 3 zabiegi. Jest to zgodne z badaniami Reuveni i in. [2003]. Wczesne stosowanie fosforów może redukować ich kłopotliwe pozostałości.

Wśród szeregu chemicznych substancji aktywnych pochodzenia pestycydowego, zaczęto wykrywać i zwracać większą uwagę na substancje pochodzenia nawozowego jak m.in. azotany i azotyny oraz fosforany i fosforyny. W przypadku stosowania fosforów w ochronie

i nawożeniu, obserwuje się długi czas rozkładu fosforynów, których metabolity w analityce zaliczane są do tej samej grupy, co metabolity fosetylu glinowego z preparatu Aliette 80 WG i Luna Care, czy fosfonianów potasu z fungicydów Delan PRO oraz Soriale.

Malusa i Tosi [2005] udowodnili, że pozostałości w jabłkach po fosetylu glinu i nawozach fosforynowych mogą być wykrywane nawet dwa lata po zakończeniu aplikacji, ale było to uzależnione od stosowanych dawek i zawartości fosforynów w badanych produktach. Prace badawcze nad skutecznością mieszanin fosforynów z typowymi fungicydami opartymi na kaptanie w produkcji Ventura prowadzili Aleksic i in. [2014]. Badacze ocenili, że rozkład fosforynów, aby nie wykazały pozostałości w jabłoniach ocenia się na ponad 100 dni, jednak w praktyce uzależnione jest to od przebiegu warunków pogodowych, wieku sadu, spodziewanego plonu i innych czynników.

2.6. Choroby przechowalnicze jabłek

W czasach rosnących kosztów produkcji, powinniśmy dążyć do tego, aby każdy już wyprodukowany owoc przeznaczony na rynek deserowy spełniał nie tylko kryteria jakości w chwili zbioru, ale i spełniał te kryteria po okresie przechowywania owoców [Rutkowski i Bryk 2016]. W praktyce jesteśmy zobowiązani do właściwego przygotowania owoców, aby ochronione były przed presją chorób przechowalniczych. W czasie przechowywania często pojawia się wiele różnych chorób. Część z nich to choroby o charakterze fizjologicznym, a część biotycznym. Choroby fizjologiczne są często przyczyną dużych strat [Rutkowski i in. 2005]. Nie zawsze oznacza to całkowitą stratę przydatności owocu do konsumpcji, gdyż bywa, że owoce te mają tylko nieznacznie pogorszoną jakość. Występowanie tych fizjologicznych chorób jest często uzależnione od podatności odmiany, terminu zbioru, panującego w roku zbioru przebiegu pogody, a także od przygotowania owoców do przechowywania i samego przechowywania owoców [Argenta i in. 2021]. Wiele z tych chorób jest pośrednio związanych z wynikiem deficytu w owocach wapnia [Tomala 2014, Grabowski 2014]. Ważną chorobą fizjologiczną jest gorzka plamistość podskórna (GPP). Objawy chorobowe pojawiają się zwykle na dużych przerośniętych owocach, w których doszło do rozcieńczenia zawartości wapnia. Występowanie gorzkiej plamistości podskórnej związane jest również z dużą podatnością na chorobę odmian np. 'Ligol' i 'Elise' [Tomala 2014]. Odmiany 'Rubin' i 'Szampion' ulegają chorobie zwłaszcza w latach suchych, w których występują zakłócenia w transporcie wapnia. Z odmian starszych podatność na GPP wykazują 'Jonagold', 'James Grieve', 'Boskoop', 'Koksa Pomarańczowa' i 'Cesarz Wilhelm' [Grabowski 2014]. Gorzkiej plamistości podskórnej zapobiega się poprzez opryski dolistne nawozami wapniowymi, ale rzadko dochodzi do całkowitego uniknięcia strat związanych z GPP [Domagała-Świątkiewicz i Błaszczak 2009a].

Inną często spotykaną chorobą fizjologiczną jabłek jest szklistość miąższu. Choroba występuje szczególnie w okresie intensywnego nasłonecznienia i bardzo wysokich temperatur [Pieniążek 1988], ale może potęgować to także susza i występujące z tym problemy w transporcie wapnia [Fallahi i in. 1997, Rutkowski 2005]. Na skutek poprawy pogody może dochodzić do częściowego lub całkowitego cofnięcia się objawów choroby. Objawy choroby mogą się też cofać po zbiorze owoców pod warunkiem powolnego schładzania przez okres kilku tygodni [Pieniążek 1988]. Nasilone objawy szklistości miąższu mogą prowadzić do brązowienia miąższu [Argenta i in. 2002]. Do odmian wrażliwych na chorobę należy 'Fuji' w której obserwuje się wyższe poziomy odpowiedzialnego za szklistość sorbitolu w porównaniu do odmian 'Gala' i 'Ligol' [Yoon i in. 2020]. Powszechnie spotkać ją można również na odmianach 'Elise' i 'Szampion' [Tomala 2014].

Typowymi chorobami fizjologicznymi, które pojawiać się mogą na owocach zwłaszcza w starszych generacjach obiektów przechowalniczych jest rozpad starczy i rozpad mączysty. Występowanie chorób wiąże się z procesami przejrzenia owoców, deficytu wapnia w owocach i złej technologii przechowywania [Rutkowski 2015]. Rozpad starczy najczęściej występuje na owocach przerośniętych pochodzących z drzew młodych. Rozpad mączysty jest wynikiem zbyt szybkiego przejrzenia owoców, które na skutek deficytu wapnia intensywnie oddychają i zbyt szybko przejrzejają [Tomala 2014].

W nowoczesnych obiektach częściej można zaobserwować na jabłkach objawy oparzelizny powierzchniowej. Objawy uwidaczniają się zazwyczaj dopiero po przeniesieniu owoców do pomieszczeń z temperaturą pokojową [Rutkowski 2015]. Z punktu widzenia gospodarczego choroba przynosi ogromne straty, gdyż oprócz kosztów wyprodukowania owoców dochodzą koszty ich składowania, a o ewentualnym problemie dowiadujemy się często po przygotowaniu owoców do sprzedaży [Tomala 2014, Grabowski 2014].

Kolejną chorobą niepatogeniczną redukującą plon handlowy przechowywanych jabłek jest rozpad chłodniczy. Przyczyną tej choroby jest przechowywanie jabłek w zbyt niskiej temperaturze [Rutkowski 2015]. Owoce przechowywane w kontrolowanej atmosferze mogą zostać uszkodzone przez zbyt niską zawartość w atmosferze tlenu lub nadmierną zawartość dwutlenku węgla [Tomala 2014].

Choroby przechowalnicze wywoływane mogą być również przez czynniki patogeniczne. Patogeny nie tylko przenoszą się poprzez materiał roślinny, ale i poprzez opakowania. Dotyczy to także chorób bakteryjnych [Ceroni i in. 2004].

W przypadku chorób bakteryjnych źródłem infekowania owoców mogą być sprawcy raka bakteryjnego *Pseudomonas syringae* lub zarazy ogniowej *Erwinia Amylovora*. Przy przechowywaniu owoców w niskich temperaturach spada jednak populacja bakterii *E. Amylovora* i choroba się nie ujawnia [Taylor i Hale 2003]. Są jednak doniesienia, że w porażonym owocu bakteria *E. Amylovora* może przetrwać i po wyjęciu z chłodni niszczyć owoc i stać się źródłem dalszych infekcji [Ordax i in. 2009].

W przypadku patogenów grzybowych w Polsce stwierdzono 20 gatunków infekujących jabłka i gruszki, a fitopatologiczna literatura światowa wymienia już takich gatunków grzybów ponad 90 [Bryk 2010]. Wiele z tych chorób jest wywołana przez grzyby wytwarzające groźne dla zdrowia ludzkiego mykotoksyny [Rutkowski i Bryk 2016]. Do infekcji najczęściej dochodzi trzema różnymi drogami. Pierwszą grupę chorób stanowią patogeny, które wnikają do roślin lub ich organów poprzez naturalne otwory, a do zakażenia nimi może dochodzić nawet kilka miesięcy przed zbiorem owoców i ujawnieniem się objawów chorobowych. Przykładem może być grzyb będący sprawcą szarej pleśni *Botrytis cinerea* atakujący i infekujący już w okresie kwitnienia, a ujawniający się dopiero podczas przechowywania owoców [Dewey i Grant-Downton 2016, Tuyet 2020].

Kwiaty mogą być infekowane przez kilkanaście rodzajów grzybów [Elfar i in. 2020]. Jednym z częściej występujących izolatów w kwiatach jabłoni jest grzyb *Alternaria* wywołujący ujawniające się podczas przechowywania pleśnienie gniazda nasiennego lub zgnilizny przetchlinkowej [Elfar i in. 2020].

Grzyb *Nectria / Neonectria* kojarzony z chorobami kory i drewna infekuje także kwiaty, ale ostatecznie powoduje zgnilizny przykielichowe jabłek [Holthusen i Weber 2021].

Gnicie odśrodkowe jabłek może wywołać także grzyb z rodzaju *Fusarium* [Bryk 2010]. Bardzo duże straty jednak obserwuje się z powodu infekcji owoców gorzką zgnilizną wywołaną przez grzyb będący sprawcą chorób kory drzew *Pezicula alba (Neofabrae alba)* a także *Pezicula malicorticic (Neofabrae malicorticic)* [Bryk 2010, Grabowski 2014].

W miejscach uszkodzeń powodowanych przez szkodniki często dochodzi do wnikania drugiej grupy patogenów. Najwięcej szkód zdaje się tu wyrządzać *Monilinia fructigena* i *Monilinia laxa* będące sprawcą brunatnej zgnilizny drzew ziarnkowych [Bryk 2010]. Obiecujące są badania z wykorzystaniem bakterii przeciwko grzybom *Monilinia* [Lahlali i in.

2020]. Innymi patogenami atakującymi przez rany w skórce owoców są *Penicillium expansum* wywołujący mokrą zgniliznę owoców, wspomniany wcześniej grzyb *Botrytis cinerea* wywołujący szarą pleśń, *Mucor* i *Rhizopus* wywołujące miękką zgniliznę [Bryk 2010].

Trzecią grupę patogenów grzybowych na owocach jabłoni stanowią grzyby powierzchniowe [Bryk 2010]. Najbardziej znanym przedstawicielem jest sprawca parcha jabłoni *Venturia inaequalis*. Parch jabłoni należy nadal do chorób jabłoni wymagających ciągłych badań ze względu na ciągłe mutowanie patogena i przełamywanie odporności na fungicydy [Papp i in. 2020]. Oprócz objawów pierwotnych i wtórnych infekcji obserwowanych już w sadzie, dojść może do uwidocznienia się parcha dopiero podczas przechowywania [Bryk 2010, Grabowski 2014]. Ta forma parcha najczęściej nazywana jest parchem przechowalniczym lub parchem szpilkowym.

Innymi, rzadziej spotykanymi chorobami okresu przedzbiorczego i przechowalniczego są brudna plamistość i kropkowana plamistość owoców [Bryk 2010, Grabowski 2014].

Odmiana Gala jest średnio wytrzymała na mróz, wrażliwa na parcha oraz na choroby drewna i kory, natomiast mało podatna na mączniaka [Ugolik 1996]. Także zdaniem Kruczyńskiej [2008] nie ma różnic we wrażliwości na choroby odmiany 'Gala' i wielu jej mutacji jak np.: 'Gala Must', 'Galaxy', 'Royal Gala', 'Brookfield Gala'. Mutacje 'Gala' różnią się między sobą wielkością owoców i ich podatnością na pęknięcie mogące mieć wpływ na poziom uwidaczniania się chorób w czasie przechowywania i w czasie obrotu. Malladi i Hirst [2010] wykazali różnice w ilości i wielkości komórek w owocach pomiędzy mutacjami odmiany 'Gala'. Może to mieć wpływ na różne skłonności sportów 'Gala' do pęknięcia owoców.

Argenta i in. [2021] porównywali przez cztery sezony sześć mutacji 'Gala' w trzech lokalizacjach, w celu wychwycenia różnic odmianowych w przechowywaniu w tym także podatności na choroby przechowalnicze. W badaniach tylko 'Imperial Gala' i 'Royal Gala' wykazały powierzchowne oparzenia związane z przechowalnictwem owoców. Abdelfattah i in. [2021] badali zasiedlenie jabłek 'Royal Gala' przez grzyby i bakterie w okresie dojrzałości zbiorczej. Badania te mogą stanowić podstawę do opracowania biologicznych metod zabezpieczania owoców przed patogenami wywołującymi patogeniczne choroby przechowalnicze.

Jak podają Gelain i in. [2020], 'Gala' łatwo jest porażana przez grzyb *Glomorella* (*Colletotrichum* ssp.) ograniczający plony zwłaszcza w klimacie tropikalnym i subtropikalnym. 'Gala' jest także podatna na zgnilizny owoców wywołanych przez *Neonectria ditissima*.

Grzyby patogeniczne z rodzaju *Monilinia* łatwo atakują jabłka sportów 'Gala' uwidaczniając się jako brunatne mumie już w sadzie lub jako charakterystyczne czarne mumie w chłodniach. Patogen niemal cały czas zasiedla powierzchnie owoców i wnika do owocu najczęściej przez pęknięcia i zranienia. *Monilinia* szybko uodparnia się na działanie wielu substancji aktywnych fungicydów. Pereira i in. [2019] poinformowali, że *Monilinia* wykazała niską wrażliwość na azoksystrobiny, tebukonazol, iprodion i tiofanat metylu co ma ogromne znaczenie w skuteczności ochrony.

3. BADANIA WŁASNE

3.1. Cel i zakres pracy

Celem zrealizowanych badań było określenie wpływu warunków przechowywania i stosowania wybranych preparatów fosforynowych – Profos, Resistim i Fosmagnum, na jakość jabłek odmiany ‘Natali Gala’. Zakres pracy obejmował właściwe wyprodukowanie owoców, zebranie ich we właściwym terminie i właściwe ich przechowanie. Głównym celem było określenie optymalnych warunków do przechowywania odmiany ‘Natali Gala’. Owoce zostały przechowywane przez 120 i 150 dni z uwzględnieniem dodatkowego 7-dniowego symulowanego obrotu handlowego w celu sprawdzenia w jakich warunkach owoce przechowują się najlepiej. Rozpatrzone zostały cztery warianty przechowywania: w chłodni zwykłej, w chłodni z kontrolowaną atmosferą oraz dwa warianty chłodni KA-UŁO.

Drugim celem było sprawdzenie wpływu preparatów fosforynowych na jakość jabłek ‘Natali Gala’ po ich przechowywaniu i sprawdzenie ilości strat związanych z występowaniem chorób patogenicznych uwidocznionych po przechowaniu owoców.

3.2. Materiał i metody

3.2.1. Położenie sadu i warunki wzrostu owoców

Badania prowadzono na jabłkach odmiany ‘Natali Gala[®]’ pochodzących z założonego w 2010 roku sadu „Gospodarstwo Sadowniczo-Szkółkarskie Agnieszka i Krzysztof Gasparscy”, znajdującego się w miejscowości Pęchów, gmina Klimontów, 30 km od Sandomierza (ryc. 1).



Ryc. 1. Sad z odmianą 'Natali Gala' (fot. K. Gasparski)

Sad posadzony został w rozstawie 3,2 x 1 m, na równym terenie o kierunku rzędów północny wschód - południowy zachód. Drzewa w sadzie prowadzone w formie korony

wrzecionowej o wysokości 2,7 m. W sadzie w rzędach drzew utrzymuje się w większości sezonu ugór herbicydowy o szerokości około 1,5 m. W międzyrzędziach przez cały okres wegetacji utrzymuje się murawę, którą kosi się około 5-6 razy w sezonie. Zastosowaną podkładką jest M 9, a dokładnie jej mutacja RN 29, która w ostatnich latach w spisie COBORU (Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych), traktowana zaczyna być jako odrębna podkładka.

3.2.2. Charakterystyka odmiany 'Natali Gala'

'Natali Gala' jest polską odmianą deserową. Jest to czerwony spontaniczny mutant odmiany 'Gala' znaleziony przez Ryszarda Nowakowskiego [Kuklewski 2016]. Odmiana została uznana za odrębną i wpisana do krajowego rejestru odmian sadowniczych 24.01.2011 roku pod numerem S 581 i jako hodowca figuruje w spisie Ryszard Nowakowski. Odmiana 'Natali Gala' jest też odmianą prawnie chronioną - zgłoszona do krajowego rejestru odmian w Polsce od 24 stycznia 2011 roku [Gacek 2020]. Obecny Krajowy Rejestr podaje, że odmiana jest wpisana do księgi wyłącznego prawa do dnia 24.01.2041 roku [COBORU 2020a].



Ryc. 2. Owoc odmiany 'Natali Gala' (fot. K. Gasparski)

Drzewo charakteryzuje się średnio-silnym wzrostem o łatwo dającej się formować koronie. Konary boczne odchodzą od przewodnika najczęściej tworząc kąty proste. Gałęzie zazwyczaj pokryte są wieloma krótkopędami. Odmiana należy do bardzo plennych i regularnie owocujących. Jest jednak mało podatna na chemiczne przerzedzanie zawiązków, natomiast bardzo dobrze reaguje na przerzedzanie ręczne. Odmiana wykazuje skłonność do produkowania małych owoców, dlatego przerzedzanie powinno być wykonywane wcześniej [Basak 2006]. Kwitnie średnio późno i intensywnie, dlatego kwiaty są mniej narażone na wiosenne przymrozki. Jest wartościowym zapyłaczem dla innych odmian. Owoce nieprzerzedzone na czas są drobne, a właściwie prowadzone drzewa dają owoce średniej wielkości (65-75 mm), kulisto stożkowate, niemalże w pełni pokryte są czerwonym

rumieńcem, któremu towarzyszą wyraźne paski (ryc. 2). Skórka gładka, delikatnie połyskująca. Przechlinki nieregularne, przeciętnej wielkości, jasne, liczne i kuliste. Wąska i długa szypułka mocno trzymająca się krótkopędów, która wyraźnie wznosi się poza zagłębienie szypułkowe. Miąższ żółty, drobnoziarnisty, chrupiący, aromatyczny o słodkim smaku. Barwa zasadnicza skórki jest żółto-zielona [Nesrsta 2011]. Odmiana wykazuje średnią podatność na parcha jabłoni i na mączniaka prawdziwego jabłoni, natomiast podatność na choroby kory i drewna uznaje się za dużą, podobnie jak i pozostałych mutacji Gali. Odmiana wyjściowa jest średnio wytrzymała na mróz, wrażliwa na parcha oraz na choroby drewna i kory, natomiast mało podatna na mączniaka [Ugolik 1996].

Odmiana dojrzewa kilka dni przed odmianą wyjściową, a dojrzałość zbiorczą uzyskuje od drugiej do trzeciej dekady września. Nie należy za długo pozostawić owoców na drzewie, ponieważ prowadzi to do spękań miąższu [Kruczyńska 2003]. Jabłka przechowują się dobrze nawet w warunkach chłodni zwykłej do marca. Natomiast w warunkach standardowej kontrolowanej atmosfery oraz ULO, jabłka mogą być przechowywane nawet do maja. Podczas przechowywania jabłka narażone są na gorzką zgniliznę jabłek, a także szarą pleśń [Stowarzyszenie Polskich Szkółkarzy 2008]. Z powodu podatności na choroby kory i drewna, jak również na tendencje do pęknięcia owoców przy szypułce, zwłaszcza w latach z deszczową pogodą w czasie zbioru, jest odmianą wrażliwą na przechowalnicze choroby pochodzenia grzybowego związane z rakiem drzew owocowym *Nectria* i zgorzelami kory powodowanymi głównie przez grzyb *Pezizula*.

3.2.3. Charakterystyka podkładki M 9

Podkładką zastosowaną w sadzie jest wegetatywna podkładka M 9/RN 29. M 9 (Malling 9) jest uznawana za jedną z najpopularniejszych podkładek w Europie. Zaliczana jest do grupy podkładek karłowych. Jej początki związane są z Francją, gdzie została znaleziona. Rozmnażana jest od 1879 roku początkowo pod nazwą Rajka Żółta z Metz. Kolejnym krokiem była jej selekcja w Anglii w stacji East Malling [Czynczyk 1988]. Zyskała wtedy nową nazwę East Malling IX = M 9. Powstały jej kolejne klony, z których najbardziej znanymi stały się M 9 EMLA, M 9 T 337 i RN 29. W Polsce początkowo zakładano mateczniki ze wszystkich tych typów, a kwalifikacja uznawała je wszystkie pod jedną nazwą jako M 9. Następnie dawny Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa w Skierniewicach (obecnie Instytut Ogrodnictwa) deklaruje własną selekcję pod nazwą M 9 ISK. Obecnie w krajowym rejestrze odmian sadowniczych możemy wyróżnić nazwy zapisane uwzględniając spacje w sposób następujący: M 9, M 9 EMLA, M 9 T 337, RN 29 [COBORU 2020b]. Do wad podkładki M 9 przypisuje się małą wytrzymałość na mróz. Kolejnym problemem jest delikatny system korzeniowy podkładki ograniczający jej wykorzystywanie do gleb urodzajnych. Jej wrażliwość na suszę oraz kruchy system korzeniowy powoduje, że sady założone na tej podkładce wymagają zastosowania palikowania lub podpór [Rejman i Makosz 1994, Czynczyk 1998]. Podkładka ma jednak zdecydowanie więcej zalet. Drzewa uszlachetnione na podkładce M 9 wcześniej wchodzi w okres owocowania, a posadzone w odpowiedniej rozstawie pozwalają na uzyskanie obfitego plonu. M 9 korzystnie wpływa na barwę rumieńca owoców. Jabłonie uszlachetniane na tej podkładce wykazują stosunkowo małe problemy z pobieraniem i transportem wapnia a przez to stosunkowo małą podatność na gorzką plamistość podskórną (GPP). Uznaje się, że jabłonie uszlachetniane na M 9 korzenia się płytko, na głębokość 10-15 cm [Trybała 1999].

Zostało to jednak zakwestionowane przez Wronę, gdyż na podstawie przeprowadzonych w SGGW badań wynika, iż korzenie M 9 po dwóch latach wzrostu w sadzie korzenia się do 50-60 cm głębokości, natomiast po czterech latach wzrostu w sadzie nawet do 110-120 cm głębokości. Najwięcej korzeni znajduje się na głębokości 10-50 cm, w konsekwencji czego drzewa mogą czerpać składniki z dużej masy gleby i z różnych warstw [Wrona 2010].

Zastosowana RN 29 zakwalifikowana została w okresie zakładania sadu jeszcze jako M 9. Obecnie w krajowym rejestrze odmian roślin sadowniczych podkładka zyskała ostateczną nazwę RN 29, po wcześniejszej nazwie hodowlanej M 9 T 29 i występuje jako samodzielna odmiana. W pozostałych krajach Europy sprzedawana jest najczęściej jako M 9 - RN 29. Symbole RN pochodzą od belgijskiego szkółkarza-hodowcy Renee Nicolai będącego właścicielem tego klonu od 1999 roku. Podkładce RN 29 przypisuje się lepszą produktywność w mateczniku. W kwestii wzrostu zdania są podzielone. Niektóre źródła podają, że wzrost RN 29 jest nieco silniejszy w porównaniu do podkładki wyjściowej, a inne źródła wskazują na wyraźnie słabszy wzrost w porównaniu do M 9.

3.2.4. Metody ograniczania chorób i szkodników w sadzie

W sadzie, z którego zbierano jabłka do doświadczenia, ochrona oparta została na wiedzy i doświadczeniu właściciela, będącego jednocześnie uprawnionym doradcą sadowniczym.

Zwalczanie szkodników prowadzone było w oparciu o zwykły regularny monitoring sadu z wykorzystaniem pułapek feromonowych i tablic lepowych (ryc.3).



Ryc. 3. Zestaw pułapek do monitoringu lotu szkodników (fot. K.Gasparski)

Dodatkowo monitoring potencjalnych infekcji chorób wspierały modele chorobowe firmy *Pessl Instruments* powiązane ze stacją meteorologiczną *i'Metos* (nr. 00001AE2 z oprogramowaniem 02.74) zlokalizowaną na terenie gospodarstwa w miejscowości Pęchów (dł. geogr. 21.45832; szer. geogr. 50.66804) (ryc. 4).

Pomocą w wykrywaniu potencjalnych infekcji w rejonie, służyły także informacje z monitoringu odłowu zarodników parcha jabłoni *Venturia inaequalis* w oparciu o Spore Trap należący do PROCAM, a będący w tamtym czasie w eksploatacji przez Świętokrzyski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Sandomierzu (ryc. 5).



Ryc. 4. Stacja meteorologiczna I'Metos z modelami chorobowymi firmy Pessl Instruments (fot. K.Gasparski)

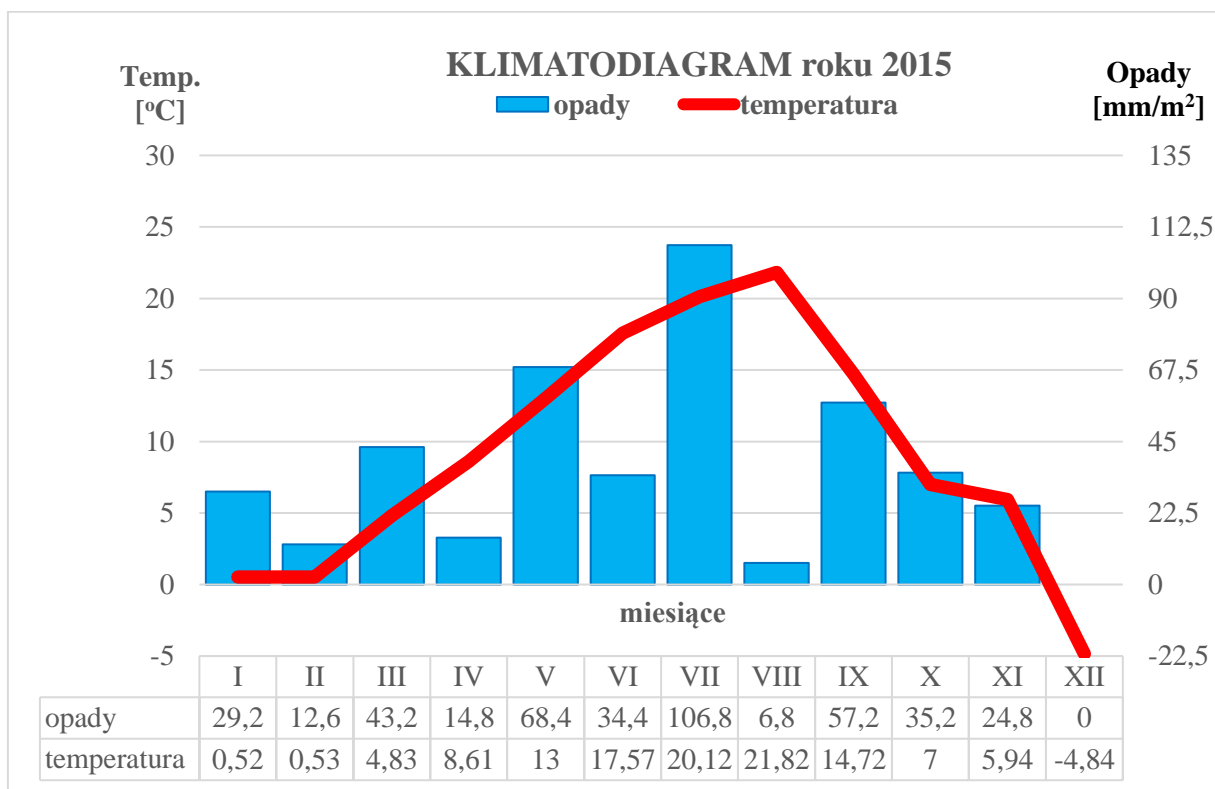


Ryc. 5. Spore Trap do monitoringu zarodników grzybów (fot. K.Gasparski)

3.2.5. Warunki klimatyczne

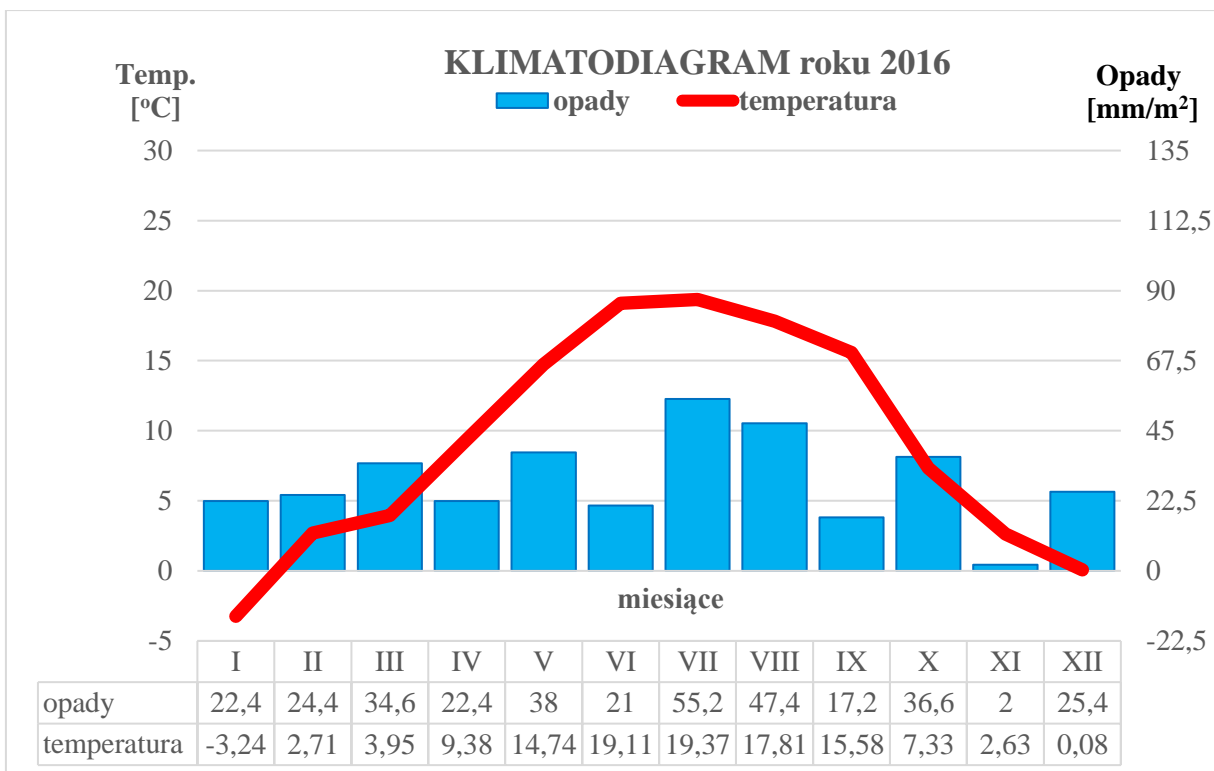
Na podstawie pomiarów opadów ze stacji pogodowej w Pęchowie okazuje się, że jest to mikroregion odbiegający od wskazań okolicznych stacji pomiarowych. Jest to teren wschodniego zejścia Gór Świętokrzyskich, rozdzielających w praktyce masy powietrza, co w konsekwencji daje w tym regionie zbyt niski poziom opadów.

Odnotowane przez stację pogodową w Pęchowie wskazania średnich miesięcznych temperatur zestawiono razem z miesięcznymi sumami opadów. Wykresy sporządzono osobno dla 2015, 2016 i 2017 roku i wyskalowano temperatury do opadów w stosunku 1°C:4,5 mm/m². Tego rodzaju zestawienie proporcji temperatur do opadów według Waltera i Lietha [1970] pozwala określić okresy niedoboru wody. Przedstawiony wykres (Ryc.6) wykazał, że aż w czterech miesiącach okresu wegetacji w roku 2015 wystąpił niedobór wody. Główne niedobory występowały w kwietniu, czerwcu i lipcu, a wrzesień wykazał tylko nieznaczny poziom niedoborów wody. Rozkład niedoborów wody przypadający na co drugi miesiąc okresu wegetacji pozwala przy dużej retencji wodnej gleb gospodarstwa, na którym prowadzone były badania na ograniczaniu negatywnego wpływu tych deficytów na wzrost i plonowanie sadu.

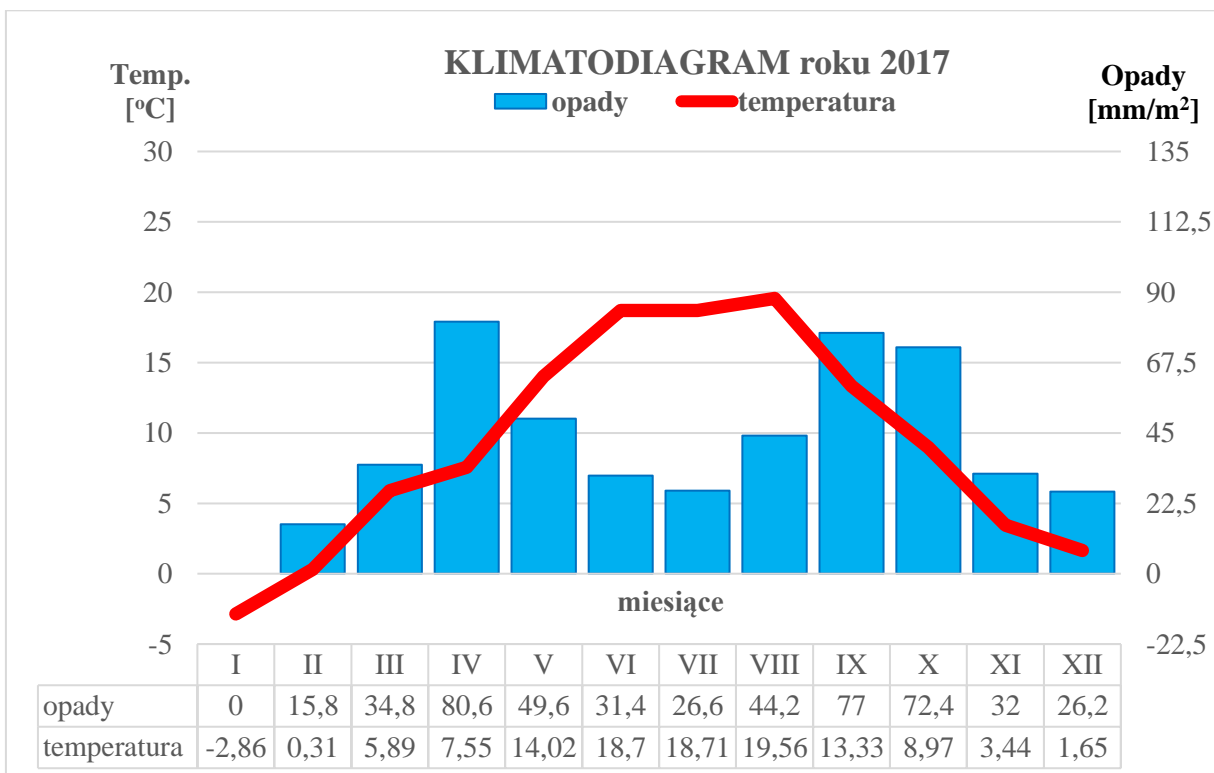


Ryc. 6. Klimatodiagram roku 2015 dla sadu prowadzenia badań (opracowanie własne na podstawie danych stacji agrometeorologicznej I'Metos)

W roku 2016 (Ryc.7) sytuacja przedstawiała się inaczej, gdyż okresy niedoboru wody w okresie wegetacji trwały aż sześć miesięcy poczynając od kwietnia a kończąc na wrześniu włącznie. Zatem okres posuchy przypadł na cały okres produkcji owoców badanej odmiany.



Ryc. 7. Klimatodiagram roku 2016 dla sadu prowadzenia badań. (Opracowanie własne na podstawie danych stacji agrometeorologicznej I'Metos).



Ryc. 8. Klimatodiagram roku 2017 dla sadu prowadzenia badań. (Opracowanie własne na podstawie danych stacji agrometeorologicznej I'Metos).

Rok 2017 charakteryzował się także występowaniem okresu posuchy jednak trwającej 4 miesiące i poprzedzonej opadami w kwietniu dającymi możliwość złagodzenia okresu niedoboru wody przynajmniej w maju (Ryc..8). Także opady wrześniowe pozwalały jeszcze przyrastać owocom w końcowym etapie wzrostu powodując jednak ubocznie ich pęknięcia.

W czasie trzyletnich doświadczeń, roczna suma opadów nie przekroczyła 500 mm, a w roku 2016 suma opadów nie osiągnęła nawet poziomu 350 mm. Co gorsze, suma opadów przedstawiona w tabeli 1 w miesiącach produkcyjności odmiany 'Natali Gala' tj. od pierwszego kwietnia, do 30 września wynosiła zaledwie: 288,4 mm/m² w roku 2015; 201,2 mm/m² w roku 2016 oraz 309,4 mm/m² w roku 2017. Dobrą kondycję drzew zapewniły wysokiej jakości gleby, które nawet w warunkach tak niskich opadów, pozwalają na uprawę jabłoni na karłowej podkładce M 9.

Tabela 1. Sumy opadów [mm/m²] w Pęchowie w latach 2015-2017 (opracowanie własne na podstawie danych stacji agrometeorologicznej I'Metos)

OPADY	ROCZNA SUMA OPADÓW [mm/m ²]	SUMA OPADÓW W SEZONIE IV – IX [mm/m ²]
ROK		
2015	433,4	288,4
2016	346,6	201,2
2017	490,6	309,4

Porównując w latach 2015-2017 temperatury minimalne (tabela 2) nie zanotowano wielkich różnic. Trzeba jednak zaznaczyć brak analizy towarzyszących zjawiskom temperaturowym wiatrom, jak też brak analizowania dziennych amplitud temperaturowych sprawa. Ostatnie lata mimo braku spadku temperatury poniżej – 20°C charakteryzowały się sporymi wahaniami temperatury, które sprzyjały rozhartowaniu drzew. Dodatkowo występujący zimą silny wiatr powodował uszkodzenia jabłoni i większe niż zazwyczaj wystąpienie chorób kory i drewna. W roku 2017 wystąpiły na przedwiośniu najsilniejsze przymrozki. Zjawiskom tym towarzyszyły silne wiatry co sprawiło, że odczuwalne temperatury niosły za sobą większe ryzyko uszkodzeń mrozowych.

Tabela 2. Przebieg minimalnych miesięcznych temperatur [°C] w Pęchowie w latach 2015-2017 (opracowanie własne na podstawie danych stacji agrometeorologicznej I'Metos)

TEMPERATURA Minimalna [°C]	MIESIĄC											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2015 r.	-14,9	-8,8	-5,9	-1,2	2,6	6,0	6,9	7,4	3,0	-2,6	-4,2	-8,5
2016 r.	-17,4	-7,0	-3,6	0,2	0,9	5,0	7,9	6,9	0,5	-2,8	-6,1	-9,9
2017 r.	-10,4	-6,0	-1,8	-2,8	-2,2	6,3	6,5	6,2	2,8	-1,3	-5,8	-5,3

Przebieg maksymalnych miesięcznych temperatur (tabela 3) wykazał, że w styczniu 2017 roku temperatura maksymalna wyniosła zaledwie 2,3°C co w porównaniu do pozostałych lat, w których prowadzono badania stanowiło wyraźnie niższą wartość, różniącą się o około

8,5-9°C. Podobnie w grudniu 2015 roku maksymalna temperatura wynosząca tylko -2,2°C różniła się aż 11-12°C do temperatury zanotowanej w tym miesiącu w latach 2016 i 2017.

Tabela 3. Przebieg maksymalnych miesięcznych temperatur [°C] w Pęchowie w latach 2015-2017 (opracowanie własne na podstawie danych stacji agrometeorologicznej I'Metos)

TEMPERATURA Maksymalna [°C]	MIESIĄC											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2015 r.	10,8	11,0	21,6	24,4	27,2	33,8	35,8	38,6	35,2	24,0	17,2	-2,2
2016 r.	11,3	13,1	16,1	25,5	31,6	37,5	35,5	32,4	32,4	25,2	14,5	9,0
2017 r.	2,3	14,2	20,7	25,1	30,8	32,4	33,9	36,3	29,7	22,0	13,9	10,4

3.2.6. Warunki glebowe.

Sad został założony na glebie I i II klasy bonitacyjnej o podłożu lessowym, łatwo ulegającej zbitciu ze względu na bardzo dużą część frakcji ilastych. Teren sadu jest równinny i jednolity bez uwidoczniionych zmienności glebowych. Warunki glebowe należą do bardzo dobrych z uwagi na występowanie na tym terenie bardzo żyznych lessów, o głębokiej miąższości, która rekompensuje w dużej części małą ilość opadów w okresie wegetacji. Gleba charakteryzuje się odczynem pH 6,5. Regularnie corocznie gleba jest wapnowana za pomocą wapna węglanowego na bazie kredy w dawce 200 kg nawozu/ha.

W celu prawidłowego określenia zapotrzebowania na składniki pokarmowe, w gospodarstwie regularnie wykonuje się analizę gleby z warstwy 0-20 cm pod kątem kwasowości gleby i zasobności gleby w podstawowe makroelementy (tabela 4). Analizy wykonywano w oparciu o typową metodę rolniczą (pH w KCl, a zawartość składników w mg/100g gleby).

Tabela 4. Zawartości składników mineralnych w glebie [mg/100g gleby] w latach 2015-2017 określone metodą rolniczą (opracowanie własne na podstawie danych z wyników laboratoryjnych)

Rok	KWASOWOŚĆ		FOSFOR			POTAS			MAGNEZ	
	pH w KCl	Odczyn	zawartość składników w mg/100g gleby							
			P ₂ O ₅	P	Ocena	K ₂ O	K	Ocena	Mg	Ocena
2015	7,4 (6,7)	Zasadowy (obojętny)	18,6	8,1	Wysoka	24,8	20,6	Wysoka	7,8	Wysoka
2016	6,0	lekko kwaśny	22,0	9,6	Bardzo wysoka	25,9	21,5	Wysoka	5,6	Średnia
2017	7,0	Odczyn obojętny	43,0	18,7	Bardzo wysoka	27,5	22,8	Wysoka	7,9	Wysoka

Odczyn gleby oscyluje w okolicach obojętnego, co można uznać za górną granicę idealnego pH gleby dla uprawy jabłoni. Co prawda wyniki w roku 2015 wskazały pH jako 7,4, ale weryfikacja tego wskaźnika miernikami przenośnymi wskazała na poziom pH 6,7. Z powyższych danych wynika, że gleba w sadzie posiadała wysokie zawartości składników pokarmowych. Składniki te dodatkowo występują względem siebie we właściwych

proporcjach. Także stosunek potasu do magnezu można uznać za bardzo poprawny ($K/Mg < 3,5$). W celu uzyskania szerszego obrazu jakości gleby, wykonana została w październiku 2017 roku dodatkowa szersza analiza metodą ogrodniczą (tabela 5), której ze względu na różnice w jednostkach nie da się w łatwy sposób porównać z wynikami analiz rolniczych, w których to pH określa się w wodzie a nie w KCl, a zawartość składników w mg/l gleby a nie w mg/100g gleby).

Tabela 5. Zawartości składników mineralnych w glebie mg/l dm³ gleby w roku 2017 określone metodą ogrodniczą (opracowanie własne na podstawie danych z wyników laboratoryjnych)

2017									
zawartość składników w mg/dm ³ gleby									
N-NO ₃	P	K	Ca	Mg	B	Zn	Fe	Mn	Cu
5,14	132	254	1814	155	0,99	11,8	41,9	9,05	5,23
Niska	Wysoka	wysoka	wysoka	wysoka					

Dane zamieszczone w Tabeli 5 wskazują na wysoką zawartość w glebie fosforu, potasu i magnezu. Niską zasobność gleby w azot w okresie pozbiorczym nie stanowi mankamentu, a biorąc pod uwagę procesy przemian azotu, może świadczyć o wyważonym nawożeniu, zgodnym z zasadami Integrowanej Ochrony i Integrowanej Produkcji. Bardzo dobra okazała się także zawartość przyswajalnego w glebie wapnia, która w dużej mierze ogranicza występowanie wielu niepatogenicznych chorób przechowalniczych. Zawartości mikroelementów zostały określone dodatkowo dla szerszej informacji o zasobności gleby w składniki pokarmowe.

Tabela 6. Właściwości chemiczne gleby w roku 2017 (opracowanie własne na podstawie danych z wyników laboratoryjnych)

KWASOWOŚĆ		ZASOLENIE	Sód	Chlor	Siarka	Węgiel	Próchnica
pH w KCl	odczyn	g NaCl / l gleby	mg/l gleby		mg/100g p.s.m.	w % p.s.m.	
			Na	Cl	S-SO ₄	C-org.	
7,02	obojętny	5,14	56,0	5,80	0,34	1,07	1,76
Ocena					b. niska		średnia

Pozostałe parametry gleby zamieszczone w tabeli 6 wskazują na deficytowy poziom siarki, mimo cyklicznego stosowania wieloskładnikowych nawozów na bazie siarczanu potasu. Zawartość próchnicy w glebie jest na poziomie średnim, aby się nie obniżała dopuszcza się okresowe zarastanie rzędów drzew chwastami, które po oprysku herbicydowym mogą stanowić jedno ze źródeł próchnicy z rozkładających się resztek roślin. Zasolenie gleby okazało się wysokie.

3.2.7. Nawożenie

Nawożenie doglebowe zaliczane jest do głównych zabiegów agrotechnicznych mających wpływ na funkcjonowanie roślin. Aby ocenić potrzebę nawożenia, a także jego skuteczność ważne jest przeprowadzenie lustracji w sadzie i wykonanie analizy chemicznej zawartości składników mineralnych w liściach i glebie, na której rośnie sad [Starck 1997]. W myśl zasadom obowiązkowej od 2014 roku Integrowanej Ochrony, analizy chemiczne gleby są obowiązkowe. Podstawą nawożenia w gospodarstwie jest znajomość zasobności gleby w składniki pokarmowe. Pozwala to na osiągnięcie właściwego poziomu pH i właściwej zasobności składników pokarmowych. Zgodnie z zasadą, że lepiej zapobiegać niż leczyć, mimo niemal wzorcowych wartości przedstawionych w poprzednio przy opisywaniu warunków glebowych, biorąc pod uwagę nasadzenia wieloletnie, gospodarstwo stara się rokrocznie wносить (tym samym uzupełniając) niewielkie ilości fosforu, potasu i wapnia, aby wyeliminować możliwość wystąpienia skrajnych niedoborów pierwiastków lub rozregulowania pH gleby. Wnoszenie regularnie mniejszych dawek eliminuje konieczność stosowania dużych dawek w okresach wymiany nasadzeń.

Nawożenie azotem jest podawane w kilku dawkach, a wielkość dawek uzależniona jest od wielkości spodziewanego plonu. Pierwsza dawka azotu podawana jest najczęściej tuż przed kwitnieniem drzew w postaci bezchlorkowego nawozu wieloskładnikowego w ilości 200 kg/ha sadu w rzędy drzew (25 kg N/ha, 25 kg K₂O/ha, 34 kg P₂O₅/ha). Druga dawka azotu podawana jest po kwitnieniu i zawiązaniu się zawiązków owocowych najczęściej jako jedna z saletr (25-30 kg N/ha).

Wapń podawany jest rokrocznie w okresie pozbiornym. Fosfor i potas stosowane są najczęściej wiosną razem z pierwszą dawką azotu w postaci wieloskładnikowego nawozu bezchlorkowego NPK.

Nawożenie pozakorzeniowe powinno stanowić uzupełnienie nawożenia doglebowego. Analizy laboratoryjne liści i innych organów roślin są dobrowolne i wykonywane zazwyczaj przy próbie ustalenia ewentualnych zmian wyglądu roślin. Do tej pory w gospodarstwie takich prób nie wykonywano.

W obecnych czasach, przy coraz wyższych wymogach dotyczących jakości produkowanych owoców, a także po poznaniu wpływu stosowania nawożenia pozakorzeniowego na jakość plonu, ciężko sobie wyobrazić nowoczesny sad bez stosowania w nim np. pozakorzeniowych zabiegów nawożenia wapniem. Zabiegi wykonywane w gospodarstwie z sadem, w którym założono to doświadczenie, stanowiły często mieszaniny różnych kombinacji fungicydów, insektycydów, stymulatorów wzrostu i nawozów pozakorzeniowych (dolistnych).

Z uwagi na charakter badań, w gospodarstwie nie były w tych latach używane inne niż przyjęte do doświadczeń fosforyny. Nie były także używane środki ochrony roślin, których podobieństwo do fosforynów mogłoby wpłynąć na wyniki badań.

3.2.8. Ochrona drzew przed chorobami i szkodnikami,

W gospodarstwie praktykuje się zasady Integrowanej Ochrony (IO) oraz Integrowanej Produkcji (IP). Podstawową zasadą obowiązkowej od 2014 roku integrowanej ochrony jest wykorzystywanie pestycydów dopiero w ostateczności dając priorytet innym metodom walki z patogenami. Także dobrowolny system jakości pod nazwą Integrowana Produkcja opiera się na tych samych zasadach, ale jeszcze bardziej zaostrzonych dbając tym samym o rolę organizmów pożytecznych, poprawę bezpieczeństwa ludzi, zwierząt i środowiska, a jednocześnie eliminując szkodniki, choroby i chwasty [Bryk i Sobiczewski 2018]. Obecne trendy produkcji owoców wymuszały dążenie do produkcji owoców coraz bardziej doskonałych, co wiąże się z koniecznością stosowania licznych zabiegów chemizacyjnych. Gospodarstwo wypracowało swoje metody na ograniczanie ilości zużywanych pestycydów. W okresie niskich zagrożeń i przy słabym ulistnieniu koron głównie w okresie przed kwitnieniem drzew w gospodarstwie praktykuje się opryskiwanie w co drugim rzędzie. Penetracja koron przez ciecz roboczą jest najczęściej wystarczająca, pozwalająca zmniejszyć zużycie środków ochrony roślin, nawet przy częstszych zabiegach ochroniarskich. Zabiegi w co drugim rzędzie wykonuje się tylko jako zabiegi zapobiegawcze oparte o preparaty kontaktowe. Uzupełnienie ochrony, czyli zabiegi w kolejnych co drugich rzędach wykonywane są po kilku dniach. Ten sposób wykonania zabiegów w okresie wczesnowiosennym zwiększa częstotliwość przejazdów w sadzie i pozwala na lepsze zabezpieczenie preparatami kontaktowymi nowo przyrastających liści przy zachowaniu właściwych dawek. Ze względu na racjonalne podejście do ochrony zabiegi fungicydowe przeciwko parchowi jabłoni, w okresie mniejszych infekcji, były wykonywane ze zredukowaną dawką fungicydu np. preparatu zawierającego kaptan 80 WDG z 1,9 kg/ha do 1,6 kg/ha.

Do wyeliminowania chwastów w sadzie stosowano herbicydy. W czasie wegetacji wykonywano najczęściej 3 zabiegi chwastobójcze. Przy tym sposobie walki z chwastami ogranicza się degradację środowiska glebowego, a zawartość próchnicy udaje się utrzymać na średnim poziomie.

Regulatory wzrostu to substancje o zróżnicowanej budowie chemicznej, które w organizmach roślinnych inicjują lub modyfikują przebieg procesów życiowych. Wpływają na podziały i różnicowanie komórek oraz wzrost całych roślin. Niektóre z nich stymulują reakcję roślin na zmieniające się warunki środowiska [Lewak i Kopcewicz 2009].

W gospodarstwie praktykuje się stosowanie regulatorów wzrostu. Regularnie co roku stosowany jest Regalis Plus 10 WG do ograniczania wzrostu drzew. Dzięki temu zabiegowi korony drzew są bardziej przewiewne i łatwiejsze do skutecznego opryskania. W okresach przymrozków praktykuje się także stosowanie produktów zawierających gibereliny, w celu wzmocnienia roślin i utrzymania owoców. Odmiana 'Natali Gala' należy do odmian drobnoowocowych z małą skłonnością do przerzedzania chemicznego jednak z powodu wysokich kosztów przerzedzania ręcznego i czasochłonności tego zabiegu w gospodarstwie praktykuje się chemiczne przerzedzanie zawiązków owocowych.

3.2.9. Preparaty fosforowe

Charakterystyka wykorzystanych preparatów fosforowych:

Profos firmy COMPO jest nawozem na bazie fosforynu potasu (H_3PO_3). Polecany jest do stosowania dolistnego i doglebowego we wszystkich uprawach ogrodnich i rolniczych. Rola jego działania polega na stymulowaniu kondycji roślin i wzrostu korzeni. Jak podaje producent, nawóz poprawia witalność, wytrzymałość na stres, a nawet wzmacnia naturalne mechanizmy obronne roślin, dzięki czemu podnosi tolerancję roślin na choroby takie jak: parch jabłoni, mączniaki (prawdziwe i rzekome), fytoftorazy i inne choroby systemu korzeniowego. Oprócz fosforu i potasu pochodzącego z fosforynu potasu, produkt zawiera jeszcze magnez, bor i żelazo. Cechą mogąco być dodatkowo przydatną jest niskie pH nawozu wynoszące +/- 2,9. Obniżanie pH roztworu polepsza właściwości cieczy roboczej oraz korzystnie wpływa na działanie większości środków ochrony roślin przedłużając trwałość mieszanin zbiornikowych. Standardowa dawka Profos dla upraw ogrodnich wynosi 1,5-2,0 l/ha, natomiast w aplikacji nawozu jako wsparcie działania fungicydów, dawkę można obniżyć do 1,0 l/ha. Badania nad wykorzystywaniem produktu Profos w ograniczaniu chorób w jabłoniach prowadziła Broniarek [2015].

Resistim firmy Azelis to nawóz dolistny i dokorzeniowy zawierający betaniny roślinne. Fosfor zawarty w produkcie jest w formie fosforynowej łatwo przyswajalnej przez rośliny także w warunkach chłódów. Zaleca się profilaktycznie stosować produkt. Nawozowi przypisuje się działanie poprawiające stan odżywienia i regeneracji systemu korzeniowego, zwiększenie witalności roślin, zwiększenie odporności roślin na patogeny i czynniki stresowe oraz pozytywny wpływ na trwałość przechowalniczą owoców. Dawka produktu w większości upraw ogrodnich wynosi 1-2 l/ha, natomiast ze względu na stosowanie większej ilości cieczy roboczej w sadownictwie, dawkę można podnieść do 4 l/ha. Zaleca się wykonanie 2-5 oprysków w ciągu sezonu. O pozytywnym działaniu stymulującym preparatu donosi Kołodziej [2009]. Preparat był także w badany przez Glinickiego i in. [2010] w uprawie truskawek.

Fosmagnum z oferty firmy Natural Crop zarejestrowany jest jako aktywator odporności. Jest to nawóz dolistny z wysoką zawartością fosforynu potasu. W składzie produktu deklarowany jest fosfor, potas i azot. Także i ten produkt przypisane ma działanie pobudzające potencjał roślin, odżywianie oraz wzmacnianie naturalnych mechanizmów obronnych roślin na patogeny i czynniki stresowe, stymulację rozwoju korzeni oraz tworzenia się kwiatów. Producent deklaruje także wpływ na poprawę wielkości i jakości plonu. Preparat można stosować samodzielnie lub w mieszaninach z fungicydami w celu podniesienia ich efektywności. Dawka produktu dla jabłoni wynosi 1-3 l/ha, z zaleceniem wykonania 3-5 oprysków od fazy ukazywania się pierwszych liści.

Sposób wykorzystania preparatów fosforynowych w badaniach:

Do doświadczenia przeznaczono kwaterę jednolitego sadu, w którym wyznaczono 16 poletek. W celu zminimalizowania wpływu ewentualnych niedokładności wynikających np. ze zmienności glebowych, w doświadczeniu przyjęto losowo poletka dla 4 kombinacji w czterech powtórzeniach (tabela 7): Resistim, Fosmagnum, Resistim, Kontrola, Profos, Profos, Kontrola, Resistim, Fosmagnum, Profos, Kontrola, Resistim, Fosmagnum, Kontrola, Profos, Fosmagnum.

Tabela 7. Wykaz stosowanych kombinacji i zastosowane dawki

nazwa handlowa preparatu i dawka/ha	Dawka preparatu w opryskiwaczu
Profos 2 dm ³ / ha	25 ml / 10 dm ³ wody / kombinacja
Resistim 4 dm ³ / ha	50 ml / 10 dm ³ wody / kombinacja
Fosmagnum 1,5 dm ³ / ha	20 ml / 10 dm ³ wody / kombinacja
Kontrola bez fosforynów	10 dm ³ wody / kombinacja

Zabiegi preparatami wykonano 3 razy w każdym roku (tabela 8). Wstępnie założono, że pierwszy zabieg będzie wykonany przed kwitnieniem, a kolejne dwa zabiegi, w okresie po kwitnieniu. W roku 2017 z powodu przebiegu pogody i wegetacji, wszystkie trzy zabiegi wykonane zostały po kwitnieniu. Zabiegi zostały wykonane plecakowym motorowym opryskiwaczem marki Stihl SR 200, a przyjęte dawki zostały przeliczone na 10 litrów cieczy roboczej na poletko. W przypadku kontroli drzewa opryskiwano wodą. Miało to na celu wyeliminowanie różnic czasu zwilżenia liści.

Tabela 8. Terminy zabiegów preparatami fosforynowymi w jabłoni odmiany ‘Natali Gala’ w latach 2015-2017

Rok zabiegu	nr zabiegu w danym roku	data zabiegu
2015	1. przed kwitnieniem	25.04.2015
	2. po kwitnieniu	30.06.2015
	3. po kwitnieniu	11.07.2015
2016	1. przed kwitnieniem	30.04.2016
	2. po kwitnieniu	11.05.2016
	3. po kwitnieniu	28.05.2016
2017	1. po kwitnieniu	20.05.2017
	2. po kwitnieniu	03.06.2017
	3. po kwitnieniu	24.06.2017

3.2.10. Termin zbioru owoców

Termin zbioru jabłek wyznaczono w oparciu o pomiary jędrności miąższu wykonane przy użyciu jędrnościomierza mechanicznego o trzpieniu średnicy 11,3 mm firmy Silverado FHT-803 i pomiary zawartości ekstraktu przy pomocy przenośnego refraktometru cyfrowego firmy Pocket (ryc. 9).



Ryc. 9. Refraktometr i jędrnościomierz do wstępnej przedzbiorczej oceny dojrzałości owoców (fot. K. Gasparski)

Dla lepszej weryfikacji stanu dojrzałości owoców wykonywano testy skrobiowe mające na celu zobrazowanie stopnia rozkładu skrobi (Ryc.10). Na podstawie wartości jędrności miąższu, zawartości ekstraktu w jabłkach i wartości próby skrobiowej obliczano wartość indeksu dojrzałości Streifa. Jednorazowe pomiary wykonywano na próbie liczącej 20 owoców.

Jabłka odmiany ‘Natali Gala’ w stadium dojrzałości zbiorczej przeznaczone do dalszych badań zbierane były ze środkowej części koron drzew:

- 17 września 2015 roku, w godzinach popołudniowych,
- 14 września 2016 roku, w godzinach popołudniowych,
- 18 września 2017 roku, w godzinach popołudniowych,

Owoce bezpośrednio po zbiorze zostały przewiezione do Chłodni Doświadczalnej Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Doświadczenie składało się z 16 kombinacji (4 preparaty fosforynowe, 4 warunki przechowywania). Każda kombinacja została podzielona na 4 powtórzenia, każde powtórzenie stanowiło ok. 10 kg jabłek.



Ryc. 10. Test skrobiowy jako metoda określania terminu zbioru (fot. K. Gasparski)

3.2.11. Przechowywanie owoców

Zebrane jabłka przechowywano w czterech kombinacjach warunków przechowywania:

1. NA - normalna atmosfera, - warunki chłodni zwykłej
2. KA 2+2 - kontrolowana atmosfera 2% CO₂ + 2% O₂
3. KA 2+1,2 - kontrolowana atmosfera 2% CO₂ + 1,2% O₂
4. KA 4+1,2 - kontrolowana atmosfera 4% CO₂ + 1,2% O₂

Przyjęte pozostałe parametry to:

1. temperatura 2°C
2. wilgotności 90-92%

Jabłka przechowywano przez 120 i 150 dni. Po wyjęciu owoców z chłodni przechowywano je dodatkowo przez 7 dni w temperaturze 17°C (okres symulowanego obrotu handlowego).

3.2.12. Pomiary i analizy owoców

Pomiary i analizy owoców przeprowadzono:

1. przed zbiorem w celu ustalenia właściwego terminu zbioru,
2. bezpośrednio po zbiorze,
3. po 120 dniach przechowywania,
4. po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego,
5. po 150 dniach przechowywania,
6. po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego.

Po zbiorze i przetransportowaniu jabłek, ale jeszcze przed właściwym przechowywaniem jabłek, dokonano pierwszych pomiarów.

Określono takie parametry jak:

1. jędrność miąższu,
2. zawartość ekstraktu,
3. kwasowość miareczkową w przeliczeniu na kwas jabłkowy,
4. intensywność oddychania,
5. wartość indeksu skrobiowego,
6. indeks dojrzałości Streifa.
7. ubytków masy owoców po 120-stu i 150-cio dniowym okresie przechowywania,
8. występowanie chorób przechowalniczych po 120-stu i 150-cio dniowym okresie przechowywania dodatkowo określono wielkość.

Zawartość ekstraktu

Zawartość ekstraktu oznaczano za pomocą refraktometru cyfrowego PR-101 α firmy ATAGO (ryc. 11), w soku wyciśniętym z 10 jabłek pozbawionych komór nasiennych z każdego powtórzenia. Uzyskane wyniki przedstawiono w procentach [%].

Kwasowość miareczkowa

Sok z jabłek przygotowany do pomiaru zawartości ekstraktu, służył również do oznaczenia kwasowości miareczkowej. Roztwór zawierające 5 ml soku oraz 100 ml wody destylowanej miareczkowano 0,1 n NaOH do pH 8,1 (przyjętym jako punkt zobojętnienia). Pomiaru dokonano pehametrem JENWAY 3020 wykorzystując dodatkowo mieszadło magnetyczne silnikowe MS 11 H firmy WIGO (ryc. 12). Wyniki przedstawiono w procentach [%] w przeliczeniu na kwas jabłkowy.

Intensywność oddychania owoców

Do pomiaru intensywności oddychania jabłek wykorzystano analizator CO₂ AirTECH 2500-P (ryc.13). Pomiary wykonano na 8 owocach z każdej kombinacji. Wyniki wyrażono w mg CO₂ wydzielonego przez 1 kg owoców w ciągu 1 godziny [mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹].

Jędrność miąższu

Pomiary jędrności miąższu wykonano na próbie 10 jabłek z każdego powtórzenia. Do pomiarów wykorzystano urządzenie Texture Analyser TA500 firmy Lloyd Instruments (ryc. 14). Pomiar wykonywano dwukrotnie dla każdego owocu po wcześniejszym usunięciu fragmentów skórki ze strony rumieńca i strony barwy zasadniczej. Wyniki wyrażono w newtonach [N].

Naturalne ubytki masy

Wielkość naturalnych ubytków masy jabłek powstałych na skutek oddychania i transpiracji obliczono w oparciu o różnicę masy 10 pojedynczych jabłek z kombinacji ważonych przed i po przechowywaniu. Wyniki wyrażono w procentach [%].

Choroby przechowalnicze

Występowanie grzybowych chorób przechowalniczych oceniano łącznie po przechowywaniu i po dodatkowych 7 dniach symulowanego obrotu handlowego. Spośród chorób grzybowych na jabłkach notowano objawy gorzkiej zgnilizny, szarej i sianej pleśni jednak żadna z tych chorób nie dominowała. W czasie badań nie zanotowano natomiast występowania na owocach objawów chorób fizjologicznych. Wyniki podano w procentach w stosunku do liczby wszystkich owoców w kombinacji [%].

Skład mineralny owoców

Owoce po zbiorze zostały umyte bieżącą wodą oraz wypłukane w wodzie destylowanej, rozdrobnione w malakserze a następnie zmineralizowane w stężonym HNO_3 w temp. 220°C w piecu mikrofalowym. W spalonym materiale roślinnym [Paślawski i Migaszewski 2006] oznaczono całkowitą zawartość makro i mikroelementów. Zawartość składników mineralnych oznaczono techniką ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry, Prodigy Teledyne Leeman Labs).

Metody opracowania wyników

Wyniki opracowano statystycznie w programie Statistica 13.1 metodą jedno- i dwuczynnikowej analizy wariancji. Badanymi czynnikami doświadczenia były warunki przechowywania jabłek oraz stosowanie w sadzie preparaty fosforynowe. Dane dotyczące procentowego udziału jabłek zainfekowanych przez grzybowe choroby przechowalnicze poddano transformacji według funkcji Bliss'a $y = \arcsin \sqrt{x}$. Do oceny istotności różnic pomiędzy średnimi wykorzystano test NIR Fishera przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.



Ryc. 11. Refraktometr cyfrowy PR-101 firmy ATAGO (fot. I. Gasparska)



Ryc. 12. Zestaw do określania kwasowości miareczkowej (fot. K.Gasparski)



Ryc. 13. Miernik do pomiaru intensywności oddychania owoców (fot. K.Gasparski)



Ryc. 14. Jędrnościomierz Texture Analyser TA 500 (fot. K.Gasparski)

4. WYNIKI BADAŃ

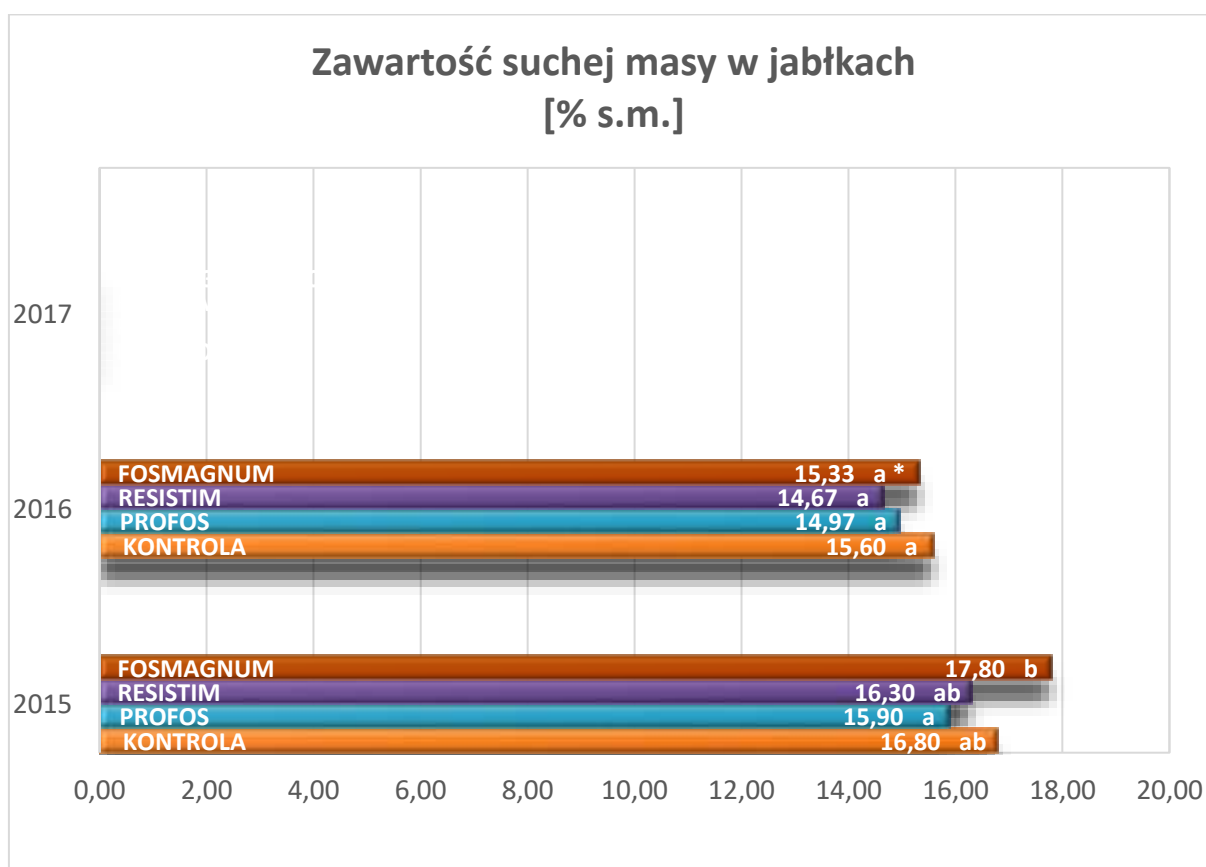
4.1. Stan fizjologiczny owoców przed zbiorem,

Wartości wskaźników wykorzystywanych do określenia stanu fizjologicznego jabłek ‘Natali Gala’ w czasie zbioru z reguły wskazywały na zaawansowany stopień dojrzałości zbiorczej. W zależności od roku badań jędrność miąższu wynosiła 71,6-89,3 N (Tab. 12), zawartość ekstraktu 12,2-14,3% (Tab. 13), wartość indeksu skrobiowego 4,7-7,3 (Tab. 16), a wartość indeksu dojrzałości Streifa 0,07-0,16 (Tab. 17). Jabłka w czasie zbioru cechowały się najczęściej odpowiednim, ale nieco zróżnicowanym poziomem wybarwienia.

4.2. Zawartość suchej masy, makro- i mikrośkładników w jabłkach

4.2.1. Zawartość suchej masy w jabłkach

Zawartość suchej masy w jabłkach określana była w 2015 i 2016 roku (ryc. 15).



*średnie oznaczone tymi samymi literami w danym roku nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha=0,05$

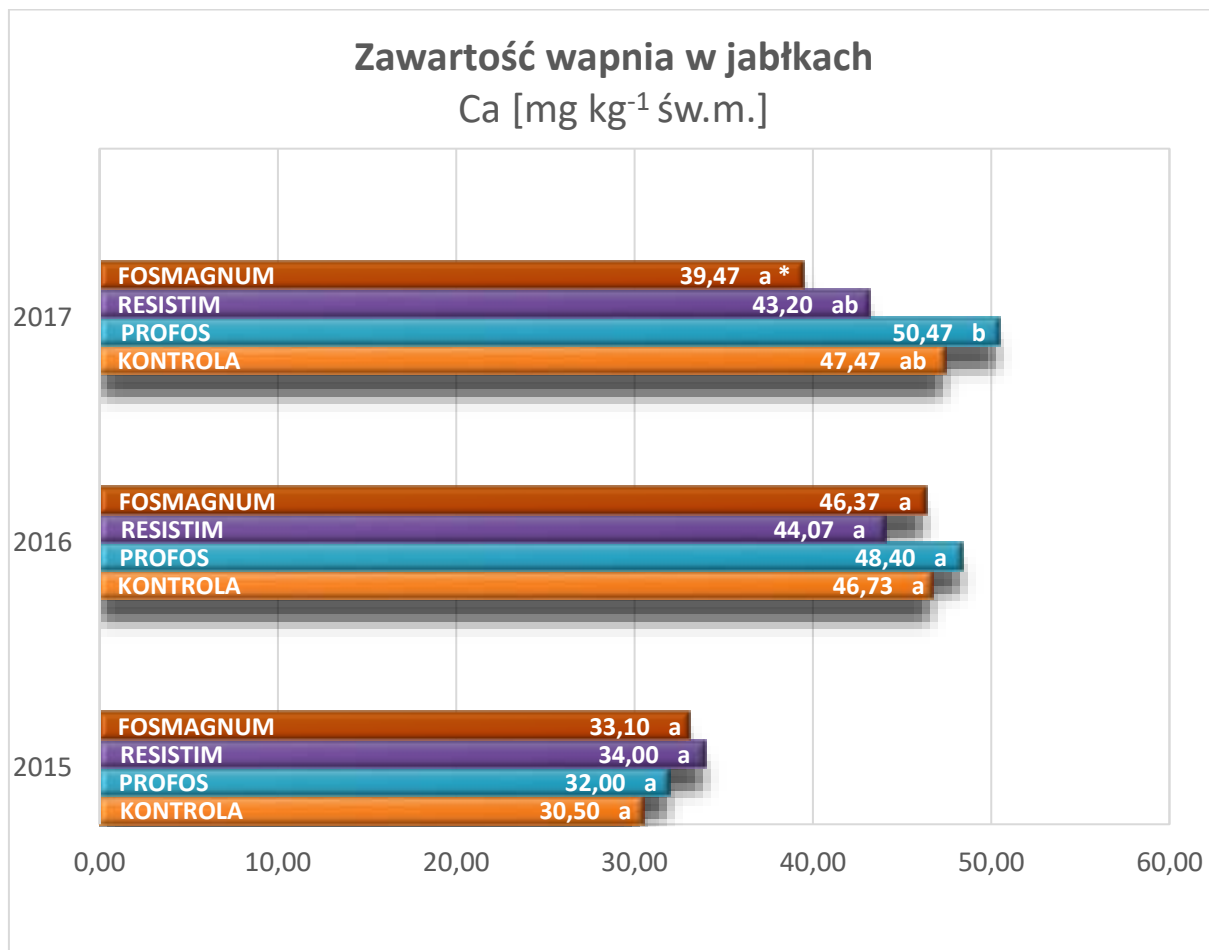
Ryc. 15. Zawartość suchej masy [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ w kombinacjach z nawozami fosforynowymi w 2015 i 2016 roku

Analizując wpływ stosowania preparatów fosforynowych na zawartość suchej masy w owocach stwierdzono, że w roku 2015 jabłka z kombinacji, w której zastosowano

Fosmagnum (17,8% s.m.) wykazały większą zawartość suchej masy w porównaniu z owocami z kombinacji Profos 100 (15,9% s.m.) i Resistim (16,3% s.m.).

W roku 2016 nie zaobserwowano istotnego wpływu stosowania preparatów fosforynowych na zawartością suchej masy owoców.

4.2.1. Zawartość wapnia w jabłkach

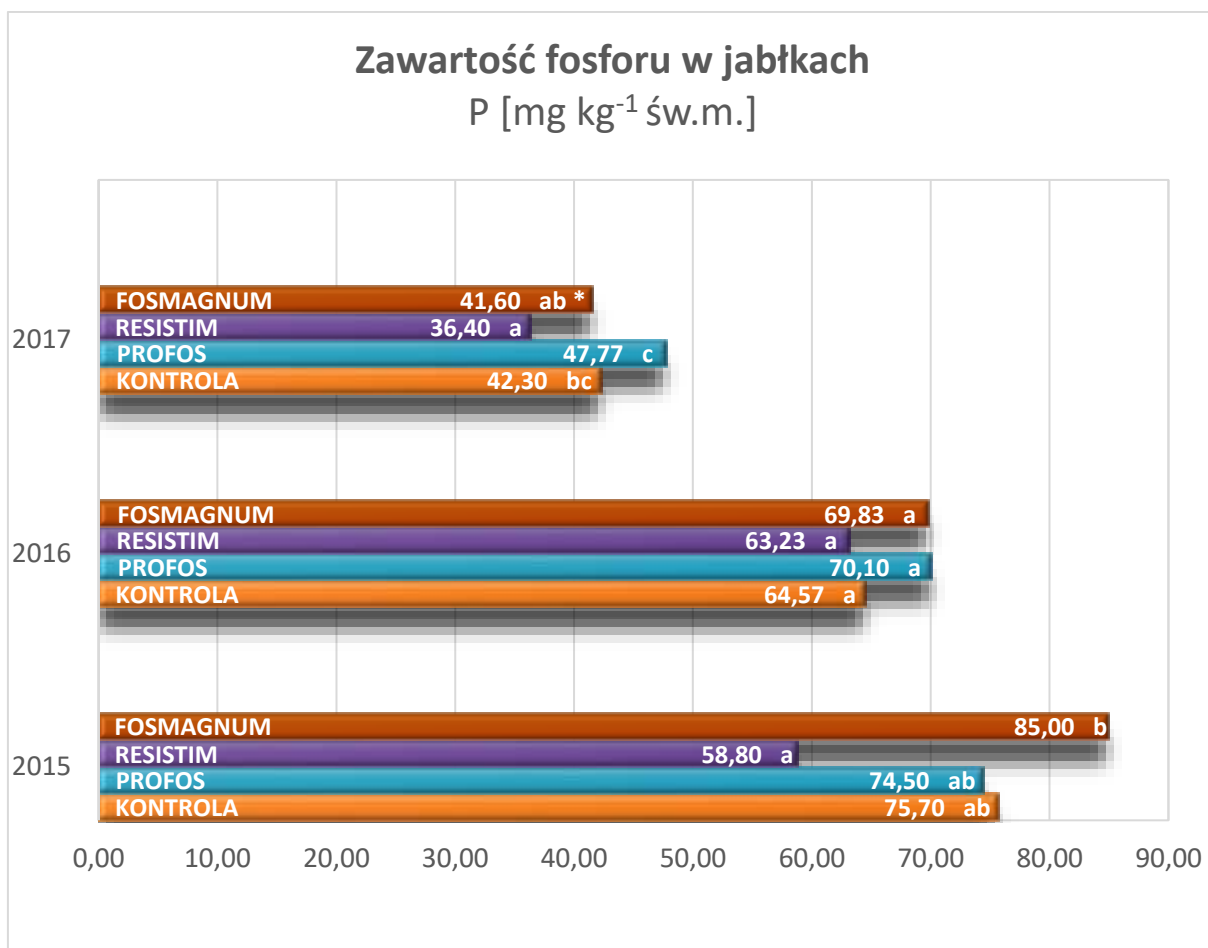


*średnie oznaczone tymi samymi literami w danym roku nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Ryc. 16. Zawartość wapnia [mg kg⁻¹ św.m.] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ w kombinacjach z nawozami fosforynowymi w 2015, 2016 i 2017 roku

Wpływ preparatów fosforynowych na zawartość wapnia w jabłkach zanotowano tylko w 2017 roku (ryc. 16). Jabłka traktowane preparatem Profos (50,47 mg kg⁻¹ św.m.) zawierały więcej wapnia niż owoce z kombinacji Fosmagnum (39,47 mg kg⁻¹ św.m.)

4.2.2. Zawartość fosforu w jabłkach



*średnie oznaczone tymi samymi literami w danym roku nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Ryc. 17. Zawartość fosforu [mg kg⁻¹ św.m.] w jabłkach odmiany 'Natali Gala' w kombinacjach z nawozami fosforowymi w 2015, 2016 i 2017 roku

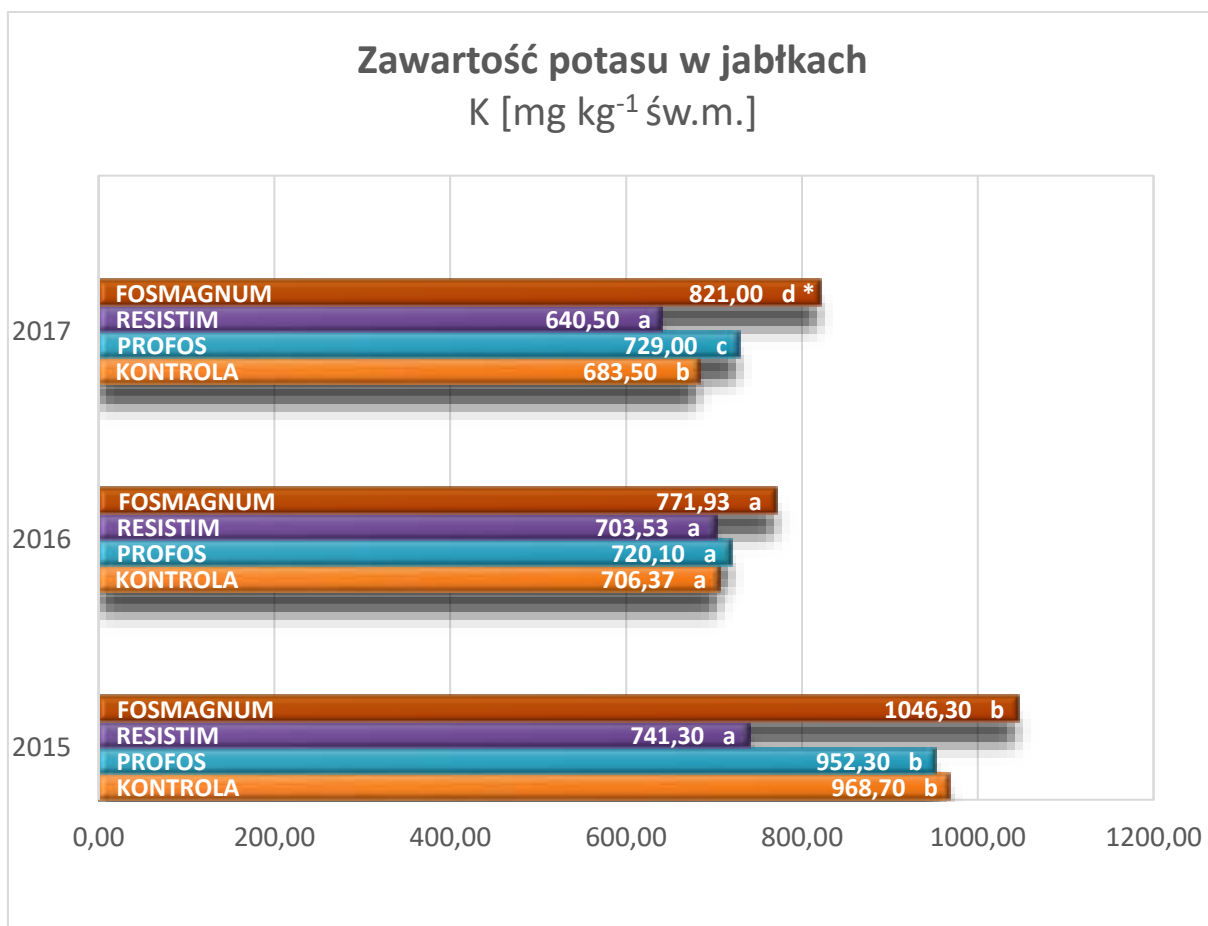
Zawartość fosforu w jabłkach określana była w latach 2015-2017 (ryc. 17)

W roku 2016 nie odnotowano istotnych różnic w zawartości fosforu w owocach. Natomiast w pozostałych latach badań zanotowano zróżnicowaną zawartość fosforu w jabłkach.

W roku 2015 jabłka z kombinacji Fosmagnum (85,00 mg kg⁻¹ św.m.) zawierały więcej fosforu w porównaniu z owocami pochodzącymi z kombinacji Resistim (58,80 mg kg⁻¹ św.m.).

Z kolei w 2017 zawartość fosforu w jabłkach z kombinacji Profos (47,77 mg kg⁻¹ św.m.) była wyższa niż w owocach traktowanych preparatem Resistim (36,40 mg kg⁻¹ św.m.).

4.2.3. Zawartość potasu w jabłkach



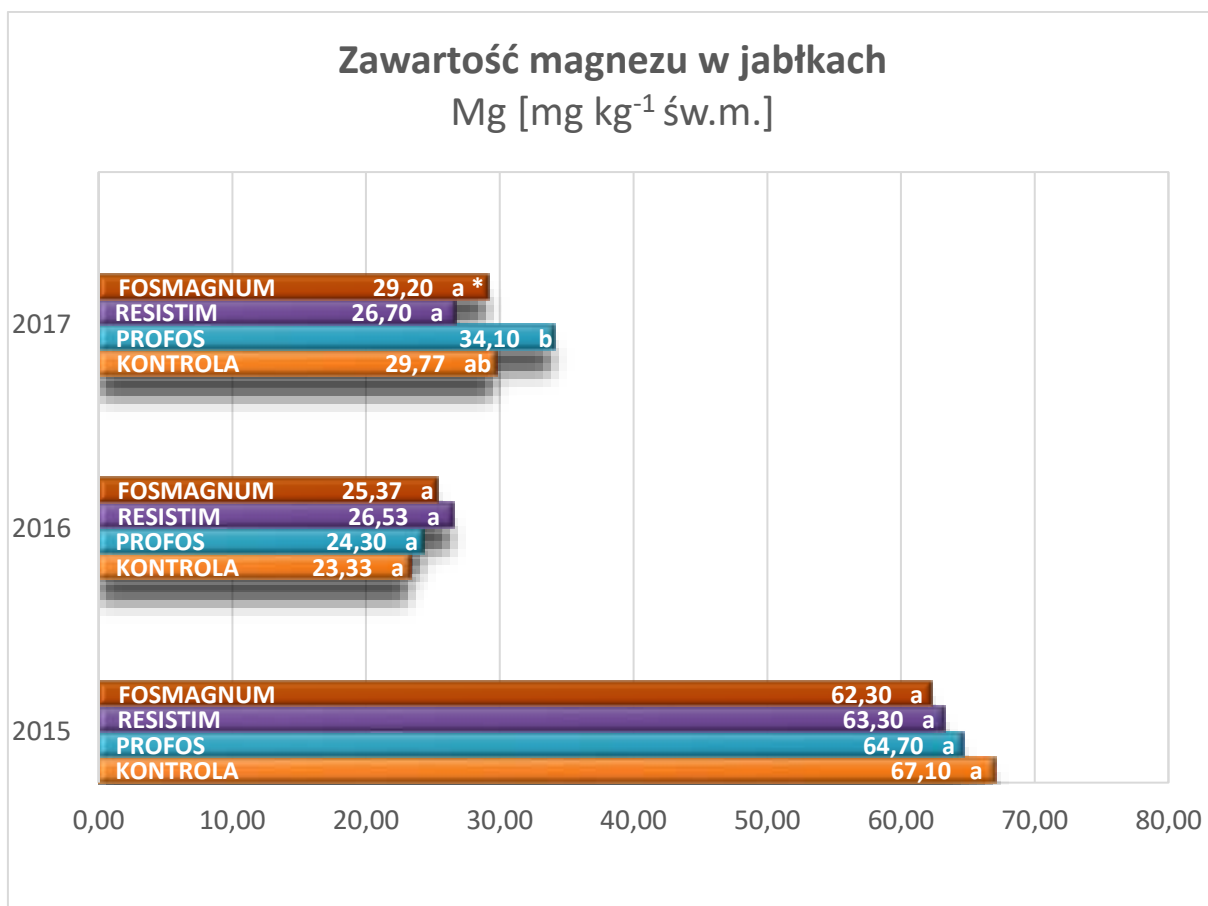
*średnie oznaczone tymi samymi literami w danym roku nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Ryc. 18. Zawartość potasu [mg kg⁻¹ św.m.] w jabłkach odmiany 'Natali Gala' w kombinacjach z nawozami fosforynowymi w 2015, 2016 i 2017 roku

Zawartość potasu w jabłkach była istotnie zróżnicowana w latach 2015 i 2017 (ryc. 18). Porównując między sobą kombinacje preparatów fosforynowych w roku 2015 wykazano, że jabłka z kombinacji Resistim (741,30 mg kg⁻¹ św.m.) zawierały mniej potasu w porównaniu z owocami z pozostałych kombinacji.

W roku 2017 istotne różnice w wartości opisywanej cechy wystąpiły pomiędzy wszystkimi kombinacjami. Najwyższą zawartość potasu zanotowano w kombinacji Fosmagnum (821,00 mg kg⁻¹ św.m.), mniejszą w jabłkach traktowanych Profosem (729,00 mg kg⁻¹ św.m.), następnie w owocach kontrolnych (683,50 mg kg⁻¹ św.m.), zaś najmniejszą zawartość potasu w jabłkach odnotowano w kombinacji z produktem Resistim (640,50 mg kg⁻¹ św.m.).

4.2.4. Zawartość magnezu w jabłkach

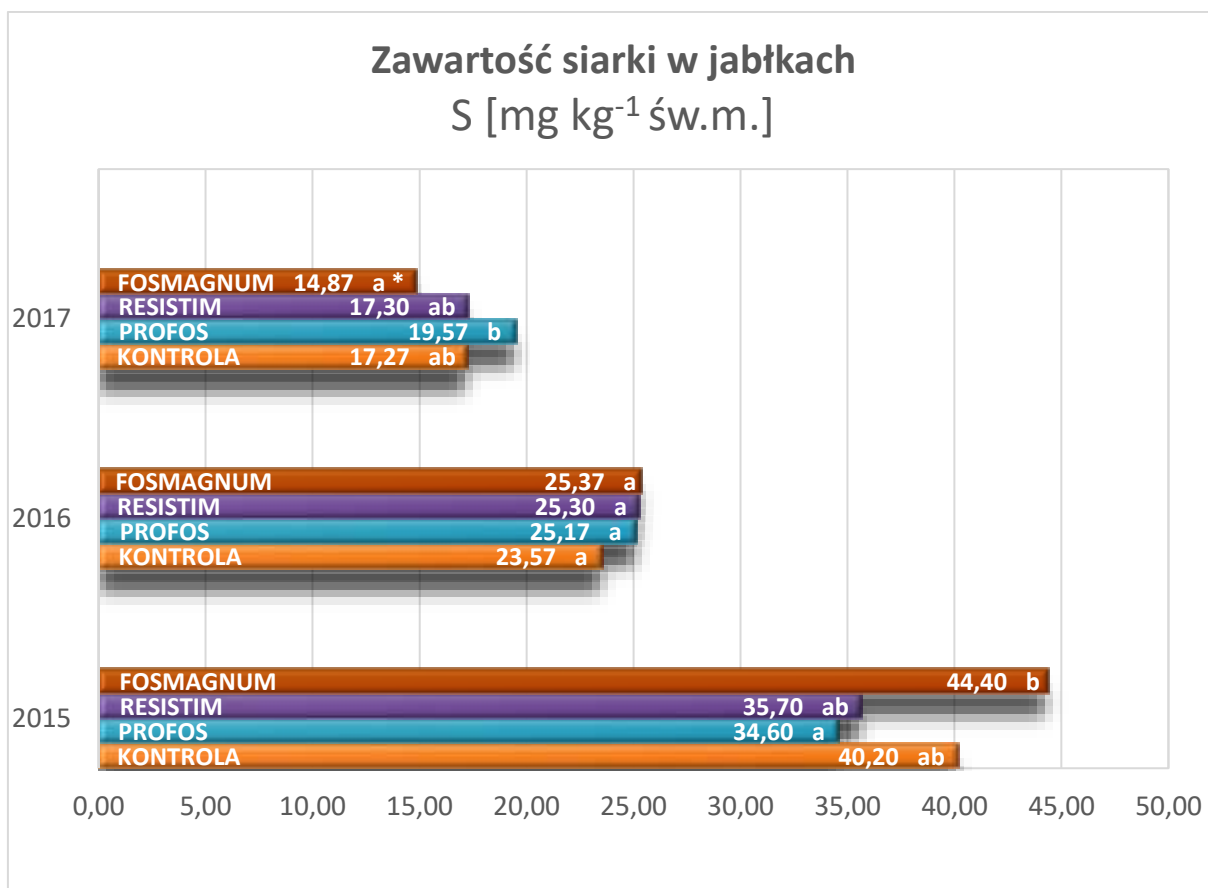


*średnie oznaczone tymi samymi literami w danym roku nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Ryc. 19. Zawartość magnezu [mg kg⁻¹ św.m.] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ w kombinacjach z nawozami fosforowymi w 2015, 2016 i 2017 roku

W roku 2015 i 2016 zawartość magnezu w jabłkach nie była istotnie zróżnicowana (ryc. 19). W roku 2017 jabłka opryskiwane Profosem (34,10 mg kg⁻¹ św.m.) wykazały istotnie wyższy poziom zawartości magnezu niż owoce z kombinacji Resistim (26,70 mg kg⁻¹ św.m.) i Fosmagnum (29,20 mg kg⁻¹ św.m.).

4.2.5. Zawartość siarki w jabłkach



*średnie oznaczone tymi samymi literami w danym roku nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Ryc. 20. Zawartość siarki [mg kg⁻¹ św.m.] w jabłkach odmiany 'Natali Gala' w kombinacjach z nawozami fosforynowymi w 2015, 2016 i 2017 roku

Zawartość siarki w jabłkach określana była w trzech latach badań (ryc. 20).

W roku 2015 zawartość siarki w jabłkach z kombinacji z nawozem Fosmagnum (44,40 mg kg⁻¹ św.m.) była wyższa niż w kombinacji, w której zastosowano Profos (34,60 mg kg⁻¹ św.m.).

W roku 2016 nie odnotowano statystycznie istotnych różnic między poszczególnymi kombinacjami.

W roku 2017 zawartość siarki w owocach 'Natali Gala' była dokładnie odwrotna niż oznaczona w 2015 roku. Jabłka traktowane preparatem Profos (19,57 mg kg⁻¹ św.m.) charakteryzowały się wyższą wartością omawianej cechy niż owoce z kombinacji Fosmagnum (14,87 mg kg⁻¹ św.m.).

4.2.6. Zawartość mikroelementów w jabłkach

Zawartość mikroelementów w owocach nie zawsze różniła się istotnie. W roku 2015 (tabela 9) nie odnotowano istotnych różnic w zawartości w owocach takich pierwiastków jak sód, bor, miedź, żelazo i cynk. Jedynie zawartość manganu w jabłkach była zróżnicowana. Jabłka kontrolne zawierały więcej manganu niż owoce traktowane preparatami Profos i Fosmagnum.

Tabela 9. Zawartość mikroelementów [mg kg⁻¹ św.m.] w jabłkach 'Natali Gala' w roku 2015

Rok	Kombinacje fosforynowe	[mg kg ⁻¹ św.m.]					
		Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn
2015	Kontrola	5,1800 a*	4,2100 a	1,5600 a	1,5200 a	0,3800 b	0,1800 a
	Profos	4,0800 a	3,6700 a	1,2600 a	1,5500 a	0,2400 a	0,2900 a
	Resistim	4,1000 a	3,3500 a	1,5200 a	1,2000 a	0,3100 ab	0,2400 a
	Fosmagnum	4,2800 a	3,6800 a	1,4400 a	1,2900 a	0,2700 a	0,1800 a

*średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnie nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W roku 2016 zawartość sodu, żelaza i manganu w jabłkach odmiany 'Natali Gala' nie była istotnie zróżnicowana (tabela 10). Natomiast zróżnicowana była w owocach zawartość boru, miedzi i cynku. Zawartość boru w jabłkach kontrolnych i opryskiwanych preparatem Profos była wyższa niż w owocach pochodzących z dwóch pozostałych kombinacji. Jabłka kontrolne zawierały więcej miedzi niż pozostałe owoce. Zawartość cynku w owocach z kontroli i kombinacji Fosmagnum była wyższa niż w jabłkach z kombinacji Profos.

Tabela 10. Zawartość mikroelementów [mg kg⁻¹ św.m.] w jabłkach 'Natali Gala' w roku 2016

Rok	Kombinacje fosforynowe	[mg kg ⁻¹ św.m.]					
		Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn
2016	Kontrola	1,0033 a*	1,0500 b	0,6133 b	0,8633 a	0,4333 a	0,3533 b
	Profos	1,1000 a	0,8567 b	0,2100 a	0,7333 a	0,4467 a	0,2267 a
	Resistim	0,7533 a	0,3767 a	0,2300 a	0,7933 a	0,3833 a	0,3000 ab
	Fosmagnum	1,1767 a	0,5367 a	0,1967 a	0,9600 a	0,4333 a	0,3300 b

*średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnie nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W roku 2017 zanotowano istotne różnice w zawartości w jabłkach wszystkich oznaczanych mikroelementów (tabela 11). Najwyższy poziom sodu stwierdzono w owocach z kombinacji Profos i Fosmagnum, a najmniejszy w jabłkach traktowanych preparatem Resistim.

Najwyższą zawartością boru wyróżniały się jabłka z kombinacji Profos i owoce kontrolne, zaś najmniejszą jabłka opryskiwane preparatem Fosmagnum.

Jabłka z kontroli zawierały również najwięcej miedzi, najmniejszą zawartość tego pierwiastka oznaczono w owocach pochodzących z kombinacji z preparatem Profos.

W przypadku zawartości żelaza w jabłkach istotne różnice zanotowano tylko pomiędzy owocami kontrolnymi, a owocami pochodzącymi z kombinacji Profos. Jabłka z kontroli zawierały więcej żelaza niż owoce traktowane preparatem Profos.

Jabłka opryskiwane preparatem Profos i kontrolne charakteryzowały się największą zawartością manganu, a najmniejszą jego zawartość wykazano w owocach z kombinacji Fosmagnum.

W przypadku zawartości cynku w jabłkach stwierdzono, że owoce traktowane fosforynem potasu pod nazwą Resistim charakteryzowały się mniejszą jego zawartością w porównaniu do zawartości oznaczonych w owocach z pozostałych kombinacji.

Tabela 11. Zawartość mikroelementów [mg kg⁻¹ św.m.] w jabłkach 'Natali Gala' w roku 2017

Rok	Kombinacje fosforynowe	[mg kg ⁻¹ św.m.]					
		Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn
2017	Kontrola	4,7000 b*	0,9100 c	1,0000 c	0,4000 a	0,6267 bc	0,1900 b
	Profos	5,5500 c	0,9600 c	0,4467 a	0,6467 b	0,6567 c	0,1800 b
	Resistim	2,7000 a	0,7700 b	0,5400 b	0,4467 ab	0,5567 b	0,1300 a
	Fosmagnum	4,8000 bc	0,4900 a	0,5367 b	0,4500 ab	0,4467 a	0,1767 b

*średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnie nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

4.3. Stan fizjologiczny owoców bezpośrednio po zbiorze

4.3.1. Jędrność miąższu owoców bezpośrednio po zbiorze

W roku 2015 jędrność miąższu jabłek pochodzących z kombinacji, w których zastosowano fosforyny potasu była większa niż owoców kontrolnych. Nie zaobserwowano jednak istotnych różnic pomiędzy kombinacjami preparatów fosforynowych. W kolejnym roku badań jabłka opryskiwane preparatami Profos i Fosmagnum odznaczały się większą jędrnością niż owoce kontrolne i traktowane preparatem Resistim. W trzecim roku badań nie zaobserwowano istotnych różnic w wartości opisywanego wskaźnika między kombinacjami (tabela 12).

Tabela 12. Jędrność miąższu jabłek [N] odmiany ‘Natali Gala’ bezpośrednio po zbiorze w latach 2015-2017

Kombinacje fosforynowe	2015 r.	2016 r.	2017 r.
Kontrola	71,6 a *	72,6 a	87,3 a
Profos	78,5 b	76,5 b	83,4 a
Resistim	80,4 b	73,6 a	89,3 a
Fosmagnum	80,4 b	76,5 b	84,4 a

*średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnie nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

4.3.2. Zawartość ekstraktu

Wśród jabłek zebranych w 2015 roku najwyższą zawartością ekstraktu charakteryzowały się owoce opryskiwane preparatem Fosmagnum, zaś najmniejszą wartością opisywanej cechy odznaczały się jabłka z kombinacji Resistim. W 2016 roku jabłka kontrolne wyróżniały się najwyższą zawartością ekstraktu, a najmniejszą owoce traktowane preparatem Profos. W ostatnim roku badań wartość omawianej cechy w jabłkach z kontroli i kombinacji Profos była wyższa niż w owocach pochodzących z kombinacji Resistim i Fosmagnum (tabela 13).

Tabela 13. Zawartość ekstraktu w jabłkach [%] odmiany ‘Natali Gala’ bezpośrednio po zbiorze w latach 2015-2017

Kombinacje fosforynowe	2015 r.	2016 r.	2017 r.
Kontrola	13,6 c *	13,6 d	12,8 b
Profos	13,1 b	12,2 a	12,7 b
Resistim	12,3 a	13,1 c	12,3 a
Fosmagnum	14,3 d	12,7 b	12,4 a

*średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnie nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

4.3.3. Kwasowość miareczkowa

Kwasowość miareczkowa oznaczona bezpośrednio po zbiorze w 2015 roku w jabłkach z kombinacji Resistim była niższa w porównaniu z kwasowością owoców z pozostałych kombinacji. W kolejnych latach badań w 2016 i 2017 roku kwasowość miareczkowa wszystkich jabłek była taka sama (tabela 14).

Tabela 14. Kwasowość miareczkowa jabłek [% kwasu jabłkowego] odmiany ‘Natali Gala’ bezpośrednio po zbiorze w latach 2015-2017

Kombinacje fosforynowe	2015 r.	2016 r.	2017 r.
Kontrola	0,40 b *	0,35 a	0,37 a
Profos	0,41 b	0,33 a	0,36 a
Resistim	0,34 a	0,35 a	0,34 a
Fosmagnum	0,42 b	0,35 a	0,34 a

*średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnie nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

4.3.4. Intensywność oddychania owoców

W latach 2015 i 2016 większą, w porównaniu z pozostałymi owocami, intensywnością oddychania odznaczały się jabłka pochodzące z kombinacji kontrolnej. Podobnie wysoką wartością omawianego wskaźnika, w 2015 roku charakteryzowały się jabłka opryskiwane preparatem Profos. W 2017 roku nie zanotowano statystycznie istotnych różnic w intensywności oddychania jabłek (tabela 15).

Tabela 15. Intensywność oddychania jabłek [$\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$] odmiany ‘Natali Gala’ bezpośrednio po zbiorze w latach 2015-2017

Kombinacje fosforynowe	2015 r.	2016 r.	2017 r.
Kontrola	11,44 b *	8,72 b	3,83 a
Profos	10,38 b	4,35 a	2,35 a
Resistim	5,52 a	3,89 a	4,07 a
Fosmagnum	6,19 a	4,66 a	3,00 a

*średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnie nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

4.3.5. Indeks skrobiowy

W każdym roku badań wykazano istotny wpływ stosowania preparatów fosforynowych na wartość indeksu skrobiowego jabłek odmiany ‘Natali Gala’ (tabela 16). W latach 2015 i 2016 jabłka kontrolne wyróżniały się najwyższą wartością indeksu skrobiowego, zaś najniższą wartością opisywanej cechy odznaczały się owoce opryskiwane preparatem Fosmagnum. W pierwszym roku badań również jabłka traktowane preparatem Resistim charakteryzowały się najniższą wartością indeksu skrobiowego. W 2017 roku najwyższą wartość indeksu skrobiowego zanotowano dla jabłek z kombinacji Profos, a najniższą, podobnie jak w 2015 roku, dla owoców opryskiwanych preparatem Resistim.

Tabela 16. Wartość indeksu skrobiowego jabłek [1-10] odmiany ‘Natali Gala’ bezpośrednio po zbiorze w latach 2015-2017

Kombinacje fosforynowe	2015 r.	2016 r.	2017 r.
Kontrola	7,0 c *	7,3 c	5,7 c
Profos	5,8 b	6,8 a	7,0 d
Resistim	4,8 a	7,0 b	4,7 a
Fosmagnum	5,0 a	5,8 a	5,0 b

*średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnie nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

4.3.6. Indeks Streifa

Indeks dojrzałości Streifa jest obliczany na podstawie jędrności miąższu, zawartości ekstraktu i wartości indeksu skrobiowego. W latach 2015 i 2016 najwyższą wartość opisywanego wskaźnika wyliczono dla jabłek traktowanych preparatem Resistim, a w roku 2016 dla owoców z kombinacji Fosmagnum. Jabłka kontrolne charakteryzowały się najniższą wartością indeksu Streifa w roku 2015 i 2016. Podobnie, najniższe wartości omawianego wskaźnika wyliczono w 2016 roku dla jabłek z kombinacji Resistim, a w 2017 roku dla owoców z kombinacji Profos (tabela 17).

Tabela 17. Wartość indeksu Streifa jabłek odmiany ‘Natali Gala’ bezpośrednio po zbiorze

Kombinacje fosforynowe	2015 r.	2016 r.	2017 r.
Kontrola	0,08 a *	0,07 a	0,12 b
Profos	0,11 b	0,09 bc	0,10 a
Resistim	0,14 c	0,08 ab	0,16 d
Fosmagnum	0,11 b	0,11 c	0,14 c

*średnie oznaczone tymi samymi literami w kolumnie nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

4.4. Jakość owoców po przechowywania

4.4.1. Jędrność miąższu owoców

W sezonie przechowalniczym 2015/2016 wykazano istotny wpływ warunków przechowalniczych na jędrność miąższu jabłek (tabela 18). Największą jędrnością po 120 dniach przechowywania odznaczały się owoce z kombinacji KA 4+1,2 (58,8 N), a najmniejszą jabłka przechowywane w warunkach chłodni zwykłej NA (49,3 N).

Wpływ preparatów fosforynowych na jędrność miąższu jabłek po 120 dniach przechowywania także okazał się istotny. Największą jędrność wykazywały jabłka z kombinacji Resistim (55,1 N), a najmniejszą opryskiwane preparatem Profos (51,6 N).

Współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi wywierało istotny wpływ na jędrność miąższu jabłek. Jabłka przechowywane w KA 4+1,2 i traktowane preparatem Resistim charakteryzowały się największą jędrnością (62,0 N). Natomiast najmniejszą wartością omawianego wskaźnika cechowały się jabłka przechowywane w KA 2+2 i opryskiwane preparatem Profos (46,7 N).

Tabela 18. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	51,3 f *	52,7 h	52,3 g	54,9 k	52,8 b
Profos	48,7 c	46,7 a	54,0 j	57,1 m	51,6 a
Resistim	48,1 b	53,6 i	56,8 l	62,0 o	55,1 d
Fosmagnum	49,0 d	50,8 e	56,8 l	61,2 n	54,5 c
\bar{x} dla warunków przechowywania	49,3 a	51,0 b	55,0 c	58,8 d	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Jędrność miąższu jabłek po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego była istotnie uzależniona od warunków przechowywania (tabela 19). Największą wartością opisywanego wskaźnika wyróżniały się jabłka przechowywane w kombinacji KA 4+1,2 (55,8 N) a najmniejszą pochodzące z kombinacji NA (42,4 N)

Wpływ preparatów fosforynowych na jędrność miąższu po 120 dniach przechowywania jabłek i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego także był istotny. Największą jędrność wykazywały owoce traktowane preparatem Resistim (49,5 N), zaś najmniejszą jędrność uzyskały jabłka z kombinacji kontrolnej (45,9 N).

Wystąpiło także współdziałanie czynników doświadczenia na wartość omawianej cechy. Wyrażało się ono tym, że największą jędrnością odznaczały się jabłka przechowywania w kombinacji KA 4+1,2 i opryskiwane preparatem Resistim (61,4 N). Natomiast najmniejszą wartością omawianego wskaźnika cechowały się jabłka przechowywane w warunkach NA i traktowane preparatem Fosmagnum (40,7 N).

Tabela 19. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	41,9 d *	41,4 c	48,1 i	52,1 l	45,9 a
Profos	41,0 b	43,1 e	49,5 k	56,6 n	47,6 c
Resistim	46,1 g	43,3e	47,2 h	61,4 o	49,5 d
Fosmagnum	40,7 a	44,6 f	49,1 j	53,2 m	46,9 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	42,4 a	43,1 b	48,5 c	55,8 d	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W sezonie 2015/2016 po 150 dniach przechowywania (tabela 20) udowodniono istotny wpływ warunków przechowywania na jędrność miąższu jabłek. Owoce pochodzące z kombinacji KA 4+1,2 (56,4 N) odznaczały się największą jędrnością. Mniejszą jędrnością charakteryzowały się jabłka pochodzące z kombinacji KA 2+1,2 (51,4 N) jeszcze mniejszą owoce przechowywane w KA 2+2 (46,5 N). Natomiast najmniejszą wartość opisywanego wskaźnika wykazywały jabłka przechowywane w warunkach NA (44,8 N).

W przypadku kombinacji preparatów fosforynowych także odnotowano istotne różnice. Jabłka traktowane preparatem Resistim (50,7 N) wyróżniały się największą jędrnością. Zaś najmniejszą jędrność miąższu miały owoce opryskiwane preparatem Profos (48,8 N)

Oprócz tego, istotny wpływ na jędrność miąższu jabłek wywierały warunki przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforynowymi. Największą jędrnością odznaczały się jabłka przechowywane w warunkach KA 4+1,2 i traktowane preparatem Resistim (58,4 N). Z kolei jabłka opryskiwane tym preparatem, ale przechowywane w warunkach NA (43,1 N) cechowały się najmniejszą jędrnością miąższu.

Tabela 20. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	47,2 e *	49,6 g	49,2 f	53,8 j	50,0 c
Profos	44,2 b	45,1 d	50,6 h	55,4 l	48,8 a
Resistim	43,1 a	47,1 e	54,1 k	58,4 n	50,7 d
Fosmagnum	44,5 c	44,3 bc	51,5 i	58,1 m	49,6 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	44,75 a	46,5 b	51,4 c	56,4 d	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Jędrność miąższu jabłek po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego istotnie zależała zarówno od warunków przechowywania, stosowanych preparatów fosforynowych, jak i ich współdziałania (tabela 21). Stwierdzono, że owoce z kombinacji KA 4+1,2 (53,6 N) wykazywały największą jędrność. Najmniejszą wartość omawianej cechy zanotowano u jabłek przechowywanych w NA (42,3 N).

Oceniając wpływ preparatów fosforynowych na wartość opisywanej cechy, także stwierdzono istotne różnice pomiędzy kombinacjami. Największą jędrnością charakteryzowały się owoce z kombinacji Fosmagnum (49,2 N), a najmniejszą jabłka z kombinacji Profos (45,1 N).

Analizując wpływ warunków przechowywania ze współdziałaniem z preparatami fosforynowymi na jędrność miąższu, stwierdzono istotne różnice między średnimi. Największą jędrnością cechowały się owoce pochodzące z kombinacji KA 4+1,2 z preparatem Fosmagnum (56,9 N). Z kolei najmniejszą jędrnością odznaczały się owoce z kombinacji KA 2+2 z preparatem Profos (39,5 N).

Tabela 21. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	41,9 c *	45,2 g	48,2 i	52,3 m	46,9 b
Profos	43,0 e	39,5 a	46,6 h	51,2 k	45,1 a
Resistim	41,6 b	43,9 f	49,8 j	54,0 n	47,3 c
Fosmagnum	42,5 d	45,5 g	51,8 l	56,9 o	49,2 d
\bar{x} dla warunków przechowywania	42,3 a	43,5 b	49,1 c	53,6 d	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W kolejnym sezonie 2016/2017 wpływ warunków przechowywania na jędrność miąższu jabłek po 120 dniach po przechowywaniu był istotny (tabela 22). Wykazano, że jabłka pochodzące z kombinacji KA 4+1,2 (67,8 N) odznaczały się największą jędrnością. Najmniejszą jędrność stwierdzono u jabłek przechowywanych w warunkach NA (45,3 N).

Wpływ preparatów fosforynowych na jędrność miąższu przechowywanych jabłek był istotny. Wykazano, że największą jędrność miały owoce z kombinacji, w której stosowany był Profos (59,3 N), zaś najmniejszą z kombinacji Fosmagnum (54,7 N).

Współdziałanie czynników doświadczenia objawiało się tym, że największą jędrnością charakteryzowały się jabłka przechowywane w kombinacji KA 4+1,2 i traktowane w czasie wegetacji produktem Profos (73,0 N). Natomiast najmniejszą wartością omawianego wskaźnika cechowały się jabłka z warunków NA i opryskiwane preparatem Fosmagnum (42,3 N).

Tabela 22. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	46,0 c *	55,7 ef	59,4 i	69,2 m	57,6 b
Profos	47,5 d	55,3 e	61,3 k	73,0 o	59,3 d
Resistim	45,2 b	56,0 f	60,6 j	72,1 n	58,5 c
Fosmagnum	42,3 a	57,9 h	61,9 l	56,7 f	54,7 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	45,3 a	56,2 b	60,8 c	67,8 d	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego wykazano istotny wpływ warunków przechowywania na jędrność miąższu jabłek (tabela 23). Największą jędrnością po symulowanym obrocie handlowym odznaczały się owoce przechowywane w KA 4+1,2 (65,7 N), a najmniejszą jabłka przechowywane w warunkach NA (39,8 N).

Wpływ preparatów fosforynowych na jędrność miąższu jabłek po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego także był istotny. Największą jędrność oznaczono w owocach z kombinacji Profos (54,0 N), a najmniejszą w jabłkach pochodzących z Kontroli (48,4 N).

Ujawnił się również wpływ warunków przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforynowymi na jędrność miąższu jabłek. Współdziałanie wyrażało się tym, że największą jędrność miąższu jabłek wykazano w kombinacji KA 4+1,2 z preparatem Resistim (71,8 N). Natomiast najmniejszą wartością omawianego wskaźnika cechowały się jabłka przechowywane w NA i opryskiwane preparatem Fosmagnum (37,6 N).

Tabela 23. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	40,2 c *	51,4 i	49,4 g	52,7 j	48,4 a
Profos	43,3 d	46,6 f	56,0 k	70,0 m	54,0 d
Resistim	38,3 b	45,4 e	49,7 gh	71,8 n	51,3 c
Fosmagnum	37,6 a	46,4 f	49,8 h	68,0 l	50,4 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	39,8 a	47,5 b	51,2 c	65,7 d	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Wyniki zamieszczone w tabeli 24 potwierdzają istotny wpływ warunków przechowywania na jędrność miąższu jabłek określoną w sezonie 2016/2017 po 150 dniach przechowywania. Owoce pochodzące z kombinacji KA 4+1,2 (71,7 N) odznaczały się największą jędrnością. Mniejszą wartością jędrnością charakteryzowały się jabłka z kombinacji KA 2+1,2 (54,3 N), a jeszcze mniejszą, jabłka z kombinacji KA 2+2 (51,6 N). Natomiast najmniejszą jędrność wykazywały owoce przechowywane w NA (40,0 N).

Istotne różnice zanotowano również w kombinacjach preparatów fosforynowych. Owoce traktowane preparatem FOSMAGNUM (56,2 N) wyróżniały się największą jędrnością. Mniejszą wartość wskaźnika wykazywały jabłka opryskiwane preparatem Profos (54,8), a jeszcze mniejszą owoce z kombinacji RESISTIM (53,9 N). Najmniejszą jędrność odnotowano dla jabłek z Kontroli (52,7 N).

Wystąpiło również istotne współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi na jędrność miąższu jabłek. Największą jędrnością wykazywały się owoce pochodzące z kombinacji KA 4+1,2 z preparatem Fosmagnum (76,8 N). Z kolei najmniejszą jędrnością odznaczały się jabłka pochodzące z kombinacji w NA z nawozem Fosmagnum (37,8 N).

Tabela 24. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’, po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	39,6 c *	50,5 e	53,1 i	67,6 l	52,7 a
Profos	43,8 d	51,4 g	55,5 j	68,3 m	54,8 c
Resistim	38,7 b	52,2 h	50,8 f	73,9 n	53,9 b
Fosmagnum	37,8 a	52,3 h	57,9 k	76,8 o	56,2 d
\bar{x} dla warunków przechowywania	40,0 a	51,6 b	54,3 c	71,7 d	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Wpływ warunków przechowywania jabłek, zebranych w 2016 roku, na jędrność miąższu po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego był istotny (tabela 25). Największą jędrność wykazały jabłka pochodzące z kombinacji KA 4+1,2 (68,5 N), a najmniejszą wartością opisywanego wskaźnika odznaczały się owoce przechowywane w warunkach NA (38,8 N).

Istotny okazał się również wpływ preparatów fosforynowych na jędrność miąższu jabłek. Owoce traktowane preparatem Profos (50,9 N) charakteryzowały się największą jędrnością, a najmniejszą jędrność wykazywały jabłka z Kontroli (49,4 N).

Wpływ warunków przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforynowymi na jędrność miąższu jabłek był istotny. Największe wartości opisywanej cechy wykazywały owoce z kombinacji KA 4+1,2 i produktu Profos (70,6 N) oraz jabłka pochodzące z tych samych warunków przechowywania, ale opryskiwane preparatem Fosmagnum (70,4 N). Natomiast najmniejszą jędrnością odznaczały się owoce przechowywane w warunkach NA, które traktowano preparatem Fosmagnum (37,0 N).

Tabela 25. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	39,8 c *	46,2 g	49,0 k	62,7 m	49,4 a
Profos	40,6 d	40,8 e	51,4 l	70,6 o	50,9 d
Resistim	37,9 b	45,5 f	47,9 i	70,3 n	50,4 b
Fosmagnum	37,0 a	46,4 h	48,3 j	70,4 n	50,5 c
\bar{x} dla warunków przechowywania	38,8 a	44,7 b	49,2 c	68,5 d	

*Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Również w trzecim roku prowadzenia badań, w sezonie 2017/2018, stwierdzono istotny wpływ warunków przechowywania na wartość opisywanej cechy (tabela 26). Po 120 dniach przechowywania jabłka pochodzące z kombinacji KA 2+1,2 (71,7 N) i KA 4+1,2 (71,4 N) odznaczały się największą jędrnością. Najmniejszą jędrność stwierdzono u jabłek przechowywanych w warunkach NA (59,8 N).

Wpływ preparatów fosforynowych na jędrność miąższu jabłek przechowywanych przez 120 dni w różnych warunkach nie był istotny.

Wystąpiło natomiast współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi na jędrność miąższu jabłek. Wyrażało się ono tym, że największą jędrnością charakteryzowały się jabłka przechowywane w kombinacji KA 4+1,2 i traktowane preparatami Resistim (75,8 N) oraz Fosmagnum (75,3 N). Równie wysoką wartością omawianej cechy odznaczały się wszystkie jabłka przechowywane w warunkach KA 4+1,2 oraz owoce pochodzące z kombinacji KA 2+2 opryskiwane preparatem Profos (69,7 N). Z drugiej strony, wszystkie jabłka pochodzące z warunków NA (58,1-61,1 N) oraz przechowywana w KA 2+2 i traktowane preparatem Fosmagnum (61,3 N) cechowały się najmniejszą wartością omawianego wskaźnika.

Tabela 26. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	60,6 abc *	66,7 c-f	71,4 efg	67,7 def	66,6 a
Profos	59,4 ab	69,7 efg	71,4 efg	66,7 c-f	67,1 a
Resistim	61,07 abc	65,7 b-e	72,8 fg	75,8 g	68,5 a
Fosmagnum	58,1 a	61,3 a-d	71,4 efg	75,3 g	66,5 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	59,8 a	65,8 b	71,7 c	71,4 c	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W ostatnim sezonie badań 2017/2018 (tabela 27) po 120 dniach przechowywania i dodatkowych 7 dniach symulowanego obrotu handlowego jabłka pochodzące z kombinacji KA 4+1,2 (65,1 N) odznaczały się największą jędrnością, mniejszą charakteryzowały się owoce z kombinacji KA 2+1,2 i KA 2+2 (60,9 N). Natomiast najmniejszą wartością opisywanego wskaźnika wykazywały się jabłka przechowywane w warunkach NA (53,8 N).

Jędrność miąższu jabłek po 120 dniach przechowywania i dodatkowych 7 dniach symulowanego obrotu handlowego zależała także od stosowanych w okresie wzrostu owoców w sadzie preparatów fosforynowych. Jabłka traktowane preparatem Resistim (61,2 N) odznaczały się większą jędrnością niż owoce kontrolne (58,6 N).

Ujawnił się również wpływ warunków przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforynowymi na jędrność miąższu jabłek. Wszystkie owoce pochodzące z zastosowanych w badaniach kombinacji KA charakteryzowały się większą jędrnością miąższu w porównaniu z jabłkami przechowywanymi w warunkach NA i traktowanych preparatem Fosmagnum (54,4 N), które odznaczały się najmniejszą wartością omawianego wskaźnika.

Jędrność miąższu jabłek po 120 dniach przechowywania i dodatkowych 7 dniach symulowanego obrotu handlowego zależała także od stosowanych w okresie wzrostu owoców w sadzie preparatów fosforynowych. Jabłka traktowane preparatem Resistim (61,2 N) odznaczały się większą jędrnością niż owoce kontrolne (58,6 N).

Ujawnił się również wpływ warunków przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforynowymi na jędrność miąższu jabłek. Wszystkie owoce pochodzące z zastosowanych w badaniach kombinacji KA charakteryzowały się większą jędrnością miąższu w porównaniu z jabłkami przechowywanymi w warunkach NA i traktowanych preparatem Fosmagnum (54,4 N), które odznaczały się najmniejszą wartością omawianego wskaźnika.

Tabela 27. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	56,9 bc*	57,9 bcd	58,4 bcd	61,8 def	58,6 a
Profos	52,7 ab	61,8 def	62,8 def	66,2 ef	60,9 ab
Resistim	54,4 abc	61,3 def	61,8 def	67,2 ef	61,2 b
Fosmagnum	51,3 a	61,3 def	60,6 cde	65,5 ef	59,9 ab
\bar{x} dla warunków przechowywania	53,8 a	60,9 b	60,9 b	65,1 c	

*Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Wpływ warunków przechowywania na jędrność miąższu jabłek po 150 dniach przechowywania był istotny (tabela 28). Największą jędrnością wyróżniały się jabłka składowane w KA 4+1,2 (69,8 N), a najmniejszą owoce przechowywane w warunkach NA (60,0 N) i KA 2+2 (61,6 N).

Uwidoczniał się także istotny wpływ preparatów fosforynowych na jędrność miąższu jabłek. Owoce traktowane preparatem Fosmagnum (65,4 N) charakteryzowały się większą jędrnością w porównaniu do jabłek opryskiwanych produktem Profos (62,9 N).

Wpływ współdziałania warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi na jędrność miąższu jabłek okazał się istotny. Największą wartość opisywanej cechy wykazywały wszystkie owoce przechowywane w KA 4+1,2 (66,7-71,1 N) oraz jabłka kontrolne (65,7 N) i opryskiwane preparatem Fosmagnum (66,0 N), które przechowywano w KA 2+1,2. Z kolei najmniejszą jędrnością odznaczały się wszystkie jabłka przechowywane w warunkach NA (58,4-61,8 N) oraz KA 2+2 (60,6-63,0 N).

Tabela 28. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności warunków przechowywania i od preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	61,1 a-d *	61,3 a-d	65,7 c-f	71,1 f	64,8 ab
Profos	58,4 a	61,6 a-d	65,0 cde	66,7 def	62,9 a
Resistim	58,9 ab	60,6 abc	64,3 bcd	70,6 ef	63,6 ab
Fosmagnum	61,8 a-d	63,0 a-d	66,0 c-f	70,9 f	65,4 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	60,0 a	61,6 a	65,2 b	69,8 c	

*Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Analizując wpływ warunków przechowywania na jędrność miąższu jabłek określoną po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego stwierdzono, że

owoce przechowywane w KA 4+1,2 (60,0 N) wyróżniały się większą jędrnością w porównaniu z owocami z pozostałych kombinacji warunków przechowywania (54,1-55,2 N) (tabela 29).

Oceniając wpływ preparatów fosforynowych na wartość opisywanej cechy, nie stwierdzono istotnych różnic między średnimi.

Warunki przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforynowymi istotnie wpływały na jędrność miąższu jabłek. Największą wartością opisywanej cechy charakteryzowały się wszystkie owoce pochodzące z warunków KA 4+1,2 (59,8-60,3 N) oraz jabłka przechowywane w KA 2+2, które traktowano produktem Profos (56,4 N) i owoce przechowywane w warunkach NA, opryskiwane preparatem Resistim (56,4 N). Pozostałe jabłka przechowywane w NA i KA 2 +2 oraz wszystkie owoce składowane w KA 2 + 1,2 wykazywały najmniejsze wartości omawianego wskaźnika.

Tabela 29. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	54,0 a *	55,92 a-d	54,9 a	60,0 b-e	56,0 a
Profos	52,2 a	56,4 a-e	54,0 a	59,8 cde	55,7 a
Resistim	56,4 a-e	53,2 a	55,2 ab	60,3 e	56,3 a
Fosmagnum	53,7 a	55,4 abc	54,4 a	60,1 de	55,9 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	54,1 a	55,2 a	54,7 a	60,0 b	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

4.4.2. Zawartość ekstraktu

Oceniając w sezonie 2015/2016 wpływ warunków przechowywania na zawartość ekstraktu w jabłkach, stwierdzono istotne różnice między średnimi. Owoce przechowywane przez 120 dni w warunkach NA (13,8%) i KA 2+1,2 (13,8%) odznaczały się wyższą wartością opisywanej cechy w porównaniu z jabłkami składowanymi w KA 2+2 (13,4%) (tabela 30).

Analizując wpływ preparatów fosforanowych na zawartość ekstraktu w jabłkach, także odnotowano istotne różnice między średnimi. Jabłka traktowane preparatami Resistim (13,9%) i Fosmagnum (13,8%) zawierały więcej ekstraktu niż owoce z kombinacji kontrolnej (13,6%) i opryskiwane preparatem Profos (13,3%).

Stwierdzono także istotne współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforowymi na zawartość ekstraktu w jabłkach. Najwyższe wartości omawianej cechy wykazywały jabłka z kombinacji KA 2+1,2 i Fosmagnum (14,3%). Równie wysoką zawartością ekstraktu charakteryzowały się wszystkie owoce przechowywane w warunkach NA (13,6-14,1%) oraz jabłka opryskiwane produktem Resistim, które przechowywano w zastosowanych kombinacjach KA (13,7-14,1%), jak również jabłka kontrolne przechowywane w KA 2+2 (13,9%) i owoce traktowane preparatem Fosmagnum pochodzące z KA 4+1,2 (14,1%). Z kolei najmniejszą zawartością ekstraktu odznaczały się jabłka przechowywane w KA 2+2 i traktowane preparatem Profos (12,8%). Podobnie niską wartość opisywanej cechy zanotowano w jabłkach kontrolnych, które przechowywano w KA 2+1,2 i KA 4+1,2 (13,2%) oraz w owocach opryskiwanych produktem Profos i przechowywanych w KA 4+1,2 (13,4%), KA 2+1,2 (13,5%) i NA (13,6%), jak i w jabłkach traktowanych preparatem Fosmagnum, które składowano w KA 2+2 (13,1%).

Tabela 30. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforanowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforanowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforanowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	14,1 de *	13,9 cde	13,2 a-d	13,2 abc	13,6 a
Profos	13,6 a-e	12,8 a	13,5 a-e	13,4 a-d	13,3 a
Resistim	13,7 b-e	13,7 b-e	14,1 de	14,0 cde	13,9 b
Fosmagnum	13,8 b-e	13,1 ab	14,3 e	14,1 de	13,8 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	13,8 b	13,4 a	13,8 b	13,7 ab	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Wpływ warunków przechowywania na zawartość ekstraktu w owocach po 120 dniach przechowywania i dodatkowych 7 dniach symulowanego obrotu handlowego owoców przedstawia tabela 31. Jabłka przechowywane w warunkach KA 4+1,2 (13,9%) wyróżniały się największą zawartością ekstraktu. Natomiast najmniejszą wartość opisywanego wskaźnika zanotowano w jabłkach pochodzących z KA 2+2 (13,1%) i NA (13,3%).

Oceniając wpływ preparatów fosforynowych na wartość opisywanego wskaźnika stwierdzono, że owoce z kombinacji Fosmagnum (13,7%) i Resistim (13,6%) charakteryzowały się większą zawartością ekstraktu niż owoce z Kontroli (13,3%) i kombinacji Profos (13,1%).

Współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi także miało istotny wpływ na zawartość ekstraktu w owocach. Wysoką wartością opisywane cechy odznaczały się wszystkie jabłka przechowywane w KA 4+1,2 (13,7-14,4%) oraz owoce pochodzące z KA 2+1,2 traktowane preparatami Resistim (14,0%) i Fosmagnum (13,9%), jak i jabłka przechowywane w warunkach NA i opryskiwane produktem Resistim (13,9%). Natomiast najniższe wartości omawianego wskaźnika wykazywały jabłka opryskiwane preparatem Profos, które składowano w KA 2+2 i KA 2+1,2 (12,7%) oraz owoce kontrolne przechowywane w warunkach NA (12,8%). Równie niską zawartość ekstraktu odnotowano w pozostałych owocach przechowywanych w KA 2+2 (13,0-13,4%), oraz w jabłkach kontrolnych składowanych w KA 2+1,2 (13,4%) i owocach z kombinacji NA z preparatami Fosmagnum (13,1%) i Profos (13,4%).

Tabela 31. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	12,8 a *	13,3 a-d	13,4 a-d	13,7 b-e	13,3 a
Profos	13,4 a-d	12,7 a	12,7 a	13,7 b-e	13,1 a
Resistim	13,9 cde	13,0 ab	14,0 de	13,7 b-e	13,6 b
Fosmagnum	13,1 abc	13,4 a-d	13,9 cde	14,4 e	13,7 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	13,3 ab	13,1 a	13,5 b	13,9 c	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Wpływ warunków przechowywania na zawartość ekstraktu w owocach po 150 dniach przechowywania był istotny (tabela 32). Owoce magazynowane w warunkach KA 4+1,2 (13,8%) i KA 2+1,2 (13,5%) charakteryzowały się większą zawartością ekstraktu w porównaniu do jabłek przechowywanych w KA 2+2 (12,9%). Nie zanotowano natomiast istotnej różnicy w wartości opisywane cechy pomiędzy jabłkami pochodzącymi z KA 2+1,2 (13,5%) i NA (13,3%).

Wpływ preparatów fosforynowych na wartości opisywanej cechy ujawnił się w ten sposób, że jabłka traktowane preparatem Profos (13,0%) zawierały mniej ekstraktu w porównaniu do owoców z pozostałych kombinacji (13,5-13,6%).

Analizując wpływ współdziałania warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi na zawartość ekstraktu w owocach stwierdzono, iż największą wartość opisywanej cechy wykazywały jabłka przechowywane w KA 4+1,2 i opryskiwane produktem Resistim (14,4%). Z kolei najniższą zawartością ekstraktu odznaczały się jabłka pochodzące z kombinacji KA 2+2 z preparatem Profos (12,0%).

Tabela 32. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	13,0 abc *	14,2 de	13,2 bc	13,8 cdf	13,6 b
Profos	13,1 bc	12,0 a	13,8 cde	13,2 bc	13,0 a
Resistim	13,5 b-e	12,6 ab	13,7 cde	14,4 g	13,6 b
Fosmagnum	13,6 b-e	12,9 abc	13,4 bcd	13,9 cde	13,5 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	13,3 ab	12,9 a	13,5 bc	13,8 c	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W sezonie 2015/2016 po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu wpływ warunków przechowywania na zawartość ekstraktu w owocach był istotny (tabela 33). Najwyższą wartością omawianej cechy odznaczały się jabłka przechowywane w warunkach KA 4+1,2 (13,8%) i NA (13,8%), a najniższą wartość oznaczono w owocach przechowywanych w KA 2+2 (12,8%).

Analizując wpływ preparatów fosforowych na wartość opisywanej cechy stwierdzono, że jabłka opryskiwane preparatami Fosmagnum (13,6%) i Resistim (13,6%) charakteryzowały się wyższą zawartością ekstraktu w porównaniu do owoców kontrolnych (13,2%). Wartość wskaźnika oznaczona w jabłkach traktowanych produktem Profos (13,4) była taka sama jak w owocach z pozostałych kombinacji.

Wpływ współdziałania warunków przechowywania z preparatami fosforowymi na zawartość ekstraktu w owocach był istotny. Największą wartością opisywanej cechy wykazywały jabłka przechowywane w warunkach NA, opryskiwane w okresie wegetacji produktem Fosmagnum (14,8%). Natomiast najniższą zawartością ekstraktu charakteryzowały się jabłka pochodzące z kombinacji KA 2+2 z nawozem Profos (12,1%).

Tabela 33. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ w sezonie 2015/2016 po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	12,8 a-d *	13,9 ef	12,6 ab	13,4 cde	13,2 a
Profos	13,9 ef	12,1 a	13,8 ef	13,7 ef	13,4 ab
Resistim	13,5 de	12,6 ab	13,7 ef	14,4 fg	13,6 b
Fosmagnum	14,8 g	12,7 abc	13,1 b-e	13,9 ef	13,6 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	13,8 c	12,8 a	13,3 b	13,8 c	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W drugim sezonie 2016/2017 zawartość ekstraktu w jabłkach po 120 dniach przechowywania zależała od warunków przechowywania (tabela 34). Owoce przechowywane w KA 2+2 (13,3%) i KA 4+1,2 (13,2%) zawierały więcej ekstraktu w porównaniu z jabłkami pochodzącymi z KA 2+1,2 (12,9%) i z NA (13,0%).

Wpływ preparatów fosforynowych na zawartość ekstraktu w jabłkach również okazał się istotny. Owoce opryskiwane produktem Fosmagnum wyróżniały się najwyższą zawartością ekstraktu (13,5%), zaś najniższą wartość opisywanej cechy zanotowano w jabłkach traktowanych preparatem Profos (12,8%) oraz w owocach kontrolnych (13,0%).

Ujawniło się również współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi na zawartość ekstraktu w jabłkach. Najwyższe zawartości ekstraktu odnotowano w jabłkach opryskiwanych preparatem Fosmagnum i przechowywanych w KA 2+2 (14,2%) oraz w KA 4+1,2 (13,8%). Natomiast niską zawartością ekstraktu charakteryzowały się wszystkie jabłka, które opryskiwano wcześniej preparatem Profos (12,4-13,0%), owoce kontrolne składowane w NA, KA 2+2 i KA 2+1,2 (12,8%) oraz jabłka traktowane preparatem Resistim, które pochodziły z KA 2+1,2 (12,9%) i KA 2+2 (13,2%). Równie niską wartością omawianej cechy odznaczały się jabłka opryskiwane preparatem Fosmagnum i przechowywane w warunkach NA (12,8%).

Tabela 34. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	12,8 abc *	12,8 abc	12,8 abc	13,4 bcd	13,0 ab
Profos	13,0 a-d	13,0 abc	12,6 ab	12,4 a	12,8 a
Resistim	13,5 cde	13,2 a-d	12,9 abc	13,3 cde	13,2 b
Fosmagnum	12,8 abc	14,2 e	13,4 bcd	13,8 de	13,5 c
\bar{x} dla warunków przechowywania	13,0 b	13,3 b	12,9 a	13,2 b	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Porównując wpływ warunków przechowywania na zawartość ekstraktu w owocach po 120 dniach przechowywania i dodatkowych 7 dniach symulowanego obrotu handlowego (tabela 35) wykazano, że jabłka przechowywane w warunkach KA 4+1,2 (13,8%) i KA 2+2 (13,4%) zawierały więcej ekstraktu niż owoce pochodzące z NA (12,8%) i KA 2+1,2 (12,9%).

Zawartość ekstraktu w owocach zależała również od stosowanych w sadzie preparatów fosforynowych. Jabłka opryskiwane produktami Resistim i Fosmagnum (13,5%) zawierały więcej ekstraktu w porównaniu do owoców kontrolnych (13,1%) i traktowanych preparatem Profos (12,9%).

Oprócz tego istotny wpływ na zawartość ekstraktu w jabłkach wywierało współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi. Wyrażało się ono

tym, że najwyższą wartością opisywanej cechy odznaczały się jabłka przechowywane w KA 4+1,2 kontrolne (14,2%) i opryskiwane produktem Fosmagnum (14,1%). Natomiast najniższą zawartością ekstraktu charakteryzowały się owoce kontrolne składowane w NA (12,3%) oraz jabłka opryskiwane preparatem Profos, które przechowywano w KA 2+1,2 i KA 4+1,2 (12,6%).

Tabela 35. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	12,3 a *	12,9 a-d	12,9 a-d	14,2 fg	13,1 a
Profos	13,2 a-f	13,1 a-e	12,6 ab	12,6 abc	12,9 a
Resistim	13,3 b-f	13,6 c-g	13,3 a-f	13,8 d-g	13,5 b
Fosmagnum	13,4 ab	13,1 a-e	13,0 a-d	14,1 efg	13,5 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	12,8 a	13,4 b	12,9 a	13,8 b	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Wpływ warunków przechowywania na zawartość ekstraktu w owocach w sezonie 2016/2017 po 150 dniach przechowywania był istotny (tabela 36). Wykazano, że owoce przechowywane w warunkach KA 4+1,2 (13,8%) wyróżniały się najwyższą zawartością ekstraktu. Najniższą zawartość ekstraktu oznaczono w jabłkach przechowywanych w NA (12,8%) i w KA 2+1,2 (13,0%).

Na wartość opisywanej cechy istotny był również wpływ preparatów fosforynowych. Stwierdzono, że owoce zebrane drzew traktowanych preparatami Fosmagnum (13,6%) i Resistim (13,5%), charakteryzowały się wyższą zawartością ekstraktu niż jabłka opryskiwane produktem Profos (12,7%) i kontrolne (12,9%).

Oprócz tego istotny wpływ na zawartość ekstraktu w jabłkach miało współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi. Wyraziło się ono tym, że najwyższą wartością opisywanej cechy charakteryzowały się jabłka przechowywane w KA 4+1,2 i opryskiwane produktem Fosmagnum (14,7%). Natomiast najniższą zawartością ekstraktu odznaczały się jabłka pochodzące z kombinacji KA 2+1,2 i Profos (12,4%). Równie niską wartość opisywanej cechy wykazywały owoce kontrolne składowane w NA i KA 2+1,2 (12,5%) oraz jabłka traktowane produktem Fosmagnum, które pochodziły z warunków NA (12,5%), jak i owoce opryskiwane preparatem Profos przechowywane w KA 4+1,2 (12,7%).

Tabela 36. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	12,5 a *	12,9 abc	12,5 a	13,8 d	12,9 a
Profos	12,9 abc	12,8 ab	12,4 a	12,7 ab	12,7 a
Resistim	13,1 a-d	13,3 bcd	13,8 d	13,6 cd	13,5 b
Fosmagnum	12,5 a	13,7 d	13,4 bcd	14,7 e	13,6 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	12,8 a	13,2 b	13,0 ab	13,8 c	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego wykazano, że jabłka ‘Natali Gala’ przechowywane w warunkach KA 2+1,2 i KA 4+1,2 (13,2%) zawierały więcej ekstraktu w porównaniu do owoców składowanych w warunkach NA (12,8%) (tabela 37).

Porównując wpływ preparatów fosforowych na wartość opisywanej cechy stwierdzono, że jabłka traktowane preparatem Fosmagnum (13,3%) charakteryzowały się wyższą zawartością ekstraktu w porównaniu do owoców opryskiwanych preparatem Profos i jabłek kontrolnych (12,9%).

Współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforowymi na zawartość ekstraktu w owocach było istotne. Największą wartością opisywanej cechy wyróżniały się jabłka przechowywane w KA 4+1,2 i opryskiwane w okresie wegetacji produktem Fosmagnum (14,4%). Najniższą zawartością ekstraktu charakteryzowały się jabłka pochodzące z kombinacji KA 4+1,2 z preparatem Profos (12,3%) oraz przechowywane w warunkach NA owoce opryskiwane produktem Fosmagnum (12,3%) i jabłka kontrolne (12,4%).

Tabela 37. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ w sezonie 2016/2017 po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	12,4 abc *	13,6 a-d	13,3 de	13,2 b-e	12,9 a
Profos	13,5 e	12,8 a-e	13,0 a-e	12,3 ab	12,9 a
Resistim	13,2 b-e	13,3 de	13,3 de	12,9 a-e	13,2 ab
Fosmagnum	12,3 a	13,5 e	13,2 cde	14,4 f	13,3 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	12,8 a	13,0 ab	13,2 b	13,2 b	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W sezonie 2017/2018 stwierdzono, że owoce przechowywane przez 120 dni w warunkach KA 2+1,2 (13,5%) odznaczały się wyższą zawartością ekstraktu porównaniu do jabłek pochodzących z pozostałych kombinacji warunków przechowywania (13,0-13,2%) (tabela 38).

W przypadku preparatów fosforynowych wykazano, że jabłka opryskiwane produktem Resistim (13,4%) zawierały więcej ekstraktu niż owoce z pozostałych kombinacji (13,0-13,2%).

Wpływ na zawartość ekstraktu w jabłkach wywierało również współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi. Jabłka przechowywane w KA 4+1,2 i traktowane preparatem Resistim (14,0%) wyróżniały się najwyższą wartością opisywanej cechy, zaś najniższą zawartością ekstraktu odznaczały się owoce przechowywane w tych samych warunkach, ale opryskiwane produktem Profos (12,2%).

Tabela 38. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	13,1 bcd *	12,9 b	13,1 bcd	13,5 d	13,1 a
Profos	13,3 cd	13,0 bc	13,5 d	12,2 a	13,0 a
Resistim	13,2 bcd	13,1 bcd	13,4 cd	14,0 e	13,4 b
Fosmagnum	13,3 bcd	13,1 bcd	13,3 bcd	13,0 bc	13,2 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	13,2 a	13,0 a	13,5 b	13,0 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Analizując wpływ warunków przechowywania na zawartość ekstraktu w owocach po 120 dniach przechowywania i dodatkowych 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w sezonie 2017/2018 (tabela 39) wykazano, iż jabłka przechowywane w warunkach KA 2+1,2 (13,5%) zawierały najwięcej ekstraktu. Natomiast najmniejszą wartość opisywanego wskaźnika wykazywały owoce pochodzące z KA 2+2 (13,0%) i KA 4+1,2 (13,1%).

Oceniając wpływ preparatów fosforynowych na wartość opisywanego wskaźnika stwierdzono, że owoce z kombinacji Resistim (13,7%) i Fosmagnum (13,5%) charakteryzowały się większą zawartością ekstraktu niż jabłka z Kontroli (12,9%) i kombinacji Profos (12,8%).

Istotny wpływ na zawartość ekstraktu w owocach wywierało także współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi. Owoce z kombinacji KA 2+1,2 traktowane preparatami Fosmagnum (14,2%) i Resistim (14,0%) oraz jabłka przechowywane w KA 4+1,2 i opryskiwane preparatem Resistim (13,9%) cechowały się największą zawartością ekstraktu. Natomiast najniższe wartości opisanego wskaźnika odnotowano w kombinacji KA 4+1,2 z preparatem Profos (12,3%) i Kontrolą (12,7%).

Tabela 39. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ w sezonie 2017/2018 roku po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	13,1 bcd *	12,9 bc	12,9 bc	12,7 ab	12,9 a
Profos	13,2 cd	12,9 bc	12,9 bc	12,3 a	12,8 a
Resistim	13,7 ef	13,1 bcd	14,0 fg	13,9 efg	13,7 b
Fosmagnum	13,2 bcd	13,2 cd	14,2 g	13,5 de	13,5 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	13,3 b	13,0 a	13,5 c	13,1 ab	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W sezonie 2017/2018 po 150 dniach przechowywania zanotowano istotny wpływ warunków przechowywania i preparatów fosforowych na zawartość ekstraktu w jabłkach (tabela 40). Owoce magazynowane w warunkach KA 2+1,2 (13,5%) i NA (13,4%) wykazywały większą zawartość ekstraktu niż owoce przechowywane w KA 2+2 (12,8%) i KA 4+1,2 (13,0%).

Rozpatrując wpływ preparatów fosforowych na wartości opisywanej cechy stwierdzono, że jabłka traktowane preparatami Fosmagnum (13,5%) i Resistim (13,4%) charakteryzowały się najwyższą zawartością ekstraktu, zaś najniższą zawartość wykazywały owoce kontrolne (12,8%).

Tabela 40. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	12,8 abc *	12,4 a	13,0 bcd	13,2 cde	12,8 a
Profos	13,3 de	13,1 cde	13,5 ef	12,5 ab	13,1 b
Resistim	13,5 ef	13,0 cd	13,8 f	13,2 cde	13,4 c
Fosmagnum	13,9 f	12,9 bcd	13,9 f	13,2 cde	13,5 c
\bar{x} dla warunków przechowywania	13,4 b	12,8 a	13,5 b	13,0 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Stwierdzono również istotne współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforowymi na zawartość ekstraktu w owocach. Największą wartością opisywanej cechy wyróżniały się jabłka opryskiwane preparatami fosforowymi, które przechowywano w warunkach KA 2+1,2 (13,5-13,9%), a także jabłka pochodzące z kombinacji NA traktowane w czasie wegetacji preparatami Fosmagnum (13,9%) i Resistim (13,5). Z kolei najmniejszą zawartością ekstraktu charakteryzowały się jabłka kontrolne przechowywane w warunkach NA

(12,8%) i w KA 2+2 (12,4%) oraz pochodzące z KA 4+1,2 owoce opryskiwane związkami Profos (12,5%).

Zawartość ekstraktu w jabłkach odmiany 'Natali Gala' w sezonie 2017/2018 po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych (tabela 41). Najwyższej zawartości ekstraktu w jabłkach sprzyjały warunki KA 2+1,2 (14,0%), natomiast owoce przechowywane w KA 2+2 (13,1%) i KA 4+1,2 (13,2%) zawierały najmniej ekstraktu.

Wpływ preparatów fosforynowych na zawartość ekstraktu w jabłkach okazał się istotny. Owoce traktowane preparatami Resistim i Fosmagnum (13,7%) charakteryzowały się wyższą wartością opisywanej cechy w porównaniu z jabłkami kontrolnymi (13,1%) i opryskiwanymi w sadzie produktem Profos (13,2%).

Na zawartość ekstraktu istotnie wpływały także warunki przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforynowymi. Najwyższe zawartości ekstraktu oznaczono w jabłkach pochodzących z KA 2+1,2 i traktowanych badanymi preparatami fosforynowymi (14,1-14,4%) oraz w owocach przechowywanych w warunkach NA i opryskiwanych preparatem Fosmagnum (14,0%). Z kolei najniższą zawartość ekstraktu oznaczono w jabłkach przechowywanych w KA 4+1,2 i traktowanych Profos (12,3%) oraz w owocach kontrolnych, które przechowywano w warunkach KA 2+2 (12,6%).

Tabela 41. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany 'Natali Gala' po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	13,0 bc *	12,6 ab	13,2 cd	13,6 de	13,1 a
Profos	13,0 bc	13,4 cd	14,1 ef	12,3 a	13,2 a
Resistim	13,5 d	13,3 cd	14,4 f	13,5 d	13,7 b
Fosmagnum	14,0 ef	13,0 bc	14,3 ef	13,4 cd	13,7 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	13,4 b	13,1 a	14,0 c	13,2 ab	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

4.4.3. Kwasowość miareczkowa

Wpływ warunków przechowywania na kwasowość miareczkową jabłek odmiany ‘Natali Gala’ w sezonie 2015/2016 po 120 dniach przechowywania był istotny (tabela 42). Owoce przechowywane w badanych warunkach KA (0,36-038%) charakteryzowały się większą zawartością kwasu jabłkowego w porównaniu do kombinacji NA (0,29%).

Przy analizie wpływu preparatów fosforynowych na wartość omawianej cechy także stwierdzono istotne różnice. Owoce z kombinacji Fosmagnum (0,38%) wyróżniały się najwyższą zawartością kwasu jabłkowego. Równie wysoką kwasowością odznaczały się jabłka kontrolne (0,36%). Najniższą wartość badanego parametru zaobserwowano w kombinacjach Profos (0,33%) i Resistim (0,34%).

Ujawniło się również istotne współdziałanie czynników doświadczenia na wartość opisywanego wskaźnika. Najwyższą kwasowość miareczkową zanotowano w jabłkach przechowywanych w KA 2+1,2 i opryskiwanych produktem Fosmagnum (0,44%) oraz w owocach kontrolnych, które pochodziły z kombinacji KA 2+2 (0,41%). Natomiast wszystkie jabłka przechowywane w warunkach NA (0,27-0,31%) wykazywały najmniejszą wartość opisywanej cechy.

Tabela 42. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	0,30 ab *	0,41 ef	0,35 b-e	0,39 def	0,36 bc
Profos	0,27 a	0,36 b-e	0,37 c-f	0,32 a-d	0,33 a
Resistim	0,27 a	0,38 c-f	0,38 def	0,35 b-e	0,34 ab
Fosmagnum	0,31 abc	0,37 b-e	0,44 f	0,40 ef	0,38 c
\bar{x} dla warunków przechowywania	0,29 a	0,38 b	0,39 b	0,36 b	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W sezonie 2015/2016 wpływ warunków przechowywania na kwasowość miareczkową owoców po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego był istotny (tabela 43).

Jabłka przechowywane w warunkach KA (0,32-0,34%) wykazały wyższą kwasowość w porównaniu do owoców przetrzymywanych w NA (0,25%).

Również istotny był wpływ preparatów fosforynowych na wartość omawianej cechy. Jabłka opryskiwane produktem Fosmagnum (0,32%) miały wyższą kwasowość niż owoce z Kontroli i kombinacji Profos (0,30%).

Wpływ warunków przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforynowymi na kwasowość miareczkową jabłek okazał się istotny. Największą wartością opisywanej cechy wyróżniały się jabłka kontrolne i opryskiwane produktem Fosmagnum z kombinacji KA 4+1,2 (0,35%) oraz jabłka traktowane tym produktem i przechowywane w KA 2+2 (0,35%). Statystycznie taką samą kwasowość oznaczono w owocach opryskiwanych nawozem Profos

przechowywanych w KA 2+2 i KA 4+1,2 (0,33%) oraz w jabłkach traktowanych preparatem Resistim i składowanych w KA 2+1,2 (0,34%). Najmniejszą wartością wskaźnika cechowały się owoce przechowywane w NA z kombinacji Kontrola (0,23%) oraz Profos i Resistim (0,25%).

Tabela 43. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	0,23 a *	0,30 cd	0,32 def	0,35 f	0,30 a
Profos	0,25 ab	0,33 def	0,31 c-f	0,33 def	0,30 ab
Resistim	0,25 ab	0,32 c-e	0,34 ef	0,32 def	0,31 ab
Fosmagnum	0,28 bc	0,35 f	0,30 c-e	0,35 f	0,32 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	0,25 a	0,32 ab	0,32 b	0,34 b	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Rozważając wpływ warunków przechowywania na kwasowość miareczkową jabłek po 150 dniach przechowywania w sezonie 2015/2016 wykazano istotne różnice pomiędzy średni (tabela 44). Większą kwasowością wyróżniały się jabłka z wszystkich składów kontrolowanej atmosfery (0,33-0,34%) w porównaniu do jabłek przechowywanych w warunkach NA (0,23%).

Natomiast oceniając wpływ preparatów fosforowych na wartość omawianej cechy stwierdzono, że jabłka opryskiwane produktem Fosmagnum (0,32%) charakteryzowały się wyższą kwasowością w porównaniu do owoców traktowanych pozostałymi preparatami fosforowymi (0,30%).

Także istotny okazał się wpływ współdziałania warunków przechowywania z preparatami fosforowymi na kwasowość miareczkową jabłek. Najwyższą wartością opisywanego wskaźnika wyróżniały się jabłka przechowywane w KA 2+2 i traktowane nawozem Fosmagnum (0,37%) oraz owoce z kombinacji KA 4+1,2 opryskiwane produktem Resistim (0,35%), jak i jabłka kontrolne, które przechowywano w warunkach KA 2+1,2 (0,35%). Natomiast najmniejsze wartości omawianej cechy zanotowano w jabłkach składowanych w warunkach NA, które opryskiwano nawozami Profos (0,21%) i Resistim (0,24%).

Tabela 44. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	0,24 ab *	0,31 def	0,35 fg	0,33 efg	0,31ab
Profos	0,21 a	0,33 efg	0,34 efg	0,30 cde	0,30 a
Resistim	0,22 ab	0,29 cd	0,33 def	0,35 efg	0,30 a
Fosmagnum	0,26 bc	0,37 g	0,33 d-g	0,33 def	0,32 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	0,23 a	0,33 b	0,34 b	0,33 b	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W sezonie 2015/2016 po 150 dniach przechowywania i dodatkowych 7 dniach symulowanego obrotu wykazano istotny wpływ warunków przechowywania na wartość kwasowości miareczkowej w owocach (tabela 45). Jabłka z kombinacji KA (0,30%) wykazywały wyższą kwasowość w porównaniu do owoców składowanych w warunkach NA (0,21%).

Wpływ preparatów fosforynowych na wartość omawianej cechy również okazał się istotny. Jabłka opryskiwane produktem Fosmagnum (0,29%) wykazywały wyższą kwasowość niż owoce traktowane nawozem Resistim (0,26%).

Współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi na wartość opisywanej cechy także wywierało istotny wpływ. Najwyższą kwasowość oznaczono w jabłkach opryskiwanych preparatem Fosmagnum, które przechowywano w KA 2+2 i KA 4+1,2 (0,33%), w jabłkach traktowanych produktami Resistim (0,33%) i Profos (0,32%) składowanych w KA 2+1,2 oraz w owocach kontrolnych z kombinacji KA 4+1,2 (0,33%). Z kolei najmniejszą wartością wskaźnika charakteryzowały się jabłka pochodzące z warunków NA, które opryskiwano preparatem Resistim (0,18%).

Tabela 45. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	0,21 ab *	0,30 def	0,29 def	0,33 f	0,28 a
Profos	0,21 ab	0,30 def	0,32 ef	0,27 cde	0,28 ab
Resistim	0,18 a	0,27 cde	0,33 f	0,26 cd	0,26 a
Fosmagnum	0,24 bc	0,33 f	0,27 cde	0,33 f	0,29 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	0,21 a	0,30 b	0,30 b	0,30 b	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W sezonie 2016/2017 wpływ warunków przechowywania na kwasowość miareczkową jabłek oznaczoną po 120 dniach przechowywania był istotny (tabela 46). Wszystkie owoce przechowywane w warunkach KA (0,34-0,36%) charakteryzowały się większą zawartością kwasu jabłkowego w porównaniu do kombinacji NA (0,32%).

Przy analizie wpływu preparatów fosforynowych na wartość omawianej cechy także stwierdzono istotne różnice. Owoce z kombinacji Fosmagnum (0,37%) i Profos (0,35%) wyróżniały się wyższymi wartościami omawianej cechy w porównaniu do jabłek z kombinacji Kontrola (0,32%) i Resistim (0,33%).

Wpływ współdziałania czynników doświadczenia na wartość opisywanego wskaźnika był istotny. Najwyższą kwasowością miareczkową wyróżniały się jabłka z kombinacji KA 2+1,2, które traktowano produktami Profos (0,39%) i Fosmagnum (0,38%), zaś najniższą wartość opisywanej cechy zanotowano w owocach kontrolnych pochodzących z kombinacji NA (0,29%).

Tabela 46. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	0,29 a *	0,32 abc	0,33 a-d	0,34 a-f	0,32 a
Profos	0,33 a-d	0,33 a-e	0,39 f	0,36 c-f	0,35 b
Resistim	0,32 abc	0,36 b-f	0,33 a-e	0,31 ab	0,33 a
Fosmagnum	0,36 b-f	0,36 c-f	0,38 ef	0,37 def	0,37 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	0,32 a	0,34 b	0,36 b	0,35 b	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Wpływ warunków przechowywania na kwasowość jabłek oznaczoną w sezonie 2016/2017 po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu był istotny (tabela 47).

Jabłka przechowywane w KA 2+1,2 (0,34%) i KA 4+1,2 (0,33%) wykazywały wyższą kwasowość w porównaniu do owoców pochodzących z kontroli i warunków KA 2+2 (0,30%). Na wartość omawianej cechy istotny wpływ miały także preparaty fosforynowe. Jabłka opryskiwane produktami Profos i Fosmagnum (0,33%) charakteryzowały się większą kwasowością niż owoce z Kontroli (0,30%) i traktowane produktem Resistim (0,31%).

Wpływ warunków przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforynowymi na kwasowość miareczkową jabłek okazał się także istotny. Najwyższymi wartościami opisywanej cechy wyróżniały się jabłka opryskiwane badanymi preparatami fosforynowymi i przechowywane w warunkach KA 2+1,2 (0,35-0,36%) oraz owoce traktowane nawozem Fosmagnum pochodzące z KA 4+1,2 (0,34%). Z kolei najniższą kwasowość oznaczono w jabłkach kontrolnych składowanych w NA (0,27%) i opryskiwanych produktem Resistim z kombinacji KA 2+2 (0,29%).

Tabela 47. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	0,27 a *	0,30 abc	0,30 abc	0,33 c-f	0,30 a
Profos	0,30 ab	0,32 b-f	0,36 f	0,32 b-f	0,33 b
Resistim	0,30 ab	0,29 ab	0,35 def	0,30 abc	0,31 a
Fosmagnum	0,31 bcd	0,32 b-e	0,35 ef	0,34 def	0,33 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	0,30 a	0,30 a	0,34 c	0,33 b	

*Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Porównując w sezonie 2016/2017 wpływ warunków przechowywania na kwasowość miareczkową jabłek po 150 dniach przechowywania wykazano, że owoce pochodzące ze wszystkich kombinacji KA (0,33-0,34%) charakteryzowały się wyższą wartością opisywanej cechy w porównaniu do jabłek z kombinacji NA (0,29%) (tabela 48).

Oceniając natomiast wpływ preparatów fosforowych na wartość omawianej cechy, stwierdzono, że jabłka opryskiwane preparatami fosforowymi (0,32-0,33%) odznaczały się wyższą kwasowością niż owoce z Kontroli (0,30%).

Wpływ współdziałania warunków przechowywania z preparatami fosforowymi na kwasowość jabłek był istotny. Najwyższą wartością wskaźnika wyróżniały się owoce z kombinacji KA 4+1,2 z produktem Fosmagnum (0,38%). Natomiast najmniejszą kwasowością charakteryzowały jabłka kontrolne, które przechowywano w warunkach NA (0,25%).

Tabela 48. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych sezon 2016/2017

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	0,25 a *	0,33 bcd	0,30 bc	0,32 bcd	0,30 a
Profos	0,29 ab	0,35 de	0,34 cde	0,33 bcd	0,33 b
Resistim	0,29 ab	0,32 bcd	0,35 de	0,32 bcd	0,32 b
Fosmagnum	0,30 bc	0,32 bcd	0,32 bcd	0,38 e	0,33 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	0,29 a	0,33 b	0,33 b	0,34 b	

*Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W sezonie 2016/2017 po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego widoczny był istotny wpływ warunków przechowywania na kwasowość miareczkową owoców (tabela 49). Największą kwasowością wyróżniały się owoce z KA 4+1,2 (0,32%), a najmniejszą owoce pochodzące z NA (0,27%).

Oceniając wpływ preparatów fosforynowych na kwasowość jabłek stwierdzono, że owoce z kombinacji Fosmagnum (0,31%) wykazywały wyższą kwasowość w porównaniu do jabłek kontrolnych i traktowanych nawozem Resistim (0,29%).

Współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi na wartość opisywanej cechy okazało się istotne. Najwyższą kwasowością wyróżniały się owoce z kombinacji KA 4+1,2 z produktem Fosmagnum (0,37%), a najmniejszą wartością wskaźnika charakteryzowały się jabłka kontrolne i opryskiwane preparatem Profos, które pochodziły z warunków NA (0,25%).

Tabela 49. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	0,25 a *	0,33 e	0,29 bcd	0,31 cde	0,29 a
Profos	0,25 a	0,32 e	0,31 cde	0,32 de	0,30 ab
Resistim	0,28 abc	0,29 bcd	0,29 cde	0,29 cde	0,29 a
Fosmagnum	0,29 cde	0,30 cde	0,29 cde	0,37 f	0,31 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	0,27 a	0,31 b	0,30 b	0,32 c	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Kwasowość miareczkowa jabłek oznaczona w sezonie 2017/2018 po 120 dniach przechowywania zależała w sposób istotny od warunków przechowywania owoców (tabela 50). Jabłka przechowywane w zastosowanych warunkach KA (0,33-0,34%) charakteryzowały się większą kwasowością w porównaniu do owoców z kombinacji NA (0,27%).

Przy analizie wpływu preparatów fosforynowych na wartość omawianej cechy, odnotowano istotne różnice między średnimi. Owoce z kombinacji Resistim (0,34%) wykazywały wyższą kwasowość miareczkową niż jabłka traktowane produktem Fosmagnum oraz owoce kontrolne (0,32%).

Ujawniło się również istotne współdziałanie czynników doświadczenia na wartość opisywanego wskaźnika. Wykazano, że owoce kontrolne przechowywane w KA 4+1,2 (0,37%) cechowały się najwyższą kwasowością. Równie wysoką wartością omawianej cechy odznaczały się jabłka przechowywane w KA 2+2, które opryskiwano badanymi preparatami fosforynowymi (0,35%) oraz owoce z warunków KA 2+1,2 traktowane produktem Fosmagnum (0,35%). Najniższe wartości wskaźnika wykazywały wszystkie jabłka przechowywane w kombinacji NA (0,25-0,28%).

Tabela 50. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od preparatów fosforowych i warunków przechowywania, sezon 2017/2018

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	0,25 a *	0,33 bcd	0,31 b	0,37 e	0,32 a
Profos	0,27 a	0,35 de	0,32 e	0,32 bc	0,33 ab
Resistim	0,26 a	0,35 de	0,34 cd	0,34 f	0,34 b
Fosmagnum	0,28 a	0,35 de	0,35 de	0,31 b	0,32 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	0,27 a	0,35 b	0,36 c	0,33 b	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W sezonie 2017/2018 po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego warunki przechowywania miały istotny wpływ na kwasowość miareczkową jabłek (tabela 51). Najwyższą kwasowością cechowały się jabłka przechowywane w KA 2+1,2 (0,31%) i w KA 4+1,2 (0,30%), a najniższą wartość omawianej cechy wykazały jabłka składowane w warunkach NA (0,24%). Udowodniono również wpływ preparatów fosforowych na kwasowość miareczkową jabłek. Jabłka opryskiwane produktem Resistim (0,29%) odznaczały się wyższą kwasowością niż owoce traktowane preparatem Profos (0,27%).

Wpływ warunków przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforowymi na kwasowość miareczkową jabłek okazał się istotny. Najwyższą wartością opisywanej cechy wyróżniały się jabłka przechowywane w KA 2+1,2 i traktowane produktami Resistim (0,33%) oraz Profos (0,32%). Natomiast najmniejszą wartość omawianej cechy wykazały owoce opryskiwane nawozami Resistim (0,21%) i Profos(0,22%), ale przechowywane w kombinacji NA.

Tabela 51. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	0,30 de *	0,23 b	0,29 de	0,30 de	0,28 a
Profos	0,21 a	0,26 c	0,32 fg	0,31 ef	0,27 a
Resistim	0,22 ab	0,31 ef	0,33 g	0,30 de	0,29 b
Fosmagnum	0,25 c	0,29 d	0,30 de	0,30 de	0,28 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	0,24 a	0,27 b	0,31 c	0,30 c	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W sezonie 2017/2018 po 150 dniach przechowywania najwyższą kwasowością miareczkową zanotowano w owocach z KA 2+2 (0,35%), a najmniejszą w jabłkach pochodzących z NA (0,26%) (tabela 52).

Oceniając natomiast wpływ preparatów fosforynowych na wartość omawianej cechy, nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy poszczególnymi średnimi.

Natomiast wartość opisywanej cechy zależała od współdziałania warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi. Najwyższą kwasowością wyróżniały się jabłka składowane w warunkach KA 2+2 opryskiwane produktem Resistim i kontrolne (0,36%) oraz traktowane nawozem Profos (0,34%). Równie wysoką wartością opisywanej cechy odznaczały się owoce z KA 2+1,2, które opryskiwano produktem Resistim (0,34%). Natomiast najmniejszą kwasowością charakteryzowały się jabłka pochodzące z warunków NA (0,25-0,26%) z wyjątkiem owoców traktowanych preparatem Fosmagnum.

Tabela 52. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	0,25 a *	0,36 gh	0,29 cd	0,32 ef	0,31 a
Profos	0,26 ab	0,34 fgh	0,31 de	0,31 de	0,31 a
Resistim	0,25 a	0,36 h	0,34 fg	0,31 de	0,32 a
Fosmagnum	0,28 ab	0,33 fgh	0,31 de	0,32 ef	0,31 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	0,26 a	0,35 c	0,31 b	0,32 b	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Również w sezonie 2017/2018 po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego istotny był wpływ warunków przechowywania na kwasowość miareczkową jabłek (tabela 53). Owoce pochodzące z KA 2+2 (0,32%) wyróżniały się najwyższą wartością omawianego wskaźnika. Z kolei najniższą wartością omawianej cechy odznaczały się jabłka przechowywane w NA (0,23%).

Wpływ preparatów fosforynowych na kwasowość miareczkową jabłek był także istotny. Jabłka traktowane produktem Resistim (0,30%) odznaczały się wyższą wartością opisywanego wskaźnika w porównaniu do owoców z pozostałych kombinacji (0,27-0,28%).

Wpływ warunków przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforynowymi na kwasowość owoców był także istotny. Najwyższą wartością omawianej cechy odznaczały się jabłka traktowane produktem Resistim, które składowano w KA 2+2 (0,35%) i w KA 2+1,2 (0,34%). Natomiast najniższą kwasowość oznaczono we wszystkich jabłkach przechowywanych w warunkach NA (0,23-0,24%).

Tabela 53. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	0,23 a *	0,32 e	0,27 b	0,31 de	0,28 a
Profos	0,23 a	0,31 de	0,29 bcd	0,28 bc	0,28 a
Resistim	0,23 a	0,35 f	0,34 f	0,28 bc	0,30 b
Fosmagnum	0,24 a	0,30 cde	0,28 bc	0,27 b	0,27 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	0,23 a	0,32 d	0,30 c	0,29 b	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

4.4.4. Intensywność oddychania

Wpływ warunków przechowywania na intensywność oddychania jabłek po 120 dniach, w sezonie 2015/2016 okazał się istotny (tabela 54). Owoce przechowywane w warunkach NA ($5,21 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) wykazywały się wyższą intensywnością oddychania niż jabłka pochodzące z kombinacji KA ($2,12\text{-}2,23 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

Analizując wpływ preparatów fosforynowych na intensywność oddychania jabłek wykazano istotne różnice między średnimi. Owoce traktowane preparatem Fosmagnum ($3,62 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) odznaczały się najwyższą intensywnością oddychania. Najniższą wartość opisywanej cechy zmierzono w jabłkach kontrolnych ($2,81 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) i traktowanych produktem Resistim ($2,26 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

Wystąpiło również istotne współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi na intensywność oddychania jabłek. Owoce przechowywane w NA traktowane produktem Fosmagnum ($6,07 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) cechowały się najwyższą wartością opisywanego wskaźnika. Natomiast najniższą intensywnością oddychania odznaczały się jabłka kontrolne pochodzące z KA 2+2 ($0,80 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Równie niską wartością omawianej cechy odznaczały się owoce opryskiwane produktem Resistim przechowywane w kombinacjach KA ($0,92\text{-}2,21 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) oraz traktowane preparatem Profos przechowywane w KA 2+2 ($2,19 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) i w KA 4+1,2 ($1,74 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), jak i jabłka opryskiwane preparatem Fosmagnum z kombinacji KA 2+1,2 ($2,03 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

Tabela 54. Intensywność oddychania [$\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	4,56 ef *	0,80 a	2,47 cd	3,44 de	2,81 ab
Profos	4,97 f	2,19 a-d	3,32 de	1,74 abc	3,05 b
Resistim	4,6 ef	2,21 a-d	0,92 ab	1,32 abc	2,26 a
Fosmagnum	6,07 g	3,29 de	2,03 a-d	2,45 bcd	3,62 c
\bar{x} dla warunków przechowywania	5,21 b	2,12 a	2,18 a	2,23 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W tabeli 55 przedstawiono wyniki uzyskane w sezonie 2015/2016 po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego. Wykazano, że jabłka przechowywane w NA ($6,68 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) odznaczały się największą intensywnością oddychania. Najmniejszą intensywnością oddychania wyróżniały się natomiast owoce przechowywane w KA 4+1,2 i KA 2+1,2 (odpowiednio $2,78$ i $2,79 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

Analizując wpływ preparatów fosforynowych na wartość opisywanej cechy zauważono, że jabłka pochodzące z kombinacji Profos ($5,09 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) i Fosmagnum

(5,33 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) cechowały się większą intensywnością oddychania w porównaniu do owoców z kombinacji Resistim (3,39 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) i kontroli (3,08 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹).

Współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi na intensywność oddychania jabłek było istotne. Wartość omawianego wskaźnika była najwyższa u jabłek przechowywanych w warunkach NA, które opryskiwano związkiem Profos (8,66 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹). Statystycznie taką samą wartością opisywanej cechy odznaczały się również owoce kontrolne (7,11 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) i traktowane preparatem Fosmagnum (7,26 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) pochodzące z tej kombinacji, jak i jabłka przechowywane w warunkach KA 2+2 opryskiwane produktami Fosmagnum (5,80 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) i Resistim (5,04 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹). Natomiast najmniejszą intensywnością oddychania cechowały się jabłka kontrolne, które przechowywano w kombinacjach KA (0,49-3,65 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) oraz pozostałe owoce z kombinacji KA 4+1,2 (2,98-3,80 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹). Podobnie niskimi wartościami omawianej cechy charakteryzowały się jabłka opryskiwane preparatem Resistim przechowywane w KA 2+1,2 (1,59 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) i w NA (3,68 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹), jak i owoce traktowane związkiem Fosmagnum pochodzące z KA 2+2 (5,80 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) i z NA (7,26 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) oraz owoce opryskiwane produktem Profos z kombinacji KA 2+2 (4,15 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹).

Tabela 55. Intensywność oddychania [mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	7,11 ef *	3,65 a-e	0,49 a	1,08 ab	3,08 a
Profos	8,66 f	4,15 a-e	4,58 b-e	2,98 a-d	5,09 b
Resistim	3,68 a-e	5,04 c-f	1,59 abc	3,26 a-d	3,39 a
Fosmagnum	7,26 ef	5,80 def	4,50 b-e	3,8 a-e	5,33 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	6,68 c	4,66 b	2,79 a	2,78 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Intensywność oddychania jabłek zebranych w 2015 roku po 150 dniach przechowywania zależała od warunków przechowywania (tabela 56). Wykazano, że owoce z warunków NA (7,55 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) i KA 2+1,2 (6,72 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) oddychały intensywniej niż jabłka pochodzące z KA 2+2 (3,31 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) i KA 4+1,2 (3,55 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹).

Wpływ preparatów fosforynowych na intensywność oddychania jabłek był także istotny. Owoce z kombinacji kontrolnej (8,13 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) charakteryzowały się wyższą niż pozostałe wartością omawianej cechy (3-98-4,76 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹).

Odnotowano także istotne współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi na intensywność oddychania jabłek. Najwyższą intensywnością oddychania charakteryzowały się owoce kontrolne pochodzące z warunków NA (12,15 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹)

i KA 2+1,2 (9,33 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹). Podobnie wysoką wartością wskaźnika odznaczały się owoce traktowane nawozem Profos z kombinacji KA 2+1,2 (7,58 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹). Natomiast intensywność oddychania jabłek z pozostałych kombinacji nie była statystycznie zróżnicowana.

Tabela 56. Intensywność oddychania [mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	12,15 d *	6,03 abc	9,33 cd	5,02 abc	8,13 b
Profos	5,82 abc	1,33 a	7,58 bcd	4,31 abc	4,76 a
Resistim	6,09 abc	2,92 ab	5,05 abc	3,00 ab	4,27 a
Fosmagnum	6,14 abc	2,97 ab	4,93 abc	1,88 a	3,98 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	7,55 b	3,31 a	6,72 b	3,55 a	

*Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W sezonie 2015/2016 po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego nie odnotowano istotnego wpływu warunków przechowywania na intensywność oddychania owoców (tabela 57).

Oceniając wpływ preparatów fosforynowych na intensywność oddychania jabłek stwierdzono istotne różnice między średnimi. Owoce z kombinacji Fosmagnum (12,81 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) i Profos (11,21 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) wyróżniały się wyższą wartością opisywanego parametru niż jabłka z kombinacji Kontrola (8,41 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) i Resistim (7,07 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹).

Wpływ warunków przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforynowymi na intensywność oddychania jabłek okazał się istotny. Wartość omawianego wskaźnika była najwyższa u jabłek przechowywanych w warunkach NA i traktowanych wcześniej preparatem Fosmagnum (14,83 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹). Podobnie wysoką wartością opisywanej cechy odznaczały się jabłka również pochodzące z NA, ale opryskiwane produktem Profos (13,41 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹), a także owoce traktowane związkiem Fosmagnum z kombinacji KA 2+2 i KA 2+1,2 (odpowiednio 13,69 i 12,54 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) oraz jabłka kontrolne z warunków KA 4+1,2 (11,49 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹). Najniższą natomiast intensywnością oddychania charakteryzowały się jabłka z kombinacji NA z preparatem Resistim (4,07 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) i kontrolne (8,31 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) oraz składowane w KA 2+2 owoce kontrolne (7,50 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) i opryskiwane nawozem Resistim (7,78 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹), jak i przechowywane w KA 2++1,2 jabłka kontrolne (6,33 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) i traktowane produktem Resistim (6,62 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹).

Tabela 57. Intensywność oddychania [$\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	8,31 a-e *	7,50 a-d	6,33 ab	11,49 d-g	8,41 a
Profos	13,42 fg	10,91 b-f	10,20 b-f	10,32 b-f	11,21 b
Resistim	4,07 a	7,78 a-d	6,62 abc	9,81 b-f	7,07 a
Fosmagnum	14,83 g	13,69 fg	12,54 efg	10,19 b-f	12,81 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	10,16 a	9,97 a	8,92 a	10,45 a	

*Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W sezonie 2016/2017 warunki przechowywania miały istotny wpływ na intensywność oddychania jabłek (tabela 58). Owoce przechowywane w warunkach NA ($5,46 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) i KA 2+2 ($5,30 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) oddychały intensywniej niż jabłka pochodzące z kombinacji KA 4+1,2 ($2,77 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) oraz KA 2+1,2 ($3,67 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

Wpływ preparatów fosforowych na intensywność oddychania jabłek także okazał się istotny. Owoce nie traktowane preparatami fosforowymi ($5,12 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) odznaczały się wyższą intensywnością oddychania w porównaniu z jabłkami opryskiwanymi produktem Resistim ($3,64 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

Wystąpiło również istotne współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforowymi na intensywność oddychania jabłek. Najwyższe wartości omawianej cechy zanotowano w jabłkach kontrolnych z kombinacji NA ($7,76 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) i KA 2+2 ($7,32 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Równie wysoką intensywnością oddychania odznaczały się owoce traktowane produktem Profos pochodzące z warunków NA i KA 2+2 (odpowiednio $5,61$ i $6,24 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), jabłka opryskiwane nawozem Resistim z kombinacji KA 2+2 i KA 2+1,2 (odpowiednio $5,05$ i $5,18 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) oraz owoce traktowane preparatem Fosmagnum, które przechowywano w NA ($5,07 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) i w KA 2+1,2 ($4,67 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Natomiast najniższą wartością opisywanego wskaźnika odznaczały się wszystkie jabłka z kombinacji KA 4+1,2 ($0,95$ - $3,52 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), owoce kontrolne i opryskiwane produktem Profos pochodzące z KA 2+1,2 (odpowiednio $1,90$ i $2,93 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), a także jabłka z kombinacji KA 2+2 z preparatem Fosmagnum ($2,61 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) i NA z nawozem Resistim ($3,39 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

Tabela 58. Intensywność oddychania [$\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	7,76 e *	7,32 e	1,90 ab	3,52 a-d	5,12 b
Profos	5,61 cde	6,24 de	2,93 a-d	3,31 a-d	4,52 ab
Resistim	3,39 a-d	5,05 b-e	5,18 b-e	0,95 a	3,64 a
Fosmagnum	5,07 b-e	2,61 abc	4,67 b-e	3,28 a-d	3,91 ab
\bar{x} dla warunków przechowywania	5,46 b	5,30 b	3,67 a	2,77 a	

*Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Oceniając wpływ warunków przechowywania na intensywność oddychania jabłek w sezonie 2016/2017 po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego stwierdzono, że jabłka przechowywane w NA ($12,74 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) odznaczały się największą intensywnością oddychania, a najmniejszą wykazywały owoce z KA 4+1,2 ($4,45 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) (tabela 59).

Badając wpływ preparatów fosforynowych na intensywność oddychania, stwierdzono także istotne różnice między średnimi. Jabłka pochodzące z kombinacji Resistim ($12,91 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) cechowały się większą intensywnością oddychania niż owoce z pozostałych kombinacji ($8,14\text{-}9,44 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

Istotny wpływ na intensywność oddychania jabłek miało współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi. Wartość omawianego wskaźnika była najwyższa dla wszystkich jabłek przechowywanych w warunkach NA ($10,74\text{-}15,16 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) oraz w KA 2+2 dla kombinacji z preparatami fosforynowymi ($11,15\text{-}15,33 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), jak i owoców z KA 2+1,2 opryskiwanych związkami Resistim ($13,16 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) i Fosmagnum ($10,31 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Z kolei najniższą intensywnością oddychania cechowały się jabłka przechowywane w KA 4+1,2 traktowane produktem Fosmagnum ($2,46 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) oraz pochodzące z tej kombinacji owoce kontrolne ($3,40 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) i jabłka opryskiwane preparatem Profos ($3,95 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

Tabela 59. Intensywność oddychania [$\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	11,20 d-g *	9,36 def	8,61 cde	3,40 ab	8,14 a
Profos	10,74 d-g	12,29 d-g	10,01 def	3,95 abc	9,25 a
Resistim	15,16 g	15,33 g	13,16 efg	7,99 bcd	12,91 b
Fosmagnum	13,86 fg	11,15 d-g	10,31 d-g	2,46 a	9,44 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	12,74 d	12,03 c	10,52 b	4,45 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Wpływ warunków przechowywania na intensywność oddychania owoców zebranych w 2016 roku po 150 dniach przechowywania był istotny (tabela 60). Wartość opisywanej cechy oznaczona w jabłkach z warunków NA ($9,34 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) okazała się wyższa niż owoców z kombinacji KA ($1,36\text{-}2,34 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

Istotny był także wpływ preparatów fosforynowych na intensywność oddychania jabłek. Wartość opisywanego wskaźnika zanotowana w owocach z kombinacji Fosmagnum ($5,04 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), była wyższa niż w jabłkach z pozostałych kombinacji ($2\text{-}81\text{-}3,47 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

Tabela 60. Intensywność oddychania [$\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	9,77 cd *	1,99 ab	0,52 a	1,63 ab	3,47 a
Profos	9,05 cd	0,86 a	0,82 a	0,51 a	2,81 a
Resistim	10,98 d	3,07 ab	4,07 b	2,03 ab	3,27 a
Fosmagnum	7,58 c	3,45 ab	0,78 a	1,27 ab	5,04 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	9,34 b	2,34 a	1,55 a	1,36 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Istotne współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi na intensywność oddychania jabłek także zostało wykazane. Najwyższą intensywnością oddychania charakteryzowały się owoce z warunków NA, które traktowano preparatem Resistim ($10,98 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Podobnie wysoką wartością omawianej cechy odznaczały się przechowywane również w tych warunkach owoce kontrolne ($9,77 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) i jabłka opryskiwane produktem Profos ($9,05 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Natomiast najmniejsze wartości

wskaźnika zanotowano we wszystkich jabłkach przechowywanych w kombinacjach KA (0,51-3,45 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) z wyjątkiem owoców pochodzących z KA 2+1,2, które traktowano nawozem Resistim (4,07 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹).

W sezonie 2016/2017 po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego odnotowano istotny wpływ warunków przechowywania na intensywność oddychania jabłek. Wartość omawianego wskaźnika odnotowana w owocach przechowywanych w KA 2+2 i NA (odpowiednio 8,01 i 7,18-mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) była wyższa niż w jabłkach składowanych w KA 4+1,2 i KA 2+1,2 (odpowiednio 2,54 i 3,96 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) (tabela 61).

Oceniając wpływ preparatów fosforowych na intensywność oddychania jabłek, nie stwierdzono istotnych różnic między średnimi.

Istotny wpływ na intensywność oddychania jabłek wywierały warunki przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforowymi. Stwierdzono, że wartość omawianego wskaźnika była najwyższa u jabłek przechowywanych w KA 2+2 opryskiwanych produktem Profos (12,88 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) i w warunkach NA z Kontroli (9,52 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) oraz traktowanych nawozem Fosmagnum (9,36 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹). Natomiast najniższą intensywnością oddychania charakteryzowały się wszystkie owoce przechowywane w KA 4+1,2 (0,75-5,18 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹), w KA 2+1,2 (1,83-4,34 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) z wyjątkiem jabłek opryskiwanych produktem Resistim oraz składowane w KA 2+2 owoce traktowane nawozami Resistim i Fosmagnum (odpowiednio 2,86 i 5,86 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹).

Tabela 61. Intensywność oddychania [mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	9,52 de *	6,11 bcd	1,83 ab	0,75 a	4,55 a
Profos	6,61 bcd	12,88 e	2,87 ab	2,17 ab	6,13 a
Resistim	6,56 bcd	2,86 ab	6,81 bcd	2,07 ab	4,82 a
Fosmagnum	9,36 cde	5,86 a-d	4,34 abc	5,18 a-d	6,18 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	8,01 b	7,18 b	3,96 a	2,54 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Analizując wpływ warunków przechowywania na intensywność oddychania jabłek w sezonie 2017/2018 po 120 dniach przechowywania, wykazano istotne różnice pomiędzy średnimi (tabela 62). Największą intensywnością oddychania wyróżniały się owoce przechowywane w warunkach NA (8,11 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹), zaś najmniejszą jabłka pochodzące z kombinacji KA 4+1,2 (2,93 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹).

Wpływ preparatów fosforowych na intensywność oddychania jabłek był także istotny. Owoce traktowane preparatem Profos (5,59 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) odznaczały się wyższą

intensywnością oddychania w porównaniu z jabłkami kontrolnymi ($4,35 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) i opryskiwanymi związkami Fosmagnum ($4,16 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

Wystąpiło również istotne współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi na intensywność oddychania owoców. Jabłka przechowywane w warunkach NA traktowane produktami Resistim ($10,09 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) i Fosmagnum ($9,32 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) cechowały się najwyższymi wartościami opisywanego wskaźnika. Natomiast najniższą intensywnością oddychania odznaczały się jabłka z warunków KA 2+1,2 i opryskiwane preparatem Fosmagnum ($1,96 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) oraz owoce ze wszystkich kombinacji KA ($2,17-4,22 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) z wyjątkiem jabłek traktowanych preparatem Profos.

Tabela 62. Intensywność oddychania [$\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	6,50 d *	3,84 abc	4,14 abc	2,93 abc	4,35 a
Profos	6,55 d	4,69 cd	6,70 d	4,41 bc	5,59 b
Resistim	10,09 e	4,22 abc	3,96 abc	2,23 ab	5,12 ab
Fosmagnum	9,32 e	3,23 abc	1,96 a	2,17 ab	4,16 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	8,11 c	4,00 b	4,19 b	2,93 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Oceniając w sezonie 2017/2018 wpływ warunków przechowywania na wartość opisywanej cechy po 120 dniach przechowywania i dodatkowych 7 dniach symulowanego obrotu stwierdzono, że jabłka przechowywane w KA 2+1,2 ($13,09 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) odznaczały się większą intensywnością oddychania w porównaniu do owoców pochodzących z NA ($11,03 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) (tabela 63).

Badając wpływ preparatów fosforynowych na intensywność oddychania jabłek stwierdzono, że owoce pochodzące z kombinacji Profos ($13,27 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) i Fosmagnum ($13,06 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) cechowały się większą intensywnością oddychania niż jabłka z kombinacji Resistim ($11,21 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) i z Kontroli ($11,20 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

Warunki przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforynowymi istotnie wpływały na intensywność oddychania jabłek. Wartość omawianego wskaźnika była najwyższa dla jabłek przechowywanych w KA 2+2 opryskiwanych preparatem Fosmagnum ($20,15 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Podobnie wysoką wartością omawianej cechy charakteryzowały się owoce z KA 2+1,2 traktowane produktem Resistim ($19,14 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Najmniejszą intensywnością oddychania cechowały się jabłka pochodzące z warunków NA, które opryskiwano preparatami Resistim ($7,66 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) i Fosmagnum ($9,65 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) oraz owoce kontrolne ($10,15 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Podobnie niską wartością omawianego wskaźnika wyróżniały się jabłka kontrolne z kombinacji KA 2+1,2 ($9,58 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) i KA 2+2 ($10,84 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), owoce traktowane związkiem Resistim przechowywane w

KA 2+2 (8,56 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) i w KA 4+1,2 (9,51 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) oraz jabłka pochodzące z kombinacji KA 2+1,2 z produktem Fosmagnum (9,71 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹).

Tabela 63. Intensywność oddychania [mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	10,15 abc *	10,84 a-d	9,58 abc	14,26 ef	11,20 a
Profos	16,69 fg	10,56 abc	13,92 def	11,90 b-e	13,27 b
Resistim	7,66 a	8,56 ab	19,14 gh	9,51 abc	11,21 a
Fosmagnum	9,65 abc	20,15 h	9,71 abc	12,75 cde	13,06 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	11,03 a	12,53 ab	13,09 b	12,10 ab	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W przypadku owoców zebranych w 2017 roku wpływ warunków przechowywania na intensywność oddychania jabłek po 150 dniach przechowywania okazał się istotny. Największą intensywnością oddychania cechowały się owoce przechowywane w KA 2+1,2 (6,07 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹), a najmniejszą wykazały jabłka składowane w KA 2+2 (3,41 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) (tabela 64).

Wpływ preparatów fosforowych na intensywność oddychania był również istotny. Wyższą wartość opisywanego wskaźnika zanotowano w owocach opryskiwanych fosforem Resistim (6,31 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹).

Tabela 64. Intensywność oddychania [mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	7,11 gh *	3,00 ab	5,18 c-f	4,03 bcd	4,83 a
Profos	6,10 e-h	2,04 a	6,38 fgh	3,84 bc	4,59 a
Resistim	5,41 c-g	5,21 c-f	7,03 gh	7,58 h	6,31 b
Fosmagnum	4,56 b-e	3,38 ab	5,68 d-g	4,61 b-e	4,56 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	5,80 b	3,41 a	6,07 c	5,01 b	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Na intensywność oddychania jabłek istotnie wpłynęło współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforowymi. Najwyższą intensywnością oddychania wykazywały się jabłka z warunków KA 4+1,2 traktowane produktem Resistim (7,58 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹). Podobnie intensywnie oddychały jabłka opryskiwane tym związkiem, ale

przechowywane w KA 2+1,2 (7,03 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) oraz owoce traktowane preparatem Profos i przechowywane w warunkach KA 2+1,2 i NA (odpowiednio 6,38 i 6,10 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹), jak i jabłka kontrolne z warunków NA (7,11 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹). Z kolei najniższą intensywność oddychania zmierzono w owocach przechowywanych w kombinacji KA 2+2 (2,04-3,38 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) z wyjątkiem jabłek, które wcześniej opryskiwano nawozem Resistim.

W ostatnim sezonie 2017/2018 po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego istotny był wpływ warunków przechowywania na wartość opisywanego wskaźnika Owoce przechowywane w NA (12,81 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) wyróżniały się większą niż pozostałe intensywnością oddychania (7,45-7,68 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) (tabela 65).

Tabela 65. Intensywność oddychania [mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	9,05 bc *	8,87 bc	8,24 bc	8,85 bc	8,75 a
Profos	12,88 d	7,10 abc	7,69 abc	7,41 abc	8,77 a
Resistim	12,36 d	6,93 abc	6,20 ab	9,23 c	8,68 a
Fosmagnum	16,94 e	6,92 abc	8,58 bc	5,04 a	9,37 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	12,81 b	7,45 a	7,68 a	7,63 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Oceniając wpływ preparatów fosforowych na intensywność oddychania jabłek nie stwierdzono istotnych różnic między średnimi.

Zanotowano natomiast istotny wpływ współdziałania warunków przechowywania z preparatami fosforowymi na intensywność oddychania owoców. Najwyższą wartość omawianego wskaźnika zanotowano u jabłek przechowywanych w NA traktowanych produktem Fosmagnum (16,94 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹). Z kolei najniższą intensywność oddychania wykazywały owoce z kombinacji KA 4+1,2 z produktem Fosmagnum (5,04 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹). Podobnie niską wartość omawianego parametru zanotowano u jabłek przechowywanych w tych warunkach, ale opryskiwanych nawozem Profos (7,41 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹) oraz w owocach z KA 2+2 traktowanych preparatami fosforowymi (6,92-7,10 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹), jak i w jabłkach składowanych w KA 2+1,2, które opryskiwano nawozami Resistim i z Profos (odpowiednio 6,20 i 7,69 mg CO₂·kg⁻¹·h⁻¹).

4.4.5. Ubytki masy owoców

W sezonie 2015/2016 po 120 dniach przechowywania owoców wpływ warunków przechowywania na wielkość naturalnych ubytków masy jabłek był istotny. Owoce pochodzące z warunków NA (6,0%) traciły więcej masy niż jabłka z pozostałych kombinacji (0,5-0,7%) (tabela 66).

Nie stwierdzono natomiast istotnego wpływu preparatów fosforowych na wielkość naturalnych ubytków masy jabłek.

Wpływ warunków przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforowymi na wartość omawianej cechy był istotny. Ubytki masy oznaczone w owocach przechowywanych w warunkach NA (5,7-6,2%) były większe niż w jabłkach pochodzących z kombinacji KA (0,3-0,9%).

Tabela 66. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	5,7 b *	0,5 a	0,6 a	0,3 a	1,8 a
Profos	6,0 b	0,5 a	0,8 a	0,7 a	2,0 a
Resistim	6,2 b	0,3 a	0,4 a	0,4 a	1,8 a
Fosmagnum	6,2 b	0,9 a	0,8 a	0,6 a	2,1 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	6,0 b	0,5 a	0,7 a	0,5 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W sezonie 2015/2016 po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego, wpływ warunków przechowywania na wielkość naturalnych ubytków masy jabłek był istotny (tabela 67). Owoce pochodzące z warunków NA (7,9%) traciły istotnie więcej masy niż jabłka przechowywane w kombinacjach KA (0,8-1,1%).

Stwierdzono także istotny wpływ preparatów fosforowych na wielkość naturalnych ubytków masy jabłek. Największe ubytki masy jabłek odnotowano w kombinacji z Fosmagnum (2,9%), a najmniejsze u owoców traktowanych nawozem Resistim (2,4%)

Warunki przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforowymi również wpływały na wielkość ubytków masy owoców. Ubytki masy oznaczone w owocach przechowywanych w warunkach NA (7,3-8,2%) były większe niż u jabłek z warunków KA (0,5-1,3%).

Tabela 67. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	8,1 b *	1,0 a	1,1 a	0,5 a	2,7 ab
Profos	7,8 b	0,8 a	1,1 a	1,1 a	2,7 ab
Resistim	7,3 b	0,6 a	0,8 a	0,7 a	2,4 a
Fosmagnum	8,2 b	1,3 a	1,2 a	1,0 a	2,9 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	7,9 b	0,9 a	1,1 a	0,8 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W sezonie 2015/2016 wpływ warunków przechowywania na wielkość ubytków masy jabłek po 150 dniach przechowywania okazał się istotny (tabela 68). Owoce pochodzące z warunków NA (9,2%) traciły więcej masy niż owoce z kombinacji KA (2,6-2,9%).

Wykazano także istotne różnice pomiędzy średnimi w kombinacjach preparatów fosforynowych. Jabłka opryskiwane nawozem Profos (3,8%) charakteryzowały się mniejszymi ubytkami masy w porównaniu do owoców z pozostałych kombinacji (4,4-4,9%).

Wpływ na wielkość ubytków masy owoców wywierały również warunki przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforynowymi. Największe ubytki masy stwierdzono w jabłkach przechowywanych w warunkach NA (8,8-9,8%). Z kolei najmniejsze ubytki masy odnotowano u jabłek traktowanych produktem Resistim, które przechowywano w KA 2+2 (1,6%). Podobnie niską wartość opisywanej cechy zanotowano u wszystkich owoców przechowywanych w KA 4+1,2 (2,7-3,0%), w jabłkach opryskiwanych produktem Profos (2,5%) i kontrolnych (2,6%) z warunków KA 2+2 oraz w owocach traktowanych produktem Resistim i przechowywanych w KA 2+1,2 (2,3%).

Tabela 68. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	9,1 d *	2,6 abc	3,2 bc	2,7 abc	4,4 b
Profos	9,1 d	2,5 abc	3,2 bc	3,0 abc	3,8 a
Resistim	8,8 d	1,6 a	2,3 ab	2,7 abc	4,4 b
Fosmagnum	9,8 d	3,8 c	3,0 abc	2,9 abc	4,9 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	9,2 b	2,6 a	2,9 a	2,8 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W sezonie 2015/2016 po 150 dniach przechowywania i dodatkowych 7 dniach symulowanego obrotu handlowego stwierdzono istotny wpływ warunków przechowywania na wielkość ubytków masy jabłek (tabela 69). Owoce przechowywane w warunkach NA (8,5%), charakteryzowały się większymi ubytkami masy niż jabłka z kombinacji KA (1,8-2,0%)

Wykazano także istotny wpływ preparatów fosforynowych na wielkość naturalnych ubytków masy jabłek. Owoce opryskiwane nawozem Fosmagnum (3,9%) straciły więcej masy w porównaniu do jabłek traktowanych produktem Resistim (3,1%).

Na wartość opisywanego wskaźnika wpływ miało także współdziałanie czynników doświadczenia. Wszystkie owoce przechowywane w warunkach NA (8,5-9,0%) odznaczały się największymi ubytkami masy. Natomiast najmniejsze ubytki masy zanotowano u jabłek przechowywanych w warunkach KA (1,1-2,2%). Wyjątek stanowiły tylko owoce opryskiwane związkami Fosmagnum z KA 2+2 (2,5%).

Tabela 69. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	8,6 c *	1,8 ab	2,1 ab	1,6 ab	3,5 ab
Profos	8,5 c	1,7 ab	2,2 ab	2,1 ab	3,6 ab
Resistim	8,1 c	1,1 a	1,5 ab	1,7 ab	3,1 a
Fosmagnum	9,0 c	2,5 b	2,1 ab	1,9 ab	3,9 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	8,5 b	1,8 a	2,0 a	1,8 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W tabeli 70 zamieszczono wyniki obrazujące wpływ warunków przechowywania i preparatów fosforynowych na wielkość naturalnych ubytków masy jabłek w sezonie 2016/2017 po 120 dniach przechowywania. Owoce pochodzące z warunków NA (4,1%) traciły istotnie więcej masy niż jabłka z pozostałych kombinacji (0,4-0,5%).

Natomiast rozpatrując wpływ preparatów fosforynowych na wielkość naturalnych ubytków masy jabłek zaobserwowano, że owoce z Kontroli (1,5%) oraz traktowane preparatem Profos (1,5%) wykazywały większe ubytki masy niż jabłka z pozostałych kombinacji (1,1-1,3%).

Warunki przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforynowymi istotnie wpływały na wartość omawianej cechy. Największe ubytki masy oznaczono w owocach kontrolnych (4,8%) i opryskiwanych produktem Profos (4,6%), które przechowywano w warunkach NA. Z kolei jabłka z warunków KA wyróżniały się najmniejszymi stratami masy (0,3-0,6%).

Tabela 70. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	4,8 d *	0,4 a	0,4 a	0,3 a	1,5 b
Profos	4,6 cd	0,6 a	0,4 a	0,4 a	1,5 b
Resistim	4,0 c	0,6 a	0,5 a	0,3 a	1,3 a
Fosmagnum	3,1 b	0,5 a	0,5 a	0,4 a	1,1 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	4,1 b	0,5 a	0,4 a	0,4 a	

*Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

U jabłek zebranych w 2016 roku, po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego, wpływ warunków przechowywania na wielkość naturalnych ubytków masy był istotny (tabela 71). Owoce pochodzące z warunków NA (5,1%) traciły istotnie więcej masy niż jabłka przechowywane w kombinacjach KA (0,9-1,3%).

Istotny wpływ na wielkość naturalnych ubytków masy jabłek stwierdzono także w wyniku działania preparatów fosforowych. Ubytki masy owoców odnotowane w kombinacji z produktem Profos (2,7%) były wyższe niż w kombinacji z preparatem Fosmagnum (1,6%).

Wartość opisywane cechy zależała również od współdziałania warunków przechowywania z preparatami fosforowymi. Największe ubytki masy oznaczono w owocach przechowywanych w warunkach NA (4,0-6,0%). Jabłka pochodzące z kombinacji KA (0,6-1,1%) charakteryzowały się najmniejszymi stratami masy. Wyjątkiem były jedynie owoce z KA 4+1,2 opryskiwane preparatem Profos (3,3%).

Tabela 71. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	6,0 d *	0,8 a	0,8 a	0,7 a	2,1 ab
Profos	5,7 d	0,9 ab	0,8 a	3,3 bc	2,7 b
Resistim	4,9 cd	1,1 ab	0,9 ab	0,6 a	1,9 ab
Fosmagnum	4,0 cd	0,9 ab	0,9 a	0,7 a	1,6 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	5,1 b	0,9 a	0,9 a	1,3 a	

*Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W sezonie 2016/2017 po 150 dniach przechowywania zanotowano istotny wpływ warunków przechowywania na wielkość ubytków masy badanych jabłek (tabela 72). Największy ubytek masy występował u owoców przechowywanych w warunkach NA (6,6%), a najmniejszy stwierdzono u jabłek z kombinacji KA 4+1,2 (1,8%).

Stwierdzono także istotny wpływ preparatów fosforynowych na wartość omawianej cechy. Jabłka z Kontroli (3,6%) wykazywały większe straty masy w porównaniu do owoców opryskiwanych nawozem Fosmagnum (3,1%).

Wystąpiło również istotne współdziałanie czynników doświadczenia na wartość opisywanego wskaźnika. Stwierdzono, że przechowywane w warunkach NA jabłka kontrolne (7,6%) i owoce opryskiwane nawozem Profos (7,1%) odznaczały się największymi ubytkami masy. Natomiast najmniejsze wartości wskaźnika wykazywały wszystkie jabłka przechowywane w KA 4+1,2 (1,8-2,0%) i w KA 2+1,2 (1,9-2,3%). Równie niskim ubytkiem masy odznaczały się owoce z kombinacji KA 2+2 traktowane związkiem Profos (2,5%).

Tabela 72. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	7,6 g *	2,7 bcd	2,3 a-d	1,8 a	3,6 b
Profos	7,1 fg	2,5 a-d	1,9 ab	1,9 ab	3,4 ab
Resistim	6,4 f	3,1 d	2,3 a-d	1,8 a	3,4 ab
Fosmagnum	5,7 e	2,8 cd	2,2 abc	2,0 abc	3,1 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	6,6 d	2,8 c	2,2 b	1,8 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W kolejnym sezonie 2016/2017 po 150 dniach przechowywania i dodatkowych 7 dniach symulowanego obrotu handlowego stwierdzono istotny wpływ warunków przechowywania na wielkość ubytków masy owoców (tabela 73). Większe ubytki masy zanotowano u owoców przechowywanych w warunkach NA (5,9%), a mniejsze u jabłek z kombinacji KA (1,5-1,9%)

Preparaty fosforynowe również miały istotny wpływ na wartość omawianej cechy. Jabłka z kombinacji Profos (3,0%) wykazywały większe straty masy w porównaniu do owoców opryskiwanych produktem Fosmagnum (2,4%).

Wielkość ubytków masy jabłek była uzależniona także od współdziałania warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi. Owoce przechowywane w warunkach NA z kombinacji Kontrola (6,8%), Profos (6,4%) i Resistim (5,7%) wykazały największe ubytki masy. Z kolei najmniejszymi ubytkami masy wyróżniały się jabłka składowane w warunkach KA z wyjątkiem owoców przechowywanych w KA 4+1,2 i traktowanych nawozem Profos (2,6%).

Tabela 73. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	6,8 d *	1,7 ab	1,5 ab	1,2 ab	2,8 ab
Profos	6,4 d	1,7 ab	1,4 ab	2,6 b	3,0 b
Resistim	5,7 cd	2,1 ab	1,6 ab	1,2 a	2,6 ab
Fosmagnum	4,7 c	1,9 ab	1,6 ab	1,3 ab	2,4 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	5,9 b	1,9 a	1,5 a	1,6 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Rozpatrując wpływ warunków przechowywania na wielkość naturalnych ubytków masy jabłek w sezonie 2017/2018 wykazano, że po 120 dniach przechowywania owoce pochodzące z warunków NA (6,7%) traciły istotnie więcej masy niż jabłka z pozostałych kombinacji (0,6-0,9%) (tabela 74).

Analizując wpływ preparatów fosforynowych na wielkość naturalnych ubytków masy jabłek stwierdzono, że owoce z Kontroli (2,5%) oraz traktowane preparatem Fosmagnum (2,4%) wykazywały większe ubytki masy niż pozostałe jabłka (1,9-2,0%).

Wpływ warunków przechowywania we współdziałaniu z preparatami fosforynowymi na wartość omawianej cechy okazał się istotny. Największe ubytki masy oznaczono w owocach przechowywanych w warunkach NA i traktowanych preparatem Fosmagnum (7,9%). Natomiast najmniejsze ubytki masy zanotowano w owocach przechowywanych w kombinacjach KA (0,4-0,9%) z wyjątkiem jabłek kontrolnych składowanych w KA 2+2 (1,9%).

Tabela 74. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	6,8 d *	1,9 b	0,5 a	0,8 a	2,5 b
Profos	5,7 c	0,7 a	0,6 a	0,5 a	1,9 a
Resistim	6,3 cd	0,4 a	0,5 a	0,9 a	2,0 a
Fosmagnum	7,9 e	0,5 a	0,7 a	0,6 a	2,4 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	6,7 b	0,9 a	0,6 a	0,7 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Badając jabłka zebrane w 2017 roku, odnotowano po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego istotny wpływ warunków przechowywania na

wielkość naturalnych ubytków masy (tabela 75). Owoce pochodzące z warunków NA (7,9%) traciły najwięcej masy. Z kolei najmniejsze ubytki masy zanotowano u jabłek przechowywanych w KA 2+1,2 (0,9%). Podobnie niską wartością opisywanego wskaźnika odznaczały się owoce z warunków KA 2+2 (1,0%).

Wykazano również wpływ preparatów fosforynowych na wartość omawianej cechy. Większe ubytki masy wykazywały jabłka traktowane preparatem Fosmagnum (3,0%) w porównaniu do owoców z pozostałych kombinacji (2,6-2,7%).

Oceniając wpływ współdziałania warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi na wartość opisywanej cechy wykazano istotne różnice pomiędzy średnimi. Największe ubytki masy oznaczono w owocach przechowywanych w warunkach NA i traktowanych nawozem Fosmagnum (9,1%), a najmniejszymi stratami masy wyróżniały się jabłka pochodzące z warunków KA (0,8-1,2%) z wyjątkiem owoców z kombinacji KA 4+1,2 z produktem Resistim (1,4%).

Tabela 75. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	7,9 d *	0,9 ab	0,8 a	1,2 ab	2,7 a
Profos	7,2 c	1,2 a	1,0 a	1,0 a	2,6 a
Resistim	7,3 c	0,8 a	0,9 a	1,4 b	2,6 a
Fosmagnum	9,1 e	0,9 a	0,9 a	1,0 ab	3,0 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	7,9 c	1,0 ab	0,9 a	1,1 b	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Wielkość ubytków masy jabłek w sezonie 2017/2018 po 150 dniach przechowywania istotnie zależała od warunków przechowywania (tabela 76). Największe ubytki masy występowały u owoców przechowywanych w warunkach NA (10,0%), a najmniejsze stwierdzono u owoców z kombinacji KA 2+1,2 (2,9%) i KA 4+1,2 (3,2%).

Nie stwierdzono istotnego wpływu preparatów fosforynowych na wielkość naturalnych ubytków masy jabłek.

Wystąpiło natomiast istotne współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi na wartość opisywanego wskaźnika. Wykazano, że owoce przechowywane w warunkach NA i traktowane w czasie wegetacji produktem Fosmagnum (11,3%), cechowały się największym ubytkiem masy. Natomiast najmniejszym ubytkiem masy wyróżniały się wszystkie jabłka z warunków KA 2+1,2 (2,6-3,2%) oraz owoce opryskiwane preparatem Fosmagnum z KA 4+1,2 (2,6%).

Tabela 76. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	10,2 e *	4,2 c	2,6 a	3,3 b	5,0 a
Profos	9,5 de	4,2 c	3,2 ab	3,5 b	5,1 a
Resistim	9,0 d	4,4 c	3,0 ab	3,5 b	5,0 a
Fosmagnum	11,3 f	4,1 c	2,9 ab	2,6 a	5,2 a
\bar{x} dla warunków przechowywania	10,0 c	4,2 b	2,9 a	3,2 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W ostatnim sezonie badań 2017/2018 po 150 dniach przechowywania z dodatkowym 7 dniowym symulowanym obrotem handlowym stwierdzono istotny wpływ warunków przechowywania i preparatów fosforowych na wielkość naturalnych ubytków masy jabłek (tabela 77).

Jabłka przechowywane w warunkach NA (8,2%) odznaczały się największymi stratami masy. Najmniejsze ubytki masy oznaczono w owocach przechowywanych w KA 2+1,2 (1,5%).

Stwierdzono, że jabłka traktowane preparatem Fosmagnum (3,5%) odznaczały się większym ubytkiem masy w porównaniu do owoców opryskiwanych preparatami Profos i Resistim (3,2%).

Współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforowymi na wielkość naturalnych ubytków masy owoców okazało się istotne. Jabłka przechowywane w warunkach NA i opryskiwane produktem Fosmagnum (9,4%) charakteryzowały się największym ubytkiem masy. Najmniejsze wartości opisywanej cechy zanotowano u wszystkich jabłek przechowywanych w KA 2+1,2 (1,3-1,6%) i w KA 4+1,2 (1,4-1,8%) z wyjątkiem owoców traktowanych preparatem Resistim (2,0%).

Tabela 77. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	8,3 g *	2,3 e	1,3 a	1,8 a-d	3,4 ab
Profos	7,5 f	2,1 de	1,6 a-d	1,7 a-d	3,2 a
Resistim	7,6 f	1,9 b-e	1,5 abc	2,0 cde	3,2 a
Fosmagnum	9,4 h	1,9 b-e	1,5 abc	1,4 ab	3,5 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	8,2 d	2,0 c	1,5 a	1,7 b	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

4.4.6. Choroby przechowalnicze

W czasie prowadzenia badań na jabłkach odmiany 'Natali Gala' obserwowano objawy gorzkiej zgnilizny (*Gloeosporium* sp.) i zgnilizny owoców wywołanej przez raka drzew owocowych (*Neonectria ditissima*). Występowanie tych chorób przedstawiono łącznie jako procent zgniłych jabłek.

Analizując występowanie grzybowych chorób przechowalniczych w sezonie 2015/2016 po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu (tabela 78) stwierdzono, że najczęściej zgniłych jabłek pochodziło z kombinacji NA (1,8%), a najmniej z KA 4+1,2 (0,3%).

Wpływ preparatów fosforynowych na występowanie przechowalniczych chorób grzybowych był również istotny. Najwięcej porażonych owoców stwierdzono w kombinacji kontrolnej w której fosforyny nie były stosowane (1,9%), a najmniej w kombinacji z preparatem Resistim (0,3%).

Oprócz tego, istotny wpływ na wartość opisywanej cechy wywierało współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi. Największy odsetek zgniłych jabłek odnotowano w kombinacji NA z preparatem Profos (4,3%). Natomiast wszystkie jabłka opryskiwane tym produktem, ale przechowywane w kombinacjach KA były zdrowe. Podobnie jak pochodzące z KA 4+1,2 owoce kontrolne i traktowane związkiem Fosmagnum oraz przechowywane w KA 2+1,2 jabłka opryskiwane nawozami Resistim i Fosmagnum. Nie zanotowano zgniłych jabłek także w kombinacjach KA 2+2 z preparatem Resistim i NA z tym samym związkiem.

Tabela 78. Procent jabłek odmiany 'Natali Gala' z objawami chorób grzybowych po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego, w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	2,9 c *	1,7 b	2,8 c	0,0 a	1,9 c
Profos	4,3 d	0,0 a	0,0 a	0,0 a	1,1 b
Resistim	0,0 a	0,0 a	0,0 a	1,3 b	0,3 a
Fosmagnum	2,7 c	1,5 b	0,0 a	0,0 a	1,0 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	1,8 c	0,8 b	0,7 b	0,3 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

Analizując wyniki uzyskane w sezonie 2015/2016 po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego (tabela 79) stwierdzono, że jabłka przechowywane w warunkach NA (3,9%) wykazały największą podatność na grzybowe choroby przechowalnicze, a najmniejszą wyróżniały się owoce pochodzące z kombinacji KA 2+1,2 (0,4%) i KA 4+1,2 (0,4%).

Porównując działanie preparatów fosforynowych także zanotowano istotne różnice między średnimi. Najwięcej porażonych owoców zaobserwowano w kombinacji, w której nie

stosowany był żaden z fosforynów potasu – kontrola (3,5%). Kombinacje, w których zastosowane zostały w czasie wzrostu owoców w sadzie preparaty fosforynowe wykazały istotnie mniejsze straty z powodu występowania chorób grzybowych (1,2-1,9%). Najmniejszy odsetek zgniłych jabłek stwierdzono w kombinacji z produktem Resistim (1,2%).

Wystąpiło istotne współdziałanie czynników doświadczenia na wartość omawianej cechy. Wyrażało się ono tym, że największy odsetek porażonych owoców zanotowano w kombinacji KA 2+2, w której przechowywano jabłka nie traktowane preparatami fosforynowymi (6,9%). Natomiast nie zaobserwowano chorych owoców wśród jabłek przechowywanych w KA 4+1,2, które opryskiwano nawozami fosforynowymi oraz pochodzących KA 2+1,2 jabłek kontrolnych i traktowanych preparatami Profos i Resistim.

Tabela 79. Procent jabłek odmiany ‘Natali Gala’ z objawami chorób grzybowych po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego, w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	5,7 e *	6,9 f	0,0 a	1,4 b	3,5 d
Profos	4,3 d	1,6 b	0,0 a	0,0 a	1,5 b
Resistim	2,9 c	1,7 b	0,0 a	0,0 a	1,2 a
Fosmagnum	2,7 c	3,4 c	1,5 b	0,0 a	1,9 c
\bar{x} dla warunków przechowywania	3,9 c	3,4 b	0,4 a	0,4 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W drugim sezonie badań 2016/2017 po 120 dniach przechowywania i dodatkowych 7 dniach symulowanego obrotu handlowego zanotowano istotny wpływ warunków przechowywania i preparatów fosforynowych na występowanie chorób przechowalniczych (tabela 80). Jabłka przechowywane w warunkach NA (4,5%) charakteryzowały się wyższym odsetkiem owoców zgniłych w porównaniu do jabłek pochodzących z kombinacji KA (0,8-1,1%).

Jabłka pochodzące z drzew nietraktowanych preparatami fosforynowymi (kontrola) wykazały największy odsetek owoców zgniłych (4,4%). Mniejszą wartością omawianej cechy charakteryzowały się jabłka opryskiwane nawozem Resistim (1,9%), a jeszcze mniejszą owoce traktowane produktem Fosmagnum (1,2%). Natomiast wszystkie jabłka z kombinacji Profos były zdrowe.

Współdziałanie czynników doświadczenia na występowanie grzybowych chorób przechowalniczych było istotne. Największy odsetek zgniłych owoców zanotowano w wśród jabłek kontrolnych, które pochodziły z warunków NA (10,0%). Natomiast jabłka opryskiwane preparatem Profos z każdej kombinacji warunków przechowywania nie wykazywały objawów chorobowych. Brakiem zgniłych owoców wyróżniały się również jabłka traktowane pozostałymi produktami fosforynowymi z kombinacji KA 2+1,2 oraz przechowywane w KA 4+1,2 jabłka opryskiwane nawozem Fosmagnum.

Tabela 80. Procent jabłek odmiany ‘Natali Gala’ z objawami chorób grzybowych po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego, w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	10,0 e *	1,6 b	3,2 c	2,8 c	4,4 d
Profos	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,0 a
Resistim	4,6 d	1,5 b	0,0 a	1,5 b	1,9 c
Fosmagnum	3,2 c	1,4 b	0,0 a	0,0 a	1,2 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	4,5 b	1,1 a	0,8 a	1,1 a	

*Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W sezonie 2016/2017 po 150 dniach przechowywania i dodatkowych 7 dniach symulowanego obrotu handlowego warunki przechowywania miały istotny wpływ na odsetek owoców z objawami chorobowymi (tabela 81). Porażenie chorobami grzybowymi uwidocznione było najsilniej w kombinacji NA (3,1%). Mniejszy odsetek zgniłych owoców zanotowano w kombinacji KA 2+2 (0,7%), a najmniejszy w kombinacjach KA 2+1,2 i KA 4+1,2 (0,4%).

Oceniając wpływ preparatów fosforynowych na występowanie chorób przechowalniczych jabłek po 150 dniach przechowywania i dodatkowych 7 dniach symulowanego obrotu handlowego także wykazano istotne różnice między średnimi. W kombinacjach fosforynowych Profos i Resistim (0,7%) odsetek zgniłych owoców był niższy w porównaniu do kombinacji kontrolnej (1,4%) i kombinacji Fosmagnum (1,7%).

Analizując współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi na występowanie grzybowych chorób przechowalniczych stwierdzono, że największym odsetkiem zgniłych owoców odznaczały się jabłka przechowywane w warunkach NA i traktowane w sadzie preparatem Fosmagnum (5,4%). Mniejszą wartością opisywanej cechy charakteryzowały się jabłka również przechowywane w tych warunkach, ale opryskiwane nawozem Profos (2,8%) i owoce kontrolne (2,7%). Z kolei jabłka przechowywane w KA 2+1,2 i w KA 4+1,2, które traktowano produktami fosforynowymi oraz owoce kontrolne i opryskiwane preparatem Profos z kombinacji KA 2+2 nie wykazywały żadnych objawów chorobowych.

Tabela 81. Procent jabłek odmiany ‘Natali Gala’ z objawami chorób grzybowych po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego, w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	2,7 c *	0,0 a	1,6 b	1,4 b	1,4 b
Profos	2,8 c	0,0 a	0,0 a	0,0 a	0,7 a
Resistim	1,4 b	1,5 b	0,0 a	0,0 a	0,7 a
Fosmagnum	5,4 d	1,4 b	0,0 a	0,0 a	1,7 b
\bar{x} dla warunków przechowywania	3,1 c	0,7 b	0,4 a	0,4 a	

*Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W trzecim sezonie badań po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego jabłka przechowywane w warunkach NA (3,8%) wykazywały najwyższy odsetek owoców zgniłych, a najniższym wyróżniały się jabłka pochodzące z kombinacji KA4+1,2 (0,3%) (tabela 82).

Analizując wpływ preparatów fosforynowych na wartość opisywanej cechy stwierdzono, że jabłka opryskiwane produktami Fosmagnum (2,7%) i Resistim (2,4%) odznaczały się największym odsetkiem owoców zgniłych. Najmniej owoców z objawami chorobowymi odnotowano w kombinacji z preparatem PROFOS (1,0%).

Wpływ na występowanie grzybowych chorób przechowalniczych miało również współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi. Największy odsetek owoców zgniłych zanotowano w kombinacji NA z nawozem Fosmagnum (7,8%). Z kolei wszystkie jabłka opryskiwane preparatami fosforynowymi i przechowywane w KA 4+1,2 były zdrowe. Podobnie jak i jabłka traktowane produktem Profos składowane w KA 2+2 i w KA 2+1,2 (0,0%).

Tabela 82. Procent jabłek odmiany ‘Natali Gala’ z objawami chorób grzybowych po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego, w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	0,9 b *	2,1 c	3,0 d	1,0 b	1,8 b
Profos	3,8 e	0,0 a	0,0 a	0,0 a	1,0 a
Resistim	2,6 c	5,1 f	1,9 c	0,0 a	2,4 c
Fosmagnum	7,8 g	1,0 b	2,0 c	0,0 a	2,7 c
\bar{x} dla warunków przechowywania	3,8 c	2,1 b	1,7 b	0,3 a	

*Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

W ostatniej sezonie badań po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego stwierdzono istotny wpływ warunków przechowywania jabłek ‘Natali Gala’ na występowanie grzybowych chorób przechowalniczych (tabela 83). Owoce przechowywane w warunkach w NA (15,1%) odznaczały się wyższą wartością omawianej cechy w porównaniu do jabłek przechowywanych kombinacjach KA (2,4-2,9%), między którymi istotnych różnic nie stwierdzono.

Wpływ stosowania preparatów fosforynowych na odsetek owoców z objawami chorób grzybowych okazał się także istotny. Najwięcej porażonych owoców stwierdzono w kombinacji kontrolnej, w której preparaty fosforynowe nie były stosowane (7,3%). Mniejszy odsetek zgniłych owoców odnotowano w kombinacji z preparatem Fosmagnum (6,1%). Jeszcze mniejszy w kombinacji z nawozem Profos (5,3%), a najmniejszym odsetkiem owoców zgniłych wyróżniały się jabłka w kombinacji z produktem Resistim (4,6%).

Wystąpiło także istotne współdziałanie warunków przechowywania z preparatami fosforynowymi na występowanie chorób grzybowych. Największy odsetek owoców chorych odnotowano w kombinacji NA, w której przechowywano jabłka traktowane preparatem Fosmagnum (18,4%). Pozostałe jabłka pochodzące z warunków NA również odznaczały się wysokim odsetkiem owoców zgniłych (12,4-17,0%). Natomiast najmniejszą wartością opisywanej cechy charakteryzowały się jabłka z kombinacji KA 4+1,2, które opryskiwano nawozami Resistim i Fosmagnum (1,0%) oraz składowane w KA 2+1,2 owoce traktowane preparatem Fosmagnum (1,0%).

Tabela 83. Procent jabłek odmiany ‘Natali Gala’ z objawami chorób grzybowych po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego, w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018

Preparaty fosforynowe	Warunki przechowywania				\bar{x} dla preparatów fosforynowych
	NA	KA 2+2	KA 2+1,2	KA 4+1,2	
Kontrola	17,0 f *	3,1 bc	3,0 bc	6,1 d	7,3 d
Profos	12,5 e	2,6 bc	2,8 bc	3,1 bc	5,3 b
Resistim	12,4 e	2,0 ab	2,8 bc	1,0 a	4,6 a
Fosmagnum	18,4 g	4,0 c	1,0 a	1,0 a	6,1 c
\bar{x} dla warunków przechowywania	15,1 b	2,9 a	2,4 a	2,8 a	

*średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie $\alpha = 0,05$

5. Dyskusja

5.1. Wprowadzenie

‘Natali Gala’ jest odmianą jabłoni, od której oczekuje się wyrównanego dojrzewania pozwalającego na jednokrotny zbiór. W praktyce, także ta odmiana wykazuje skłonności do szybszego dojrzewania owoców np. w wierzchołkowych partiach drzew. W przypadku odmiany ‘Natali Gala’ problem jest o tyle istotniejszy, że ustalony zakres wartości indeksu skrobiowego dla odmiany ‘Gala’ i jej licznych mutacji określony jest na różnym poziomie. Dla przykładu: w rekomendacjach PROCAM (za: dr. Rutkowskim z Instytutu Ogrodnictwa) indeks skrobiowy został uaktualniony dla odmiany ‘Gala’ na 3-4 (poprzednio 3-5); w zaleceniach FERTICO tylko na fazę 5; w zaleceniach jako rekomendacje stosowania SMARTFRESH minimum na 5. Praktyka pokazuje, że z powodu nierównomiernego dojrzewania owoców w różnych partiach drzew, tak w skrzyniach sadowników, jak i w skrzynkach z owocami przeznaczonymi do badań znajdują się owoce spoza preferowanego zakresu wartości indeksu skrobiowego. Prawidłowy termin zbioru ma istotny wpływ na jakość przechowywania i zostało to wielokrotnie potwierdzone m.in. przez Drake i in. [1997], oraz Caliskan-Aydogan i in. [2020]. Często jednak dochodzi do opóźniania zbioru ze względu nie tylko na niesprzyjające warunki pogodowe, ale i z powodu niewystarczającej barwy rumieńca, lub zbyt małą średnicę owoców, zwłaszcza odmian drobnoowocowych do których zaliczyć możemy odmianę ‘Gala’ i jej liczne mutacje. Prawidłowy termin zbioru ma istotny wpływ także na wyniki prowadzonych badań. Jednak Christodoulou i Culham [2021] ustalili, że mimo panującego przekonania o znacznym wzroście wielkości owoców w okresie przedzbiórczym, to w kontekście dłuższego przechowywania jabłek, wcześniejsze zbiory nie prowadzą do istotnie mniejszych rozmiarów owoców. Aby zminimalizować ewentualne ryzyko, tym bardziej konieczne było ustawienie bardzo krótkiego okna zbioru, co przy nawet krótkim załamaniu się pogody jest bardzo kłopotliwe. Zebrane do badań owoce w celu zminimalizowania ewentualnych niedoskonałości zostały szybko schłodzone. Pierwsze pomiary, które zostały przeprowadzone na krótko po zbiorze wykazały pewne różnice w dojrzałości w porównaniu do pomiarów na krótko przed zbieraniem jabłek. Świadczą o tym przedstawione w niniejszej pracy różnice jędrności owoców, zawartości ekstraktu, kwasowości jabłek, intensywności oddychania, wartości indeksu skrobiowego i wartości indeksu Streifa. Po zbiorze w owocach nadal zachodzi wiele procesów. Jednym z ważniejszych procesów poza transpiracją jest oddychanie. Być może właśnie z powodu nierównomiernego dojrzewania owoców na drzewie przy pomiarach oddychania owoców odnotowano po ich przechowywaniu kilka otrzymanych wyników, odbiegających poziomem intensywności oddychania od pozostałych. Wpływ różnej dojrzałości zbiorczej owoców zbieranych w tym samym czasie może zatem być powodem różnego poziomu intensywności oddychania owoców. Potwierdzają to także inne badania [Guz i in. 2015, Juhnevcica-Radenkova i Radenkova 2016]. Według cytowanych Autorów wyznaczenie właściwego terminu zbioru jest bardzo ważne, gdyż owoce niedojrzałe oddychają intensywniej od owoców zebranych w optymalnym czasie, a to z kolei prowadzi do zmniejszenia przydatności przechowalniczej zebranych owoców z powodu niskiej ich jakości. Jak donosi Tomala i in. [2008], opóźnienie zbioru o każdy dzień potrafi skrócić zdolność przechowalniczą jabłek o około tydzień. Ustalenie prawidłowego terminu zbioru jest zatem podstawą, jeśli

myślimy o przeznaczeniu owoców do długiego przechowywania oraz do utrzymania ich jakości, także w okresie logistyki poprzemysłowej, trwałości na półkach sklepowych i w domach klientów. Przedwcześnie zebrane owoce często mają gorsze wybarwienie i mniejszą zawartość cukrów, a owoce zebrane zbyt późno szybko się starzeją. Aby zatem precyzyjniej określić termin zbioru jabłek przeznaczonych do badań wykorzystano jeszcze pomiary jędrności owoców i zawartości ekstraktu w owocach w celu wyliczenia indeksu Streifa, o którym pisali m. in. Bühlmann i Rebeaud [2017]. Dla odmiany ‘Gala’ zalecana wartość indeksu Streifa w czasie zbioru powinna mieścić się w przedziale 0,14-0,20. W prezentowanych badaniach zalecaną wartość indeksu Streifa wykazywały tylko jabłka opryskiwane związkami Resistim zebrane w 2015 i 2017 roku oraz owoce traktowane preparatem Fosmagnum, które zebrano w 2017 roku. W pozostałych przypadkach wartość indeksu Streifa była niższa niż zalecana co sugeruje bardziej zaawansowaną dojrzałość części jabłek w czasie zbiorów. Metodyka badań określała zbiór wszystkich kombinacji w tym samym terminie. Być może, ewentualne dodatkowe, dalsze badania nad preparatami fosforanowymi, powinny uwzględniać ewentualny wpływ ich stosowania na opóźnienie lub przyspieszenie dojrzałości zbiorczej, a przez to na zmianę zdolności przechowalniczej owoców z różnych kombinacji.

5.2. Wpływ warunków przechowywania na jakość jabłek odmiany ‘Natali Gala’

Analizując wpływ różnych warunków przechowywania na jakość owoców odmiany ‘Natali Gala’ wykazano, że istnieje wyraźny wpływ warunków przechowywania na wiele cech dotyczących jakości owoców. Wpływ warunków przechowywania na przykładzie innych odmian potwierdzają w swoich doniesieniach m.in. Błaszczak [2006], Róth i in. [2007], Schnürer i in. [2014], Nadulski i in. [2017]. ‘Natali Gala’ jest polską mutacją odmiany ‘Gala’ i nie doczekała się jeszcze dorobku w literaturze badań naukowych. Mimo pewnych różnic, należało się więc posiłkować badaniami nad innymi sportami ‘Gala’. Badania, które przeprowadzili Ludwig i in. [2020] wykazały, że dla paskowanych mutacji ‘Gala’ o nazwach ‘Galaxy’ i ‘Royal Gala’ niskotlenowe warunki przechowywania były najlepsze i pozwalały na zachowanie lepszej jakości przechowywanych jabłek, nawet po zwiększeniu temperatury przechowywania z 1°C na 1,5°C. Jest to w dużej mierze zgodne z obserwacjami prowadzonymi na odmianie ‘Natali Gala’. Berghetti i in. [2020] zbadali, że przechowywanie jabłek ‘Royal Gala’ w warunkach 1,2 kPa CO₂ + 0,4 kPa O₂ jest techniką, która może być komercyjnie stosowana w celu utrzymania lepszej jakości owoców po 9 miesiącach przechowywania. Nawiązuje to do wyników badań niniejszej dysertacji, w której najbardziej niskotlenowa kombinacja KA 4% CO₂+1,2% O₂ okazała się najwłaściwsza do przechowywania odmiany ‘Natali Gala’.

W trzyletnich badaniach stanowiących podstawę niniejszej dysertacji udowodniono wyraźnie jednoznaczny wpływ warunków przechowywania na utrzymanie jędrności owoców. Najszybciej dojrzewały, a następnie przejrzały owoce przetrzymywane w warunkach NA. Powiązane to było m.in. z utratą jędrności miąższu owoców, zmniejszeniem kwasowości, zazwyczaj ze zwiększeniem intensywności oddychania, bardzo wyraźnym zwiększeniem ubytków masy i największego udziału strat owoców z powodu występowania na nich chorób. Otrzymane wyniki jednoznacznie wskazują, że jędrność jabłek ‘Natali Gala’ już przy

pierwszych pomiarach po 120 dniach przechowywania wykazał istotne różnice. Istotnie najniższą jędrnością za każdym razem wykazały owoce przechowywane w warunkach chłodni z normalną atmosferą (NA). Istotne różnice uwidaczniały się także między jędrnością owoców w trzech kombinacjach z kontrolowaną atmosferą. Nawet warunki niskotlenowej chłodni KA 2+1,2 i KA 4+1,2 wykazały istotne różnice pomiędzy sobą od pierwszych pomiarów na korzyść warunków KA 4+1,2 w której to owoce wykazywały największą jędrność. Po dodatkowych 7 dniach symulowanego obrotu nastąpił spodziewany spadek jędrności proporcjonalny do wcześniejszego pomiaru. Badania po 150 dniach oraz po 150 dniach z dodatkowymi 7 dniami symulującymi warunki obrotu, nie zmieniły obrazu do wskazania najlepszych warunków do przechowywania jabłek odmiany 'Natali Gala'. Wyniki te powtarzały się w każdym z trzech lat badań, choć w ostatnim roku badań zdarzały się różnice mniejsze. Otrzymane wyniki są zgodne z wynikami innych badaczy dla innych odmian. Wiadomym jest, że stabilna niska temperatura na poziomie 1,0°C utrzymuje większą twardość miąższu [Weber i in. 2012]. Udowodnionym jest także, że zakres zmian tekstury jabłek przechowywanych w chłodni z kontrolowaną atmosferą jest zdecydowanie mniejszy w porównaniu ze zmianami tekstury owoców przechowywanych w chłodni z normalną atmosferą [Köpcke 2015, Nadulski i in. 2017]. Badania dla każdej z odmian są celowe, gdyż między poszczególnymi odmianami widać różnice dające podstawę do określania optymalnych warunków przechowywania ich owoców. Orosz-Tóth i Kincses [2019] udowodnili różnice obrazujące się nie tylko w jędrności zbiorczej owoców, ale w procentowym poziomie utraty tego parametru w czasie przechowywania. Drake i Eisele [1997] wykazali mniejszą utratę jędrności jabłek 'Gala' przechowywanych w warunkach KA w porównaniu do owoców przechowywanych w warunkach NA i jest to zgodne z prezentowanymi badaniami dotyczącymi odmiany 'Natali Gala'. Jędrność jabłek bezpośrednio po zbiorze w kolejnych latach różniła się, gwarantując jednak wysoką ich jędrność: od 71,6 do 80,5 N w roku 2015; od 72,6 do 76,5 N w roku 2016; od 83,4 do 89,3 N w roku 2017. Po przechowaniu owoców w warunkach NA stanowiącej kombinację kontrolną zaobserwowano najniższą jędrność w czasie dwóch z trzech lat badań, natomiast w sezonie 2017 parametr ten różnił się istotnie pomiędzy poszczególnymi kombinacjami tylko w pierwszych dwóch pomiarach. Spadek jędrności jabłek po ich przechowaniu w warunkach NA był wysoki, a po dodatkowych 7 dniach przechowywania owoców w sezonie 2016/2017, określone przez Konopacką i Płocharskiego [2002] minimum jędrności jabłek określone na 40 N, nie zawsze zostało osiągnięte. Spadki jędrności 'Natali Gala' w kombinacji NA wynosiły od 34% w sezonie 2017/2018, natomiast w sezonie 2016/2017 aż do 45% po 150 dniach + 7 dni symulowanego obrotu. Warto zaznaczyć, że w roku 2016 jabłka były zebrane najwcześniej, bo 14 września (17 września w 2015, a 18 września w 2017). Najmniejsze spadki jędrności owoców na poziomie 9-28% zaobserwowane zostały w kombinacji KA 4+1,2. Uszczegóławiając, największe 28% spadki zanotowano w pierwszym roku badań, a najmniejsze 9% spadki jędrności owoców w tej kombinacji wystąpiły w sezonie 2016/2017. Jest to tym bardziej istotne, że najbardziej skrajne odczyty dotyczyły sezonu 2016/2017, tego w którym, poziom jędrności już w czasie zbioru był najniższy (72,6-76,5 N), straty po przechowaniu w NA najwyższe (45%), a straty po przechowaniu w KA 4+1,2 najniższe (9%).

W trzech latach prezentowanych badań poziom ekstraktu w okresie zbiorów był różny i najwyższy w pierwszym roku badań. Wyników z różnych lat nie porównywano jednak między sobą statystycznie, ale obserwowano, że w latach z wyższym poziomem ekstraktu w czasie

zbioru, występował wyższy poziom ekstraktu także w okresach po przechowaniu jabłek 'Natali Gala'. Jest to zgodne z obserwacjami jakie robili Toivonen i in. [2020] na jabłkach 'Royal Gala', w których ekstrakt był stale wyższy w jabłkach z sezonu 2016 bez względu na to, czy były przechowywane 3, czy 6 miesięcy w warunkach KA z bardzo niską ilości tlenu.

Dalszy etap badań wykazał istotne statystycznie różnice w zawartości ekstraktu w jabłkach w zależności od warunków w jakich były przechowywane. Analizując uzyskane w badaniach wyniki średnich dla warunków przechowywania z trzech lat badań, obserwujemy istotne różnice ich wpływu na poziom ekstraktu, jednak zebrane dane nie wykazują takiej samej powtarzalności w trzech latach. Inni Badacze także potwierdzają, że zawartość ekstraktu w owocach uzależniona jest od wpływu procesu oddychania podczas dojrzewania, terminu zbioru oraz sposobu przechowywania jabłek [Tsay i Wu 1989, Ackermann i in. 1992]. Butkeviciute i in [2021] stwierdzili, że całkowita zawartość cukrów i rozpuszczalnych substancji stałych zwiększa się w próbkach jabłek przechowywanych. Zdaniem Błaszczyka [2006], a także Schnürera i in. [2014] zawartość ekstraktu w przechowywanych owocach zmienia się nieznacznie. Potwierdzono tą tendencję także w dwóch z trzech lat prezentowanych badań. Średnia zawartość ekstraktu w jabłkach odmiany 'Natali Gala' po przechowywaniu była nieco wyższa niż oznaczona wartość podczas zbioru. W jednym z trzech lat badań wystąpił brak powtarzalności wyników, ale mogło być to spowodowane dużym zróżnicowaniem dojrzewania owoców na drzewach. Taką zależność potwierdził Błaszczyk [2006] donoszący o wzrastającym poziomie cukrów wraz z dojrzewaniem jabłek. Wielu Badaczy podkreśla, że wzrost poziomu cukrów następuje jeszcze w sadzie, a w warunkach przechowywania owoców już nieznacznie [Plotto i in. 1997, Erkan i in.2004, Błaszczyk 2006, Schnürer i in. 2014, Nadulski i in. 2017]. Zdaniem Zhang i in. [2020], zawartość rozpuszczalnych substancji stałych jest ważna dla oceny jakości jabłek do jedzenia, natomiast takie pomiary w okresie przechowywania pozwalają na ich kontrolę, aby zmieniający się parametr nie wpłynął na pogorszenie się smaku owoców. Cao i in. [2021] traktowali poziom rozpuszczalnych ciał jako wsparcie w ocenie przewidywania trwałości jabłek, ale zestawiali ten parametr w korelacjach z innymi wartościami dotyczącymi jakości jabłek. Także Ludwig i in. [2020] uznali, że zawartość ekstraktu jest cechą, która bezpośrednio wpływa na akceptację jabłek przez konsumentów. W ich badaniach w przypadku 'Royal Gala' zawartość rozpuszczonych substancji stałych różniła się w zależności od sposobu przechowywania owoców i była większa po okresie przechowywania w temperaturze 1,5°C niż w 1°C, natomiast w przypadku odmiany 'Galaxy' nie zaobserwowano różnic w zawartości ekstraktu niezależnie od stanu i temperatury. Biorąc powyższe pod uwagę należy stwierdzić, że mimo, iż zawartość ekstraktu w jabłkach jest jednym z najważniejszych czynników określających atrakcyjność smakową owoców, to ze względu na zbyt małe zmiany jego poziomu w przechowywanych owocach, czynnik ten powinien być zawsze zestawiany z innymi parametrami decydującymi o atrakcyjności owoców. Prawdopodobnie z tego powodu, obecnie spotykamy prace naukowe skoncentrowane na przedzbiorczym weryfikowaniu poziomu cukrów w owocach w celu coraz bardziej idealnego wyznaczenia terminu zbioru. Przykładem mogą być prace Cao i in. [2021] oraz Biegert i in. [2021].

Analizując trzyletnie wyniki wpływu warunków przechowywania owoców na poziom kwasowości miareczkowej jabłek stwierdzono, że wraz z wydłużeniem okresu przechowywania owoców wyraźnie spada wartość tego wskaźnika. Butkeviciute i in [2021]

potwierdzili, że kwasowość miareczkowa we wszystkich badanych odmianach spadła uwzględniając siedem różnych warunków przechowywania. Jest to zgodne z wynikami niniejszej dysertacji, w której wraz z wydłużeniem okresu przechowywania jabłek obserwowany był spadek zawartości kwasu jabłkowego w owocach. Podobnych obserwacji dokonali wcześniej także inni badacze wykazując, że podczas przechowywania wartość kwasowości miareczkowej w jabłkach maleje wraz z wydłużającym się okresem przechowywania [Erkan i in. 2004, Błaszczuk 2006, Bujdei i in. 2019]. Porównując wyniki przeprowadzonych badań udowodniono, że jabłka 'Natali Gala' przechowywane w warunkach NA najszybciej redukują poziom kwasowości. Taki spadek zawartości kwasów w jabłkach odmiany 'Gala' potwierdzili także w swoich doświadczeniach Plotto i in. [1999] uznając to za oczywiste z powodu postępującej najszybciej dojrzałości owoców. Ich wyniki wskazały, iż wraz z wydłużeniem okresu przechowywania, spadek kwasowości miareczkowej w jabłkach ma miejsce bez względu na warunki, w których jabłka będą przechowywane. Uzyskane wyniki badań, wskazują na zdecydowanie niższy spadek kwasowości miareczkowej jabłek przechowywanych w kombinacjach KA w porównaniu do owoców składowanych w warunkach chłodni zwykłej (NA). Natomiast wartości omawianej cechy zanotowane w jabłkach pochodzących z zastosowanych w badaniach składów KA często nie różniły się istotnie między sobą. Na podstawie prezentowanych wyników badań nie można jednoznacznie wskazać najlepszej kombinacji KA gwarantującej najmniejszą redukcję kwasowości. Warto jednak zaznaczyć, że kombinacją, w której stosunkowo najczęściej obserwowano najmniejszą redukcję kwasowości miareczkowej była KA 2+1,2. Wpływ niskotlenowych warunków przechowywania na wyższą kwasowość miareczkową wykazali także Drake i Eisele [1997] oraz Konopacka i Płocharski [2002]. Badania Thewes i in [2021] obserwowali ograniczanie spadku kwasowości miareczkowej w owocach na odmianie 'Royal Gala' przy niskotlenowych technologiach opartych na dynamicznie kontrolowanej atmosferze. Toivonen i in. [2020] po przeprowadzeniu badań na odmianie 'Royal Gala' donieśli, że istnieje związek pomiędzy zawartością suchej masy w owocach, a poziomem kwasowości miareczkowej. Zależność ta obserwowana jest także w niniejszej dysertacji, w której w roku 2015 poziom zawartości suchej masy był najwyższy, i miało to przełożenie na najwyższy poziom kwasowości miareczkowej w okresie zbiorów 2015 roku. Po okresie przechowywania ta zależność nie była jedna obserwowana. W przedmiocie badań zaobserwowano także, że utrata kwasowości owoców (po 120 dniach przechowywania) w czasie 7 dni symulowanego obrotu bywała często wyższa niż w owocach przechowywanych przez kolejne 30 dni (po 150 dniach przechowywania). Jest to zatem zgodne z doniesieniami wcześniej przytaczanych naukowców, udawadniających, że warunki przetrzymywania owoców mają bardzo istotny wpływ na poziom kwasu jabłkowego w owocach.

Analizując wpływ warunków przechowywania na intensywność oddychania jabłek 'Natali Gala' zauważono, że owoce przechowywane w warunkach chłodni zwykłej (NA) oddychały intensywniej niż owoce przechowywane w warunkach chłodni z kontrolowaną atmosferą (KA), a zwłaszcza w warunkach niskotlenowych (ULO). Potwierdzono także w innych badaniach udawadniając, że wyższą intensywnością oddychania wyróżniały się jabłka pochodzące z warunków NA, niż z warunków KA [Xuan i Streif 2005].

Spośród badanych kombinacji warunków przechowywania, zazwyczaj intensywność oddychania owoców była najmniejsza w kombinacji KA 4+1,2 następnie w warunkach KA

2+1,2 oraz w warunkach KA 2+2, natomiast najintensywniej oddychały owoce przechowywane w warunkach NA. Analizując przebieg oddychania jabłek w przedziale czasu, zaobserwowano swego rodzaju falowość zmian poziomu oddychania. Bezpośrednio po zbiorze oddychanie osiągało dość wysoki poziom, który następnie w ocenie po 120 dniach przechowywania wyraźnie wykazał niższe wartości. Po dalszych 7 dniach symulowanego obrotu poziom oddychania wyraźnie wzrastał. Potwierdzone to zostało w trzech kolejnych latach badań, ale najbardziej zauważone zostało w trzecim sezonie obserwacji. Także po 150 dniach przechowywania jabłek, średnie dla warunków przechowywania wykazały wzrost poziom oddychania, z tym, że największe skoki tego parametru zaobserwowano w kombinacjach owoców przechowywanych w warunkach NA. Po 150 dniowym okresie przechowywania owoców z dodatkowym 7-mio dniowym okresem symulowanego obrotu, odnotowano kolejny gwałtowny wzrost poziomu oddychania jabłek. W pierwszym sezonie badań, bardzo wysoki poziom oddychania odnotowano we wszystkich kombinacjach przechowalniczych, natomiast w kolejnych latach uwidoczniła się tendencja do zwiększonej intensywności oddychania owoców po przechowaniu w warunkach normalnej atmosfery. W drugim sezonie badań najmniejszy poziom oddychania na koniec sezonu wykazały owoce z kombinacji ULO 4+1,2, natomiast w trzecim roku badań kombinacje KA nie wykazały istotnych różnic w poziomie oddychania owoców na koniec sezonu przechowalniczego. Przyspieszenie procesów oddechowych po przechowaniu owoców w chłodniach i przetrzymywaniu ich następnie przez 7 dni w warunkach symulowanego obrotu obserwowali także Fan i in. [1999], Erkan i in. [2004]. Inni Badacze [Bulens i in. [2012] zaobserwowali, że jabłka przechowywane w KA mają bardzo zahamowany proces oddychania, ale po przeniesieniu owoców do pomieszczeń z temperaturą pokojową, poziom oddychania owoców wzrastał. W przypadku chłodni NA cytowani Badacze zaobserwowali u owoców przeniesionych do pomieszczeń z temperaturą pokojową dwukrotnie wyższy wzrost oddychania w porównaniu do owoców przechowywanych w warunkach chłodni KA. Badania Elgara i in. [1997] wskazują na wzrost intensywności procesu oddychania wraz z upływającym okresem przechowywania, ale nie potwierdziły tego jednoznacznie badania jakie osiągnięto w przedmiocie pracy na odmianie 'Natali Gala'. Tylko w pierwszym sezonie badań, intensywność oddychania porównując pomiary po 120 i 150 dniach, była większa. Wskazania te zachowały prawidłowość także przy uwzględnieniu 7 dni symulowanego obrotu. W kolejnych sezonach wyniki tej tendencji jednak nie potwierdziły w sposób jednoznaczny. Zaobserwowano jednak, że w drugim i trzecim roku badań wskazania najwyższego poziomu oddychania dotyczyły pomiarów po 120 dniach przechowywania owoców z uwzględnieniem 7 dniowego okresu symulowanego i były wyższe w porównaniu do dalszych pomiarów.

Warunki NA w porównaniu do KA wpływały także na zwiększoną intensywność transpiracji jabłek sprzyjającą powstawaniu największych ubytków masy owoców w czasie ich przechowywania. Widoczne to jest tak w analizie średnich dla warunków przechowywania jak również dla współdziałania warunków przechowywania ze stosowanymi preparatami fosforynowymi. Owoce przechowywane w różnych warunkach KA nie wykazywały między sobą znaczących różnic i w początkowym okresie przechowywania odnotowywano w tych kombinacjach straty na poziomie poniżej 1%, co w porównaniu do przechowywania owoców w warunkach NA stanowi wielokrotnie niższe straty. Po 150 dniach przechowywania owoców straty z powodu ubytku masy stanowiły w kombinacjach KA przedział 2-3%, a w warunkach

NA straty te oscylowały w granicach 6-10%. Biorąc pod uwagę cały okres badań stwierdzono, że owoce 'Natali Gala' przechowywane w warunkach każdej z kombinacji KA charakteryzowały się zazwyczaj mniejszym procentem ubytków masy owoców w porównaniu do jabłek przechowywanych w warunkach NA. Dopiero niektóre kombinacje w drugim i trzecim roku badań, uwiarykowały różnice w ubytkach masy owoców w zależności od rodzaju warunków panujących w KA. W sezonie 2016/2017 po 150 dniach przechowywania uwiarykował się wyraźnie wpływ warunków przechowywania na korzyść warunków niskotlenowych w których KA 4% CO₂+1,2% O₂ zapewniła najmniejsze ubytki masy owoców (1,8%), kolejno KA 2+1,2 istotnie większe (2,2%), następnie KA 2+2 (2,8%), a straty masy owoców na skutek transpiracji w warunkach NA wyniosły aż 6,6%. W trzecim roku badań warunki NA wykazały straty masy owoców na poziomie 6,7-10%, co w porównaniu do warunków KA ze stratami 0,4-4,2%, z tym zastrzeżeniem, że na tej podstawie nie można było jednoznacznie określić najlepszej kombinacji KA do przechowywania jabłek 'Natali Gala'. Uzyskane zależności potwierdzają także inne badania m.in. Róth i inni [2007], którzy wykazali mniejsze straty masy owoców przechowywanych w KA w porównaniu do jabłek przechowywanych w NA. Zaobserwowane w badaniach coraz większe straty związane z ubytkiem masy owoców wraz z wydłużającym się okresem ich przechowywania zauważone zostały także przez innych badaczy, którzy potwierdzają, że im dłuższy jest okres przechowywania tym utrata masy owoców jest większa, a co istotniejsze straty masy owoców przechowywanych w NA są zdecydowanie wyższe, niż straty masy owoców przechowywanych w warunkach KA [Erkan i inni 2004]. Taka zależność zaobserwowana została także w niniejszej pracy we wszystkich sezonach badań po 150 dniach przechowywania owoców 'Natali Gala'. W sezonie 2016/2017 każdy ze składów KA miał różny wpływ na wielkość ubytków masy jabłek, natomiast w sezonie 2017/2018 istotne różnice zaobserwowano pomiędzy kombinacjami ULO: KA 2+1,2 oraz KA 4+1,2.

Analizując wpływ warunków przechowywania na ilość jabłek z objawami grzybowych chorób przechowalniczych zaobserwowano, że największy odsetek jabłek z objawami chorobowymi występował w przypadku owoców pochodzących z warunków NA. Zastosowane w badaniach kombinacje kontrolowanej atmosfery okazywały się bardziej skuteczne w ograniczeniu występowania chorób przechowalniczych jabłek 'Natali Gala' o czym świadczył istotnie niższy w porównaniu do kombinacji NA odsetek chorych owoców. Istotny okazał się również okres przechowywania jabłek. Im owoce były dłużej przechowywane, tym większy notowano odsetek jabłek wykazujących objawy chorobowe. Potwierdza tę zależność również Rutkowski [2018]. Liczba porażonych owoców przechowywanych w warunkach NA była znacząco wyższa niż we wszystkich kombinacjach z warunkami KA. Warto podkreślić, że wszystkie stosowane w badaniach warunki KA pozwoliły na zminimalizowanie strat wynikających z występowania chorób przechowalniczych. Natomiast przechowywanie jabłek w warunkach niskotlenowych KA 2+1,2 i KA 4+1,2 najczęściej wiązało się z występowaniem najmniejszego odsetka owoców wykazujących objawy chorobowe. W trakcie badań zaobserwowano również wyraźny wzrost ilości owoców z objawami grzybowych chorób przechowalniczych wraz z wydłużeniem okresu przechowywania. Największą liczbę chorych owoców odnotowano po 150 dniach przechowywania i dodatkowych siedmiu dniach symulowanego obrotu handlowego. Podobnych obserwacji dokonali wcześniej Erkan i inni [2004] wykazując, że wraz z wydłużeniem okresu przechowywania zwiększa się ilość chorych owoców. Z kolei badania

Berghetti i in. [2020] dotyczące warunków przechowywania podobnej mutacji ‘Gala’ pod nazwą ‘Royal Gala’ były zgodne z wynikami niniejszej pracy z wykorzystaniem odmiany ‘Natali Gala’. W obu przypadkach, wyższy odsetek zdrowych owoców po ich przechowaniu występował po przechowaniu owoców w warunkach niskotlenowych w których dwutlenek węgla występował w trzykrotnie wyższej zawartości niż tlen. Także Thewes i in. [2021] obserwowali, iż czym w warunkach KA występowały bardziej niskotlenowe warunki przechowywania jabłek ‘Royal Gala’ tym było to lepsze dla ich końcowej jakości. Wskazani Badacze jednak zaznaczyli, że w warunkach dynamicznie kontrolowanej atmosfery spadek do 0,15 kPa O₂ + 0,0 kPa CO₂ spowodował wysoki metabolizm beztlenowy uszkadzający komórki owocowe i prowadzący w konsekwencji do mniejszej ilości zdrowych owoców. Badania Paraschivu i in. [2021] wykazały, że jakość jabłek podczas przechowywania zależy od warunków przechowywania, ale i od inokulum chorobowego, czyli, że warunki przechowywania. Jest to zgodne z wynikami niniejszej dysertacji, w której obserwowano patogeny grzybowe, których rozwój miał miejsce od gniazda nasiennego, czyli do infekcji chorobotwórczych musiało dojść w czasie kwitnienia drzew. Letalna forma choroby uwidaczniała się dopiero w okresie przechowywania owoców i w czasie siedmiodniowego okresu symulującego warunki obrotu owocami. Przyjmując zatem, że we wszystkich kombinacjach warunków przechowywania znajdowały się owoce o podobnej zdrowotności, należy przyjąć, że to warunki przechowywania odgrywają kluczową rolę w ich jakości.

Ma i in. [2000] uważają, że przechowywanie owoców w warunkach KA w porównaniu do NA może być dłuższe, a jabłka składowane w KA tracą przy tym stosunkowo najmniej na jakości. Informacja ta jest zgodna z wynikami prezentowanych badań. Porównując zastosowane w badaniach warunki przechowywania jabłek odmiany ‘Natali Gala’ wykazało, że najkorzystniejszą kombinacją była KA zawierająca 4% CO₂ i 1,2% O₂. Spośród pozostałych badanych kombinacji warunków przechowywania, kolejno dobrymi parametrami po przechowywaniu cechowały się owoce z kombinacji kontrolowana atmosfera KA 2% CO₂ + 1,2% O₂, a następnie kontrolowana atmosfera KA 2% CO₂ i 2% O₂. Najsłabszymi parametrami charakteryzowały się owoce przechowywane w warunkach chłodni z normalną atmosferą (NA) w której owoce po przechowaniu cechowały się najniższą jędrnością, niską zawartością kwasu jabłkowego, zazwyczaj wysokim poziomem oddychania, najwyższymi stratami masy i największym uwidoczniwym porażeniem przez choroby. Jest to zrozumiałe i powszechnie udowodnione, gdyż odpowiednio dobrany skład atmosfery ma wpływ na poziom syntezy etylenu [Andziak i Tomala 2006]. Parametry KA ULO dla mutacji odmiany ‘Gala’ o nazwie ‘Royal Gala’ badali także Weber i in. [2011]. Według nich owoce odmiany ‘Royal Gala’ najlepiej się przechowywały w warunkach ULO zawierających 2,0 kPa CO₂ i 1,0 kPa O₂ jednak nie było w tamtym doświadczeniu badanej kombinacji z większą zawartością dwutlenku węgla (CO₂), a to właśnie kombinacja KA ULO 4% CO₂ + 1,2% O₂ z badanych proporcji dwutlenku węgla i tlenu okazała się najwłaściwsza. Także inne badania z dodatkowo zastosowanym 1-MCP potwierdzają te zależności. Dowodem na to są wyniki jakie przedstawili np. Błaszczyk i Gasparski [2019] udowadniając, że owoce odmiany ‘Red Jonaprince’ w warunkach chłodni NA nawet w połączeniu z traktowaniem ich 1-MCP utraciły jędrność najszybciej, natomiast najlepiej jędrność zachowały owoce przechowywane w warunkach ULO z zastosowaniem 1-MCP.

5.3. Wpływ preparatów fosforynowych na jakość jabłek odmiany ‘Natali Gala’

Wpływ stosowania preparatów fosforynowych na jędrność jabłek ‘Natali Gala’ mierzoną bezpośrednio po zbiorze obserwowano tylko w pierwszym i drugim roku badań. W pierwszym roku obserwacji jabłka ze wszystkich kombinacji, w których zastosowano w okresie przed- i pokwitnieniowym nawozy na bazie fosforynu potasu wykazały się wyższą jędrnością w porównaniu do owoców z kombinacji kontrolnej, w której fosforyny nie były stosowane. W 2016 roku jędrność owoców w kombinacji kontrolnej była nadal najniższa. Równie niską wartością parametru odznaczały się jabłka opryskiwane preparatem Resistim, który był nawozem z najniższą koncentracją fosforynu potasu. Natomiast w ostatnim roku badań w 2017 roku jędrność jabłek nie zależała od zastosowanych w okresie wegetacji nawozów fosforynowych. Po 120 dniach przechowywania owoców z dodatkowym siedmiodniowym okresem symulowanego obrotu handlowego notowano istotny wpływ stosowania nawozów fosforynowych na jędrność jabłek. Owoce zebrane z drzew nietraktowanych fosforynami charakteryzowały się najniższą jędrnością miąższu. Po 150 dniach przechowywania, a także po 150 dniach przechowywania z dodatkowym siedmiodniowym okresem symulowanego obrotu, tylko w sezonie 2016/2017 wykazano, że owoce z drzew nietraktowanych fosforynami miały najniższą jędrność miąższu. Należy podkreślić, że wpływ preparatów fosforynowych na jędrność miąższu jabłek odmiany ‘Natali Gala’ przejawiał się w różny sposób w zależności od roku badań i terminu pomiaru. Jak donoszą Neilsen i Neilsen [2009] fosfor jest ważny w tworzeniu i wzmacnianiu ścian komórkowych owoców, co może tłumaczyć większą jędrność owoców. Także Johnson i Yogaratham [1978] uznali, że fosfor jako składnik fosfolipidów odpowiada za jakość błon komórkowych. Także Bashir i in. [2018] informowali, że fosfor odpowiada za procesy metaboliczne w roślinach, w tym podział komórek i fotosyntezę. Jest to zgodne z sugestią jaką przedstawił Letham [1969] według której, podział komórek w zawiązkach o dużej zawartości fosforu może przebiegać szybciej niż w zawiązkach jabłek o niskim poziomie fosforu. Brak deficytu fosforu w okresie wzrostu zawiązków prowadzi ostatecznie do większej liczby drobniejszych komórek w owocu, a przez to, do lepszej ich struktury na skutek czego występuje mniejsza częstość wewnętrznego rozpadu przechowywanych owoców.

W badaniach stanowiących podstawę niniejszego opracowania, stosowanie fosforynów potasu miało wpływ na zawartość ekstraktu w jabłkach. Pomiarów zawartości ekstraktu wykonane po zbiorze wykazały istotne różnice pomiędzy średnimi w kombinacjach nawozów fosforynowych, ale uzyskane wyniki nie w pełni cechują się powtarzalnością. Powtarzalność wyników dostrzegalna jest w analizie średnich dla stosowania preparatów fosforynowych w każdym z terminów po okresie przechowywania owoców przez 120 i 150 dni, a także z dodatkowymi 7 dniami symulowanego obrotu. Na 12 pomiarów w różnych latach i terminach, aż w 11 analizach zaobserwowano, że jabłka z kombinacji kontrolnej charakteryzowały się niską zawartością ekstraktu. Także owoce z kombinacji, w której stosowano Profos 100 wykazywały 11 razy niski poziom ekstraktu. Z kolei jabłka z pozostałych kombinacji preparatów fosforynowych tj. Resistim i Fosmagnum często odznaczały się wysoką zawartością ekstraktu. Zdaniem Stępowskiej [2008] reakcje roślin na nawóz Resistim mogą być związane z wpływem fosforynu potasu na metabolizm cukrów co zostało przez nią zaobserwowane w doświadczeniach przeprowadzonych na papryce.

Ważnym parametrem decydującym o jakości jabłek i ich walorach smakowych obok ekstraktu jest kwasowość miareczkowa. Porównując wpływ preparatów fosforynowych na poziom kwasu jabłkowego w jabłkach oznaczony bezpośrednio po zbiorze, jedynie w pierwszym roku badań wykazano istotne różnice między średnimi. Wykazano, że jabłka traktowane preparatem Resistim odznaczały się niższą niż pozostałe owoce kwasowością. Analizując średnie dla preparatów fosforynowych już po okresie przechowania owoców, stwierdzono istotne różnice, ale wyniki nie były powtarzalne w kolejnych latach. Jednak dla 12 serii pomiarów, aż 10 razy otrzymane średnie wykazały niskie zawartości kwasu jabłkowego w kombinacji kontrolnej, w której nie były stosowane preparaty fosforynowe. Spośród kombinacji preparatów fosforynowych największą powtarzalność wyników zaobserwowano w kombinacji z produktem Fosmagnum, w której 8 razy zanotowano wysoką wartość omawianej cechy.

Intensywność oddychania owoców odmiany 'Natali Gala' mierzona bezpośrednio po zbiorze w niewielkim stopniu zależała od stosowanych w badaniach nawozów fosforynowych. Tylko w pierwszym roku badań jabłka opryskiwane preparatem Profos, podobnie jak owoce kontrolne oddychały intensywniej niż jabłka traktowane dwoma pozostałymi nawozami fosforynowymi. Jabłka kontrolne pochodzące z drzew nietraktowanych żadnym z fosforynów również w drugim roku badań wykazywały wyższą niż pozostałe owoce intensywność oddychania. Intensywność oddychania jabłek oznaczona bezpośrednio po zbiorze i po 120 dniach przechowywania była na podobnym, niskim poziomie. Po dalszych 7 dniach symulowanego obrotu poziom oddychania wyraźnie wzrastał, i potwierdzone to zostało w trzech kolejnych latach badań. Także po 150 dniach przechowywania jabłek, średnie dla preparatów fosforynowych wykazały znaczący wzrost poziomu oddychania jabłek po kolejnych 7 dniach symulowanego obrotu. Taką tendencję obserwowano także w ocenie wpływu warunków przechowywania na jakość jabłek. Elgar i in. [1997] Fan i in. [1999], Erkan i in. [2004], Bulens i in. [2012] potwierdzili zależność intensywności oddychania owoców od długości okresu ich przechowywania. Letham [1969] badał wpływ zawartości fosforu w jabłkach na intensywność oddychania przechowywanych owoców. Stwierdził on, że im więcej owoce zawierają fosforu, tym wolniej oddychają. W badaniach będących przedmiotem pracy na odmianie 'Natali Gala' nie udowodniono jednak, aby fosforyny wpływały na zwiększoną zawartość fosforu w jabłkach i nie wykazały także mniejszego poziomu oddychania owoców traktowanych fosforynami potasu.

Wpływ stosowania nawozów fosforynowych na wielkość ubytków masy owoców w okresie ich przechowywania był często istotny, jednak uzyskane wyniki nie były powtarzalne. Tylko w pierwszym roku po 120 dniach przechowywania i w ostatnim roku badań po 150 dniach przechowywania nie zaobserwowano różnic pomiędzy kombinacjami. Pozostałe wyniki są trudne do zinterpretowania. Analizując np. wpływ preparatu Fosmagnum na wielkość ubytków masy owoców, w połowie przypadków średnie wykazały wysokie wartości cechy, a w połowie przypadków wartości niskie. Na podstawie uzyskanych wyników nie można jednoznacznie stwierdzić, że jabłka pochodzące z drzew nieopryskiwanych preparatami fosforynowymi odznaczały się większymi stratami masy w porównaniu do owoców traktowanych tymi preparatami. Różnice w uzyskanych wynikach mogą wynikać z różnego stanu dojrzałości jabłek w okresie zbioru. Bezpośrednio po zbiorze obserwowano różny stopień

dojrzałości owoców co niewątpliwie mogło mieć wpływ na badane parametry owoców po okresie ich przechowywania. Potwierdzają to także obserwacje innych Badaczy [Błaszczuk 2006, Radenkova 2016].

W przeprowadzonych badaniach notowano także ilościowe straty przechowywanych owoców wywołane przez czynniki patogeniczne. Zaobserwowano pozytywny wpływ stosowania preparatów fosforynowych na redukcję ilości jabłek 'Natali Gala' z objawami chorób grzybowych. W badaniach nie prowadzono jednak szczegółowych obserwacji i podziałów związanych z uszkodzeniami owoców przez konkretne patogeny. Badania takie były prowadzone przez innych i wykazały skuteczność w odniesieniu do wielu różnych patogenów [Yáñez-Juárez i in. 2018] w tym także w ograniczaniu wywoływanej przez bakterie *Erwinia amylovora* zarazy ogniowej [Aćimović i in. 2015, Giraud i in. 2018]. Fosforyny zdaniem Yáñez-Juárez i in. [2018] mimo, iż są skutecznymi związkami do kontrolowania wielu patogenów, to w porównaniu z syntetycznymi konwencjonalnymi fungicydami, wydają się być mniej skuteczne. W badaniach będących przedmiotem tej pracy, w przypadku analizowania średnich dla kombinacji preparatów fosforynowych najczęściej największe straty wywołane przez choroby przechwalnicze notowano w kombinacji kontrolnej, czyli tej w której fosforyny nie były stosowane. Może to wynikać z udowodnionego bezpośredniego i pośredniego działania fosforynów na wiele patogenów [Araujo i in. 2020]. Może być to także hipotetycznie związane z obserwacjami [Naets i in. 2020] według których, podatność jabłek o mniejszych komórkach na choroby jest mniejsza od owoców zbudowanych z komórek większych. Skoro stosowanie nawozów fosforowych od końca kwitnienia do czerwcowego opadania zawiązków zwiększa intensywność podziałów komórkowych [Letham 1969], to hipotetycznie także stosowane w badaniach nawozy fosforynowe mogły wpływać na podziały komórkowe w jabłkach, dając ostatecznie owoce z większą liczbą mniej przerośniętych komórek. Także Wójcik i Wójcik [2007], twierdzą, że fosfor stosowany dolistnie w sadach z deficytem fosforu, poprawia wydajności produkcyjną sadu, wygląd owoców i jakość ich przechowywania.

Porównując nawozy fosforynowe stwierdzono, że w przypadku owoców traktowanych preparatem Fosmagnum występował kilka razy większy odsetek chorych owoców niż w pozostałych kombinacjach, w których fosforyny były stosowane. Natomiast najczęściej najniższe straty odnotowane zostały w kombinacji, w której stosowany był fosforyn potasu Resistim. Różny efekt działania fosforynów zaobserwowali także na odmianie 'Gala' Araujo i in. [2020] wykazując, że niektóre fosforyny wykazywały bardzo dobry efekt zwalczania patogenów, ale zależał on w dużej mierze od klasy użytego biostymulatora. Także w przedmiocie naszych badań, do oceny wpływu fosforynów na jakość owoców po okresie ich przechowania, w tym na ograniczenie strat powodowanych przez choroby, użyto trzech różniących się składem fosforynów potasu. Kołodziej [2009] w badaniach z produktem Resistim zauważył, że wykorzystany preparat wykazuje działanie ochronne w przypadku grzybów niższych, ale jak wskazują obecne badania, obserwuje się te działania także w chorobach wywoływanych przez grzyby zarodnikujące. Potwierdzać to mogą także badania innych. Aleksic i in. [2014] udowodnili działanie fosforynów na grzyby zarodnikujące na przykładzie preparatu *Venturia* opierającego się na fosforynach zapewniający w badaniach najskuteczniejszą kontrolę parcha jabłoni w warunkach sprzyjających do powstania ciężkiej infekcji, mimo, iż zestawiono go w porównaniu do preparatów fungicydowych. Badania

wykazały, że preparat Venturia był nawet bardziej skuteczny niż zastosowane fungicydy zapobiegawcze. Z drugiej strony Hailey i Percival [2014] wykazali, że fosforyny ograniczają wiele patogenów, ale fosforyny potasu działają mniej skutecznie niż środki ochrony roślin, a także mniej skutecznie niż fosforyn miedzi, fosforyn krzemu, fosforyn cynku i fosforyn wapnia. W badaniach będących przedmiotem niniejszej dysertacji nie zaobserwowano różnic w występowaniu patogenów w sadzie, ale występowały różnice w stopniu porażenia patogenami owoców na koniec okresu ich przechowywania. Biorąc powyższe pod uwagę, badania takie powinny być przedmiotem dalszych prac badawczych z uwagi na coraz liczniejsze dowody destrukcyjnego działania fosforynów na wiele patogenów. Meszka i Bielenin [2010] wykazali, że nawet w warunkach dużego nasilenia parcha jabłoni (*Venturia inaequalis*) wiele nawozów jest w stanie ograniczyć występowanie parcha jabłoni na liściach i na owocach i to w stopniu istotnym. Także w zwalczaniu mączniaka prawdziwego jabłoni (*Podosphaera leucotricha*) nawozy okazały się być pomocne, gdyż przykładowo zasadowy Alkalin PK (pH \geq 11,3) zastosowany w stężeniu 0,6% ograniczył porażenie pędów przez mączniaka aż w 93%. Badania nad skutecznością fosforynów i związków pokrewnych, muszą być zawężane do konkretnych przypadków. Także w sprawozdaniu za rok 2015 Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach dotyczącego zwalczania parcha jabłoni z uwzględnieniem fosforynów zawartych w produktach Basfoliar Activ i Profos, wykazano, że przy niskiej presji choroby wspomniane nawozy fosforynowe stosowane solo, a także w mieszaninach z preparatem Captan 80 WG udowodniły dobrą skuteczność [Broniarek 2015]. Okazuje się, że fosforyny nie zawsze działają w sposób analogiczny, gdyż zdarza się, że na tego samego patogena w zależności od gatunku i odmiany mogą działać zupełnie inaczej [Guest i Grant. 1991]. Działania ochronne fosforynów potwierdzają Wojdyła i Czajka [2019] obserwujący pozytywne działanie fosforynu Actifos na wiele patogenów z królestw *Chromista* i *Fungi* w uprawie roślin ozdobnych m.in. z rodziny *Rosaceae*. Uznali jednak, że badania powinny być prowadzone dla każdego z gatunków patogena oddzielnie z uwzględnieniem różnych stężeń i dawek preparatu fosforynowego. Zaobserwowane często 80-90% skuteczności fosforynu Actifos powinny przyczynić się do poprawy ochrony roślin z uwagi na odmienny mechanizm działania na patogeny w porównaniu do grzybobójczych środków ochrony roślin. Amiri i Bompeix [2011] badali przydatność fosforynu potasu do walki z siną pleśnią na jabłkach odmiany 'Elstar' przechowywanych przez 6 miesięcy w temperaturze 2°C. Ta choroba zwana także mokrą zgnilizną wywoływana przez grzyb *Penicilium expansum*, wykazała w badaniach trzykrotną redukcję występowania choroby w porównaniu z kontrolą. Także badania fosforynu potasu w jednym produkcie z węglanem potasu pod nazwą Solfan PK wykazały bezpośrednie działanie hamujące wzrost wielu grzybní [Wojdyła 2018]. Biorąc pod uwagę badania Włodarek i Badałek [2020] nad skutecznością fosforynu magnezu przeciwko *Botrytis cinerea* w uprawie kapusty przeznaczonej do długiego przechowywania, stwierdzić należy, że celowym staje postawienie i sprawdzenie tezy dotyczącej skuteczności fosforynów w walce ze sprawcą szarej pleśni w uprawie jabłoni. Wyniki prezentowanych badań wielokrotnie potwierdziły wpływ stosowania preparatów fosforynowych na ograniczenie ilości porażonych przez patogeny grzybowe jabłek 'Natali Gala'.

Analizując parametry jakości owoców bezpośrednio po zbiorze, a także w późniejszych okresach ocen, należy wziąć pod uwagę, że pewne czynniki, np. stosowania zabiegów preparatami fosforynowymi mogły wpływać w mniejszym bądź większym stopniu na cechy

owoców jeszcze w okresie przedzbiorczym. Może to wynikać między innymi także z powodu różnej inicjacji dojrzewania owoców jaka może mieć miejsce jeszcze przed zbiorem. Taką tendencję obserwowali Jeziorek i Tomala [2009] wykazując, że część owoców na drzewie jeszcze przed zbiorem nierówno dojrzewa. Większość prowadzonych w świecie badań nad stosowaniem fosforynów w sadach jabłoniowych, skupiała się przede wszystkim na zwalczaniu parcha jabłoni – *Venturia inaequalis*. W badaniach będących przedmiotem tej pracy, nie zaobserwowano jednak owoców z objawami porażenia tym patogenem ani w sadzie, ani po okresie obserwacji owoców przechowywanych w warunkach NA i KA bez względu na to czy dotyczyło to kombinacji kontrolnej czy trzech kombinacji, w których zastosowano preparaty fosforynowe. Być może fakt, bardzo starannej i przemyślanej ochrony chemicznej bazującej na doświadczeniu i wskazaniach aparatury pomiarowej sprzężonej z modelami chorobowymi, sprawił, że nie doszło do porażenia owoców parchem na poziomie pozwalającym na zweryfikowanie możliwego wpływu preparatów fosforynowych na udział jabłek wolnych od tej choroby.

Współdziałanie czynników doświadczenia tj. warunków przechowywania owoców z preparatami fosforynowymi na wartość badanych wskaźników zawsze okazywało się istotne. Analizując wpływ współdziałania czynników doświadczenia na wartość poszczególnych cech jakościowych jabłek zauważono, że są one w dużej mierze zbieżne z wynikami wpływu samych warunków przechowywania na jakość owoców. Warunki przechowywania stanowią zatem czynnik dominujący i decydujący o jakości owoców. Potwierdzili tą zależność Cerioni i in. [2013] gdyż skuteczność zabiegów fosforynowych okazała się większa w ochronie owoców przechowywane w niższych temperaturach.

Jak donosi Kelderer i in [2006] kontrowersje związane z pozostałościami fosforynów w owocach zwłaszcza upraw organicznych są duże. Według Badaczy stosowanie fosforynów potasu w okresie przedkwitnieniowym nie pozostawiało pozostałości, ale zabiegi pokwitnieniowe uwidaczniały podobny poziom pozostałości fosforynów w jabłkach bez względu na różny okres zabiegów po okresie kwitnienia. Natomiast Aćimović i in. [2016] wykazali, że wstrzykiwanie fosforynów do pni jabłoni (zamiast aplikacji w formie opryskiwań dolistnych), spowodowało dobre działanie ochronne przed parchem jabłoni, a pozostałości w owocach mieściły się w granicach dopuszczonych norm. Być może w przedmiocie badań na odmianie ‘Natali Gala’ trzykrotne stosowanie fosforynów miało szersze znaczenie niż to, które zostało zaobserwowane. W przedmiocie badań wykonano rocznie po trzy zabiegi fosforynowe starając się wykonać pierwszy zabieg tuż przed kwitnieniem, drugi zabieg po kwitnieniu, a trzeci po kolejnych kilku tygodniach. Być może odstępy między kolejnymi zabiegami fosforanowymi także miały wpływ na powstawanie mechanizmów obronnych roślin przeciw patogenom. Różny przebieg warunków pogodowych przedstawiony w klimatodiagramach miał wpływ na jakość wyprodukowanych owoców, a także na ich zdrowotność. Na pogorszenie zdrowotności owoców w czasie przechowywania wpływ ma w dużej mierze przebieg pogody w czasie kwitnienia drzew, kiedy to często dochodzi do uśpionych infekcji chorobowych uaktywniających się dopiero w czasie przechowywania owoców. Drugim ważnym okresem, w którym dochodzi do licznych infekcji patogennych jest czas zbioru owoców, który przebiega w podczas deszczowej pogody. Spośród trzech lat badań, to rok 2017 okazał się najtrudniejszy pod kątem zabezpieczenia owoców przed chorobami przechowalniczymi z uwagi na opady w okresie kwitnienia i zbiorów. Rok ten charakteryzował się najwyższą roczną sumą opadów i

najwyższą sumą opadów w okresie wegetacji. W efekcie tego, to właśnie w sezonie przechowalniczym 2017/2018 uwidaczniała się największa ilość chorych owoców. Analizując wyniki z trzech sezonów stwierdzić można występowanie istotnych różnic w poziomie porażenia owoców w poszczególnych kombinacjach. W pierwszych dwóch sezonach kombinacje bez stosowanych fosforynów wykazywały większą tendencję do ubytków z powodu rozwijających się chorób na owocach. Natomiast w trzecim roku badań tendencja ta się jednoznacznie nie powtórzyła. Pierwszy pomiar w sezonie 2017/2018 wykazał po 120 dniach przechowywania i dodatkowych 7 dniach symulowanego obrotu znaczne straty, i w dwóch kombinacjach fosforynowych okazały się nawet wyższe niż w kombinacji kontrolnej. Co prawda drugi pomiar po 150 dniach przechowywania owoców i dodatkowych 7 dniach symulowanego obrotu statystycznie wskazał, że kombinacja bez stosowania fosforynów odnotowała najwyższe straty, ale także pozostałe kombinacje wykazały bardzo duże straty z powodu chorób. Trzeba zaznaczyć, że w roku 2017 z powodu przebiegu pogody i wegetacji, wszystkie trzy zabiegi fosforynowe wykonane zostały po kwitnieniu, co mogło mieć wpływ na gorsze zabezpieczenie roślin i brak wspomagającego działania preparatów fosforynowych w czasie kwitnienia. Potwierdzić to mogą doniesienia innych Badaczy. Przykładowo, trzykrotne zabiegi fosforynami potasu na jabłoniach prowadzili także Reuveni i in. [2003]. Ich obserwacje dotyczyły problemów *Alternaria arnata* wywołującej pleśnienie odśrodkowe owoców, ale wszystkie trzy zabiegi wykonywano w okresie od początku kwitnienia do opadania płatków. W zależności od zastosowanego stężenia fosforynu potasu, Badacze obserwowali w laboratorium redukcję porażenia patogenem od 40% a nawet do 100%, natomiast w doświadczeniu w sadzie osiągnęli redukcję porażenia przez grzyb *Alternaria arnata* o 40 i 60%. Biorąc to pod uwagę, a także fakt długiego okresu neutralizacji fosforynów w roślinie, warto rozważać ich stosowanie zaczynając od początku sezonu, a kończąc nie później niż z końcem opadania płatków kwiatowych. Potwierdzić to mogą jedynie dalsze badania uwzględniające konkretne produkty i ich stężenia, gdyż w miarę z podnoszeniem stężeń fosforanów wzrasta ich rola wspomagająca ochronę, a także ryzyko powstawania fitotoksyczności rozpatrywanej także pod kątem wykorzystywania fosforynów do walki z chwastami [Reuveni i in. 2003, Manna i in. 2016, Achary i in. 2017].

Nawozom fosforynowym przypisuje się rolę stymulatorów, które dbając o zdrowotność roślin mogą mieć pośrednio wpływ na odżywienie i kondycję roślin. Nawozy fosforynowe dostarczają składniki odżywcze roślinom, gdyż oprócz fosforynu potasu często zawierają w swym składzie także inne pierwiastki towarzyszące, których wpływ na kondycję roślin może być istotny. Ten wpływ może mieć także pośrednie znaczenie, gdyż fosforyny poprawiając kondycję zdrowotną liści mogą wpływać na lepsze odżywienie owoców. Pfeiffer i in. [2020] donoszą, że fosforyn potasu może być wsparciem przy ograniczaniu na odmianie ‘Gala’ presji grzyba *Glomerella*, a na odmianie ‘Red Delicious’ presji grzyba *Alternaria*, czyli patogenów odpowiedzialnych za defoliację letnią wielu liści z drzew jabłoni. W Polsce często spotykane są straty w letnim ulistnieniu drzew, co może przekładać się także na zróżnicowanie jakości zbieranych jabłek.

Fosforyny potasu stosowane dogłębowo mają kontakt z bakteriami umożliwiającymi przejście formy fosforanowej do fosforynowej [Manna i in. 2016]. Z drugiej strony, dyskusyjnym jest, czy fosforyny potasu stosowane na rośliny pozakorzeniowo mogą być dla roślin źródłem fosforu i potasu [Manna i in. 2016, Yáñez-Juárez i in. 2018]. Z tego powodu

badano, czy w jabłkach opryskiwanych w sadzie preparatami fosforynowymi zmieniła się zawartość suchej masy oraz zawartość makro- i mikroelementów.

Wyniki w badaniach niniejszej dysertacji nie potwierdziły wyraźnego wpływu stosowania preparatów fosforynowych na zawartość suchej masy w owocach 'Natali Gala'. W roku 2015 co prawda odnotowano istotnie wyższy poziom zawartości suchej masy w kombinacji z nawozem Fosmagnum, ale w roku 2016 porównując zawartość suchej masy w badanych owocach nie zaobserwowano istotnych różnic. Należy wziąć pod uwagę, że trzykrotne stosowanie w roku fosforynu potasu w tak niewielkich dawkach nie jest w stanie w sposób bezpośredni podnieść zawartości makro i mikroelementów. Działanie takich nawozów należy zatem rozpatrywać pod kątem ich skuteczności jako działania biostymulującego.

Ticconi i in. [2001] udowodnili, że dostępność fosforynów dla rośliny powoduje tłumienie głodu fosforanowego, a przez to roślina nie reaguje na braki fosforu co w efekcie często prowadzi do niewystarczającego odżywienia fosforem. Analizując zawartość fosforu w jabłkach, widać wyraźną różnicę pomiędzy zawartością fosforu w owocach w poszczególnych latach. Postępujący co roku spadek zawartości fosforu w owocach mógłby być wynikiem kumulacji fosforynów w roślinie, ale z uwagi na fakt, że dane te dotyczą także kombinacji kontrolnej, w odczuciu Autora niniejszej pracy, są wynikiem rosnących trudności z pobieraniem z gleby najłatwiej przyswajalnych przez rośliny form fosforu. Porównując wyniki z kolejnych lat badań obserwowany brak ich powtarzalności może świadczyć o braku wpływu fosforynu potasu na zawartość fosforu w owocach. Zdaniem Autorów wielu doniesień naukowych, pozakorzeniowe stosowanie fosforynów jako stabilnych związków chemicznych, nie stanowi źródła przyswajalnego dla roślin fosforu, gdyż ten krążąc w roślinach, nie ulega przemianom do fosforanów, a zatem nie może stanowić źródła fosforu [Tkaczyk 2016]. Uznaje się, że fosforyny pobrane przez rośliny po wykonaniu pozakorzeniowych zabiegów nie są bowiem w stanie wiązać się w struktury roślinne. Manna i in. [2016] potwierdzają trwałość fosforynu jako związku chemicznego w roślinie, który z powodu braku odpowiedniego enzymu w roślinie nie może przejść w fosforany i stanowić źródła odżywienia fosforem.

Z tego powodu prawdopodobnym jest, że fosfor fosforynowy zawarty w nawozach nie wpłynął także istotnie na intensyfikację podziałów komórkowych i w następstwie na zawartość suchej masy owoców w poszczególnych kombinacjach. Uwidoczniony w roku 2015 wyższy poziom fosforu w kombinacji z nawozem Fosmagnum może się wiązać z faktem, że był to jedyny nawóz, który w swym składzie oprócz formy fosforynowej, zawierał także część fosforu w formie fosforanowej. Harada i in. [2005] donoszą, że pobudzenie podziałów komórkowych ma wpływ na wielkość owoców. Zatem stosowanie zabiegów w okresie intensywnych podziałów komórkowych mających miejsce w zawiązkach jabłek mogło wpływać na lepszą energetykę komórek rośliny, intensywniejsze podziały i ostatecznie na istotnie wyższą zawartość suchej masy w jabłkach pochodzących z tej kombinacji oznaczoną w 2015 roku. Rola fosforu jest związana z większością kluczowych procesów energetycznych w roślinach, gdyż wchodzi w skład m.in.: ADP, ATP, NADP [Pieniążek i in. 1988].

Owoce traktowane nawozem fosforynowym Resistim charakteryzowały się najniższą zawartością fosforu, nawet w porównaniu do kombinacji kontrolnej, w której fosforyny nie były stosowane. Różnice te, choć nie zawsze istotne statystycznie, mogą wynikać ze wspomnianego już tłumienia głodu fosforowego jaki opisali Ticconi i in. [2001]. Zastosowanie nawozu fosforynowego Profos wpłynęło na wyższą zawartość fosforu w owocach, ale tylko w

2017 roku. Trzeba również zaznaczyć, że nawóz Profos wpłynął w tamtym czasie nie tylko na wyższą zawartość fosforu, ale i na wyższą zawartość potasu, wapnia, magnezu i siarki w jabłkach. Może to być dowodem na biostymulujące działanie nawozu stymulującego do pobierania składników pokarmowych na zasadzie synergizmu. Stymulujące działanie fosforynów było już udowodnione przez innych Badaczy [Tkaczyk i in. 2014].

Zawartość wapnia w jabłkach była zróżnicowana tylko w 2017 roku. Zawartość wapnia w owocach z kombinacji kontrolnej nie odbiegała od zawartości oznaczonej w jabłkach z kombinacji z preparatami fosforynowymi. Brak jest zatem dowodów na ewentualne stymulowanie lub antagonistyczne działanie fosforynów potasu na zawartość wapnia w owocach.

Zawartość potasu w jabłkach zależała od zastosowanych fosforynów potasu w dwóch latach badań. Zanotowano również, że zawartość potasu w owocach traktowanych nawozem Fosmagnum była zawsze wysoka, a w jabłkach opryskiwanych preparatem Resistim niska. Największą zawartość potasu w owocach odnotowano w roku 2015 roku. W roku 2016 nie odnotowano istotnych różnic w zawartości potasu w jabłkach w żadnej z czterech kombinacji. Natomiast w roku 2017 każda z kombinacji różniła się istotnie między sobą. Biorąc powyższe pod uwagę należy przyjąć, że mimo, iż fosforyny potasu mają w swoim składzie potas, to trzykrotne stosowanie tych nawozów w sezonie, wnosi bardzo niewielką ilość potasu względem zapotrzebowania owoców w ten składnik. Stosowanie zatem fosforynów potasu nie ma w efekcie udokumentowanego wpływu na docelową zawartość potasu w owocach.

Tak jak w przypadku wapnia, zawartość magnezu w jabłkach zróżnicowana była jedynie w trzecim roku badań. Zastosowanie preparatu Profos sprzyjało wyższej zawartości magnezu w jabłkach, taką samą zależność obserwowano również w przypadku zawartości wapnia w owocach.

Zawartość siarki w owocach jabłoni w każdym z badanych lat przedstawiała się odmiennie. W drugim roku badań zawartość tego pierwiastka w jabłkach ze wszystkich kombinacji była taka sama. Z kolei w pierwszym i trzecim roku badań uzyskano wyniki całkowicie odmiennie. Owoce, które w pierwszym roku wykazały najwyższą zawartość siarki w ostatnim roku badań, odznaczały się najniższą zawartością siarki.

Nie udowodniono jednoznacznego wpływu stosowania preparatów na bazie fosforu potasu na zawartość mikroelementów w jabłkach odmiany 'Natali Gala'. W roku 2015 na oznaczanych 6 pierwiastków, tylko zawartość manganu była zróżnicowana, a większą zawartość wykazywały jabłka kontrolne. W kolejnym roku nie zaobserwowano istotnych różnic w przypadku zawartości sodu, żelaza i manganu, natomiast zastosowanie nawozów fosforynowych wywierało wpływ na zawartość boru, miedzi, i cynku. Natomiast w ostatnim, 2017 roku, zanotowano istotny wpływ nawozów fosforynowych na zawartość mikroelementów w owocach 'Natali Gala'. Wpływ preparatów fosforynowych przejawiał się jednak w różny sposób w zależności od oznaczanego mikroskładnika.

Badania Paraschivu i in. [2021] wykazały, że jakość jabłek podczas przechowywania zależy także od składu mineralnego owoców. W badaniach niniejszej dysertacji trzykrotne dolistne stosowanie fosforynów potasu w sezonie, z reguły nie wpłynęło istotnie na zawartość makroskładników w owocach jabłoni 'Natali Gala'. Nie notowano również powtarzalności uzyskanych wyników obrazujących zawartość makro i mikroskładników w jabłkach w kolejnych latach badań. Jak podają Mészáros i in. [2021], prawdopodobne różnice w

zawartości pierwiastków mogą się różnić i jest to zależne od obciążenia drzew owocami. W czasach deficytu składników, jabłonie starają się utrzymać składniki tak w liściach jak i owocach na optymalnym poziomie, ale ostatecznie ich poziom w organach zależy od dostępności tych składników dla rośliny.

Biorąc powyższe pod uwagę, nie można jednoznacznie udowodnić wpływu pozakorzeniowego stosowania fosforynów potasu na skład mineralny owoców. Skład chemiczny stosowanych w badaniach nawozów fosforynowych zawierał również inne pierwiastki. Zastosowanie nawozów fosforynowych nie spowodowało jednoznacznych i stałych zmian zawartości makro- i mikroelementów w owocach pomimo wnoszenia ich w formie dodatkowych aplikacji. Jest więc mało prawdopodobne, aby udział stosowanych nawozów opartych na fosforynie potasu, ale zawierających także inne pierwiastki, mógł przy tak niskich dawkach i wczesnym okresie stosowania bezpośrednio wpłynąć na zmianę procentową udziału mikroelementów w owocach.

6. WNIOSKI

Trzyletnie badania wpływu zróżnicowanych warunków przechowywania owoców oraz wpływu stosowania preparatów fosforynowych na jakość jabłek odmiany 'Natali Gala', umożliwiają sformułowanie następujących wniosków:

1. Wykazano wyraźny wpływ warunków przechowywania jabłek odmiany 'Natali Gala' na ich jędrność, wielkość ubytków masy, poziom kwasowości miareczkowej, intensywność oddychania oraz na występowanie chorób przechowalniczych.
2. Kontrolowane atmosfery o składach 4% CO₂ + 1,2% O₂ a także 2% CO₂ + 1,2% O₂ sprzyjały zachowaniu najwyższej jakości przechowywanych jabłek, natomiast najsłabszymi parametrami jakościowymi charakteryzowały się jabłka składowane w warunków normalnej atmosfery.
3. Jabłka odmiany 'Natali Gala' przechowywane w warunkach każdej z kontrolowanych atmosfer (KA), charakteryzowały się najczęściej wyższą kwasowością miareczkową, mniejszymi stratami masy owoców oraz mniejszą wrażliwością na choroby przechowalnicze w porównaniu do jabłek przechowywanych w warunkach normalnej atmosfery (NA).
4. Jabłka 'Natali Gala' przechowywane w warunkach NA odznaczały się najszybszym tempem dojrzewania o czym z reguły świadczyła ich najwyższa intensywność oddychania.
5. Wpływ warunków przechowywania na zawartość ekstraktu w jabłkach 'Natali Gala' był różny i nie wykazywał jednolitych tendencji.
6. Udowodniono pozytywny wpływ stosowania preparatów fosforynowych na ograniczenie ilości jabłek 'Natali Gala' z objawami chorób przechowalniczych.
7. Preparaty fosforynowe na ogół wpływały na większość parametrów jakościowych jabłek, ale brakowało powtarzalności ich działania.
8. Wpływ dolistnego stosowania fosforynów potasu na zawartość suchej masy oraz makro- i mikroelementów w jabłkach odmiany 'Natali Gala' obserwowany był tylko w niektórych latach prowadzenia badań.
9. Zastosowane w doświadczeniu składy kontrolowanej atmosfery (KA) mogą być zalecane do przechowywania jabłek odmiany 'Natali Gala', natomiast przechowywanie jabłek tej odmiany w warunkach chłodni zwykłej (NA) wiąże się z większymi stratami jakościowymi i ilościowymi.

7. LITERATURA

1. **Abdelfattah A., Freilich S., Bartuv R., Zhimo V.Y., Kumar A., Biasi A., ... & Droby S.** 2021. Global Analysis of the Apple Fruit Microbiome: Are All Apples the Same? <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15469>
2. **Achary V.M.M., Ram B., Manna M., Datta D., Bhatt A., Reddy M.K., Agrawal P.K.** 2017. Phosphite: a novel P fertilizer for weed management and pathogen control. *Plant Biotechnology Journal*, 15(12), 1493-1508.
3. **Aćimović S.G., VanWoerkom A.H., Garavaglia T., Vandervoort Ch., Sundin G.W., Wise J.C.** 2016. Seasonal and Cross-Seasonal Timing of Fungicide Trunk Injections in Apple Trees to Optimize Management of Apple Scab. *The American Phytopathological Society* 1606-1616, <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-15-1061-RE>
4. **Aćimović S.G., Zeng Q., McGhee G.C., Sundin G.W., Wise J.C.** 2015. Control of fire blight (*Erwinia amylovora*) on apple trees with trunk-injected plant resistance inducers and antibiotics and assessment of induction of pathogenesis-related protein genes. *Front. Plant Sci.*, 6: 16. doi:10.3389/fpls.2015.00016.
5. **Aleksić G., Popović T., Starović M., Kuzmanović S., Dolovac N., Jošić D., Gavrilović V.** 2014. The effectiveness of potassium phosphite and captan mixture in controlling *Venturia inaequalis* in apple orchards. *Journal Pesticides and Phytomedicine* 29, 2: 137-143.
6. **Alhaj Alali F., Askari Sarcheshmeh M.A., Babalar M.** 2020. The influence of various levels of ammonium to total nitrogen on post-harvest performance of three apple cultivars (Golab Kohans, Gala, and Granny Smith). *DYSONA - Applied Science*, 1(1), 11-19.
7. **Amiri A., Bompeix G.** 2011. Control of *Penicillium expansum* with potassium phosphite and heat treatment. *Crop Protection*, 30(2), 222-227.
8. **Andziak E., Tomala K.** 2006. Wpływ składu atmosfery na jakość i zdolność przechowalniczą jabłek odmiany Šampion. [W:] Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych. Red. K. Tomala. Druk MARLEX, Warszawa 3: 79-89.
9. **Araujo L., Pinto F.A.M.F., de Souza Vieira J., da Silveira Pasa M., Valdebenito-Sanhueza R.M., Stadnik M.J.** 2020. Uso de bioestimulantes para o manejo da Sarna da Macieira em pomares. *Agropecuária Catarinense*, 33(3), 60-66.
10. **Argenta L.C., Amarante C.V.T.D., Brancher T.L., Betinelli K.S., Bartinick V.A., Nesi C.N.** 2021. Comparison of fruit maturation and quality of 'Gala' apple strains at harvest and after storage. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 43(1).
11. **Argenta L.C., Fan X., Mattheis J.P.** 2002. Responses of 'Fuji' apples to short and long duration exposure to elevated CO₂ concentration. *Postharvest Biology and Technology*, 24(1), 13-24.
12. **Bajcar M., Saletnik B., Zardzewiały M., Drygaś B., Czernicka M., Puchalski C., Zaguła G.** 2020. Method for Determining Fruit Harvesting Maturity. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9(4), 773-776.

13. **Basak A.** 2006. The effect of fruit thinning on fruit quality parameters the apple cultivar 'Gala'. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 14, 2: 143-150.
14. **Basak A., Soczek Z., Golik Z., Niezborala B.** 1977. The acceleration of ripening of apples by the use of ethephon, SADH and NAA. In *Symposium on Growth Regulators in Fruit Production* 80 (pp. 373-376).
15. **Bashir Z., Zargar M.Y., Baba Z.A., Mohiddin F.A., Peer F.A., Mir S.A., Najjar G.R.** 2018. Isolation and characterization of phosphorus solubilizing bacteria (PSB) from rhizospheric soils of apple (*Malus domestica*). *J Pharmacogn Phytochem*, 7, 2997-3000
16. **Ben J.M.,** 2006. Relations between the mineral composition of apples cv. 'Elise' and their susceptibility to physiological disorders. *Veg. Crops Res. Bull.* 65:203-208.
17. **Berghetti M.R.P., Brackmann A., Thewes F.R., Schultz E.E., Ludwig V., Wendt L.M., ... & Schmidt S.F.P.** 2020. Extremely low oxygen partial pressures for the storage of 'Royal Gala' apple. *Bragantia*, 79, 145-154.
18. **Bertsch F., Ramirez. F., Henriquez C.** 2009. Evaluation del fosfito como fuente fertilizante de fósforo via radicaly foliar. *Agron. Costarricense* 33: 249-265.
19. **Biegert K., Stöckeler D., McCormick R.J., Braun P.** 2021. Modelling Soluble Solids Content Accumulation in 'Braeburn' Apples. *Plants* 2021, 10, 302.
20. **Bielenin A.,** 2002. Grzyby z rodzaju *Phytophthora* w uprawach sadowniczych: występowanie, szkodliwość i zwalczanie. *Zeszyt Naukowy Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, Monografie i Rozprawy.*
21. **Bieniasz M., Dziedzic E.** 2011. Wybrane zagadnienia dotyczące kwitnienia roślin sadowniczych. [W:] *Materiały konferencyjne: VII Międzynarodowe Targi Agrotechniki Sadowniczej. Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych.* Red. SGGW i BASF Polska Sp. z o.o.. Warszawa. 57-64.
22. **Błaszczyk J.** 2006. Wpływ terminu zbioru na właściwości przechowalnicze jabłek odmiany 'Topaz'. *Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa.* Kraków 14: 87-93.
23. **Błaszczyk J.** 2010. Influence of harvest date and storage conditions on the changes of selected qualitative conditions of 'Concorde' pears. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research.* 18. 2: 211-221
24. **Błaszczyk J.** 2011. Wpływ terminu zbioru i warunków przechowywania na jakość i zdolność przechowywania nowych odmian gruszek. *Rozprawa habilitacyjna. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.* Tom 478. Nr 355.
25. **Błaszczyk J. Łysiak G.** 2001. Storage properties of Czech Pear cultivars Erica and Dicolor. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research.* 9. 1-4: 71-76
26. **Błaszczyk J., Ben J.** 1997. Wpływ nawożenia azotem na niektóre właściwości jabłek odmiany Red Boskoop. Cz. II. Wpływ azotu na jakość jabłek po zbiorze i po przechowywaniu. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie, Ogrodnictwo* 23: 39-45.
27. **Błaszczyk J., Gasparski K.** 2019. Influence of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on the quality and storability of 'Red Jonaprince' apples stored in different conditions. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, DOI: 10.24326/asphc.2019.6.1. 18(6) 2019, 7–15.

28. **Borys M.W.** 1979. Żywnienie mineralne. PWN Warszawa. Fizjologia Roślin Sadowniczych. Praca zbiorowa pod red. L.S. Jankiewicz. 5: 178-244
29. **Both V., Thewes F.R., Brackmann A., Anese R.D.O., Ferreira D.D.F., Wagner R.** 2017. Effects of dynamic controlled atmosphere by respiratory quotient on some quality parameters and volatile profile of 'Royal Gala' apple after long-term storage. *Food Chemistry* 215: 483-492.
30. **Both V., Thewes F.R., Brackmann A., Ferreira D.D.F., Pavanello E.P., Wagner R.** 2016. Effect of low oxygen conditioning and ultralow oxygen storage on the volatile profile, ethylene production and respiration rate of 'Royal Gala' apples. *Scientia Horticulturae* 209: 156-164.
31. **Brayek A.H., Čabilovski R.R., Petković K.M., Magazin N.P., Čakmak D.B., Manojlovic M.S.** 2019. Wydajność różnych metod i form mikroelementów zastosowanie w funkcji n nawozu w jabłoni. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 18(5), 201–211.
32. **Broniarek-Niemiec A.** 2015. Sprawozdanie za rok 2015: Zwalczanie parcha jabłoni (Basfoliar Activ). Instytut Ogrodnictwa, Oddział Sadownictwa w Skierniewicach Nr badania: OR/25/2015
33. **Brookfield P.L., Ferguson I.B., Watkins C.B., Bowen J.H.** 1996. Seed number and calcium concentrations of 'Braeburn' apple fruit. *Journal of Horticultural Science*, 71(2), 265-271.
34. **Bryk H.** 2010. Choroby przechowalnicze jabłek i gruszek. [W:] Materiały konferencyjne: VI Międzynarodowe Targi Agrotechniki Sadowniczej. Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych. Red. SGGW i BASF Polska Sp. z o.o.. Warszawa. 17-26.
35. **Bryk H., Rutkowski K.P.** 2012. Wpływ traktowania jabłek gorącą wodą na ich jakość i występowanie chorób przechowalniczych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 2012, Vol. 57. 3: 26-30.
36. **Bryk H., Sobiczewski P.** 2018. Serwis ochrony roślin ogrodniczych. *SAD* 6: 52-54.
37. **Buccheri M., Di Vaio C.** 2005. Relationship among seed number, quality, and calcium content in apple fruits. *Journal of Plant Nutrition*, 27(10), 1735-1746.
38. **Bühlmann A., Rebeaud S.G.** 2017. Empfehlungen für die Obstlagerung 2017. *Obstlagerung* 17: 11-14.
39. **Bujdei A., Stan A., Dobrin A., Bădulescu L., Stănică F.** [2019]. Apples quality indicators variation during storage in controlled atmosphere conditions. *Scientific Papers. Series B, Horticulture*, 91-96.
40. **Bulens I., Van de Poel B., Hertog M.L.A.T.M., de Proft M.P., Geerard A.H., Nicolai B.M.** 2012. Influence of harvest time and 1-MCP application on postharvest ripening and ethylene biosynthesis of 'Jonagold' apple. *Postharvest Biology and Technology* 72: 11-19.
41. **Butkeviciute A., Viskelis J., Viskelis P., Liaudanskas M., Janulis V.** 2021. Changes in the Biochemical Composition and Physicochemical Properties of Apples Stored in Controlled Atmosphere Conditions. *Applied Sciences*, 11(13), 6215.

42. **Caliskan-Aydogan O.Y.H., Schupp J.R., Choi D., Heinemann P.H., Puri V.M.** 2020. Thermal Properties of ‘Gala’ Apples during Growing Season for Predicting Harvest Time. *Transactions of the ASABE*, 63(2), 305-315.
43. **Cao M., Wang D., Qiu L., Ren X., Ma H.** 2021. Shelf Life Prediction of ‘Royal Gala’ Apples Based on Quality Attributes and Storage Temperature. <https://doi.org/10.7235/HORT.20210031>
44. **Cerioni L., Rapisarda V.A. Doctor J., Fikkert S., Ruiz T., Fassel R., Smilanick J.L.** 2013. Use of Phosphite Salts in Laboratory and Semicommercial Tests to Control Citrus Postharvest Decay. *Plant Dis.* 97:201-212.
45. **Ceroni P., Minardi P., Babini V., Traversa F., Mazzucchi U.** 2004. Survival of *Erwinia amylovora* on pears and on fruit containers in cold storage and outdoors. *EPP0 Bulletin*, 34(1), 109-115.
46. **Christodoulou M.D., Culham A.** 2021. When do apples stop growing, and why does it matter?. *Plos one*, 16(6), e0252288.
47. **COBORU.** 2020a. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych. Informacje o odmianie ‘Natali Gala’. http://www.coboru.pl/Polska/odm_szczegoly.aspx?nrodm=12379 (13.07.2020.)
48. **COBORU.** 2020b. Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych (KR). Jabłoń – podkładki http://www.coboru.pl/Polska/Rejestr/odm_w_rej.aspx?kodgatunku=JADP (13.07.2020.)
49. **Czajka A., Czubatka-Bieńkowska A., Robak J.** 2016. Nowe możliwości integrowanej ochrony kapusty głowiastej przed kiłą kapusty – *Plasmodiophora brassicae*. *Zeszyty Naukowe Instytutu Ogrodnictwa* 2016. 26:33-42.
50. **Czynczyk A.** 1998. Podkładki zalecane do produkcji drzewek owocowych. [W:] *Szkółkarstwo sadownicze*. Red. M. Kręcisz. PWRiL, Warszawa: 39-74.
51. **Czynczyk A., Treder W., Keller J., Kielkiewicz M.** 2001. Wpływ liczby zawiązków na drzewach odmiany Lobo na M.9 na jakość owoców i przemienność owocowania. *Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa w Skierniewicach*, (09), 161-166.
52. **Daniel R., Guest D.** 2006. Defence responses induced by potassium phosphonate in *Phytophthora palmivora* – challenged *Arabidopsis thaliana*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 67: 194–201. DOI 10.1016/j.pmpp.2006.01.003.
53. **De Wit J.** 2018. Czynniki wpływające na wybarwienie jabłek. [W:] *Materiały konferencyjne: XIV Międzynarodowe Targi Agrotechniki Sadowniczej. Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych*. Red. SGGW i BASF Polska Sp. z o.o.. Plantpress Kraków. 26-31.
54. **DeEll J.R., Lum G.B., Ehsani-Moghaddam B.** 2016. Effects of multiple 1- methylcyclopropene treatments on apple fruit quality and disorders in controlled atmosphere storage. *Postharvest Biology and Technology* 111: 93-98.
55. **DeEll J.R., Murr D.P., Mueller R., Wiley L., Porteous M.D.** 2005. Influence of 1- methylcyclopropene (1-MCP), diphenylamine (DPA), and CO₂ concentration during storage on ‘Empire’ apple quality.. *Postharvest Biology and Technology*. 38: 1-8.

56. **DeEll J.R., Murr D.P., Porteous M.D., Rupasinghe V.R.** 2002. Influence of temperature and duration of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on apple quality. *Postharvest Biology and Technology* 24, 3: 349–353.
57. **DeEll J.R., Murr D.P., Wiley L., Porteous M.D.** 2003. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) increases CO₂ injury in apples. *Acta Horticulturae* 600: 277–280.
58. **Dewey F.M., Grant-Downton R.** 2016. *Botrytis*-biology, detection and quantification. In *Botrytis—the fungus, the pathogen and its management in agricultural systems* (pp. 17-34). Springer, Cham.
59. **Dias-Arieira, C.R., Marini P.M., Fontana L.F., Roldi M., Silva T.R.B.** 2012. Effect of *Azospirillum brasilense*, Stimulate® and potassium phosphite to control *Pratylenchus brachyurus* in soybean and maize. *Nematropica* 42.1.2012:170-175.
60. **Domagała-Świątkiewicz I., Błaszczak J.** 2009a. Effect of calcium nitrate spraying on mineral contents and storability of "Elise" apples. *Polish Journal of Environmental Studies* 18. 5: 971-976
61. **Domagała-Świątkiewicz I., Błaszczak J.** 2009b. Wpływ jesiennego dolistnego nawożenia mocznikiem na stan odżywienia mineralnego jabłoni odmiany 'Elise'. [W:] Konferencja Naukowa Ogrodnictwo Jutra – wyzwania i zagrożenia. Red. PTNO o. Kraków i Wydział Ogrodniczy Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. 2009: 34.
62. **Drake S.R., Eisele T.A.** 1997. Quality of 'Gala' apples as influenced by harvest maturity, storage atmosphere and concomitant storage with 'Bartlett' pears. *Journal of Food Quality* 20, 1: 41-51.
63. **Elfar K., Zoffoli J.P., Latorre B.A.** 2020. *Alternaria* spp. on apparently healthy apples as a potential 24 inoculum source for moldy core development and the effect of 25 resistant and susceptible apple cultivars 26. *Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal*, 69.
64. **Elgar H.J., Watkins C.B., Murray S.H., Gunson F.A.** 1997. Quality of 'Buerre Bosc' and 'Doyenne du Comice' pears in relation to harvest date and storage period. *Postharvest Biology and Technology* 10, 1: 29-37.
65. **Ellis M.A., Madden L.V., Burr T.J.** 2000. Effectiveness of Fosetyl-Aluminum and Streptomycin Alone and In Combination for Control of Blister Spot on 'Mutsu' Apples in Ohio and New York. PHP-2000-1204-01-RS.
66. **Erkan M., Pekmezci M., Gübbük H.** 2004. Effects of Controlled Atmosphere Storage on Scald Development and Postharvest Physiology of 'Granny Smith' Apples. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 28: 43-48.
67. **Estrada-Ortiz E., Trejo-Tellez L.I., Gómez-Merino F.C., Nunez-Escobar R. Sandoval-Villa M.** 2011. Respuestas bioquímicas en fresa al suministro de fósforo en forma de fosfito. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 17: 129-138
68. **Estrada-Ortiz E., Trejo-Tellez L.I., Gómez-Merino F.C., Nunez-Escobar R. Sandoval-Villa M.** 2013. The Effects of Phosphite on Strawberry Yield and Fruit Quality. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition.* 13.3: 612-620.
69. **Fallahi E., Conway W.S., Hickey K.D., Sams C.E.** 1997. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *HortScience* 32(5): 831–835.

70. **Fallahi, E.** 2018. Long-Term Influence of Irrigation Systems on Postharvest Fruit Quality Attributes in Mature 'Autumn Rose Fuji' Apple Trees. *International Journal of Fruit Science*, 18(2), 177-187.
71. **Fan X., Blankenship S.M., Mattheis J.P.** 1999. 1-Methylcyclopropene inhibits apple ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 124(6): 690-695.
72. **Fathizadeh Z., Aboonajmi M., Beygi S.R.H.** [2020]. Nondestructive firmness prediction of apple fruit using acoustic vibration response. *Scientia Horticulturae*, 262, 109073.
73. **Fellman J.K., Rudell D.R., Scott Mattison D., Mattheis J.P.** 2003. Relationship of harvest maturity to flavor regeneration after CA storage of 'Delicious' apples. *Postharvest Biology and Technology*, 27, 39-51.
74. **Fenn M.E., Coffey M.D.** 1984. Studies on the *in vitro* and *in vivo* antifungal activity of fosetyl – Al and phosphorous acid. *Phytopathology* 74: 606-611. DOI 10.1094/Phyto-74-606.
75. **Fenn M.E., Coffey M.D.** 1985. Future evidence for the direct mode of action of fosetyl-Al and phosphorous acid. *Phytopathology* 75: 1064-1068. DOI 10.1094/Phyto-74-606.
76. **Gacek E.** 2020. Lista odmian roślin sadowniczych wpisanych do krajowego rejestru w Polsce. COBORU, Słupia Wielka. www.lo_sady_2020.pdf (coboru.gov.pl)
77. **Gadaga S.J.C., Abreu M.S., Resende M.L.V., Ribeiro Júnior P.M.** 2017. Phosphites for the control of anthracnose in common bean. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.52, n.1, p.36-44, jan. 2017. DOI: 10.1590/S0100-204X2017000100005
78. **Gąstoł M., Domagała-Świątkiewicz I.** 2009. Wpływ różnych metod ograniczania wzrostu jabłoni na poziom akumulacji wybranych mikroelementów. [W:] Konferencja Naukowa Ogrodnictwo Jutra – wyzwania i zagrożenia. Red. PTNO o. Kraków i Wydział Ogrodniczy Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. 2009: 50.
79. **Gelain J., Alves S.A.M., Moreira R.R., De Mio L.L.M.** 2020. *Neonectria ditissima* physiological traits and susceptibility of 'Gala' and 'Eva' detached apple fruit. *Tropical Plant Pathology*, v. 45, p. 25-33,
80. **Giraud M., Gaucher M., Lemarquand A., Orain G., Le Maguet J., Bellevaux C., ... Brisset M.N.** 2018. Evaluation and optimization of the use of plant resistance inducers in apple orchard (PEPS project). *On Pome Fruit Diseases*, 138, 82-86.
81. **Glinicki R., Sas-Paszt L., Jadczyk-Tobjasz E.** 2010. The effect of plant stimulant/fertilizer "Resistim" on growth and development of strawberry plants. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 18, 1: 111-124.
82. **Gonkiewicz A., Leja M.** 2009. Wpływ przerzedzania kwiatów i zawiązków owocowych jabłoni odmiany Szampion (*Malus domestica* L.) na jakość owoców. [W:] Konferencja Naukowa Ogrodnictwo Jutra – wyzwania i zagrożenia. Red. PTNO o. Kraków i Wydział Ogrodniczy Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. 2009: 54.
83. **Gorny J.R., Kader A.A.** 1996. Regulation of ethylene biosynthesis in climacteric apple, fruit by elevated CO₂ and reduced O₂ atmospheres. *Postharvest Biology and Technology* 9: 311-323.
84. **Gómez-Merino F.C., Trejo-Tellez L.I.** 2015. Biostimulant activity of phosphite in horticulture. *Scientia Horticulturae* 196: 82-90.

85. **Gómez-Merino F.C., Trejo-Tellez L.I.** 2016. Conventional and novel uses of phosphite in horticulture: potentialities and challenges. Review n. 29 – Italus Hortus 23 (2), 2016: 1-13
86. **Grabowski M.** 2014. Choroby drzew owocowych. Wyd. Plantpress Sp. z o.o.. Kraków.
87. **Grzebisz W.** 1996. Efektywność i optymalizacja nawożenia. Police S.A. Szczecin. Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Praca zbiorowa pod red. R. Czuby. 6: 201-245.
88. **Guest D., Grant B.** 1991. The complex action of phosphonates as antifungal agents. Biological Reviews 66: 159-187. DOI 10.1111/j. 1469-185X.1991.tb01139.x.
89. **Guz T., Kobus Z., Nadulski R., Kulig R., Starek A.** 2015. Przechowywanie jabłek jako ważny element spedycji tych owoców. Logistyka 5: 129-136.
90. **Hailey L.E., Percival G.C.** 2014. Comparative Assessment of Phosphite Formulations for Apple Scab (*Venturia inaequalis*) Control. Arboriculture & Urban Forestry 2014. 40(4): 237–243
91. **Harada T., Kurahashi W., Yanai M., Wakasa Y., Satoh T.** 2005. Involvement of cell proliferation and cell enlargement in increasing the fruit size of *Malus species*. Scientia Horticulturae, 105(4), 447-456.
92. **Heaton J.B., Dullahide S.R.** 1990. Efficacy of phosphonic acid in other host pathogen systems. Australasian Plant Pathology 19: 133–134. DOI: 10.1071/app9900133.
93. **Hirosse E.H., Creste J.E., Custódio C.C., Machado-Neto N.B.** 2012. *In vitro* growth of sweet potato fed with potassium phosphite. Acta Scientiarum, Agronomy 34: 85–91. doi 10.4025/actasciagron.v34i1.10810.
94. **Holthusen H.H., Weber R.W.** 2021. Apple blossom-end rot due to *Neonectria ditissima* is initiated by infections at full flowering and incipient petal fall. New Zealand Plant Protection, 74(2S), S2-S8.
95. **Holubowicz T.** 1979. Odporność na uszkodzenia mrozowe. PWN Warszawa. Fizjologia Roślin Sadowniczych. Praca zbiorowa pod red. L.S. Jankiewicz. 16: 647-690
96. **Ippolito A., Nigro F.** 2000. Impact of preharvest application of biological control agents on postharvest diseases of fresh fruits and vegetables. Crop protection, 19(8-10), 715-723.
97. **Jeziorek K., Tomala K.** 2009. Wpływ 1-MCP i warunków KA na zdolność przechowalniczą jabłek parchoodpornego klonu U 641. W: Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych (Tomala K. ed.). Hortpress (9):53-61.
98. **Jobling J.J., McGlasson W.B.** 1995. A comparison of ethylene production, maturity and controlled atmosphere storage life of Gala, Fuji and Lady Williams apples (*Malus domestica* Borkh.). Postharvest Biology and Technology 6, 3-4: 209-218.
99. **Johnson D.S., Yogaratnam N.** 1978. The effects of phosphorus sprays on the mineral composition and storage quality of Cox's Orange Pippin apples. Journal of Horticultural Science, 53(3), 171-178.
100. **Johnson K.B., Temple T.N.** 2017. Induction of Systemic Acquired Resistance Aids Restoration of Tree Health in Field-Grown Pear and Apple Diseased with Fire Blight. Plant Disease 2017.101:1263-1268. doi/pdf/10.1094/PDIS-12-16-1772-RE
101. **Johnston J.W., Hewett E.W., Banks N.H., Harker F.R., Hertog M.L.A.T.M.** 2001. Physical change in apple texture with fruit temperature: effects of cultivar and time in storage. Postharvest Biology and Technology 23; 13-21

102. **Juhnevica-Radenkova K., Radenkova V.** 2016. Influence of 1-Methylcyclopropene and ULO Conditions on Sensory Characteristics of Apple Fruit Grown in Latvia. *Journal of Horticultural Research* 24, 1: 37-46.
103. **Kader A.A.** 1980. Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres. *Food Technology* 34, 3: 51-54.
104. **Kader A.A.** 2003. Physiology of CA treated produce. *Acta Horticulturae* 600: 349-354.
105. **Kapusta F.** 2014. *Ekonomia XXI wieku. Rynek owoców w Polsce w okresie przedakcesyjnym i po akcesji do Unii Europejskiej.* Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu. ISSN 2353-8929. DOI: 10.15611/e21.2014.3.01
106. **Kelderer M., Matteazzi A., Casera C.** 2006. Nebenwirkungen auf den Fruchtansatz der Behandlungen von Schwefelkalk in die Blüte mit der Beregnung bzw. mit dem Sprüher. In: Boos, Markus (Ed.) *Ecofruit - 12th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing: Proceedings to the Conference 31.01.2006.-02.02.2006.* Weinsberg/Germany, 225-227.
107. **Kołodziej B.** 2009. Wpływ sposobu zakładania plantacji i nawożenia dolistnego na plon i jakość tymianku pospolitego. *Annales UMCS Sectio E* 64, 2: 1-7.
108. **Konopacka D., Płocharski W.J.** 2002. Effect of picking maturity, storage technology and shelf-life on changes of apple firmness of 'Elstar', 'Jonagold' and 'Gloster' cultivars. *Journal of Fruit and Ornamental Plant*, 10:15-26.
109. **Köpcke D.** 2015. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and dynamic controlled atmosphere (DCA) applications under elevated storage temperatures: effects on fruit quality of 'Elstar', 'Jonagold' and 'Gloster' apple (*Malus domestica* Borkh.). *European Journal of Horticultural Science* 80: 25-32.
110. **Kruczyńska D.** 2003. Jabłoń. [W:] *Pomologia odmianoznawstwo roślin sadowniczych* aneks. Red. Z. Bujnowska. PWRiL, Warszawa: 15-48.
111. **Kruczyńska D.** 2008. Odmiany zimowe. [W:] *Nowe odmiany jabłoni.* Red. J.Kowalska. Hortpress. Warszawa 65-71.
112. **Kuklewski J.** 2016. Odmiany z grupy 'Gala' w praktyce. *SAD* 12: 16-23.
113. **Kurešová G., Menšík L., Haberle J., Svoboda P., Raimanova I.** 2019. Influence of foliar micronutrients fertilization on nutritional status of apple trees. *Plant, Soil and Environment*, 65(6), 320-327.
114. **Lahlali R., Mchacti O., Radouane N., Ezrari S., Belabess Z., Khayi S., ... & Barka E.A.** 2020. The Potential of Novel Bacterial Isolates from Natural Soil for the Control of Brown Rot Disease (*Monilinia fructigena*) on Apple Fruits. *Agronomy*, 10(11), 1814.
115. **Landschoot P., Cook J.** 2005. Sorting out the phosphonate products. *Research Science for the Golf Course.* November 2005: 73-88.
116. **Lange E.** 1989. Przechowywanie owoców w chłodni. [W:] *Przechowywanie owoców.* Red. A. Dominiewska. PWRiL, Warszawa: 68-92.
117. **Lange E.** 1992. Przechowywanie owoców. [W:] *Przechowalnictwo owoców.* Red. G. Roczek, M. Kręcisz. PWRiL, Warszawa: 154-185.
118. **Lech W., Małodobry M.** 2006. Kwitnienie grusz. [W:] *Materiały konferencyjne II Międzynarodowe Targi Agrotechniki Sadowniczej. Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych.* Red. SGGW i BASF Polska Sp. z o.o.. Marlex. Warszawa. 53-68.

119. **Letham, D.S.** 1969. Influence of fertilizer treatment on apple fruit composition and physiology. II. Influence on respiration rate and contents of nitrogen, phosphorus, and titratable acidity. *Australian Journal of Agricultural Research*, 20(6), 1073-1085.
120. **Lewak St., Kopcewicz J.** 2009. *Fizjologia wzrostu i rozwoju*. [W:] *Fizjologia roślin Wprowadzenie*. Red. I. Zienkiewicz. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa: 115-174.
121. **Lobato M.C., Machinandiarena M.F., Tambascio C., Dosio G.A.A., Caldiz D.O., Daleo G.R., Andreu A.B., Olivieri F.P.** 2011. Effect of foliar applications of phosphite on post-harvest potato tubers. *Eur. J. Plant Pathol.* 130: 155-163
122. **Lobato M.C., Olivieri F.P., Daleo G.R., Andreu A.B.** 2010. Antimicrobial activity of phosphites against different potato pathogens. *Journal of Plant Diseases and Protection* 117: 102–109. DOI: 10.1007/bf03356343.
123. **Lovatt C.J.** 1990. Factors affecting fruit set/early fruit drop in avocado. *California Avocado Society Yearbooks* 74: 193–199.
124. **López-Arredondo D.L., Herrera-Estrella L.** 2012. Engineering phosphorus metabolism in plants to produce a dual fertilization and weed control system. *Nat. Biotechnol.* 30: 889–893.
125. **Ludwig V., Thewes F.R., Wendt L.M., Berghetti M.R.P., Schultz E.E., Schmidt S. F.P., Brackmann A.** 2020. Extremely low-oxygen storage: aerobic, anaerobic metabolism and overall quality of apples at two temperatures. *Bragantia*, 79, 458-471.
126. **Łysiak G.** 2012a. The base colour of fruit as an indicator of optimum harvest date for two apple cultivars (*Malus domestica* Borkh.). *Folia Hort.* 24/1 (2012): 81-89. DOI: 10.2478/v10245-012-0012-2
127. **Łysiak G.** 2012b. The sum of active temperatures as a method of determining the optimum harvest date of ‘Šampion’ and ‘Ligol’ apple cultivars. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 11(6) 2012; 3-13.
128. **Łysiak G., Kurlus R., Zydlik Z., Walkowiak-Tomczak D.** 2014. Apple skin colour changes during harvest as an indicator of maturity. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus* 13(3) 2014; 71-83.
129. **Łysiak G., Kurlus R.** 2000. Rootstock effect on Optimum Harvest Date and Storability on two Apple Cultivars. *International Conference Fruit Production and Fruit Breeding*, Tartu, Estonia, 12-13 September, 2000.; 72-75.
130. **Ma S.S., Chen P.M., Mielke E.A.** 2000. Storage life and ripening behaviour of ‘Cascade’ pears as influenced by harvest maturity and storage temperature. *Journal of American Pomological Society* 54, 3: 138-147.
131. **MacIntire W.H., Winterberg S.H., Gardi L.J., Sterges A.J., Clements L.B.** 1950. Fertilizer evaluation of certain phosphorus, phosphorous and phosphoric materials by means of pot cultures. *Agronomy Journal* 42: 543–549
132. **Malladi A., Hirst P.M.** 2010. Increase in fruit size of a spontaneous mutant of ‘Gala’ apple (*Malus × domestica* Borkh.) is facilitated by altered cell production and enhanced cell size. *Journal of Experimental Botany*, 61(11), 3003-3013.
133. **Malusa E., Tosi L.** 2005. Phosphorous acid residues in apples after foliar fertilization: results of field trials. *Food Additives and Contaminants*, 22(6), 541-548.

134. **Manna M., Achary V.M.M., Islam T., Agrawal P.K., Reddy M.K.** 2016. The development of a phosphite-mediated fertilization and weed control system for rice. *Sci. Rep.* 6, 24941: 1-12.
135. **Marks N.** 2011. Wpływ mikroklimatu przechowalni na jakościowe i ilościowe wskaźniki i cechy jabłek. *Inżynieria Rolnicza* 5, 103.
136. **MCFA.** 2014. Minor Crop Farmer Alliance announcement. Member News. Attention, phosphite fertilizer users. DOI: mcfa news fall 2014 111414 layout final (squarespace.com)
137. **Mehinagic E., Royer G., Symoneaux R., Bertrand D., Jourjon F.** 2004. Prediction of sensory quality of apples by physical measurements. *Postharvest Biology and Technology* 34: 257-269.
138. **Mészáros M., Hnátková H., Čonka P., Náměstek J.,** 2021. Linking Mineral Nutrition and Fruit Quality to Growth Intensity and Crop Load in Apple. *Agronomy*, 11, 506. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030506>
139. **Meszka B., Bielenin A.** 2010. Wpływ nawozów dolistnych na nasilenie występowania parcha i mączniaka jabłoni. [W:] 53 Konferencja Ochrony Roślin Sadowniczych. ISK Skierniewice. 164-165.
140. **Meszka B., Michalecka M.** 2016. Identyfikation of *Phytophthora* ssp. Isolated from plants and soil samples strawberry plantations in Poland. *J Plant Dis Prot* 123: 29-36
141. **Michalski P.** 2016. Innowacyjne rozwiązania wpływające na pozbiorną trwałość owoców. Polskie Towarzystwo Technologów Żywności, Wydział Technologii Żywności UR im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. Kraków. Innowacyjne rozwiązania w technologii żywności i żywieniu człowieka. 166-174.
142. **Milosevic T., Milosevic N., Mladenovic J.** 2019. Tree vigor, yield, fruit quality, and antioxidant capacity of apple (*Malus domestica* Borkh.) influenced by different fertilization regimes: preliminary results. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 43(1), 48-57.
143. **Mochecki J.** 1999. Ustalanie dawek nawozowych w sadach i jagodnikach. ISiK Skierniewice. Red.: Ligocka T.
144. **Moor U., Pöldma P., Tõnutare T., Karp K., Starast M., Vool E.** 2009. Effect of phosphite fertilization on growth, field and fruit composition of strawberries. *Scientia Horticulturae* 119: 264–269. DOI 10.1016/j.scienta.2008.08.005.
145. **Musacchi S., Serra S.** 2018. Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*, 234, 409-430.
146. **Muszyńska D., Orlikowski L.B.** 2010. Wykorzystanie propamokarbu z fosetylem glinowym w ochronie cyprysika i pelargonii przed *Phytophthora cinammomi* i *Pytium ultimum*. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 554: 113-118.
147. **Nadulski R.** 2009. Wpływ czasu i warunków przechowywania jabłek na ich wybrane właściwości mechaniczne. *Inżynieria Rolnicza* 2(111)/2009: 107-116
148. **Nadulski R., Guz T., Strzałkowska K.** 2012. Dynamika zmian wybranych cech teksturalnych jabłek podczas wtórnego przechowywania. *Inżynieria Rolnicza* 3, 138: 147-155.
149. **Nadulski R., Wróblewska-Barwińska K., Domagała D., Kobus A., Wilczyński K.** 2017. Texture Changes in apple cultivars during storage in different conditions. IX

- International Scientific Symposium „Farm Machinery and Processes Management in Sustainable Agriculture” Lublin, DOI:10.24326/fmpmsa.2017.47
150. **Naets M., Wang Z., Verboven P., Nicolai B., Keulemans W., Geeraerd A.** 2020. Size does matter—susceptibility of apple for grey mould is affected by cell size. *Plant Pathology*, 69(1), 60-67.
 151. **Neilsen D., Neilsen G.** 2009. Nutritional effects on fruit quality for apple trees. *New York Fruit Quarterly*, 17(3), 21-24.
 152. **Neilsen G.H., Neilsen D., Toivonen P., Herbert L.** 2008. Annual bloom-time phosphorus fertigation affects soil phosphorus, apple tree phosphorus nutrition, yield, and fruit quality. *HortScience*, 43(3), 885-890.
 153. **Nesrsta D.** 2011. Odrůdy jabloní domácí. [W:] *Jádroviny*. Petr Baštan, Olomouc: 69-180.
 154. **Oka Y., Tkachi N., Mor M.** 2007. Phosphite Inhibits Development of the Nematodes *Heterodera avenae* and *Meloidogyne marylandi* in Cereals. *Nematology*. 97: 396-404
 155. **Ordax M., Biosca E.G., Wimalajeewa S.C., López M.M., Marco-Noales E.** 2009. Survival of *Erwinia amylovora* in mature apple fruit calyces through the viable but nonculturable (VBNC) state. *Journal of Applied Microbiology*, 107(1), 106-116.
 156. **Orosz-Tóth M., Kincses S.** [2019]. The examination of flesh firmness in different apple varieties. *Acta Agraria Debreceniensis* (2), 103-107.
 157. **Othake H., Wu H., Imazu K., Anbe Y., Kato J., Kuroda A.** 1996. Bacterial phosphonate degradation, phosphate oxidation and polyphosphate accumulation. *Resources. Conservation and Recycling* 18: 125–134. DOI 10.1016/S0921-3449(96)01173-1.
 158. **Ouimette D.G., Coffey M.D.** 1989a. Phosphonate levels in avocado (*Persea americana*) seedlings and soil following treatment with fosetyl-Al or potassium phosphonate. *Plant Disease* 73: 212– 215. DOI 10.1094/pd-73-0212
 159. **Ouimette D.G., Coffey M.D.** 1989b. Comparative antifungal activity of four phosphonate compounds against isolates of nine *Phytophthora* species. *Phytopathology* 79: 761-767.
 160. **Pacholak E., Rutkowski K.** 1999. Wpływ nawożenia oraz temperatury i opadów na plonowanie jabłoni odmiany Cortland w latach 1982-1998. *Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk Wydział Nauk Rolniczych i Leśnych. Prace Komisji Nauk Rolniczych i Komisji Nauk Leśnych. Tom 87.* 103-114.
 161. **Pakuła K., Kuziemska B., Trębicka J., Pieniak-Lendzion K.** 2018. Produkcja jabłek w Polsce – aspekty środowiskowe, ekonomiczne i logistyczne. 1Wydział Przyrodniczy, 2Wydział Nauk Ekonomicznych i Prawnych Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego Ekonomia i Organizacja Gospodarki Żywnościowej nr 122 (2018),* 81–93 DOI 10.22630/EIOGZ.2018.122.16
 162. **Papp D., Singh J., Gadoury D., Khan A.** 2020. New North American isolates of *Venturia inaequalis* can overcome apple scab resistance of *Malus floribunda* 821. *Plant Disease*, 104(3), 649-655.

163. **Paraschivu M., Cotuna O., Paraschivu M., Gh M.** 2021. Three main pathogens that affect apples during storage and their influence on fruits quality. *Annals of the University of Craiova-Agriculture, Montanology, Cadastre Series.* 50(2), 116-125.
164. **Pardo A., Borges P.A.V.** 2020. Worldwide importance of insect pollination in apple orchards: A review, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol 293, 106839, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106839>.
165. **Pasini L., Ragni L., Rombola A.D., Berardinelli A., Guarnieri A., Marangoni B.** 2004. Influence of the fertilisation system on the mechanical damage of apples. *Biosystems Engineering*, 88(4), 441-452.
166. **Pasławski P., Migaszewski Z.M.** 2006. The quality of element determinations in plant materials by instrumental methods. *Pol. J. Environ. Stud.*, 15(2a): 154-164.
167. **Percival G.C., Banks J.M.** 2014. Evaluation of plant defence activators for the potential control of *Pseudomonas syringae* pv. *aesculi*. *Arboricultural J.*, 36: 76-88.
168. **Pereira W.V., Padilha A.C., Kaiser J.A., Nesi C.N., Fischer J.M., May-De-Mio L.L.** 2019. *Monilinia* spp. from imported stone fruits may represent a risk to Brazilian fruit production. *Tropical Plant Pathology*, 44(2), 120-131.
169. **Peşteanu A.** 2017. Effects of Ethephon Application on Color Development of ‘Gala Must’ Apples. *Bulletin UASVM Horticulture*, 74, 1.
170. **Pfeiffer D., Bergh J.C., Wilson J., Hooks C.R.R., Sherif S., Walsh C.S., Parkhurst J.** 2020. 2020 Spray Bulletin for Commercial Tree Fruit Growers. Va. Coop. Ext. Serv. Publ. 456-419.
171. **Pieniżek S.** 1988. *Sadownictwo. Wydanie IX. PWRiL, Warszawa.*: 203-204, 291, 653-655,
172. **Plotto A., Azarenko A.N., McDaniel M.R., Crockett P.W., Mattheis J.P.** 1997. Eating quality of ‘Gala’ and ‘Fuji’ apples from multiple harvest and storage durations. *Horticultural Science* 32, 5: 903-908.
173. **Plotto A., McDaniel M.R., Mattheis J.P.** 1999. Characterization of ‘Gala’ Apple Aroma and Flavor: Differences between Controlled Atmosphere and Air Storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 124, 4: 416-423.
174. **Poldervaart G.** 2017. New insights into fruit storage. *The European Fruit Magazine* 10: 24-25.
175. **Pyrak M., Worwąg M.** 2018. Wpływ związków fosforu zawartych w osadach ściekowych na wzrost rzepaku *Brassica napus* L. ssp. *Napu*. *Inżynieria i Ochrona Środowiska* 21(1): 67-78.
176. **Rademacher W.** 2015. Plant growth regulators: backgrounds and uses in plant production. *Journal of Plant Growth Regulation*, 34(4), 845-872.
177. **Rejman A., Makosz E.** 1994. Wybór podkładki. [W:] *Szkółkarstwo roślin sadowniczych*. Plantpress, Kraków: 23-58.
178. **Reuveni M., Sheglov D., Cohen Y.** 2003. Control of Moldy-Core Decay in Apple Fruits by β -Aminobutyric Acids and Potassium Phosphites. *The American Phytopathological Society. Plant Disease.* 2003. 87. 8: 933-936
179. **Rosenberger D.A., Cox K.D.** 2009. Using Phosphite Fungicides to Control Apple Diseases. *New York Fruit Quarterly*. Vol. 17. Nr. 2. Summer 2009.

180. **Róth E., Berna A., Beullens K., Yarramraju S., Lammertyn L., Schenk A., Nicolai B.** 2007. Postharvest quality of integrated and organically produced apple fruit. *Postharvest Biology and Technology* 45, 1: 11-19.
181. **Rutkowski K.** 2005. Choroby fizjologiczne jabłek i gruszek (cz. II). Szklistość miąższu jabłek. *Hasło Ogrodnicze*, (11).
182. **Rutkowski K.** 2015. Choroby fizjologiczne jabłek. *Hasło Ogrodnicze*, (07).
183. **Rutkowski K., Bryk H.** 2016. Możliwości ograniczenia chorób przechowalniczych owoców [W:] 59 Ogólnopolska Konferencja Ochrony Roślin Sadowniczych: Integrowana ochrona gwarancją wysokiej jakości owoców na eksport i rynek krajowy. Red. Plantpress Sp. z o.o. 2009.59: 59-65.
184. **Rutkowski K.P.** 2015. Innowacyjne technologie przechowalnicze i ich wpływ na jakość jabłek. *SAD* 9: 14-22.
185. **Rutkowski K.P., Kruczynska D.E., Plocharski W., Wawrzynczak A.** 2005. Scab Resistant Apple Cultivars – Quality and Storage. *Acta Hort.* 682: 681–686.
186. **Rybczyński R.** 2007. Jędrność jabłek w warunkach obrotu handlowego. *Acta Agrophysica*, 10, 2: 437-443.
187. **Sady W.** 2000. Nawożenie warzyw polowych. Wyd. Plantpress Sp. z o.o. Kraków.
188. **Schnürer M., Groll E., Gössinger M.** 2014. Effects of harvest ripeness and fruit storage on turbidity in cloudy apple juice. *Mitteilungen Klosterneuburg* 64, 3: 96-104.
189. **Schouten S.P., Prange R.K., Verschoor J., Lammers T.R., Oosterhaven J.** 1998. Improvement of quality of Elstar apples by dynamic control of ULO conditions. *IFAC Proceedings Volumes* 31, 9: 25-29.
190. **Sganzerla W.G., Melo M.D., Ferrareze J.P., Ana Paula de Lima Veeck A.D.L., Ferreira P.I., César Luis Girardi C.L.** 2018. Postharvest treatment with 1-MCP in apple ‘Gala’ mutants: physicochemical characterization, bioactive compounds and antioxidant activity. *Communications in Plant Sciences*, 8, 40-47. doi:10.26814/cps2018006.
191. **Sisler E.C., Serek M.** 1997. Inhibitors in plants of ethylene responses at the receptor level: recent developments. *Physiologia Plantarum* 100: 577-582.
192. **Skrzyński J.** 2002. Wpływ podkładki na wzrost i plonowanie drzew oraz jakość i zdolność przechowalniczą jabłek odmiany Jonagold. Rozprawa habilitacyjna. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. Nr 287.
193. **Skrzyński J.** 2007. Prestorage heat treatment of apples. *Vegetable Crops Research bulletin*. vol. 67: 197-202. DOI: 10.2478/v10032-007-0043-3
194. **Smoleń S., Sady W.** 2009. Wpływ nawożenia Entec-26 i saletrą amonową na zmiany wybranych chemicznych właściwości gleby po uprawie marchwi. [W:] Konferencja Naukowa Ogrodnictwo jutra – wyzwania i zagrożenia. Red. PTNO o. Kraków i Wydział Ogrodniczy Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. 2009: 163.
195. **Soczek Z., Basak A., Szczepański K., Golik Z., Chrościcki K., Krzewiński J., Zdyb H.** 1980. Effect of ethephon on the ripening of Close apples. *Prace Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa w Skierniewicach*, A, 22, 43-51.
196. **Soppelsa S., Kelderer M., Testolin R., Zanutelli D., Andreotti C.** 2020. Effect of Biostimulants on Apple Quality at Harvest and After Storage. *Agronomy*, 10(8), 1214.

197. **Sosna I.** 1999. Wpływ podkładki, ciecia letniego oraz ciecia korzeni na wzrost i owocowanie drzew jabłoni odmiany Melrose. Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Krakowie. Sesja Naukowa, 66, 231-234.
198. **Starck J.R.** (red.) 1997. Nawożenie roślin ogrodnich. [W:] Uprawa roli i nawożenie roślin ogrodnich. PWRiL, Warszawa: 157-195.
199. **Stebbins B.** 1989. Maturity of new apple varieties. Goodfruit Grower, 40, 7-9.
200. **Stępowska A.** 2008. Biostimulators in sweet pepper cultivation under covers. [W:] Biostimulators in modern agriculture. Red. Z.T. Dąbrowski. Wyd. Plantpress: 36-44
201. **Stowarzyszenie Polskich Szkółkarzy.** 2008. Odmiany roślin sadowniczych – jabłonie. [W:] Odmiany roślin sadowniczych. Skierniewice. 2008: 11-50.
202. **Streif J.** 1996. Optimum harvest date for different apple cultivars in the Bodensee area. In: A. de Jager, D. Johnson, E. Hohn (Ed.) COST 94. The Postharvest Treatment of Fruit and Vegetables: Determination and prediction of optimum harvest date of apple and pears. ECSC-ECEAEC, Brussels: 15-20.
203. **Sun Y., Shi Z., Jiang Y., Zhang X., Li X., Li F.** [2021]. Effects of preharvest regulation of ethylene on carbohydrate metabolism of apple (*Malus domestica* Borkh cv. Starkrimson) fruit at harvest and during storage. Scientia Horticulturae, 276, 109748.
204. **Surmacka Szczesniak A.** 2002. Texture is a sensory property. Food Quality and Preference. 13: 215-225.
205. **Sutton T.B., Brown E., Anas O., Meister C.W.** 2006. Efficacy of phosphorus-containing fungicides on summer diseases of apples, 2005. Fungicide and Nematicide The American Phytopathological Society, St. Paul, MN. Tests (online.) Report 61:PF004. DOI:10.1094/FN61.
206. **Szot I.** 2011. Przerzedzanie ręczne zawiązków a plon i jakość owoców jabłoni odmiany ‘Jonagold’/M. 26. Acta Agrophysica, 17(1 [188]).
207. **Szwonek E., Felezynska A., Robak J.** 1997. Suppressive foliar fertilizers application versus fungicides treatment of cucumbers. In VIII International Symposium on Timing Field Production in Vegetable Crops 533 (pp. 425-438).
208. **Szymczak J.A., Bryk H., Miszczak A., Kazimierzczuk J., Sikorski P.** 2011. Ochrona jabłek przed chorobami przechowalniczymi a pozostałości pestycydów w owocach. [W:] Materiały konferencyjne VII Międzynarodowe Targi Agrotechniki Sadowniczej. Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych. Red. SGGW i BASF Polska Sp. z o.o.. Warszawa. 190-192.
209. **Taylor R.K., Hale C.N.** 2003. Cold storage affects survival and growth of *Erwinia amylovora* on the calyx of apple. Letters in Applied Microbiology, 37(4), 340-343.
210. **Thao H.T.B., Yamakawa T.** 2009. Phosphite (phosphorous acid): fungicide, fertilizer or bio-stimulator? Soil Science and Plant Nutrition 55: 228-234.
211. **Thewes F.R., Both V., Brackmann A., Weber A., Anese R.D.O.** 2015. Dynamic controlled atmosphere and ultralow oxygen storage on ‘Gala’ mutants quality maintenance. Food Chemistry 188: 62-70.
212. **Thewes F.R., Brackmann A., Both V., Weber A., Anese R.D.O., Ferrão T.D.S., Wagner R.** 2017. The different impacts of dynamic controlled atmosphere and controlled atmosphere storage in the quality attributes of ‘Fuji Suprema’ apples. Postharvest Biology and Technology 130: 7-20.

213. **Thewes F.R., Thewes F.R., Both V., Schultz E.E., Berghetti M.R.P., Ludwig V., Brackmann A.** 2021. Static× dynamic controlled atmosphere: Impacts of aerobic and anaerobic metabolism on physiological disorders and overall quality of ‘Royal Gala’ apples. *LWT*, 110922.
214. **Ticconi C.A., Delatorre C.A., Abel S.** 2001. Attenuation of Phosphate Starvation Responses by Phosphite in Arabidopsis. Department of Vegetable Crops, University of California, One Shields Avenue, Davis, California 95616. *Plant Physiology* 2001 127: 963-972
215. **Tkaczyk M., Kubiak K.A., Sawicki J., Nowakowska J.A., Oszako T.** 2016. Wykorzystanie związków fosforynowych w leśnictwie. *Leśne Prace Badawcze*, Raszyn, 77 (1): 76-81.
216. **Tkaczyk M., Nowakowska J.A., Oszako T.** 2014. Nawozy fosforynowe jako stymulatory wzrostu roślin w szkółkach leśnych. *SYLWAN* 158 (1): 3-9
217. **Toivonen P.M., Lannard B.** 2020. Dry matter content association with time of on-tree maturation, quality at harvest, and changes in quality after controlled atmosphere storage for ‘Royal Gala’ apples. *Canadian Journal of Plant Science*, 101(1), 98-106.
218. **Toivonen P.M.A., Lennard B.** 2020. Dry matter content association with time of on-tree maturation, quality at harvest and changes in quality after controlled atmosphere storage for ‘Royal Gala’ apples. *Canadian Journal of Plant Science*. 30.09.2020. September <https://doi.org/10.1139/CJPS-2020-0124>
219. **Tomala K.** 1995. Prognozowanie zdolności przechowalniczej i określenie terminu zbioru jabłek. Fundacja Rozwój SGGW.
220. **Tomala K.** 2014. Choroby fizjologiczne jabłek. [W:] *Materiały konferencyjne X Międzynarodowe Targi Agrotechniki Sadowniczej. Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych*. Red. Plantpress Sp. z o.o. Kraków. 122-135.
221. **Tomala K., Al-Sharfi A.Y.A., Dziuban R., Stępniewska M., Karol R., Kamiński Sz., Szeroczyński P., Sławiński A.** 2013. Regulowanie wzrostu jabłoni, dokarmianie owoców wapniem i innowacyjne przechowywanie jabłek. [W:] *Materiały konferencyjne IX Międzynarodowe Targi Agrotechniki Sadowniczej. Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych*. Red. SGGW i BASF Polska Sp. z o.o.. Warszawa. 133-146.
222. **Tomala K., Andziak J., Jeziorek K., Dziuban R.** 2008. Influence of rootstock on the Quality of ‘Jonagold’ apples at harvest and after storage. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* Vol. 16, 2008: 31-38
223. **Tomala K., Barylko-Pikielnia N., Jankowski P., Jeziorek K., Wasiak-Zys G.** 2009. Acceptability of scab-resistant versus conventional apple cultivars by Polish adult and young consumers. *J.Sci8. Food Agric.* 89:1035-1045.
224. **Tomala K., Grzymała U., Jeziorek K., Woźniak M., Tomala W., Wojtalewicz M., Tomala M., Dziuban R.** 2010. Sposoby poprawy jakości przechowalniczej jabłek. [W:] *Materiały konferencyjne VI Międzynarodowe Targi Agrotechniki Sadowniczej. Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych*. Red. SGGW i BASF Polska Sp. z o.o.. Warszawa. 107-123.

225. **Tomala K.; Grzęda M., Guzek D., Głąbska D., Gutkowska K.** 2020a. The Effects of Preharvest 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Treatment on the Fruit Quality Parameters of Cold-Stored ‘Szampion’ Cultivar Apples. *Agriculture*. 10, 80.
226. **Tomala K.; Grzęda M., Guzek D., Głąbska D., Gutkowska K.** 2020b. Analysis of Possibility to Apply Preharvest 1-Methylcyclopropene (1-MCP) Treatment to Delay Harvesting of Red Jonaprince Apples. *Sustainability*. 12, 4575.
227. **Treder W.** 2008. Relationship between yield, crop density coefficient and average fruit weight of ‘Gala’ apple. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 16, 53-63.
228. **Trybała M.** 1999. Znaczenie gospodarcze i wartość odżywcza roślin ogrodnich. [W:] *Produkcja i przechowywanie płodów rolniczych*. Red. J. Sobota. Wydawnictwo Akademii Rolniczej, Wrocław. 1999: 155-203.
229. **Tsay L., Wu M.** 1989. Studies on the postharvest physiology of sugar apple. *Acta Horticulturae* 258: 287-294.
230. **Tuyet B.** 2020. Preharvest Conditions Affecting Apple Quality, Antioxidant Responses and Susceptibility to the Infection by Grey mould (*Botrytis cinerea*). University of Gothenburg. Faculty of Science <http://hdl.handle.net/2077/63731>
231. **Ugolik M.** 1996. Odmiany zimowe. [W:] *Odmiany jabłoni*. Red. K. Kulawik. Plantpress, Kraków: 37-86.
232. **Veltman R.H., Verschoor J.A., Ruijsch van Dugteren J.H.** 2003. Dynamic control system (DCS) for apples (*Malus domestica* Borkh. cv ‘Elstar’): optimal quality through storage based on product response. *Postharvest Biology and Technology* 19, 1: 79–86.
233. **Verdaasdonk R., Tomala K.** 2014. Sposoby poprawy jakości przechowalniczej jabłek. [W:] *Materiały konferencyjne X Międzynarodowe Targi Agrotechniki Sadowniczej. Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych*. Red. Plantpress Sp. z o.o. Kraków. 45-50.
234. **Walkowiak-Tomeczak D., Idaszewska N., Łysiak G.P., Bińczak K.** 2021. The effect of mechanical vibrations during transport under model conditions on the shelf-life, quality and physico-chemical parameters of four apple cultivars. *Agronomy*. 11(1), 81
235. **Walter J., Lieth H.** 1970. *Klimatodiagram-Weltatlas*. Gustav Fischer Verlag, Jena.
236. **Wang F., Xu X., Jia Z., Hou X., Chen Q., Sha J., Ge S.** 2020. Nitrification inhibitor 3, 4-dimethylpyrazole phosphate application during the later stage of apple fruit expansion regulates soil mineral nitrogen and tree carbon–nitrogen nutrition, and improves fruit quality. *Frontiers in Plant Science*, 11, 764.
237. **Wang Z., Dilley D.R.** 2000. Initial low oxygen stress controls superficial scald of apples. *Postharvest Biology and Technology* 18, 3: 201-213.
238. **Watkins C.B., Nock J.F., Whitaker B.D.** 2000. Responses of early, mid and late season apple cultivars to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) under air and controlled atmosphere storage conditions. *Postharvest Biology and Technology* 19, 1: 17–32.
239. **Wawrzyńczak A., Rutkowski K.P., Kruczyńska D.E.,** 2006. Changes in fruit quality in pears during CA storage. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 14, 2: 77-84.
240. **Weber A., Auri B., Both V., Pavanello E.P., Anese R.O., Thewes F.R.** 2015. Respiratory quotient: innovative method for monitoring ‘Royal Gala’ apple storage in

- a dynamic controlled atmosphere. *Scientia Agricola*, 72(1), 28-33.
<https://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2013-0429>
241. **Weber A., Brackmann A., Anese R.D.O., Both V., Pavanello E.P.** 2011. 'Royal Gala' apple quality stored under ultralow oxygen concentration and low temperature conditions. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46: 1597-1602.
<https://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001200003>
 242. **Weber A., Brackmann A., Thewes F.R., Both V., Anese R.O., Schorr M.R.W.** 2012. Relative humidity and its interaction with the storage temperature of 'Gala' apples and mutants. *Ciência Rural* 42: 2159-2165.
 243. **Weber A., Thewes F.R., Schorr M.R.W., Gasperin A.R., Venturini T.L., Brackmann A.** 2013. 'Gala', 'Royal Gala' and 'Brookfield' apples stored under ultralow oxygen and two temperatures. *Bioscience Journal* 29, 6: 1887-1895.
<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/22181>
 244. **Wieczorek W., Orlikowski L.B., Świętosławski J., Ptaszek M.** 2010. Nowy fosforyn do ochrony roślin ozdobnych przed gatunkami *Phytophthora*. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*. 554: 277–283.
 245. **Wociór S., Baryła P., Kaplan M., Palonka S., Wójcik I.** 2006. Influence of rootstocks on flowering and yielding of three apple cultivars. *Journal of the Polish Botanical Society*.
 246. **Wójcik P., Wójcik M.** 2007. Response of mature phosphorus-deficient apple trees to phosphorus fertilization and liming. *Journal of Plant Nutrition*, 30(10), 1623-1637.
 247. **Wojdyła A.T.** 2018. Możliwość bezpośredniego działania nawozu Solfan PK na niektóre patogeny roślin. *Zeszyty Naukowe Instytutu Ogrodnictwa*. 26: 97–106.
 248. **Wojdyła A.T., Czajka A.E.** 2019. Możliwość bezpośredniego działania nawozu Actifos na niektóre patogeny roślin. *Zeszyty Naukowe Instytutu Ogrodnictwa*. 27: 63-72
 249. **Wójcik P.** 2009a. Nawozy i nawożenie drzew owocowych. Hortpress Sp. z o.o. Warszawa.
 250. **Wójcik P.** 2009b. Zasady nawożenia sadów. XIV Ogólnopolskie Spotkanie Sadowników w Grójcu. Wydawnictwa ISK. Skierniewice 2009: 13-19.
 251. **Wójcik P.** 2012. Dokarmianie owoców wapniem i borem. [W:] Materiały konferencyjne: VIII Międzynarodowe Targi Agrotechniki Sadowniczej. Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych. Red. SGGW i BASF Polska Sp. z o.o.. Warszawa. 83-92.
 252. **Wójcik P.** 2013. *Metodyka Integrowanej Ochrony Jabłoni materiały dla doradców*. Praca zbiorowa pod red. P. Sobiczewskiego. Instytut Ogrodnictwa INHORT Skierniewice. (aktualizacja 2017): 11-14.
 253. **Wrona D.** 2008. *Przemiany azotu w glebie w sadzie a potrzeby nawożenia jabłoni*. Rozprawa naukowa. Wydawnictwo SGGW Warszawa 2008.
 254. **Wrona D.** 2009a. Influence of soil and foliar nitrogen application in autumn on the leaf nitrogen content, growth and yield of 'Jonagored' apple trees. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rolniczych*. 536: 243-249.
 255. **Wrona D.** 2009b. Możliwość ograniczenia stosowania nawożenia azotem w sadzie jabłoniowym. [W:] *Konferencja Naukowa Ogrodnictwo jutra – wyzwania i zagrożenia*.

- Red. PTNO o. Kraków i Wydział Ogrodniczy Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. 2009: 204.
256. **Wrona D.** 2010. Strategia nawożenia jabłoni azotem. [W:] Materiały konferencyjne VI Międzynarodowe Targi Agrotechniki Sadowniczej. Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych. Red. SGGW i BASF Polska Sp. z o.o. Warszawa. 27-39.
257. **Wrona D., Sadowski A.** 1998. Katedra Sadownictwa SGGW. Rozmieszczenie korzeni młodych jabłoni karłowych w glebie typu mady. I Ogólnopolskie Sympozjum Mineralnego Odżywiania Roślin Sadowniczych. ISK, KNO PAN, PTNO. Skierniewice 1998: 60.
258. **Wünsche J.N., Lakso A.N.** 2000. Apple tree physiology: Implications for orchard and tree management. *Compact Fruit Tree*, 33(3), 82-88.
259. **Xuan H., Streif J.** 2005. Effect of 1-MCP on the respiration and ethylene production as well as on the formation of aroma volatiles in Jonagold apple during storage. *Acta Horticulturae* 682: 1203-1210.
260. **Yáñez-Juárez M.G., López-Orona C.A., Ayala-Tafoya F., Partida-Ruvalcaba L., Velázquez-Alcaraz T.D.J., Medina-López R.** 2018. Phosphites as alternative for the management of phytopathological problems. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 36(1), 79-94.
261. **Yoon H.K., Kleiber T., Zydlik Z., Rutkowski K., Woźniak A., Świerczyński S., Bednarski W., Kęsy J., Marczak I., Seo J.H., Choi T.Y., Kang K.J., Kafkas N.E., Bocianowski J., Jeandet P., Morkunas I.** 2020. A Comparison of Selected Biochemical and Physical Characteristics and Yielding of Fruits in Apple Cultivars (*Malus domestica* Borkh.). *Agronomy*, 10(4), 458.
262. **Zhang B., Zhang M., Shen M., Li H., Zhang H., Zhao J.** 2020. Prediction of Soluble Solids Content During Storage of Apples with Different Maturity Based on VIS/NIR Spectroscopy. In 2020 ASABE Annual International Virtual Meeting (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers. 2000943. doi:10.13031/aim.202000943

8. SPIS RYCIN

Ryc. 1. Sad z odmianą 'Natali Gala' (fot. K. Gasparski)	27
Ryc. 2. Owoc odmiany 'Natali Gala' (fot. K. Gasparski)	28
Ryc. 3. Zestaw pułapek do monitoringu lotu szkodników (fot. K.Gasparski)	30
Ryc. 4. Stacja meteorologiczna I'Metos z modelami chorobowymi firmy Pessl Instruments (fot. K.Gasparski)	31
Ryc. 5. Spore Trap do monitoringu zarodników grzybów (fot. K.Gasparski)	31
Ryc. 6. Klimatodiagram roku 2015 dla sadu prowadzenia badań (opracowanie własne na podstawie danych stacji agrometeorologicznej I'Metos)	32
Ryc. 7. Klimatodiagram roku 2016 dla sadu prowadzenia badań. (Opracowanie własne na podstawie danych stacji agrometeorologicznej I'Metos)	33
Ryc. 8. Klimatodiagram roku 2017 dla sadu prowadzenia badań. (Opracowanie własne na podstawie danych stacji agrometeorologicznej I'Metos)	33
Ryc. 9. Refraktometr i jędrnościomierz do wstępnej przedzbiorczej oceny dojrzałości owoców (fot. K. Gasparski)	41
Ryc. 10. Test skrobiowy jako metoda określania terminu zbioru (fot. K. Gasparski)	42
Ryc. 11. Refraktometr cyfrowy PR-101 firmy ATAGO (fot. I. Gasparska)	44
Ryc. 12. Zestaw do określania kwasowości miareczkowej (fot. K.Gasparski)	45
Ryc. 13. Miernik do pomiaru intensywności oddychania owoców (fot. K.Gasparski)	45
Ryc. 14. Jędrnościomierz Texture Analyser TA 500 (fot. K.Gasparski)	46
Ryc. 15. Zawartość suchej masy [%] w jabłkach odmiany 'Natali Gala' w kombinacjach z nawozami fosforowymi w 2015 i 2016 roku	47
Ryc. 16. Zawartość wapnia [mg kg^{-1} św.m.] w jabłkach odmiany 'Natali Gala' w kombinacjach z nawozami fosforowymi w 2015, 2016 i 2017 roku	48
Ryc. 17. Zawartość fosforu [mg kg^{-1} św.m.] w jabłkach odmiany 'Natali Gala' w kombinacjach z nawozami fosforowymi w 2015, 2016 i 2017 roku	49
Ryc. 18. Zawartość potasu [mg kg^{-1} św.m.] w jabłkach odmiany 'Natali Gala' w kombinacjach z nawozami fosforowymi w 2015, 2016 i 2017 roku	50
Ryc. 19. Zawartość magnezu [mg kg^{-1} św.m.] w jabłkach odmiany 'Natali Gala' w kombinacjach z nawozami fosforowymi w 2015, 2016 i 2017 roku	51
Ryc. 20. Zawartość siarki [mg kg^{-1} św.m.] w jabłkach odmiany 'Natali Gala' w kombinacjach z nawozami fosforowymi w 2015, 2016 i 2017 roku	52

9. SPIS TABEL

Tabela 1. Sumy opadów [mm/m ²] w Pęchowie w latach 2015-2017 (opracowanie własne na podstawie danych stacji agrometeorologicznej I'Metos)	34
Tabela 2. Przebieg minimalnych miesięcznych temperatur [°C] w Pęchowie w latach 2015-2017 (opracowanie własne na podstawie danych stacji agrometeorologicznej I'Metos)	34
Tabela 3. Przebieg maksymalnych miesięcznych temperatur [°C] w Pęchowie w latach 2015-2017 (opracowanie własne na podstawie danych stacji agrometeorologicznej I'Metos)	35
Tabela 4. Zawartości składników mineralnych w glebie [mg/100g gleby] w latach 2015-2017 określone metodą rolniczą (opracowanie własne na podstawie danych z wyników laboratoryjnych).....	35
Tabela 5. Zawartości składników mineralnych w glebie mg/1 dm ³ gleby w roku 2017 określone metodą ogrodniczą (opracowanie własne na podstawie danych z wyników laboratoryjnych)	36
Tabela 6. Właściwości chemiczne gleby w roku 2017 (opracowanie własne na podstawie danych z wyników laboratoryjnych)	36
Tabela 7. Wykaz stosowanych kombinacji i zastosowane dawki	40
Tabela 8. Terminy zabiegów preparatami fosforowymi w jabłoni odmiany 'Natali Gala' w latach 2015-2017	40
Tabela 9. Zawartość mikroelementów [mg kg ⁻¹ św.m.] w jabłkach 'Natali Gala' w roku 2015	53
Tabela 10. Zawartość mikroelementów [mg kg ⁻¹ św.m.] w jabłkach 'Natali Gala' w roku 2016	53
Tabela 11. Zawartość mikroelementów [mg kg ⁻¹ św.m.] w jabłkach 'Natali Gala' w roku 2017	54
Tabela 12. Jędrność miąższu jabłek [N] odmiany 'Natali Gala' bezpośrednio po zbiorze w latach 2015-2017	55
Tabela 13. Zawartość ekstraktu w jabłkach [%] odmiany 'Natali Gala' bezpośrednio po zbiorze w latach 2015-2017.....	55
Tabela 14. Kwasowość miareczkowa jabłek [% kwasu jabłkowego] odmiany 'Natali Gala' bezpośrednio po zbiorze w latach 2015-2017	56
Tabela 15. Intensywność oddychania jabłek [mg CO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹] odmiany 'Natali Gala' bezpośrednio po zbiorze w latach 2015-2017	56
Tabela 16. Wartość indeksu skrobiowego jabłek [1-10] odmiany 'Natali Gala' bezpośrednio po zbiorze w latach 2015-2017.....	57
Tabela 17. Wartość indeksu Streifa jabłek odmiany 'Natali Gala' bezpośrednio po zbiorze	57
Tabela 18. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany 'Natali Gala' po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2015/2016	58
Tabela 19. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany 'Natali Gala' po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2015/2016.....	59
Tabela 20. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany 'Natali Gala' po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforowych, sezon 2015/2016	59

Tabela 21. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016.....	60
Tabela 22. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017	61
Tabela 23. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017.....	61
Tabela 24. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’, po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017	62
Tabela 25. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017.....	63
Tabela 26. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018	64
Tabela 27. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018.....	65
Tabela 28. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i od preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018	65
Tabela 29. Jędrność miąższu [N] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018.....	66
Tabela 30. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016.....	67
Tabela 31. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016.....	68
Tabela 32. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016.....	69
Tabela 33. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ w sezonie 2015/2016 po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych.....	69
Tabela 34. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017.....	70
Tabela 35. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017.....	71
Tabela 36. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017.....	72

Tabela 37. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ w sezonie 2016/2017 po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych.....	72
Tabela 38. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018.....	73
Tabela 39. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ w sezonie 2017/2018 roku po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych	74
Tabela 40. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018	74
Tabela 41. Zawartość ekstraktu [%] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018	75
Tabela 42. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016.....	76
Tabela 43. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016.....	77
Tabela 44. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] w jabłkach odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016.....	78
Tabela 45. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016.....	78
Tabela 46. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017	79
Tabela 47. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017.....	80
Tabela 48. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych sezon 2016/2017.....	80
Tabela 49. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017.....	81
Tabela 50. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od preparatów fosforynowych i warunków przechowywania, sezon 2017/2018.....	82

Tabela 51. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018.....	82
Tabela 52. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018.....	83
Tabela 53. Kwasowość miareczkowa [% kwasu jabłkowego] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018.....	84
Tabela 54. Intensywność oddychania [mg CO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016.....	85
Tabela 55. Intensywność oddychania [mg CO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016.....	86
Tabela 56. Intensywność oddychania [mg CO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016.....	87
Tabela 57. Intensywność oddychania [mg CO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016.....	88
Tabela 58. Intensywność oddychania [mg CO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017.....	89
Tabela 59. Intensywność oddychania [mg CO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017.....	90
Tabela 60. Intensywność oddychania [mg CO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017.....	90
Tabela 61. Intensywność oddychania [mg CO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017.....	91
Tabela 62. Intensywność oddychania [mg CO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018.....	92
Tabela 63. Intensywność oddychania [mg CO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018.....	93
Tabela 64. Intensywność oddychania [mg CO ₂ ·kg ⁻¹ ·h ⁻¹] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018.....	93

Tabela 65. Intensywność oddychania [$\text{mg CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018.....	94
Tabela 66. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016.....	95
Tabela 67. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016.....	96
Tabela 68. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016.....	96
Tabela 69. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016.....	97
Tabela 70. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017.....	98
Tabela 71. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017.....	98
Tabela 72. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017.....	99
Tabela 73. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017.....	100
Tabela 74. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018.....	100
Tabela 75. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018.....	101
Tabela 76. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018.....	102
Tabela 77. Ubytki masy [%] jabłek odmiany ‘Natali Gala’ po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018.....	102
Tabela 78. Procent jabłek odmiany ‘Natali Gala’ z objawami chorób grzybowych po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego, w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016.....	103
Tabela 79. Procent jabłek odmiany ‘Natali Gala’ z objawami chorób grzybowych po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego, w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2015/2016.....	104
Tabela 80. Procent jabłek odmiany ‘Natali Gala’ z objawami chorób grzybowych po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego, w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017.....	105

Tabela 81. Procent jabłek odmiany ‘Natali Gala’ z objawami chorób grzybowych po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego, w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2016/2017.....	106
Tabela 82. Procent jabłek odmiany ‘Natali Gala’ z objawami chorób grzybowych po 120 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego, w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018.....	106
Tabela 83. Procent jabłek odmiany ‘Natali Gala’ z objawami chorób grzybowych po 150 dniach przechowywania i 7 dniach symulowanego obrotu handlowego, w zależności od warunków przechowywania i preparatów fosforynowych, sezon 2017/2018.....	107

SUMMARY

Influence of different storage conditions and the phosphite preparations on the quality of apples cultivar 'Natali Gala'.

The quality and durability of the fruit in trade also depends on the conditions in which it was stored. Properly established storage conditions for a given variety guarantee the preservation of high-quality fruit and their storage with minimal quantitative and qualitative losses. Due to this, the fruits does not lose its high consumption values even after long-term storage. 'Gala' (and its numerous mutations) is one of the economically most important apple cultivars. Due to the current preferences of the fruit market regarding the mutation of the striped blush 'Gala' cultivar, the Polish mutation of the cultivar 'Natali Gala', was used in the research. 'Gala' sports differ significantly not only visually, but also in terms of the time of fruit ripening, as well as the properties and storage capacity. The obtained results constitute significant cognitive value and allow for the formulation of important conclusions for practice. The objective of the study was to determine the effect of storage conditions on the quality of fruit observed for long-term storage. The study was conducted on the 'Natali Gala' apple cultivar during three storage seasons in 2015-2018. The fruit came from the commercial orchard in the poviats of Sandomierz in southern Poland. Then the research was conducted in the Department of Pomology and Apiculture, University of Agriculture in Krakow. The literature published so far does not provide data on the storability of the 'Natali Gala' apples stored under various controlled-atmosphere conditions. In each study year apples were stored for 120 and 150 days at the temperature of 2°C and the humidity of 90–92% in a common cold-store with normal atmosphere (NA) and a store with controlled atmosphere (CA) containing carbon dioxide and oxygen in different proportions: 2% CO₂ : 2% O₂, 2% CO₂ : 1.2% O₂ and 4% CO₂ : 1.2% O₂. Following storage, the apples were removed from the cold-store and were left to stay and mature for 7 days at the temperature of 17°C (simulated shelf-life).

In recent years, fungistatic fertilizers have been often used in apple cultivation, which, apart from nourishing the plant, also have a protective effect. This group of fertilizers includes, among others, phosphite fertilizers. Due to the susceptibility of the variety to many pathogenic diseases, phosphite fertilizers were included in the experiment to check whether the health status of the stored fruit will show differences after the storage period. In order to verify more broadly the influence of the use of phosphite preparations on the quality of apples of the 'Natali Gala' cultivar, in the experiment, three phosphite preparations with different levels of potassium phosphite content (Profos, Resistim and Fosmagnum) were used. Measurements and analyses were performed after harvest, directly after storage and after simulated shelf-life. The following parameters were determined: flesh firmness, soluble solids content (SSC), titratable acidity (TA), respiration rate and weight loss. The occurrence of storage-related diseases was also monitored.

CONCLUSIONS

Three-year studies of the impact of various fruit storage conditions and the effect of using phosphite preparations on the quality of apples of the 'Natali Gala' cultivar, allow for the following conclusions:

1. There is a clear constant impact of the storage conditions of the fruit of the 'Natali Gala' cultivar on fruit firmness, the level of fruit weight loss, the level of titratable acidity of the fruit, fruit respiration and the level of visibility of storage diseases on the fruit.
2. Among the tested combinations of storage conditions, the best parameters of 'Natali Gala' apples after storage were controlled atmosphere 4% CO₂ + 1.2% O₂ and controlled atmosphere 2% CO₂ + 1.2% O₂. The apples from NA conditions (normal atmosphere, - standard cold store conditions) indicated the weakest parameters.
3. Apples of the 'Natali Gala' cultivar, stored in the conditions of each of the three combinations with controlled atmosphere (CA), were usually characterized by a higher parameter of titratable acidity, a lower loss of fruit weight and a better maintenance of the fruit without the symptoms of fungal diseases compared to apples stored in a normal atmosphere (NA).
4. 'Natali Gala' apples stored in NA conditions were characterized by the fastest ripening rate, which was usually evidenced by the highest fruit respiration intensity.
5. The influence of storage conditions on the extract content in 'Natali Gala' apples was different and did not show uniform trends.
6. A positive effect of the use of phosphite preparations on the reduction of the amount of 'Natali Gala' apples with symptoms of fungal diseases was observed after their storage.
7. The influence of the use of phosphite preparations on many parameters of the quality of 'Natali Gala' apples was observed but without the lack of unequivocal reproducibility of the results.
8. The influence of the foliar application of potassium phosphites on the dry matter content and the level of macro- and microelements in the in apples of the 'Natali Gala' cultivar was observed only in some years of the research.
9. The controlled atmosphere (CA) compositions used in the experiment may be recommended for the storage of apples of the 'Natali Gala' cultivar, while the storage of apples of this cultivar in the normal atmosphere (NA) is associated with greater qualitative and quantitative losses.

Keywords: Apples, 'Natali Gala', Storage, Controlled Atmosphere, Potassium Phosphite.