

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J. Śniadeckich  
w Bydgoszczy  
Wydział Rolnictwa i Biotechnologii  
Katedra Botaniki i Ekologii

mgr inż. Karolina Śmigierska

**BADANIA NAD DOSKONALENIEM UPRAWY NA NASIONA  
SZARŁATU KRWISTEGO (*AMARANTHUS CRUENTUS* L.)  
ODMIANY RAWA**

Promotor dr hab. inż. Ewa Jendrzejczak

Bydgoszcz 2016



## Spis treści

|         |                                                                                                                                                            |     |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| I.      | Wstęp, hipoteza i cel badań                                                                                                                                | 5   |
| II.     | Przegląd literatury                                                                                                                                        | 8   |
| II.1.   | Zarys historii uprawy szarłatów                                                                                                                            | 8   |
| II.2.   | Opis botaniczny rodzaju <i>Amaranthus</i>                                                                                                                  | 11  |
| II.3.   | Wymagania ekologiczne rodzaju <i>Amaranthus</i>                                                                                                            | 14  |
| II.4.   | Cechy morfologiczne wybranych gatunków rodzaju <i>Amaranthus</i>                                                                                           | 17  |
| II.5.   | Tradycyjne kierunki użytkowania gatunków z rodzaju <i>Amaranthus</i>                                                                                       | 19  |
| II.6.   | Skład chemiczny gatunków z rodzaju <i>Amaranthus</i> i ich funkcjonalne właściwości                                                                        | 23  |
| II.7.   | Aktualne zastosowania produktów pozyskiwanych z gatunków z rodzaju <i>Amaranthus</i>                                                                       | 30  |
| II.8.   | Problemy agrotechniki nasiennych gatunków z rodzaju <i>Amaranthus</i>                                                                                      | 34  |
| III.    | Metodyka i warunki badań                                                                                                                                   | 49  |
| III.1.  | Metodyka doświadczeń laboratoryjnych                                                                                                                       | 49  |
| III.2.  | Metodyka doświadczeń polowych                                                                                                                              | 50  |
| III.3.  | Metody opracowania statystycznego wyników badań                                                                                                            | 53  |
| III.4.  | Warunki glebowe i pogodowe prowadzenia doświadczeń polowych                                                                                                | 54  |
| IV.     | Omówienie wyników badań                                                                                                                                    | 58  |
| IV.1.   | Wyniki doświadczeń laboratoryjnych                                                                                                                         | 58  |
| IV.1.1. | Wpływ moczenia nasion w roztworach preparatów zawierających substancje o charakterze regulatorów wzrostu na ich wartość siewną. (Doświadczenie A.I).       | 58  |
| IV.1.2. | Wpływ otoczkowania nasion na ich wartość siewną. (Doświadczenie A.II).                                                                                     | 60  |
| IV.2.   | Wyniki doświadczeń polowych                                                                                                                                | 61  |
| IV.2.1. | Wpływ zabiegów uszlachetniających materiał siewny na wzrost, rozwój i plonowanie szarlatu odmiany Rawa (Doświadczenie B.I).                                | 61  |
| IV.2.2. | Wpływ dawek nawożenia azotem i dolistnego nawożenia mikroelementowego na wzrost, rozwój i plonowanie szarlatu krwistego odmiany Rawa (Doświadczenie B.II). | 74  |
| V.      | Dyskusja                                                                                                                                                   | 98  |
| VI.     | Wnioski                                                                                                                                                    | 108 |
|         | Literatura                                                                                                                                                 | 110 |
|         | Streszczenia                                                                                                                                               | 128 |
|         | Załączniki                                                                                                                                                 | 130 |



## I. WSTĘP, HIPOTEZA I CEL BADAŃ

W ostatnim okresie, w rolnictwa i gospodarce żywnościowej na świecie i w Polsce można obserwować ograniczenie liczby uprawianych gatunków roślin. Wynika to z globalizacji i unifikacji w rolnictwie, czego skutkiem jest oparcie światowej produkcji na zaledwie 12 gatunkach roślin, z których tylko cztery dostarczają pożywienia ludziom. Są to pszenica, ryż, kukurydza i ziemniak [Grobelnik Młakar i in. 2010]. Sytuacja ta zmusza do poszukiwania nowych, alternatywnych roślin stanowiących źródło ważnych składników pokarmowych. W celu wzbogacenia listy gatunków uprawnych coraz częściej sięga się po rośliny o małym znaczeniu gospodarczym, które jednak cechują się wysoką wartością odżywczą. Jednak, gwarancją właściwego wykorzystania takich gatunków jest opracowanie zaleceń agrotechnicznych do warunków glebowo-klimatycznych panujących w określonym regionie.

Do tej grupy zaliczają się jedne z najdawniej uprawianych roślin, należące do rodzaju *Amaranthus* (szarłat). Według różnych źródeł, zalicza się do niego 60 do 90 gatunków, w większości jednorocznych, występujących dość pospolicie na całym świecie w rejonach umiarkowanych i tropikalnych. Wielu przedstawicieli tego rodzaju to rośliny jadalne, lecznicze i ozdobne, które znalazły zastosowanie w uprawie, zwłaszcza w Azji, Afryce, Ameryce Północnej, a także, od niedawna, w Europie [Stallknecht i Schulz-Schaeffer 1993, Nalborczyk i in. 1994, Rosell i in. 2009]. W przyszłości można spodziewać się dalszego wzrostu znaczenia gospodarczego tych roślin. Związane jest to z szerokimi możliwościami zastosowania szarłatu w przemyśle oraz uprawy tej rośliny na nieużytkach i obszarach niezbyt przydatnych dla uprawy innych zbóż [Lehmann 1996, Gimplinger i in. 2007].

Pomimo małego rozpowszechnienia upraw szarłatu w Polsce zapotrzebowanie na jego nasiona ciągle wzrasta ze względu na możliwość wykorzystania szarłatu jako źródła składników bioaktywnych [Czaplicki i in. 2012b, Białek i Rutkowska 2013]. Nasiona szarłatu są doceniane jako wartościowy komponent szeregu produktów spożywczych [Schnetzler i Breene 1994, Grega i in. 2001, Ceglińska i in. 2003, Cacak-Pietrzak i in. 2004, Ferreira i Arêas 2004, Bodroža-Solarov i in. 2008, Barca i in. 2010, Szwejkowska i Bielski 2012, Ogrodowska i in. 2014, Pęksa i in. 2015]. Wiąże się to z właściwościami użytkowymi tej rośliny oraz z wysoką zawartością błonnika pokarmowego, włókna i naturalnych antyoksydantów [Paredes-López i Hernandez-López 1992, Gorinstein i in. 2007, Biel i Jaskowska 2010, Skwaryło-Bednarz 2010, Uazhanova i in. 2013, Venskutonis i Kraujalis 2013, Ogrodowska i in 2014, Li i in. 2015].

Duże znaczenie dla popularyzacji uprawy i przetwórstwa szarłatu powinny być zmiany upodobań tych konsumentów, którzy wśród postrzeganych korzyści, dotyczących nowych produktów żywnościowych uwzględniają

korzyści zdrowotne, dla społeczeństwa i środowiskowe. Z badań wynika, że należą one do najważniejszych determinant wyboru żywności wprowadzanej na rynek [Ronteltap i in. 2007, Rollin i in. 2011]. Nasiona szarłatu wywołały spore zainteresowanie również z uwagi na popularyzację produkcji żywności funkcjonalnej oraz możliwości specjalnego zastosowanie tej rośliny w diecie oraz profilaktyce i leczeniu wielu chorób cywilizacyjnych [Ofitserov 2001, Berti i in. 2004, Paško i in. 2007, Gambuś i in. 2009, Grobelnik Mlakar i in. 2009, Alvarez-Jubete i in. 2010, Kaźmierczak i in. 2011, Obiedzińska i Waszkiewicz-Robak 2012, Szwejkowska i Bielski 2012].

Wiele miejsca poświęcono charakteryzowaniu frakcji lipidowej nasion szarłatu. Szarłaty nie są wprawdzie zaliczane do grupy roślin oleistych, a zawartość oleju w nasionach wynosi zazwyczaj nie więcej niż 6–9% suchej masy, jednak skład frakcji tłuszczowej jest unikalny, zwłaszcza ze względu na obecność skwalenu (2,4–8%), większą niż w przypadku innych gatunków roślin [Budin i in. 1996, Lehmann 1996, Sun i in. 1997, Jahaniaval i in. 2000, Czaplicki i in. 2012a].

Cytowane wyżej artykuły dotyczące analizy składu chemicznego różnych gatunków szarłatu i ich przetwórstwa zdominowały polską i jak i światową literaturę na przełomie XX i XXI w. W znaczący sposób zmalała natomiast liczba doniesień na temat doskonalenia agrotechniki szarłatu. Badania nad określeniem możliwości uprawy szarłatu w warunkach glebowo-klimatycznych Polski prowadzono najczęściej na dwóch gatunkach, *Amaranthus cruentus* L. oraz *A. hypochondriacus* L., ze względu na stosunkowo krótki okres wegetacji, pozwalający w warunkach naszego kraju na wytworzenie nasion. Bodźcem do intensyfikacji badań nad szarłatem było wyhodowanie polskich odmian, Rawa (*A. cruentus* L.) i Aztek (*Amaranthus hypochondriacus* × *A. hybridus* L.), które przystosowano do uprawy w naszym kraju na nasiona. W polskiej literaturze naukowej z lat 90-tych XX w. wskazano podstawowe zasady agrotechniki dotyczące dawek nawożenia, gęstości siewu, pielęgnacji oraz warunków zbioru nasion. W artykułach z tego okresu podejmowano problem trudności z uprawą szarłatu, na które napotykają plantatorzy szarłatów, w tym nierównomierne wschody i dojrzewanie roślin w polu, osypywanie się nasion skutkujące znaczne straty w plonie, zarówno przed i w czasie zbiorów [Gontarczyk i Aufhammer 1993, Chlebowski 1994, Kaul i in. 1996, Nalborczyk 1995, Ścigalska i Klima 1997, Bobrzecka i in. 1998, Roszewski 1998, Kościak i Kalita 1999, Starczewski i Maksymiak 2001].

Przesłanką do zainteresowania się problematyką agrotechniki szarłatu są perspektywy zwiększania podaży nasion szarłatu z upraw w kraju, wynikające z rosnącego zapotrzebowania rynku oraz opłacalne ceny zbytu nasion tej rośliny. W chwili obecnej jednak brakuje danych o powierzchni uprawy szarłatu w Polsce. Obie odmiany, wywodzące się z hodowli polskiej, są sprawdzone pod względem możliwości pozyskania z nich nasion, a obserwacja rynku nasion wskazuje, że organizacją ich produkcji zarządza kilka firm przetwarzających nasiona, jako surowiec do swojej produkcji. W warunkach niedoborów dobrego

surowca firmy te dokonują zakupów poza granicami kraju, co z jednej strony podnosi ceny produktów finalnych, a z drugiej – nie wpływa korzystnie na rozwój produkcji krajowej.

Agrotechnika szarłatu w podstawowych założeniach nie odbiega od innych roślin jarych późnego siewu. Niemniej, z charakterystyki zabiegów niezbędnych do uzyskania wartościowego towarowo plonu nasion szarłatu wynika, że jego uprawa wymaga szczególnej staranności oraz podjęcia próby jej ulepszenia. Zainteresowanie rolników wzrosłoby zapewne jeszcze, gdyby znaleźć sposób na zwiększenie plonów nasion, które obecnie osiągają wysoka cenę rynkową.

Przystępując do badań własnych nad tym zagadnieniem założono, że w warunkach środkowej Polski można i warto uprawiać szarłat z przeznaczeniem na nasiona.

Postawiono hipotezę, że spośród zabiegów agrotechnicznych, które mogą przyczynić się do zwiększenia zbiorów nasion szarłatu są stymulacja przedsiewna nasion, mobilizująca nasiona do szybszych wschodów i następczego wzrostu. Założono też, że wybrane sposoby dawkowania nawożenia doglebowego azotem w powiązaniu ze stosowaniem nawożenia dolistnego nawozem specjalistycznym wzbogaconym mikroelementami mogą przyczynić się do lepszego odżywienia roślin, skutkującego obfitym kwitnieniem i owocowaniem.

Przeprowadzono więc szereg doświadczeń laboratoryjnych i polowych, których celem badań było poznanie oddziaływania szeregu preparatów typu regulatorów wzrostu oraz otoczkowania nasion na zdolność kiełkowania oraz wzrost i rozwój szarłatu w ramach doświadczeń laboratoryjnych i polowych, a także ocenienie skutków interakcyjnego działania wieloskładnikowego nawozu dolistnego z dawkowaniem nawożenia azotowego. W oparciu o wyniki tych doświadczeń dążono do opracowania zaleceń agrotechnicznych pozyskiwania możliwie największych plonów nasion szarłatu. Do badań wybrano odmianę Rawa ze względu na stosunkowo krótki okres wegetacji oraz dobrą tolerancję lżejszych gleb oraz możliwość uprawy na nasiona w środkowej Polsce [Nalborczyk 1995, Roszewski 1998, Songin i Sławiński 2000].

## II. PRZEGLĄD LITERATURY

### II.1. ZARYS HISTORII UPRAWY SZARŁATÓW

Na podstawie wykopalisk prowadzonych na terenie Meksyku wnioskuje się, że szarłat uprawiany (lub zbierany) był tam już 4000 lat przed n.e. Oznacza to, że niektóre gatunki z rodzaju *Amaranthus* należą do roślin najdłużej świadomie wykorzystywanych pokarmowo. Najstarsze znaleziska nasion *A. cruentus* pochodzą z jaskiń położonych w sąsiedztwie dzisiejszego miasta Meksyk i zamieszkałych przed 10 tysiącami lat. Wiek stwierdzonych w tych samych lokalizacjach nasion gatunku *A. hypochondricus* określany jest na 3,5 tys. lat [Sauer 1993, cyt. za Graham 2010].

W okresie przedkolumbijskim nasiona szarłatu były jednym z podstawowych źródeł pokarmu dla rdzennej ludności Ameryki Środkowej i zachodnich części Ameryki Południowej. Nasiona szarłatów stanowiły znaczący udział w ich diecie, obok papryki, tykwy, fasoli, nasion dionu jadalnego oraz kukurydzy i komosy ryżowej [Schnetzler i Breene 1994, Bressani 2003, Abalone i in. 2006, Giulliet 2006, Rosell i in. 2009, Gobelnik Młakar i in. 2010, Kaur i in. 2010]. Wykorzystywane były też części zielone szarłatu – młode liście i pędy, a także rośliny otrzymane z przerywki, jako warzywo lub przyprawę [Grajeta 1997].

Jak wynika ze sprawozdania przygotowanego dla wicekróla Ameryki, Antonia de Mendozy (1541-1542), hiszpańscy konkwistadorzy raportowali, że Aztekowie corocznie składali w naturze daninę królowi Montezumie, w skład której wchodziło 8 ton *huautli* (nasion szarłatu) i tyle samo ziarna kukurydzy i nasion fasoli. Świadczy to o wielkości produkcji tych roślin i ich znaczeniu w żywieniu ludności. Nasiona szarłatu pełniły też różnorakie funkcje w obrzędach religijnych. Najbardziej spektakularnym obyczajem dla przybyłych tam Hiszpanów było wytwarzanie ciastek z mieszaniny nasion szarłatu z miodem, wodą i ludzką krwią, formowanych w figurki (*zoale*), które spożywano w ramach uroczystości. Hiszpańscy konkwistadorzy uznali takie praktyki za profanację obrzędu komunii i hostii i kategorycznie, pod karą ucięcia rąk lub śmierci, zakazali uprawy szarłatu. W wyniku restrykcji, uprawa szarłatu na terenie Meksyku i Gwatemali popadła w niepamięć [NCR 1984].

W czasach przedkolumbijskich, w Południowej Ameryce, w Andach (na terenie obecnego Peru) lud Quechua uprawiał *A. caudatus* (fot. 1). Ten ostatni gatunek był nieco mniej znaczący w ich pożywieniu. Tam szerzej uprawiana była komosa ryżowa (*Chenopodium quinoa*) oraz – kukurydza. Kiwicha (*A. caudatus*) podzielił los amarantusów w Meksyku – w 500 lat po konkwiescie, w połowie XX w. był gatunkiem niemal zapomnianym [NCR 1989, Early 1990, Mujica 1992, Jacobsen i Mujica 2003, Trucco i Tranel 2011, Das 2012, Falasca i in. 2014, Giulliet 2006].

Kauffman i Weber [1990] podają, że w połowie XX w. areal uprawy szarłatu na nasiona skurczył się do niewielkich obszarów w Meksyku oraz

Nepalu i Indiach, a także sądzą, iż usunięcie nasion szarłatów z diety ludów Ameryki doprowadziło do rozpowszechnienia się spożywania kukurydzy (pochodzącej z Ameryki Południowej), wprowadzie o gorszych właściwościach odżywczych, ale łatwiejszej w uprawie i znacznie plenniejszej.

Uprawa różnych gatunków szarłatów w przeszłości nie ograniczała się tylko do Ameryki Południowej, ale znana była od wieków na innych kontynentach. Już w XVIII w. w Europie rozpowszechniła się uprawa form ozdobnych szarlatu, należących do gatunku *A. caudatus*, o pięknych, czerwono wybarwionych, obwieszających się kwiatostanach, pochodzących z obszaru Andów. Formy te znane są do dziś, tworzą jednak niejadalne, czarne orzeszki.

Webb [1985] za Sauer'em (1956), informuje, że szarłaty, głównie *A. hypochondriacus*, pozostają w uprawie na nasiona w rejonie Himalajów już od XVIII w., dokąd zostały sprowadzone z Ameryki prawdopodobnie przez holenderskich osadników. Jak można się domyślać, uznawali oni słusznie, że amarantus, pochodzący z górzystych regionów Ameryki Środkowej, powinien dobrze tolerować warunki zbliżonych klimatycznie gór w Indiach, Tybecie i Nepalu. Zapewne także, za pośrednictwem kolonizatorów, w XIX w. z Ameryki do Afryki Zachodniej trafiła uprawa na nasiona *A. cruentus* (tą samą drogą, co np. batat, orzech ziemny czy kukurydza).

Irving i in. [1981] cytują obserwacje badacza Afryki, D. Livingstona, który w trakcie penetracji zachodnich i środkowych obszarów Afryki stale napotykał uprawy szarlatu, głównie jako liściowego warzywa sałatkowego (spożywanego na surowo) lub gotowanego (podobnie, jak szpinak). Podobne obserwacje czyniono w XVIII w. na obszarach południowych Indii, Chin i Mongolii, a nawet Japonii. Wszędzie tam spożywane były różne lokalne gatunki szarłatów, traktowane jako warzywa liściowe.

Powrót do uprawy na nasiona omawianych roślin w Ameryce nastąpił dopiero w II połowie XX w. Jako początek naukowego zainteresowania się szarłatem jako rośliną potencjalnie wartościową odżywczo uznaje się opublikowanie w roku 1973 artykułu „*Amaranthus edulis*: a high lysine grain amaranth” w czasopiśmie *World Crops*, autorstwa australijskiego badacza W.J.S. Downtowna [cyt. za Lehman'em 1996]. Zawarte w nim informacje o obecności aminokwasu egzogenego, lizyny, w białku *A. edulis* (syn. *A. caudatus*) wskazywały, że zawartość tego aminokwasu jest tu dwukrotnie większa niż w białku pszenicy, trzykrotnie większa niż u kukurydzy, a podobna do zawartości tego aminokwasu w białku mleka, czyli – w świecie roślin – wyjątkowo wysoka. Stanowiło to bodziec do ponownego zainteresowania tą rośliną i zaowocowało wdrożeniem szeroko zakrojonych badań nad szarłatami w związku z trendem poszukiwania nowych gatunków roślin skrobiowych, które mogą wzbogacić dietę współczesnych społeczeństw, sprowadzającą się obecnie na całym świecie do pszenicy, kukurydzy i ryżu [Berghofer i Schoenlechner 2002]. Prekursorami tych prac byli badacze z Rodale Research Center z siedzibą w Emmaus, w stanie Pensylwania. W celu głębszego poznania właściwości biologicznych, ekologicznych i żywieniowych zgromadzono tam

dużą kolekcję ekotypów szarłatu zebranych na wszystkich kontynentach. Powołano American Amaranth Institute, który koordynował prace badawcze nad szarłatami w krajach obu Ameryk, a także Indii, Chin, Nigerii i Kenii. Platformą wymiany informacji i doświadczeń stały się liczne konferencje naukowe i techniczne organizowane w Meksyku, Chinach i Argentynie [Putman i in. 1989]. W 1999 r. na świecie istniało już 61 kolekcji szarłatów, gromadzących tysiące ich ekotypów [Jacobsen i Mujica 2003].



Fot. 1. *Amaranthus caudatus* (kiwicha) w peruwiańskich Andach.

Źródło: <http://www.nhm.ac.uk/natureplus>

Obecnie różne gatunki szarłatu są uprawiane w wielu regionach na całym świecie, włącznie z Europą, Ameryką Środkową i Południową, Afryką, Indiami, Chinami i USA [Budin i in. 1996, Berghofer i Schoenlechner 2002, Gimplinger i in. 2007]. Uprawy szarłatu w celu pozyskania nasion prowadzone są w Boliwii, Gwatemali, Meksyku, Peru (fot. 1), Wenezueli oraz w południowo-wschodniej Azji (Indie, Chiny, Nepal, Cejlon, Malezja) i Afryce (Uganda, Nigeria, Mozambik, Malawi). W Azji i Afryce szarłat jest szeroko uprawiany, głównie jako roślina warzywna, w diecie zastępując nieobecne w tropikach – szpinak i sałatę [Schnetzler i Breene 1994, Liu i Stutzel 2002, Abalone i in. 2006, Amin i in. 2006, Fasuyi 2006, Pinto i Velazquez 2010, Tchientche-Kamaga i in. 2013].

## II.2. OPIS BOTANICZNY RODZAJU *AMARANTHUS*

Rodzina *Amaranthaceae* (szarłatowate), obejmuje 65 rodzajów z 900 gatunkami. Większość gatunków zaliczanych do tej dużej jednostki taksonomicznej to rośliny zielne i krzewinki, występujące przede wszystkim na obszarach tropików, w Afryce i Amerykach, ale także w Europie i Australii. Roślin z tej rodziny nie spotyka się w regionach o klimacie chłodnym – w Kanadzie, na Syberii i południowych krańcach Ameryki Południowej [Putnam i in. 1989, Itúrbide i Gispert 1994, Berghofer i Schoenlechner 2002].

Według różnych autorów, w obrębie rodzaju *Amaranthus* wyróżnia się od 60 do niemal 90 gatunków [Jacobsen i Mujica 2003, O'Brien i Price 2008, Pinto i Velazquez 2010, Trucco i Tranel 2011, Das 2012, Achigan-Daco i in. 2014]. Autorzy cytowani przez Das'a [2012] nie są zgodni co do centrów powstania, a nawet liczby tych gatunków. Przyjmuje się, że blisko 60 gatunków pochodzi z obu Ameryk, około 20 – z terenu Europy Południowej (np. *A. blitum* L. [Grubben 2004a]), a nieco ponad 20 – z obszaru Azji (np. *A. tricolor* L., *A. viridis* L. [Jansen 2004c]), i Afryki (np. *A. thunbergii* Moq. [Grubben 2004c] i *A. albus* L. [Muriuki i in. 2014]).

Ścisłe ustalenie liczby gatunków nie jest możliwe z wielu powodów. Do najczęściej wskazywanych należą: znaczące podobieństwo międzygatunkowe, małe i trudne do oglądu organy diagnostyczne (którymi zwykle są elementy budowy części generatywnych), istnienie form pośrednich i szerokie rozprzestrzenienie geograficzne (co skutkuje nadawaniem nazw synonimicznych tym samym gatunkom).

Na przykład, Costea i in. [2001] w przypadku gatunku *Amaranthus cruentus* podają listę nazw botanicznych (i ich źródeł), nadawanych temu gatunkowi począwszy od połowy XVIII w. Są to:

- *Amaranthus paniculatus* L. Sp. Pl. ed. 2, 2:1406. 1763
- *Amaranthus sanguineus* L. p.p., Sp. Pl. ed. 2, 2:1407. 1763
- *Amaranthus chlorostachys* Willd., Hist. Amaranth. 34. 1790.
- *A. hybridus* L. subsp. *cruentus* (L.) Thell. var. *paniculatus* (L.) Thell., Fl. Adv. Montpell. 205. 1912
- *A. hybridus* L. subsp. *cruentus* (L.) Thell. proles *paniculatus* (L.) Thell., Ascherson & Graebner, Syn. Mitteleur. Fl. 5:247. 1914.
- *A. hybridus* L. subsp. *paniculatus* (L.) Hejny, Dostal, Kvetevna CSSR. 444. 1950
- *A. hybridus* L. subsp. *incurvatus* (Tim. ex Gren. & Godr.) Brenan var. *cruentus* Mansf., Die Kulturpflanze 2:54. 1959

Jak widać, sam Linneusz miał problemy z zakwalifikowaniem gatunku, który jest przedmiotem tej pracy. Otrzymywał różne okazy z Ameryki i próbował je nazwać. Nadawał im różne nazwy, tak były odmienne.

Ustalenie pełnej systematyki rodzaju *Amaranthus* jest też trudne stąd, że w literaturze botanicznej pojawiają się informacje o klasyfikowaniu nowych dla nauki gatunków, np. Townsend [1988] w Wenezueli sklasyfikował nowy

gatunek *Amaranthus congestus*, w Indiach ustalono obecność nowych dla nauki gatunków *A. bengalense* [Das i Iamónico 2014] i *A. parganensis* [Das 2015].

W przypadku ekotypów często bardzo do siebie zbliżonych morfologicznie ustalenie systematyki w oparciu o budowę kwiatów może być zawodne. Uznaje się jednak obecnie, że budowa członów kwiatów pozwala na rozróżnienie przynajmniej dobrze zdefiniowanych gatunków [Trucco i Tranel 2011].

Prace licznych autorów doprowadziły do uznania, że w obrębie rodzaju *Amaranthus* można wyodrębnić trzy kategorie gatunków, które posiadają podobne właściwości użytkowe [Kauffman i Weber 1990, Stallknecht i Schulz-Schaeffer 1993, Itúrbide i Gispert 1994, Schnetzler i Breene 1994, Jacobsen i Mujica 2003, Grubben 2004b, Jansen 2004a, Maundu i Grubben 2004, Trucco i Tranel 2011, Pinto i Velazquez 2010, Das 2012, Tchientche-Kamga i in. 2013, Venskutonis i Kraujalis 2013, Achigan-Dako i in. 2014]. Są to: szarłaty warzywne (np. *A. tricolor* L., *A. graecizans* L., *A. blitum* L.), szarłaty typu nasiennego (*Amaranthus hypochondriacus* L., *Amaranthus caudatus* L., i *Amaranthus cruentus* L.) oraz – typowe chwasty (np. *A. spinosus* L., *Amaranthus viridis* L., *Amaranthus retroflexus* L., *A. palmeri* S.Wats., *A. tuberculatus* [(Moq.) J. D. Sauer], *A. rudis* Sauer, *Amaranthus blitum* L. subsp. *emarginatus* oraz *A. cannabina* L.).

Powyższy podział licznych gatunków amarantusa nie uwzględnia faktu, że wiele z nich posiada wielostronne użytkowanie – gatunki należące do wszystkich grup są wykorzystywane jako warzywne, gdyż liście wszystkich gatunków są jadalne i cenne pokarmowo [Teutonico i Knorr 1985, Kauffman i Weber 1990, Stallknecht i Schulz-Schaeffer 1993, Prakash i in. 1995, Bobrzecka i in. 1999b, Aletor i in. 2002, Modi 2007, Stordahl i in. 2008, Pospíšil i Pospíšil 2008, Adeyeye i Omolayo 2011, Alegbejo 2013, Andini i in. 2013, Ward i in. 2013, Rahman i in. 2015].

Według obowiązującej obecnie systematyki botanicznej rodzaj *Amaranthus* dzielony jest na 3 podgatunki: *Acnida*, *Amaranthus* i *Albersia* [Mosyakin i Robertson 1996, Costea i in. 2001, Das 2012, Ward i in. 2013, Kietlinski i in. 2014].

Podgatunek *Acnida* łączy dziewięć lub dziesięć (według różnych źródeł) gatunków dwupiennych, wśród nich ongiś wykorzystywane pokarmowo w Ameryce Północnej przez rdzennych mieszkańców, a obecnie – uznawane tylko za bardzo groźne chwasty. Podgatunek *Albersia* uważa się za najliczniej reprezentowany (około 50 gatunków). Są wśród nich gatunki będące typowymi chwastami, ale i wykorzystywane pokarmowo, jak *A. tricolor*, *A. dubius*, *A. blitum*, a także stwierdzone w ostatnich latach (wspomniane wyżej) – *A. bengalense* i *A. parganensis*.

Członkowie podgatunku *Amaranthus* wywołują wciąż dyskusje w literaturze przedmiotu ze względu na znaczenie historycznego i gospodarczego użytkowania trzech z gatunków z tzw. „grupy” *Amaranthus hybridus* L. [NCR 1989, Mosyakin i Robertson 1996, Costea i in. 2001, Achigan-Dako i in. 2014, Kietlinski i in. 2014, Bayón 2015]. Nie rozstrzygnięto

bowiem dotąd, jak doszło do wyodrębnienia się tych od dawna uprawianych gatunków. Na wszystkich amerykańskich stanowiskach archeologicznych znajdowano nasiona jasne (białawe lub beżowe), a nie czarne (typowe dla form dziko rosnących). Według badaczy historii uprawy szarłatów oznacza to, że już przed tysiącami lat wystąpił proces selekcji roślin w kierunku lepiej strawnych nasion o jasnej okrywie, a form wyjściowych obecnie nie znajduje się [NRC 1989]. Jedyny ślad pochodzenia, łączący trzy uprawne gatunki *Amaranthus* stanowi występujący naturalnie *A. hybridus* (fot. 2). W Ukrainie wyhodowano kilka odmian uprawnych tego gatunku, w tym – odmianę Ultra (fot. 3) [Goptsiy i in. 2008].



Fot. 2. *Amaranthus hybridus* L.  
Okaz dziko rosnący.  
Źródło: <http://www.prota4u.info>



Fot. 3. *Amaranthus hybridus* L.  
Odmiana uprawna Ultra na polu  
w Mochelku k/Bydgoszczy  
Źródło: zbiory własne

Przez różnych systematyków ciągle dyskutowane są dwie hipotezy pochodzenia szarłatów nasiennych: monofiletyczna i polifiletyczna. Pierwsza z nich głosi, że wspólnym gatunkiem wyjściowym jest *A. hybridus*, który po nieznanych krzyżowaniach dał *A. cruentus*, udomowiony jako pierwszy – w Ameryce Środkowej. Ten zaś, po powtórnych skrzyżowaniach z *A. hybridus* i *A. powellii*, wydał krzyżówkę stanowiącą obecnie gatunek *A. hypochondriacus*. Natomiast krzyżówka *A. hybridus* z *A. quitensis* dała gatunek *A. caudatus*. Hipoteza polifiletyczna zakłada, że każdy z trzech gatunków został udomowiony (wyprowadzony) z innego gatunku: *A. hypochondriacus*, na terenie Meksyku, z *A. powellii*, *A. cruentus* – z *A. hybridus* (na terenie Gwatemali i Wenezueli), a *A. caudatus* – z *A. quitensis*, na terenie obecnego Peru [Costea i in. 2001]. W oparciu o szczegółową analizę budowy morfologicznej i anatomicznej przedstawicieli

wyżej wymienionych gatunków, Costea i DeMason [2001] dedukują, że hipoteza o monofiletycznym pochodzeniu szarłatów nasiennych jest bardziej prawdopodobna.

Ustalenie taksonomii rodzaju *Amaranthus* jest trudne, ponieważ gatunki mogą się krzyżować między sobą. Ułatwia to zbliżona liczba chromosomów u wielu gatunków użytkowanych rolniczo: u *A. hypochondriacus*, *A. caudatus*, *A. hybridus*, i *A. quitensis*.  $2n=32$ , a u *A. cruentus* i *A. powellii*  $2n=34$ .

Stwierdzono, że możliwe są krzyżówki między gatunkami o różnej liczbie chromosomów [Trucco i Tranel 2011, Franssen i in. 2016]. Powstające mieszańce często różnią się od form rodzicielskich, więc zdarza się, że botanicy zaliczają je do oddzielnych taksonów. Dostrzeżono wprawdzie, że powstające w wyniku krzyżowania mieszańce są zwykle niemal nieplodne [Agong i Ayiecho 1991], lecz w przypadku szeroko rozpowszechnionej uprawy szarłatów na nasiona i nie usuwania chwastów szarłatowatych, prawdopodobieństwo przekrzyżowania i dyspersji niepożądanych mieszańców jest bardzo duże. Hybrydyzacji sprzyja fakt, że gatunki z rodzaju *Amaranthus* są samopylne lub wiatropylne. Jak wykazano, kwiaty mogą być zapylane zarówno pyłkiem własnego gatunku, jak i innych [Hauptli 1977, Franssen i in. 2016].

Niemniej jednak, z badań Lehmann'a [1996], Brenner'a [1995] Kaula i in. [1996] oraz Pospíšil'owej i Pospíšil'a [2008] wynika, że celowe międzygatunkowe krzyżowanie może przyczynić się do uzyskania plennych mieszańców, a nawet – odpornych na samoistne osypywanie [Brenner 2002]. W kilku krajach prowadzi się hodowlę twórczą szarłatów dla uzyskania nowych odmian, np. w Indiach, Meksyku, Peru, Republice Zimbabwe, USA i Ukrainie [Kauffman i Weber 1990, Sleugh i in. 2001, Goptsiy i in. 2008, Stordahl i in. 2008, Trucco i Tranel 2011].

### II.3. WYMAGANIA EKOLOGICZNE RODZAJU *AMARANTHUS*

Gatunki należące do rodzaju *Amaranthus* są głównie roślinami regionów podzwrotnikowych, ale zasięg ich występowania znacznie jest szerszy dzięki selekcji, hodowli oraz spontanicznej migracji [Grobelnik Mlakar i in. 2010]. Aż 250 gatunków z wielkiej rodziny *Amaranthaceae* wykazuje unikalny w świecie roślin szlak fotosyntezy typu  $C_4$ , w tym – wszystkie gatunki z rodzaju *Amaranthus*. W przypadku innych rodzajów z tej rodziny większość gatunków przejawia fotosyntezę typu  $C_3$  lub mieszaną (tzw. CAM). Szeroko zakrojone badania Sage'a i in. [2007] pozwalają na wnioskowanie, że wyewoluowanie szlaku  $C_4$  pozwoliło na adaptację rodzaju *Amaranthus* od surowych (typowych dla klimatu wysokogórskiego Andów) do tropikalnych i umiarkowanych warunków.

Przewaga ekologiczna gatunków o szlaku fotosyntezy typu  $C_4$  ujawnia się nie tylko w bardzo efektywnej asymilacji  $CO_2$ , ale i wydajniejszej gospodarce wodą. Jak wykazano, rośliny te zużywają 60% wolumenu wody potrzebnej do produkcji tej samej biomasy roślin  $C_3$ . Cykl fotosyntezy typu  $C_4$  pozwala

szarłatom na szybki wzrost przy wysokiej temperaturze i w warunkach suszy [Hauptli 1977, Laisk i Edwards 1998]. W literaturze przedmiotu przeważa pogląd, iż mechanizm fotosyntezy szlaku  $C_4$  zapewnia szarłatom tak wydajne ciśnienie osmotyczne, że ich uprawa może być prowadzona nawet przy rocznej sumie opadów wynoszącej 200 mm [Putman 1990]. W reakcji na warunki posuszone obserwuje się tendencję do rozbudowy korzeni bocznych oraz wydłużanie się korzenia głównego [Putman i in. 1989, Mujica 1992, Henderson 1993]. Szarłaty wykazują dużą tolerancję na zróżnicowane warunki wilgotnościowe, w związku z czym uprawiane są z powodzeniem w regionach o sumie rocznej opadów liczącej od 400 do 2300 mm [Itúrbide i Gispert 1994]. Największe zapotrzebowanie na dostateczną wilgotność gleby notuje się w trakcie wschodów oraz kwitnienia. Niedobór wilgoci w glebie istotnie spowalnia i przerywa wschody [Olufolaji i in. 2010], natomiast zbyt niskie opady w fazie formowania kwiatostanów upośledzają proces kwitnienia i owocowanie [Graham 2010, Grobelnik Mlakar i in. 2012a].

Historycznie, uprawa szarłatów prowadzona była głównie w strefie zwrotnikowej, na terenach posusznych i na polach sytuowanych najwyżej spośród zakładanych w świecie, w wysokich górach. W tych warunkach ekotypy wytworzyły przystosowania zarówno do piaszczystych gleb z pH ponad 8,5, jak i kwaśnych gleb w tropikach. Dzięki temu, wymagania glebowe poszczególnych gatunków szarłatów są bardzo zróżnicowane, co poszerza spektrum ich występowania.

Z uprawą roślin w warunkach gleb o znacznej zasadowości, częstych w regionach tropikalnych, wiąże się problem zasolenia. Są doniesienia [Murata i in. 1992], że członkowie rodziny *Amaranthaceae*, podobnie jak niektóre rośliny z rodzin *Poaceae*, *Brassicaceae* i *Fabaceae* należą do grupy tzw. natrofilów (roślin wykazujących fizjologiczne zapotrzebowanie na określone stężenie sodu w roztworze glebowym). Badania wykazały jednak, że wysoka koncentracja jonów  $Na^+$  nie tylko spowalnia tempo kiełkowania nasion kilku gatunków szarłatu, ale też je definitywnie hamuje. Wyniki, nielicznych zresztą, badań nad tolerancją szarłatów na zasolenie gleb wskazują, że uprawa szarłatu nie powinna być prowadzona w dowolnych lokalizacjach.

Wykazano, że *Amaranthaceae* należą do niewielkiej grupy, liczącej około 20 rodzin, których członkowie nie nawiązują symbiozy mikoryzowej z grzybami arbuskularnymi lub wykazują małą podatność na pierwotną kolonizację grzybem mikoryzowym mimo stwierdzonej obecności takich grzybów w glebie [Madgaonkar i Lakshman 2011]. Turk i in. [2006] oraz liczni autorzy cytowani przez Heikham'a i in. [2009] wskazują, że mikoryza umożliwia przyswajanie łatwo uwsteczniających się form fosforu nieorganicznego i znacząco poprawia zdolności adaptacyjne roślin wyższych oraz ich odżywienie w warunkach zasolenia gleb. W szczepieniu gleby preparatami zawierającymi hodowle grzybów mikoryzowych badacze afrykańscy upatrują poprawy wydajności upraw warzywnych form szarłatu. Wykazano, że przedsiewne szczepienie gleby inokulum z grzybem

mikoryzowym sprzyja zasiedlenia korzeni wybranych rodów *A. cruentus* i wywołuje istotne zwiększenie plonów zielonki w porównaniu z nawożeniem mineralnym oraz nawożeniem nawozem kurzym [Cyril i in. 2014].

Gatunki szarłatów różnią się wrażliwością na długość dnia. Niektóre odmiany *A. hypochondriacus* oraz *A. caudatus* pochodzące z Indii czy Peru (typowe dla obszarów o dniu krótkim) mogą nie owocować w krajach o umiarkowanym klimacie, natomiast odmiany *A. cruentus*, tzw. „długodniowe” nie zakwitają w Nigerii [NRC 1984, Kauffman i Weber 1990]. Stwierdzono, że większość gatunków uprawnych szarłatu zakwita przy długości dnia krótszej niż 12 godzin, choć niektóre odmiany (nawet w obrębie jednego gatunku) zakwitają w warunkach dnia trwającego do 16 godzin.

Długość trwania okresu wegetacji waha się w granicach 90 do 240 dni, a u większości ekotypów nasiona osiągają dojrzałość po 120 – 180 dniach. Oznacza to, że w ramach selekcji wyodrębniono odmiany czy ekotypy szarłatów najlepiej przystosowane do określonej szerokości geograficznej. Ma to znaczenie w przypadku uprawy roślin na nasiona, a pozostaje bez znaczenia dla ich uprawy na zielonkę – jako warzywa, co jest typowym sposobem ich użytkowania w tropikalnych regionach Indii i w Afryce (fot. 4) [Falasca i in. 2014].



Fot. 4. Zbiór szarłatu (*lenga-lenga*) na warzywo w Mali.

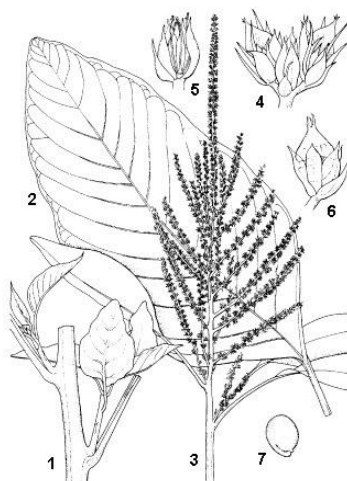
Źródło: <http://timbuktuchronicles.blogspot.com/>

Z długością okresu wegetacji wiążą się warunki termiczne każdego gatunku jednorocznego. Kielkowanie nasion (owoców) szarłatów wymaga wysokiej temperatury. Jak twierdzi większość badaczy, w tym Irving i in. [1981], Webb [1985], Myers [1996], Bavec [2002], Modi [2007] następuje ono najszybciej powyżej 15°C. Optymalna ciepłota dla okresu wegetacji szarłatów mieści się w granicach 24 – 28°C [Putnam i in. 1989], ale tolerują dobrze afrykańskie upały od 35 do 40°C, a w pełnym słońcu – nawet dochodzące do 50°C [Berghofer i Schoenlechner 2002, Olufolaji i in. 2010].

Wzrost roślin przerywa spadek temperatury poniżej 8°C, a w temperaturze 4°C rośliny ulegają nieodwracalnym uszkodzeniom. Uznaje się, że pochodzący z Andów *A. caudatus* jest nieco bardziej odporny na chłody niż *A. cruentus*. U tego ostatniego gatunku spadek temperatury powietrza poniżej 10°C w trakcie tworzenia kwiatostanu powoduje więdnienie części szczytowej pędu i powstanie zjawiska nazywanego zwieszaniem się wiechy, a jeżeli wcześniej nie doszło do zawiązania owoców, kwiaty stają się bezpłodne [NRC 1984]. Natomiast, niska temperatura, a nawet przymrozki, przyczyniają się do przyspieszenia zasychania pędów i liści dojrzałych roślin i ułatwiają mechaniczny zbiór nasion [Kauffman i Weber 1990, Putnam 1990].

#### II.4. CECHY MORFOLOGICZNE WYBRANYCH GATUNKÓW RODZAJU *AMARANTHUS*

Gatunki uprawne szarłatu cechują się dużą różnorodnością budowy morfologicznej, tempem wzrostu i rozwoju oraz składem chemicznym [Bressani 1994, Myers 1996, Berghofer i Schoenlechner 2002, Venskutonis i Kraujalis 2013, Ogrodowska i in. 2014].



Rys. II.1. *Amaranthus cruentus* L. 1 – pęd z rozgałęzieniami, 2 – liść, 3 – kwiatostan, 4 – skupienie kwiatów na szczycie rozgałęzienia, podparty listkiem podkwiatowym, 5 – kwiat męski (usunięto jeden płatek), 6 – kwiat żeński, podparty listkiem przykwiatowym, 7 – nasiono (owoc – orzeszek). Źródło: Das 2012, za 'Plant Resources of South-East Asia', Vols 1-20 (1989-2000), by kind permission of the PROSEA Foundation, Bogor, Indonesia

Wysokość roślin waha się od 0,3 do ponad 3 m [Kaur i in. 2010,]. Nagie lub pokryte krótkimi włoskami łodygi szarłatów są wyprostowane lub płożące. Obserwuje się rośliny zupełnie pozbawione pędów bocznych do różnie rozgałęziających się: *A. cruentus* – rozgałęzienia łodygi tuż przy ziemi,

*A. hypochondriacus* – rozgałęzienia w dolnej części łodygi, *A. hybridus*, – rozgałęzienia w górnej części łodygi [Weber 1990].

Łodygi i liście są zielone, czerwone, purpurowe lub wielobarwne. Liście są ogonkowe, zwykle ułożone na łodydze skrętolegle. Przyjmują zróżnicowane kształty, od lancetowatych do rombowo jajowatych lub eliptycznych [Myers 1996]. Również zmienne jest zabarwienie palowego systemu korzeniowego (z licznymi korzeniami bocznymi), sięgającego na głębokość do 2,5 m.

Szarłaty „nasienne” wykazują duże podobieństwo morfologiczne. Tworzą silnie rozbudowany i złożony kwiatostan szczytowy, określany jako zbity niby kłos lub wiecha kłosokształtna, składający się z licznych kłębików osadzonych na silnie skróconych osadkach. Kwiatostany mogą być wyprostowane, zwisające lub pośrednie (*A. cruentus*). Również ich długość jest zróżnicowana i może osiągać ponad 50 cm (*A. caudatus*), o barwie od złotego przez zielony, różowy, czerwony, purpurowy aż do brązu [Bressani i Garcia-Vela 1990]. Kwiaty są rozdzielnopłciowe; bardzo zredukowane kwiaty posiadają pięć płatków i pięć pręcików, a każdy kwiatek wspierany jest łuskowatym listkiem przykwiatowym. Kwiaty męskie i żeńskie występują w skupieniach po kilka, przy czym (nieliczne) kwiaty męskie tworzą się na szczycie każdego skupienia [Das 2012] (rys. 1).

W przeciwieństwie do nich, pozostałe gatunki z rodzaju *Amaranthus* (fot. 5) tworzą kwiatostany najczęściej w kątach liści, a kwiatostany szczytowe są znacznie mniej rozgałęzione, kwiaty są opatrzone najczęściej trzema płatkami, pręciki trzy, wspierane liściem przykwiatowym, okrywa owoców najczęściej jest ciemna – brązowa lub czarna [Das 2012].



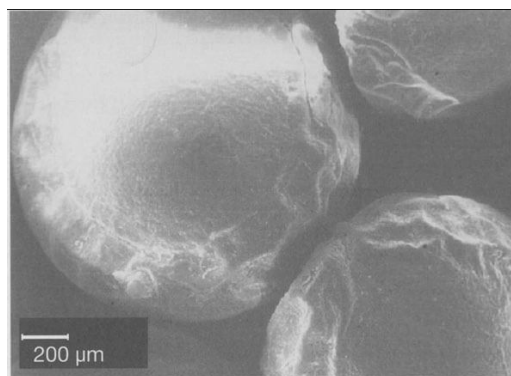
Fot. 5. *Amaranthus graecizans* L.

Źródło: <http://www.prota4u.info/protav8.asp?g=pe&p=Amaranthus+graecizans+L>

Duża liczba drobnych, łuskowatych członów kwiatów obu płci nie opada po dojrzeniu owoców, a jedynie zasycha w kwiatostanie. W trakcie omłotów nasion zanieczyszczają one plon i są trudne do oddzielenia.

Owocem szarlatu jest drobna, jednonasienna niełupka typu orzeszka, o średnicy od 0,9 do 1,7 mm. Masa tysiąca nasion waha się w granicach od 0,7 do 0,9 g, a liczba owoców wiązanych przez pojedynczy okaz może dochodzić do pięćdziesięciu tysięcy [Calzetta Resio i in. 2004].

W nasieniu zarodek jest stosunkowo duży (stanowi około 25% masy nasienia) i niemal otoczony jest bogatym w skrobię obielmem, będącym tkanką odżywczą zarodka (fot. 6).



Fot. 6. Nasiona szarlatu w obrazie spod mikroskopu skaningowego.  
Część ciemniejsza nasiona – zarodek, otoczona pierścieniem jaśniejszego obielma.  
Źródło: Berghofer i Schoenlechner [2002]

Łupina nasienna (a właściwie – owocowo-nasienna) jest bardzo cienka i gładka. Jej zabarwienie może być białe, złote, kremowe, marmurkowe, brązowe oraz czarne. Ciemne nasiona posiada większość form dzikich, warzywnych i pastewnych, z kolei jasne są charakterystyczne dla form uprawnych szarłatów nasiennych [Ofitserov 2001, Stordahl i in. 2008].

## **II.5. TRADYCYJNE KIERUNKI UŻYTKOWANIA GATUNKÓW Z RODZAJU *AMARANTHUS***

Własności odżywcze gatunków z rodzaju *Amaranthus* znane są ludziom na różnych kontynentach od tysiącleci, lecz dopiero niedawno poddano je naukowej analizie. Badania prowadzone w Ameryce, Azji i Afryce ujawniają, że wszędzie tam intuicyjnie wykorzystuje się szarłaty podobnie – zarówno nasiona, jak i zielone części. Łącznie, spożywa się różne części roślin około 17 gatunków amarantusów [Sogbohossou i Achigan-Dako 2014].

Nasiona szarłatów „nasiennych” mają bardzo twardą okrywą owocową, uniemożliwiającą jej rozgotowanie, smażenie czy upieczenie. Dlatego, niezależnie na różnych kontynentach, nasiona szarlatu zawsze albo mielono na mąkę (i dodawano do mąki z innych ziaren – w celu wykonania wypieków) albo poddawano obróbce cieplnej (na sucho lub zwilżone), dzięki której pękały (jak ekspandowane ziarniaki kukurydzy). Ażeby je zlepić i ukształtować

w rodzaj pokarmu używa się miodu lub melasy. W Meksyku od niepamiętnych czasów są spożywane w formie ciastek „*alegría*” („szczęście”), w Peru podobne przekąski nazywają się „*turrónes*”, w Nepalu i Indiach – niemal takie same, noszą nazwę „*ladoo rajgira*” („królewskie nasiona”). Wyroby te łączone są ze suszonymi owocami, obtaczane we wiórkach kokosa, nasionach sezamu itp. (fot. 7 – 9).



Fot. 7. Meksyk - „alegría”.

Źródło: <https://healthylivingkinda.com>



Fot. 8. Indie - ladoo „rajgira”

Źródło: <http://thegandhifoods.com/>



Fot. 9. Polska - Ciastka amarantusowe

Źródło: <http://targsmaku.pl/>

Wzorując się na tych tradycyjnych przepisach, aby zwiększyć popularność i możliwość wykorzystania nasion szarłatów obecnie w wielu krajach poddaje się je procesom przerobu, np. w celu produkcji wielozbożowych ciastek („snacks”) lub jako „muesli” oraz temu podobnych produktów zaliczanych do tzw. „żywności wygodnej” [Schnetzler i Breene 1994, Grega i in. 2001, Ceglińska i in. 2003, Cacak-Pietrzak i in. 2004, Ferreira i Arêas 2004, Bodroža-Solarov i in. 2008, Barca i in. 2010, Szwejkowska i Bielski 2012, Ogrodowska i in. 2014, Pęksa i in. 2015]. Z namoczonych w wodzie preparowanych nasion szarłatów przygotowuje się rodzaj zupy, kleiku, nazywanej w Meksyku „*pinole*”, w Peru – „*mash'ka*”, a w Nepalu „*sattoo*” [Early 1990, Giullet 2006, Reiley, <http://chetday.com/amaranth.html>].

Według większości specjalistów, mąka lub płatkowane nasiona szarłatów nie nadają się bezpośrednio do wytwarzania pieczywa i makaronu. Jednak jako dodatek do mąki pszennej, poprawiają jej wartość odżywczą, nie pogarszając jednocześnie własności wypiekowych (w określonych dawkach) [Ceglińska

1995, Gambuś i in. 2002, Januszewska-Józwiak i Synowiecki 2008, Sindhuja i in. 2005, Śmigierska i in. 2013a, Martinez i in. 2014]. Są doniesienia, że chleb upiec można nawet wyłącznie z mielonych nasion szarłatu, lecz wymaga to dodatku substancji zlepiających i spulchniających [Tossi i in. 2001, Sanz-Penella i in. 2013].

Potrawy przygotowane z nasion szarłatu mają bardzo przyjemny, nieco orzechowy posmak. Ma to znaczenie dla konsumentów w krajach, w których produkty żywnościowe z nasion szarłatu są nowością [Railey, <http://chetday.com/amaranth.html>, Ronteltap i in. 2007].

Wśród starożytnych zastosowań szarłatu warto wymienić wykorzystywanie barwnika otrzymywanego z kwiatostanów do barwienia rytualnej skóry, a do dziś – do barwienia napoju alkoholowego produkowanego ze sfermentowanych nasion szarłatu – „chicha” oraz pewnego rodzaju piwa [Early 1990].

Jak podano wyżej, w wielu krajach tropikalnych podstawowym sposobem pokarmowego wykorzystania szarłatów jest spożywanie ich części zielonych (liści i młodych pędów) – jako warzywa sałatkowego lub po ugotowaniu czy usmażeniu). W krajach Afryki, Chinach i Indii, zapewne od stuleci, pełnią rolę podobną, jak liście sałaty czy szpinaku w krajach klimatu umiarkowanego. Jest to zastosowaniem raczej nieznanym obecnie w Europie i Ameryce [Alegbejo 2013, Achigan-Dako i in. 2014]. Współczesne badania potwierdzają duże wartości odżywcze i możliwości wykorzystania szarłatów jako warzyw. Podkreśla się ich walory smakowe, a także propaguje różne sposoby komponowania z nich potraw [Stallknecht i Schulz-Schaeffer 1993, Ofitserov 2001, O'Brien i Price 2008, Alegbejo 2013, Andini i in. 2013, Li i in. 2015, Pęksa i in. 2015, Railey <http://chetday.com/amaranth.html>]. Wśród gatunków warzywnych wymienia się przede wszystkim *A. tricolor*, a także *A. blitum*, *A. dubius* i *A. graecizans*. Adeyeye i Omolayo [2011] oraz Andini i in. [2013] postulują popularyzowanie pokarmowego wykorzystania innych jeszcze, dziko rosnących gatunków szarłatów, co może być drogą poprawy stanu odżywienia ludności w Afryce i Azji, której dieta jest bardzo mało zróżnicowana i oparta głównie na ziarnie zbóż (ryżu, kukurydzy, sorgu i prosie). Zgodnie z niepokojącymi doniesieniami Food and Agriculture Organization przy ONZ (FAO), w wielu krajach występuje zjawisko tzw. „ukrytego głodu”, które nie zawsze wiąże się ze zbyt małą ilością jedzenia, a przede wszystkim – z jego niską jakością i niewielką różnorodnością pokarmów, nie dostarczających potrzebnych mikroskładników [Welch i in. 2013]. W krajach rozwijających się problem ten dotyka nawet 33% populacji dzieci do lat pięciu [Mburu i in. 2012].

W krajach tropikalnych istnieje specyficzny sposób produkcji wielu roślin, zarówno na nasiona, jak i na zielonkę, w tym – szarłatów, polegający na współrzędnej uprawie co najmniej dwóch lub więcej gatunków. Jedną z ważnych przesłanek takiej agrotechniki jest potencjalna stabilność plonowania, większa odporność na choroby i szkodniki, pewna łatwość walki z zachwaszczeniem w warunkach braku mechanizacji, gdy pola mają małą

powierzchnię, a wielkość produkcji jest ograniczona do zaspokojenia własnych potrzeb [Trenbath 1999]. Na przykład, w międzyrzędzia kukurydzy wsiewa się szarłatowy warzywny, zbierając je po kilku tygodniach od siewu (fot. 10) [Ng'ang'a i in. 2009, Sarker i in. 2013, Ayodele i Shittu 2013].



Fot. 10. Uprawa współrzędna *A. tricolor* z kukurydzą w Bangladeszu  
Źródło: <https://soilsmatter.wordpress.com/2014>

Z myślą o gospodarstwach ekologicznych Clark i Myers [1994] testowali możliwość wdrożenia w USA uprawy na nasiona szarłatów współrzędnie z prosem i kilkoma gatunkami strączkowych. Jednak, odnotowali dużą zniżkę plonów nasion wszystkich komponentów w porównaniu z czystym siewem przy próbie zintensyfikowania produkcji. Wtedy uprawa współrzędna ujawniała swoje słabości, w zasadzie uniemożliwiając kontrolowanie nawożenia, ochrony i znacząco powiększając pracochłonność pielęgnacji.



Fot. 11. Uprawa współrzędna *A. hypochondriacus* i prosa w Indiach.  
Źródło: <http://indienbloggen.org>

Do takich wniosków doszli też Apaza-Gutierrez i in. [2002] i wykazali, że *A. hypochondriacus* i *A. caudatus* wysokie i wyrównane plony wydają tylko

uprawiane w czystym siewie. Niemniej, ten system uprawy na nasiona jest spotykany np. w Indiach (fot. 11), ale i w Ameryce Południowej.

Ze spożywaniem przez ludzi części wegetatywnych tych roślin wiąże się też ich tradycyjne wykorzystanie paszowe. W przeszłości, w różnych regionach świata praktykowano głównie skarmianie zwierząt pozostałości po omlotach szarłatów nasiennych [NRC 1989], natomiast nie znajdujemy informacji na temat podejmowania uprawy szarłatów z głównym przeznaczeniem na paszę. Jak się wydaje, w wielowiekowej tradycji uprawy szarłatów pozostawały one głównie cennym pożywieniem dla ludzi, a raczej nie – paszą dla zwierząt. Za tym poglądem przemawiają takie przesłanki, jak przydawanie nasionom i częściom zielonym szczególnych właściwości, często magicznych, kultywowanych nie tylko w Ameryce. Możliwe, że wspierały je dostrzegane liczne właściwości odżywcze i lecznicze.

Badacze historii użytkowania szarłatów [NRC 1984, 1989, Kauffman i Weber 1990, Stallknecht i Schulz-Schaeffer 1993, Myers 1996,], podają, że w różnych regionach świata w celach leczniczych wykorzystywano wyciągi z liści i pędów różnych gatunków szarlatu. Były pomocne w chorobach skóry (np. egzemie, grzybicy, na ropnie, oparzenia i czyraki, w chorobach wenerycznych), przeciwgorączkowo, a także chorobach wewnętrznych (nerek, jelit, układu krwionośnego), w chorobach kobiecych, a także – do przemywania oczu, a nawet stosowano przy epilepsji dzieci. Szczególnie szerokie zastosowanie lecznicze w Azji i Afryce miały i mają do dziś preparaty uzyskiwane z *A. viridis* i *A. spinosus* (fot. 12) [Jansen 2004 b, c].



Fot. 12. *Amaranthus spinosus* L. Źródło: [www.southeasternflora.com](http://www.southeasternflora.com)

## **II.6. SKŁAD CHEMICZNY GATUNKÓW Z RODZAJU *AMARANTHUS* I ICH FUNKCJONALNE WŁAŚCIWOŚCI**

W poprzednim podrozdziale wskazano, że znane i użytkowane od niepamiętnych czasów gatunki z rodzaju *Amaranthus* w obecnym czasie są w zasadzie bardzo podobnie wykorzystywane pokarmowo. Różnicę stanowi

może wdrożenie nowoczesnych procedur wydajniejszej produkcji, a także sugerowanie wykorzystania paszowego zielonki.

Rozwój wiedzy na temat właściwości szarłatów zapoczątkowały prace National Academy of Sciences USA, których wyniki zawarto w dwóch opracowaniach: „Amaranth: Modern Prospects for an Ancient Crop” oraz „Lost crops of the Incas: Little-known of the plants of the Andes with promise for Worldwide Cultivation” [NCR 1984, 1989], jako plon pracy 600 naukowców z 56 krajów. Poszukiwano odpowiedzi na temat historii i stanu aktualnego uprawy szarłatów na świecie, ich cech genetycznych, składu chemicznego, właściwości odżywczych i szans ich wykorzystania pokarmowego.

Ogromna liczba prac badawczych wykonywanych począwszy od lat 90-tych XX w. nie tylko odpowiedziała na te pytania, ale i wskazała na wiele nowych zastosowań amarantusów. Potwierdziły one wysokie walory odżywcze wynikające ze składu chemicznego nasion i zielonych części, a także sugerują inne zastosowania w kosmetyce, przemyśle elektronicznym itd. Wyjaśniają i potwierdzają także lecznicze właściwości opisywanych gatunków.

W wielu opracowaniach szarłaty nasienne są charakteryzowane jako rośliny zbożowe i do zbóż porównywane, jako pseudo-zboża [Virk i Saxena 2003, Rutkowska 2006, Alegbejo 2013, Jendrzejczak i Śmigierska 2014]. Pod wieloma względami skład chemiczny nasion szarłatu jest rzeczywiście podobny do zbóż, chociaż udział i proporcje poszczególnych składników są odmienne [Bobrzecka i in. 1998]. W porównaniu z innymi zbożami rzekomymi (komosą ryżową i gryką) szarłaty nie wymagają usuwania łupiny nasiennej przed przerobem nasion (na mąkę czy popping), co upodabnia je do zbóż. W wielu opracowaniach wskazuje się, że poszczególne gatunki amarantusów stosunkowo niewiele różnią się między sobą składem chemicznym [Kaul i in. 1996, Sleugh i in. 2001, Tosi i in. 2001, Gamel i in. 2006a, Peterka i in. 2008, Stordahl i in. 2008, Kaur i in. 2010, Andini i in. 2013, Pourfarid i in. 2014, Achigan-Dako i in. 2014, Li i in. 2015]. Jednak, z badań Skwaryło-Bednarz [2010, 2012] oraz Skwaryło-Bednarz i Krzepiło [2008, 2009], a także Skwaryło-Bednarz i in. [2011, 2014] wynika, że nawożenie NPK może różnicować skład chemiczny zielonki i nasion *A. cruentus* i *A. hypochondriacus*. Kachiguma i in. [2015] podają też, że prowadzone obecnie na terenie Afryki (Malawi) prace hodowlane idą w kierunku selekcji rodów szarłatów nasiennych pod względem większego zróżnicowania składu chemicznego.

W tabeli II.1 zamieszczono wybrane aktualne dane o wartości odżywczej szarłatów w porównaniu do odpowiednich wartości w pszenicy zwyczajnej (dla owoców) oraz szpinaku (dla liści surowych i gotowanych). Dane te, publikowane corocznie przez Ministerstwo Rolnictwa USA [USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28 NNDNR [http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/\(2015\)](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/(2015))], potwierdzają liczne doniesienia o odmienności składu chemicznego nasion (owoców) szarłatów w porównaniu do ziarna zbóż, a jednocześnie pozwalają na wskazanie

podobieństw i różnic w składzie chemicznym szarłatu w stosunku do szpinaku, którego liście są podobnie użytkowane, jak wegetatywne części szarłatów. Warto podkreślić, że w tym materiale źródłowym nie uwzględniono gatunków szarłatu.

Należy dodać, że w wielu opracowaniach znaleźć można informacje o składzie chemicznym nasion lub zielonki gatunków szarłatu. Zasadniczo, nie różnią się one wielkością od przedstawionych w tabeli II.1, choć ich porównywalność utrudnia zmienność materiału badawczego (wyniki pochodzą z doświadczeń o różnorodnej metodyce).

Tabela II.1. Porównanie wartości odżywczej surowego ziarna pszenicy zwyczajnej i nasion szarłatu oraz surowych i gotowanych (bez soli) liści szpinaku i szarłatu (w przeliczeniu na masę 100g produktu). Źródło: USDA National Nutrient Database for Standard Ref., Release 28, [www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/), 2015

| Składniki            | Owoce (przemiał) |         | Liście surowe |         | Liście gotowane |         |
|----------------------|------------------|---------|---------------|---------|-----------------|---------|
|                      | Pszenica         | Szarłat | Szpinak       | Szarłat | Szpinak         | Szarłat |
| Energia [kcal]       | 332              | 371     | 24            | 23      | 23              | 21      |
| Białko [g]           | 9,61             | 13,56   | 2,86          | 2,46    | 2,98            | 2,11    |
| Tłuszcze [g]         | 1,95             | 7,02    | 0,39          | 0,33    | 0,78            | 0,18    |
| BAW [g]              | 74,48            | 65,25   | 3,63          | 4,02    | 2,71            | 4,11    |
| Minerały [mg]        |                  |         |               |         |                 |         |
| Ca                   | 33               | 159     | 99            | 215     | 124             | 209     |
| Fe                   | 3,71             | 7,61    | 2,71          | 2,32    | 1,48            | 2,26    |
| Mg                   | 117              | 248     | 79            | 55      | 48              | 55      |
| P                    | 323              | 557     | 49            | 50      | 36              | 72      |
| K                    | 394              | 508     | 558           | 611     | 256             | 641     |
| Na                   | 3                | 4       | 79            | 20      | 55              | 21      |
| Zn                   | 2,96             | 2,87    | 0,53          | 0,90    | 0,30            | 0,88    |
| Witaminy             |                  |         |               |         |                 |         |
| kw. askorb. [mg]     | -                | 4,2     | 28,1          | 43,3    | 5,9             | 41,1    |
| tiamina [mg]         | 0,297            | 0,116   | 0,078         | 0,027   | 0,106           | 0,020   |
| ryboflawina [mg]     | 0,188            | 0,200   | 0,189         | 0,158   | 0,129           | 0,134   |
| niacyna [mg]         | 5,347            | 0,923   | 0,724         | 0,658   | 0,787           | 0,559   |
| pirydoksyna [mg]     | 0,191            | 0,591   | 0,195         | 0,192   | 0,086           | 0,177   |
| kw. foliowy [μg]     | 28               | 82      | 194           | 85      | 114             | 57      |
| retinol [μg]         | -                | -       | 469           | 146     | 58              | 139     |
| Kwasy tłuszczowe [g] |                  |         |               |         |                 |         |
| nasycone             | 0,430            | 1,459   | 0,063         | 0,091   | 0,0             | 0,050   |
| jednonienasycone     | 0,283            | 1,685   | 0,010         | 0,076   | 0,0             | 0,041   |
| wielonienasycone     | 1,167            | 2,778   | 0,165         | 0,147   | 0,0             | 0,080   |

Zawartość węglowodanów w nasionach szarłatów jest znacząco mniejsza (średnio – 65%) niż np. z ziarnie pszenicy (średnio 75% s.m.) (tab. II.1). Mono- i dwucukry stanowią zaledwie 3 – 5% suchej masy nasion, z czego niemal połowę stanowi sacharoza [Becker i in. 1981, Svirskis 2009]. Natomiast

podstawowym składnikiem frakcji BAW jest skrobia. Stwierdzono, że ziarna skrobi amarantusów są najmniejsze wśród gatunków uprawnych, o średnicy nie większej niż 1,5 µm. Istotnym dla wartości przetwórczych jest skład skrobi, zaledwie w co najwyżej 10% złożonej z amylozy. Jest to więc tzw. skrobia amylopektynowa, co kwalifikuje ją do skrobi grupy gatunków woskowych, takich jak kukurydza, ryż i jęczmień [Walkowski i in. 1997, Qian i Kuhn 1999, Choi i in. 2004]. Przyswajalność skrobi amarantusów jest niemal dwukrotnie większa, niż skrobi pszenicznej. W porównaniu do niej, skrobia pszenicy składa się w 28% z amylozy i 72% - z amylopektyny [Yanez i in. 1986, Paredes-López i Hernandez- López 1992].

Nasiona szarłatów charakteryzuje wysoka zawartość białka. Według różnych autorów przeciętny udział białka w suchej masie nasion *Amaranthus* ssp. wynosi od 13,5 do 18,0% [Gajewska i in. 2002, Białek i Rutkowska 2013]. Białko szarłatu cechuje wysoka zawartość lizyny (wg różnych autorów od 4,0 do 8,3% s.m.) oraz aminokwasów zawierających siarkę, metioninę, cystynę i cysteinę [Bressani i Garcia-Vela 1990, Grajeta 1997, Zheleznov i in. 1997, Zadak i Jelinek 2001, Alvarez-Jubete i in. 2009, Biel i Jaskowska 2010, Uazhanova i in. 2013, Ogrodowska i in. 2014]. Peterka i in. [2008] oraz Palombini i in. [2013] podają, że w białku amarantusów, niezależnie od gatunku, największy udział mają kwas glutaminowy i arginina (w ilości przekraczającej 10 mg na 1 g białka). Ich tak znaczny udział ma istotne znaczenie w żywieniu dzieci. Natomiast, zawartość aminokwasu leucyny jest niższa niż w białku kukurydzy, pszenicy i jęczmienia, co ogranicza wartość pokarmową białka szarłatu. W celu skompensowania tego niedoboru zaleca się stosowanie mieszanek mąki z szarłatu oraz tradycyjnych zbóż [Park i Morita 2004, Barca i in. 2010, Islas-Rubio i in. 2014].

Wartość biologiczna białek szarłatu jest lepsza od białka mleka [Zheleznov i in. 1997, Ofitserov 2001, Escudero i in. 2004]. Charakteryzują się także dobrą strawnością rzeczywistą, która jest zmienna w zależności od gatunku rośliny i wynosi 79-89% (podczas gdy mleka – 72 pkt., kukurydzy 44 pkt. pszenicy 57, a soi – 68 punktów) [Ferreira i Arêas 2004, Szwejkowska i Bielski 2012, Amare i in. 2015]. W przeciwieństwie do zbóż takich jak pszenica, jęczmień i żyto, białka szarłatu składają się głównie z albumin i globulin, a zawierają niewiele prolamin należących do frakcji glutenu, lektyny źle trawionej przez wiele osób [Czubaszek 1998, Barca i in. 2010, Ballabio i in. 2011, Kaźmierczak i in. 2011]. Daje to możliwość wykorzystanie nasion szarłatu jako składnika żywności bezglutenowej przeznaczonej dla chorych na celiakię, choć utrudnia wytworzenie ciasta o odpowiednich właściwościach wypiekowych [Berti i in. 2004, Gambuś i in. 2009, Grobelnik Młakar i in. 2009, Alvarez-Jubete i in. 2010]. W składzie chemicznym amarantusów występuje natomiast specyficzna lektyna, amarantyn, o budowie innej niż gluten. Jak stwierdzono, wykazuje on cytotoksyczność wobec komórek raka okrężnicy [Rinderle i in. 1989].

Z punktu widzenia przyswajalności białka szarłatu największą wartość posiada białko w nasionach suchych. Gdy nasiona te spożywane są w formie

poppingu lub rozgotowane (jako kleik), frakcja białkowa ulega degradacji, szczególnie dużej – przy gotowaniu lub pieczeniu (tab. II.1).

Zawartość białka w suchej masie liści amarantusów mieści się w zakresie od 17,4 do 38% [Fasuyi 2006; Gamel i in. 2004]. Ich wartość żywieniowa jest lepsza od białek szpinaku, kapusty i zbóż. Obróbka termiczna (gotowanie lub smażenie) obniża wartość odżywczą liści szarłatów, podobnie jak szpinaku [Fasuyi 2006, Segura-Nieto i in. 1994, tab. II.1].

Zawartość tłuszczu w nasionach jest zmienna i w zależności od gatunku szarłatu wynosi 4,8-10% [Bressani 1994, He i in. 2002, Ratusz i Wirkowska 2006, Gamel i in. 2007, Paško i in. 2007, Piecyk i in. 2009, Ogrodowska i in. 2014]. Jest ona wyższa niż w ziarnie kukurydzy i pszenicy [Schoenlechner i in. 2008, Alvarez-Jubete i in. 2010, Heinrich i in. 2013, Śmigierska i in. 2013b]. Udział frakcji lipidowej w nasionach niektórych gatunków (np. *A. spinosus* i *A. tenuifolius*) wynosi aż 19,3% [Budin i in. 1996, Sun i in. 1997]. Głównym składnikiem frakcji tłuszczowej nasion są nienasycone kwasy tłuszczowe, których udział dla odmian uprawianych w celach spożywczych wynosi około 70% [Paško i in. 2007, tab. II.1]. Najwyższą zawartość wykazują kwasy: z grupy jednonienasyconych – oleinowy (20,3-33,3%), a wielonienasyconych: linolowy (n-6) – (38,2-51,7%) i alfa linolenowy (n-3) – (1,2%) [Grajeta 2000, Leòn-Camacho i in. 2001, Berganza i in. 2003, Obiedzińska i Waszkiewicz-Robak 2012]. Nasycone kwasy tłuszczowe występują w mniejszej ilości, głównie w postaci kwasu palmitynowego (20,3-22,1%), stearynowego (2,6-3,8%) oraz mirystynowego (0,1-0,2%) [Becker 1981, Prokopowicz 2001, Martirosyan 2007, Paško i in. 2007, Uazhanova i in. 2013].

Lipidy znajdujemy również w liściach szarłatu, gdzie ich udział w suchej masie wynosi 6,8-9,1% [Aletor i in. 2002, He i in. 2003, Fasuyi 2006, Segura-Nieto i in. 1994, tab. II.1].

Obecnie dużą uwagę przykładą się do właściwości antyoksydacyjnych substancji zawartych w produktach pochodzenia roślinnego. Różne części roślin szarłatów są bogate w związki przeciwutleniające, w tym – antynowotworowe. Z ich obecnością wiązane są nadzieje na ich lecznicze zastosowania. Wymienić tu należy składniki frakcji lipidowej nasion i części wegetatywnych, polifenole oraz karoten i specyficzne barwniki.

Ważnym składnikiem frakcji lipidowej nasion tej rośliny są tokoferole, których zawartość w nasionach szarłatu jest zależna od gatunku i odmiany [Venskutonis i Kraujalis 2013]. W badaniach Czaplickiego i in. [2012a] zawartość tokoferoli w oleju z nasion szarłatu wyniosła 131,7 mg na 100g oleju. Wśród tokoferoli stwierdzonych w nasionach *A. cruentus*, dominującym homologiem okazał się  $\beta$ -tokoferol, a w *A. hypochondriacus* –  $\alpha$ -tokoferol [Skwaryło-Bednarz 2010, Ogrodowska i in. 2014]. W nasionach szarłatu występują również fitosterole, a brak w nich cholesterolu, nawet w ilościach śladowych [Marccone i in. 2003, Schnetzler i Breene 1994, Stuchlik i Žák 2002].

W składzie substancji niezmydlających towarzyszącym tłuszczom w nasionach rodzaju *Amaranthus* stwierdzono obecność skwalenu – wysoko

nienasyconego węglowodoru z grupy triterpenoidów, zawierającym sześć izolowanych wiązań podwójnych [Jame i in. 2010]. Ten unikalny składnik występuje również w nasionach innych gatunków roślin oraz we frakcji tłuszczowej różnych owoców (np. oliwki europejskiej), niemniej udział procentowy skwalenu w nasionach szarłatu jest największy. W badaniach Ogrodowskiej i in. [2014] jego zawartość wyniosła 5642 mg na 100 g tłuszczu. Biorąc pod uwagę tak wysoką zawartość skwalenu – roślina ta może stanowić podstawowy surowiec do pozyskiwania tego cennego związku, jako ekologiczna alternatywa dla otrzymywanego obecnie z wątroby rekinów głębinowych [Kelly 1999, Jahaniaval i in. 2000, Czaplicki i in. 2012a].

Leòn-Camacho i in. [2001], Marcone i in. [2003], Martirosyan i in. [2007] wskazują, że fitosterole zawarte w nasionach szarłatu mogą być stosowane w leczeniu chorób serca; mają też działanie przeciwbólowe i przeciwzapalne. Wymienieni badacze wyodrębnili ponad 20 homologów tych związków z nasion *A. hypochondriacus* oraz *A. cruentus*.

Włókno jest składnikiem produktów o obniżonej kaloryczności, ponieważ prowokuje uczucie sytości po jego spożyciu. Spożywanie produktów zawierających włókno jest zalecane w profilaktyce zaburzeń pokarmowych [Vitolo i in. 2007]. Jak ujawniły badania Tosi'ego i in. [2001], Repo-Carrasco i in. [2009] oraz Lamothe i in. [2015] zawartość błonnika w nasionach wynosi 11 – 13% s.m. nasion, przy czym około 20% tej frakcji stanowi włókno rozpuszczalne, więcej niż w przypadku pszenicy i kukurydzy (około 15%). Świadczy to o dobrych właściwościach żywieniowych nasion szarłatów pod względem przyswajalności tego składnika.

Oprócz podstawowych składników chemicznych, w tkankach szarłatów gromadzone są również wtórne metabolity, takie jak fityniany, taniny, saponiny oraz specyficzne barwniki. W nasionach szarłatów nasiennych oraz w zielonce z *A. tricolor* stwierdzono np. obecność polifenoli, uznawanych niegdyś za niepożądane w pokarmach, ale o znanych właściwościach przeciwutleniających, takich jak rutyna i izokwercytryna [Gorinstein i in. 2007, Yadav i in. 2013].

Skwaryło-Bednarz i Krzepiło [2008] wykazały, że na znaną i opisaną wielokrotnie aktywność antyoksydacyjną liści szarłatów nasiennych ma wpływ zdolność antyoksydacyjna gleby, wzmacniana nawożeniem makroelementami.

Substancje antyżywniowe zlokalizowane są w nasionach i liściach, lecz występują w małych ilościach [Gamel i in. 2006b]. Poza polifenolami, w nasionach stwierdzono obecność inhibitorów proteaz, saponiny, hemaglutyniny, fityny, a w liściach występują azotany (V), szczawiany i inne składniki, które mogą obniżać wartość pokarmową i paszową poprzez zmniejszenie strawności białek i skrobi [Schnetzler i Brenne 1994, Alegbejo 2013, Li i in. 2015]. Gélinas i Seguin [2007] stwierdzili, że szczawiany występujące w zielonce szarłatów są przeważnie słabo rozpuszczalne, a ich zawartości nie zmniejsza nawożenie wapniem.

Taniny występują głównie nasion o ciemnej okrywie nasiennej, w ilości zbliżonej do ziarniaków zbóż. Zwykle związki te są nietrwałe i neutralizowane

prze termiczną obróbkę [Szot 1999, Ferreira i Arêas 2004, Repo-Carrasco i in. 2009, Rossel i in. 2009, Śmigierska i in. 2013b]. Natomiast fityniany, zwłaszcza – kwas foliowy, coraz częściej uważane są za korzystny składnik diety [Prokopowicz 2001]. W odróżnieniu od komosy ryżowej, często porównywanej z szarłatami, zawartość saponin w nasionach tych ostatnich jest na tyle mała, iż nie może stanowić zagrożenia pokarmowego [Oleszek i in. 1999].

Naturalne barwniki amarantusów również mają działanie antyoksydacyjne, przeciwzapalne, przeciwbakteryjne i antyrakowe, jako tzw. „zmiatacze wolnych rodników”. Ich działanie redukuje ryzyko chorób sercowo-naczyniowych i chorób powiązanych ze starzeniem. Cai i in. [2005] wykazali, że z grupy 70 różnych związków betalainowych (rozpuszczalnych w wodzie barwników zawierających azot), w roślinach z rodziny *Amaranthaceae* obecnych jest 16 betacyanin (czerwono-fioletowych) i 3 betaksantyny (żółte), a wśród nich amarantyna, izoamarantyna, betanina i izobetanina. Te dwie ostatnie są wspólne dla rodzajów *Amaranthus* i *Beta*. Li i in. [2015] twierdzą, że wszystkie części nadziemne ciała amarantusów nasiennych są nieocenionym źródłem substancji antyoksydacyjnych.

Nambiar i Sharma [2014] zwracają uwagę na negatywne skutki termicznej obróbki warzyw (np. gotowania) z powodu strat odżywczych substancji. W polu zainteresowania autorek znalazła się trwałość karotenów w kilku gatunkach warzywnych, w tym w szarłacie, ważnego źródła witaminy A w Indiach. Wykazały one, że karoten szarłatowy jest stosunkowo trwały, co znajduje potwierdzenie w wynikach zawartych w tab. II.1. Warto wskazać przy tym, że o wiele większe straty tej witaminy notuje się po ugotowaniu liści szpinaku. Liście i kielki szarłatowe (spożywanie kielków szarłatowych jest obecnie zalecane, głównie w kuchni wegańskiej) mogą pokryć dzienne zapotrzebowanie dorosłego człowieka na witaminę C, gdyż zawartość tej witaminy w 100 g świeżych liści wynosi od 60 do 300 mg, a w świeżych kielkach 130 mg [Prakash i in 1995, Stawarczyk 2014].

W nasionach szarłatowych stwierdza się dużą zawartość popiołu. Rutkowska [2006] podaje, że wynosi ona 3,3% suchej masy, podobną wartość stwierdzili Colmenarez de Ruiz i Bressani [1990]. Frakcja popiołu nasion dziewięciu ekotypów zgromadzonych w kolekcji z terenu Malawi stanowiła średnio aż 5,7% s. m. [Kachiguma i in. 2015]. Według zestawienia NNDSR udział wymienianych tam pierwiastków wynosi 1,5%, podczas gdy w ziarnie zbóż – 0,9% suchej masy (tab. II.1). W pracach Gajewskiej i in. [2002], Ting Xuan i Guo Rui [2004] i Grobelnik Młakar i in. [2009] podano, że jest ona kilka razy większa niż w ziarnach zbóż. Nasiona szarłatowe cechują się dużą zawartością wapnia, magnezu, fosforu i potasu [Alvarez-Jubete i in. 2009, Alvarez-Jubete i in. 2010, tab. II.1]. Na uwagę zasługują również mikroelementy znajdujące się w nasionach szarłatowych – mangan, nikiel, chrom, cynk, miedź, selen, jod i kobalt. Becker i in. [1981] wykazali, że składniki popielne zgromadzone są tylko w okrywie owocowo-nasiennej i zarodku, a nie występują w obielmie.

Również liście są cennym źródłem składników mineralnych, szczególnie żelaza, wapnia i fosforu. Zawartość popiołu w suchej masie liści sięga nawet 20% [Kachiguma i in. 2015]. W suchej masie zielonki z całych roślin stwierdzono 2,5 razy większą zawartość popiołu u szarlatu, niż kukurydzy [Olorunnisomo 2009]. Jednak przyswajalność liści, zwłaszcza surowych, może być ograniczona ze względu na występujące w nich szczawiany i fityniany [Aletor i in. 2002]. Przytoczone wyżej wyniki współczesnych badań nad składem chemicznym szarłatów wyjaśniają powody, dla których gatunki te były i są tak cenione odżywczo i leczniczo, zarówno w tradycyjnym użytkowaniu pokarmowym, jak i medycynie ludowej.

## **II.7. AKTUALNE ZASTOSOWANIA PRODUKTÓW POZYSKIWANYCH Z GATUNKÓW Z RODZAJU *AMARANTHUS***

W literaturze zagranicznej i krajowej dużo miejsca poświęcono opisaniu możliwości wykorzystania szarlatu. W pierwszym rzędzie poszukuje się różnych zastosowań pokarmowych nasion szarłatów, głównie jako dodatków technologicznych dla przemysłu spożywczego i w piekarnictwie. Mąka z nasion szarlatu okazuje się cennym dodatkiem poprawiającym cechy odżywcze chleba oraz ciastek [Haber i in. 1995, Sosnowska i Achremowicz 2000, Świdorski i in. 2001, Gambuś i in. 2001, Ceglińska i in. 2003, Cacak-Pietrzak i in. 2004, Park i Morita 2004, Sindhuja i in. 2005, Bodroža-Solarov i in. 2008, Różyło i Laskowski 2008, Sanz-Penella i in. 2013]. Mąkę z nasion szarlatu stosuje się w recepturach chleba bezglutenowego [Gambuś i in. 2002, Marciniak-Lukasiak i Skrzypacz 2008, Barca i in. 2010, Gondek i in. 2013, Rybicka 2014]. Podjęto też udane próby częściowego zastąpienia mąki z pszenicy twardej mąką z nasion szarlatu w produkcji makaronów [Islas-Rubio i in. 2014, Martinez i in. 2014]. Jako dodatek do ciasta chlebowego może być wykorzystana nie tylko mąka z ekspandowanych i mielonych nasion, ale i otręby lub śruta z nasion surowych [Ceglińska 1995, Czubaszek 2002].

Ekspandowane nasiona szarlatu mogą być spożywane na surowo, dlatego stały się dodatkami do tzw. płatków śniadaniowych (muesli), jedzonych z mlekiem lub jogurtem [Ceglińska i in. 2003, Cacak-Pietrzak i in. 2004, Grega i in. 2001].

Nasiona szarłatów wykorzystuje się również jako składnik produktów spożywczych stosowanych w dietetycznej terapii czynnościowych zaburzeń przewodu pokarmowego [Prokopowicz 2001]. Szarłat jest użyteczny jako składnik w diecie zalecanej w zapobieganiu i leczeniu miażdżycy oraz schorzeniami układu sercowo-naczyniowego oraz zalecany jest osobom z chorobami układu kostnego oraz kobietom w ciąży i okresie połogu [Grajeta 1997, Rutkowska 2006, Paśko i in. 2007].

W USA i krajach Europy dostępnych jest wiele źródeł żywności funkcjonalnej. Inaczej przedstawia się problem suplementacji niedoborów żywności w krajach rozwijających się, np. afrykańskich. Z jednej strony,

warunki ekologiczne wyjątkowo sprzyjają tam uprawie szarłatów, a z drugiej – jak wynika z doniesień literatury, uprawa tych gatunków (nawet warzywnych) nie jest tam szczególnie popularna [Adeyeye i Omolayo 2011, Mburu i in. 2012, Andini i in. 2013, Welch i in. 2013].

Z uwagi na obecność drobnoziarnistej skrobi szarłat jest atrakcyjnym surowcem w przemyśle kosmetycznym i farmaceutycznym [Calzetta Resio i in. 1999]. Wykorzystała to rodzima marka „Tołpa”, która stworzyła linie kosmetyków z dodatkiem ekstraktu z nasion *Amaranthus caudatus*.

Podjęto również próby wykorzystania nasion tej rośliny do uzyskania koncentratów białkowych oraz do produkcji wędlin i pasztetów [Wroniak i in. 1995]. Z kolei, podczas produkcji etanolu, dodatek szarłatu do zacierów gorzelniczych powoduje przyspieszenie fermentacji i zwiększa wydajność alkoholu [Dobrzyniecka i in. 1996]. W Słowacji wykonano udane próby zastąpienia części słodu jęczmiennego nasionami szarłatu w produkcji piwa [Húska 2008].

Z nasion szarłatu można tłoczyć olej. Na rynku dostępny jest tłoczony na zimno olej spożywczy, który jest bogatym źródłem skwalenu oraz olej w wersji kosmetycznej. Inną metodą pozyskiwania oleju i skwalenu z nasion szarłatu jest ich ekstrakcja dwutlenkiem węgla w stanie nadkrytycznym, cechująca się dużą wydajnością oraz małą szkodliwością dla środowiska [Janiszewska i in. 2005, Wejnerowska i in. 2013]. Skwalen i jego uwodorniona postać – skwalan – znalazły szerokie zastosowanie w lecznictwie. Wprawdzie ilości tej substancji pozyskiwane z nasion szarłatu są niewielkie (jak podano wcześniej, przy przeciętnej zawartości oleju ok. 6 – 7% suchej masy nasion, skwalen stanowi zaledwie nieco ponad 7% masy), to jednak można oczekiwać, że pozyskiwanie oleju i skwalenu jest jednym z najbardziej perspektywicznych i nowoczesnych sposobów zagospodarowania plonu szarłatów nasiennych. Po wydobyciu oleju makuchoy pozostają wartościowym surowcem zarówno dla piekarnictwa, jak i produkcji pasz [Kelly 1999, Śmigierska i in. 2013 a, b].

Współcześnie uznaje się, że szarłat może znaleźć szerokie zastosowanie paszowe, przy czym zarówno nasiona – jako składnik pasz wysokobiałkowych, jak i części wegetatywne, skarmiane jako zielonka, siano, susz i kiszonka. W odniesieniu do tego ostatniego sposobu konserwacji paszy Kadoshnikov i in. [2001] uważają, że lepszą wartość pokarmową ma kiszonka przygotowana z dodatkiem kukurydzy lub sorga niż z samego szarłatu. Podobnie, Petkov i in. [1998] twierdzą, że zastosowanie kiszonki z amarantusa w żywieniu zwierząt przeżuujących wymaga uzupełnienia dawki o wysokim udziale suchej masy i wyższej wartości energetycznej. Jak podają Kadoshnikov i in. [2001], uprawa szarłatu z przeznaczeniem na kiszonkę jest w Federacji Rosyjskiej bardziej popularna, niż uprawa na nasiona.

Liczni badacze wskazują, że ze względu na wysoką cenę nasion szarłatów, zwłaszcza opłacalnym jest wykorzystanie ich jako dodatków paszowych w chowie drobiu [Kaul i in. 1996, Ravindran i in. 1996, Faruga i in. 1998, Bobel i Sokół 2002, Biel i Jaskowska 2010]. Natomiast z suszu zielonki można

produkować brykiety i wysokowartościowe koncentraty i komponenty do pasz treściwych [Pond i Lehmann 1989, Kaul i in. 1996, Ravindran i in. 1996, Sleugh i in. 2001, Minzanova i in. 2007, Pospíšil i Pospíšil 2008, Stordahl i in. 2008, Repo-Carrasco i in. 2009, Olorunnisomo 2009, Svirskis 2009, Adeyeye i Omolayo 2011].

Zielonka z szarłatku charakteryzuje się korzystnym dla zwierząt składem chemicznym wynikającym z wysokiej zawartości fosforu oraz zawartości wapnia zbliżonej do ilości w zielonce lucerny [Elbehri i in. 1993, Kuchta i Koreleski 1993]. W chowie trzody chlewnej dodatek zielonki z szarłatku do paszy poprawia jakość mięsa i zmniejsza jego otluszczenie [Bobel i Sokół 1999, Kasprówicz-Potocka 2012]. Susz z liści szarłatku zastosować można także jako karmę dla kur, które tolerują nawet 8% jego dodatek w mieszance paszowej, która jednak pogarsza nieśność i intensywność barwy żółtka [Bobrzecka i in. 1999b].

Poza ewidentnymi zaletami odżywczymi i leczniczymi produktów pozyskiwanymi z roślin szarłatków, uprawa tych gatunków posiada również ważne właściwości ekonomiczno-agrotechniczne. Bobrzecka i in. [1999a] oraz Kościk i Kalita [1999] wskazują na korzystne oddziaływanie upraw szarłatku w zmianowaniu, szczególnie w przypadku przełamывania monokultury zbożowej. Przewiduje się, że szarłatek jako roślina o mechanizmie fotosyntezy typu C<sub>4</sub>, charakteryzującym się dużą intensywnością wiązania atmosferycznego dwutlenku węgla, może odegrać istotną rolę w łagodzeniu skutków efektu cieplarnianego [Nalborczyk 1995]. Ponadto może stanowić alternatywne źródło materii organicznej w formie międzyplonu przyorywanego jako zielony nawóz [Rosa i in. 2012, Zaniewicz-Bajkowska i in. 2013]. Z badań wymienionych autorów wynika, że pod względem wielkości plonu oraz akumulacji suchej masy szarłatek ustępował słonecznikowi i facelii, choć przewyższał bobik i seradellę.

Víglaský i in. [2009] stwierdzili, że warto rozważać uprawę szarłatków jako potencjalne źródło energii odnawialnej z powodu tworzenia dużej masy nadziemnej o wysokiej kaloryczności. Wskazują w tym względzie na szczególną przydatność wybranych odmian *A. cruentus*, ale i – *Amaranthus australis* [(A. Gray) J.D. Sauer], gatunku obecnie nie uprawianego w celach pokarmowych (choć z jadalnymi liśćmi), występującego naturalnie w Ameryce i Zachodnich Indiach, a osiagającego wysokość nawet do 9 m.

Wyjątkowo bogaty skład mineralny popiołu z łodyg amarantusów sugeruje nie tylko zdolność do magazynowania dużych ilości jonów metali ciężkich i boru, ale i wskazuje na ich potencjalne właściwości fitoremediacyjne. Tezę tę potwierdzają badania Jasiewicza i Antonkiewicza [2000], Antonkiewicza i Jasiewicza [2002], Víglaský'ego i in. [2009], Bosiackiego i Wojciechowskiej [2012], Rahman'a i in. [2013], Bosiackiego i in. [2013]. Fitoremediacja gleb skażonych jonami metali ciężkich jest procesem długotrwałym. Istnieje pogląd, że jest ona skuteczna, gdy roślina pobierze 1 – 2% całkowitej zawartości jonów metalu z gleby. W odniesieniu do dekontaminacji gleby skażonej cynkiem,

manganem i borem takie właściwości przejawiał *A. cruentus* w doświadczeniu dos Santos i in. [2010].

Na inny jeszcze aspekt oddziaływania szarłatu na gleby wskazuje Skwaryło-Bednarz [2008] donosząc, że należy on do roślin stymulujących wzrost i rozwój drobnoustrojów glebowych i może być wykorzystywany do poprawy aktywności gleb zdegradowanych.

Akumulowanie metali ciężkich przez szarłat może prowokować duże zagrożenie dla zdrowia osób spożywających liście szarłatu warzywnego nawadnianego wodą skażoną tymi pierwiastkami [Orhue i in. 2015].



Fot. 13. *A. caudatus* – forma ozdobna  
Źródło: <https://www.anniesannuals.com/>



Fot. 14. *A. cruentus* forma ozdobna  
Źródło: <http://laurent.renault.edb.free.fr>



Fot. 15. *A. tricolor*. Odmiana ozdobna 'Perfecta'.  
Źródło: <http://parkseed.com/perfecta-summer-poinsettia-seeds/p/00089-PK-P1/>

Wśród wielu walorów omawianych gatunków warto wskazać na jeszcze jedną ich zaletę, która ma nieco inne znaczenie, choć też wiąże się z ich wykorzystaniem. Wszystkie gatunki nasienne oraz niektóre warzywne są niezwykle atrakcyjne wizualnie, a niektóre z nich – występują w obrocie towarowym jako popularne rośliny ozdobne.

Począwszy od znanych od stuleci w Europie form *A. caudatus*, nazywanych potocznie „kocimi ogonami” (fot. 13) po odmiany ozdobne

*A. cruentus*, o czerwono-fioletowych kwiatostanach (fot. 14) i *A. tricolor*, o pięknie wybarwionych liściach (fot. 15).

Od czasu, gdy w obszernym opracowaniu pn. „Amaranth: Modern Prospects for an Ancient Crop” [NCR 1984] wskazano na podstawowe kierunki rozwoju badań nad szarłatami, wiedza o większości tam zasygnalizowanych problemów znacząco się zwiększyła.

W wyniku dużej liczby badań dowiedziono ich wyjątkową wartość użytkową. Powstało spore zainteresowanie właściwościami szarłatów poza miejscem ich tradycyjnej uprawy, np. w Nowej Zelandii [Bartolini i Hampton 1989], ale przede wszystkim – w Europie (Austria, Czechy, Litwa, Słowacja, Niemcy, Węgry, Polska, Rosja, Ukraina, Włochy, Słowenia), by wymienić tylko niektórych badaczy: Pond i Lehmann [1989], Stallknecht i Schulz-Schaeffer [1993], Gontarczyk i Aufhammer [1993], Nalborczyk [1995], Petkov i in. [1998], Ofitserov [2001], Sleugh i in. [2001], Minzanova i in. [2007], Gimplinger i in. [2007], Goptsiy i in. [2008], Húska [2008], Stordahl i in. [2008], Pospíšil i Pospíšil [2008], Schoenlechner i in. [2008], Svirskis [2003, 2009], Grobelnik Mlakar i in. [2009, 2010, 2012a, 2012b], Palombini i in. [2013], Casini i La Roca [2014].

W Europie główny nacisk kładzie się na doskonalenie uprawy szarłatów nasiennych. Areał upraw szarłatów jest jednak ciągle bardzo mały. Na przeszkodzie rozwoju produkcji omawianych gatunków stoi przede wszystkim nieznanostwo agrotechniki wśród ewentualnych plantatorów i płytki rynek przetwórstwa. Są to bariery, na które już w 1996 r. wskazywał Myers i do dziś pozostają aktualne.

## **II.8. PROBLEMY AGROTECHNIKI NASIENNYCH GATUNKÓW Z RODZAJU *AMARANTHUS***

O możliwości użytkowania szarłatów, podobnie jak innych gatunków w określonym regionie świata decydują warunki klimatyczno-glebowe oraz długość okresu wegetacyjnego. Pierwsze rezultaty prac hodowlanych nad selekcją form o oczekiwanych cechach użytkowych uzyskano w USA w latach 80-tych XX w., chociaż badania nad biologią rodzaju *Amaranthus* rozpoczęto już w latach 50-tych [Hauptli i Jain 1985, cyt. za Kauffmanem i Weberem 1990].

W ślad za osiągnięciami amerykańskimi, w połowie lat 80-tych XX w. zapoczątkowano badania nad możliwością uprawy szarłatów nasiennych w Europie Środkowej. W Polsce pierwsze kompleksowe badania nad fizjologią plonowania, aklimatyzacją i użytkowaniem szarłatu rozpoczęto w roku 1989 z inicjatywy prof. Emila Nalborczyka (1933-2006). Prace hodowlane nad uzyskaniem form nasiennych przystosowanych długością okresu wegetacji do warunków polskich zaowocowały zarejestrowaniem dwóch odmian [Lista odmian roślin rolniczych 2010].

Odmianę Rawa (dawniej ród RAH 196), zgłoszoną do COBORU przez Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Radzikowie w roku 1989, uzyskano poprzez swobodne krzyżowanie dwóch form pochodzenia amerykańskiego – mieszańca MT-3 z innym ekotypem gatunku *Amaranthus cruentus*. Mieszaniec MT-3 stanowi pierwszą linię zgłoszoną przez Montana Agricultural Experiment Station, wyprowadzoną z ekotypu pochodzącego z Meksyku [Kauffman i Weber 1990, Kaul i in. 1996] i ten materiał został udostępniony twórcom odmiany Rawa, J.H. Czemborowi i E. Nalborczykowi.

Odmiana Aztek (dawniej ród CHD 198) zgłoszona była w roku 2000 przez Zakład Hodowli Roślin IHAR w Choryni, a jej twórcami są E. Nalborczyk i B. Weiss. Odmianę wyselekcjonowano z populacyjnego mieszańca gatunków *Amaranthus hypochondriacus* × *A. hybridus*, o symbolu K 432, pochodzenia amerykańskiego z grupy ekotypów „aztek” [Kauffman i Weber 1990, Kaul i in. 1996] (fot. 16).



Fot. 16. *Amaranthus hypochondriacus* × *A. hybridus*  
Odmiana uprawna Aztek na polu w Mochelku k/Bydgoszczy  
Źródło: zbiory własne

W badaniach porównawczych różnych genotypów szarłatu te dwa uznano za najlepiej rokujące w uprawie w warunkach glebowo-klimatycznych Polski i Niemiec [Kaul i in. 1996].

Dzięki dostępowi do własnego materiału nasiennego, sprawdzonego pod względem przydatności do warunków klimatyczno-glebowych Polski, możliwy był rozwój badań w jednostkach naukowych w wielu regionach kraju, w tym – w Uniwersytecie Technologiczno-Przyrodniczym w Bydgoszczy, a następnie wdrożenie produkcji (zwłaszcza na obszarze Polski południowo-wschodniej) i propagowania szarłatu jako rośliny wydającej cenne odżywczo nasiona. Opracowano kompleksową agrotechnikę pozyskiwania nasion, a kilka firm przetwórczych, we współpracy z ośrodkami naukowymi, upowszechnia wśród producentów wiedzę nt. warunków uprawy (miejsce w zmianowaniu, sposób

siewu, dawkovanie nawozów, zabiegi pielęgnacyjne i warunki właściwego zbioru).

Doświadczenia polowe przeprowadzone w licznych krajach Europy, w tym – w Polsce wykazały, że szarłat dobrze toleruje warunki ekologiczne Środkowej i Południowej Europy. Spostrzeżenia autorów europejskich potwierdzają opinie cytowanych wyżej prac z obszaru Ameryk o wymaganiach cieplnych i wodnych szarłatów (rozdz. II.3). Klimat Europy Środkowej w większości krajów jest bardziej umiarkowany i łagodniejszy, zwykle bez tak ekstremalnych różnic temperatury, jak na wielu obszarach Ameryk i sprzyja uprawie roślin jednorocznych, jednak – głównie długodniowych. Dlatego do uprawy na nasiona dla obszaru europejskiego polecane są odmiany *A. cruentus* i *A. hypochondriacus* wywodzące się z hodowli prowadzonej głównie w południowych regionach Stanów Zjednoczonych [Húska 2008, Janovská i in. 2008, Casini i La Roca 2014]. Rozpowszechnione w Ameryce Południowej i Azji odmiany i ekotypy *A. caudatus* nie zawiązują tu nasion i mogą być uprawiane wyłącznie jako ozdobne lub na zieloną masę.

O potrzebie hodowli odmian *A. caudatus* o krótkim okresie wegetacji, przydatnych do uprawy w większych szerokościach geograficznych pisali już Kauffman i Weber [1990]. Wielu autorów, w tym Bruni i in. [2001], Kaur i in. [2010] oraz Burgos i Armada [2015] wskazują, że własności odżywcze i użytkowe tego gatunku są szczególnie duże. Polscy przedsiębiorcy oceniają, że jego właściwości przetwórcze są lepsze od nasion pozostałych gatunków nasiennych szarłatu (informacja ustna – Firma Kubara sp. z o.o., Częstochowa).

W uprawie szarłatu na nasiona istotnym jest, by był on na tyle wczesny, aby rośliny o długim okresie wegetacji (zwykle wynoszącym około 120 dni) zdążyły wydać nasiona i dokonać omlotu przed nadejściem późnej jesieni. Dlatego w Polsce, Austrii, Litwie i Niemczech siew przypadać powinien na połowę maja [Gontarczyk i Aufhammer 1993, Chlebowski 1994, Kaul i in. 1996, Ścigalska i Klima 1997, Roszewski 1998, Starczewski i Maksymiak 2001, Gimplinger i in. 2007, Jendrzejcak i Śmigierska 2014], natomiast w Czechach, Słowacji i Włoszech może być wcześniejszy o około 2 tygodnie [Húska 2008, Janovská i in. 2008, Casini i La Roca 2014], po ustaniu przymrozków, na które szarłat jest bardzo wrażliwy.

Dostateczna wilgotność gleby jest niezbędna w okresie kiełkowania nasion oraz w pierwszych tygodniach wzrostu [Ścigalska i Klima 1997, Bobrzecka i in. 1999a]. W późniejszych fazach rozwojowych szarłat jest odporny na posuchy i dobrze znosi nierównomierny rozkład opadów. Według niektórych autorów [Kościk i Kalita 1999] udaje się w latach posusznych, w czasie których następuje wyraźne obniżenie plonu innych ziemiopłodów. Jednak nowsze doniesienia wskazują, że wielkość plonów szarłatu jest silnie uzależniona od ilości opadów i w często powtarzających się latach posusznych w Europie Środkowej plony nasion są dużo niższe, jak w latach o ilości opadów zbliżonej do normy wieloletniej [Svirskis 2009, Grobelnik Mlakar i in. 2012a, Jendrzejcak i Śmigierska 2014]. Dobremu plonowaniu szarłatu nie sprzyja też

zbyt deszczowa pogoda, gdyż powoduje gnicie roślin, opóźnia omłoty i przyczynia się do osypywania nasion [Bobrzecka i in. 1999a].

Szarłat preferuje dobre i zasobne stanowiska. Wymaga gleb lekkich lub średnio zwięzłych. Znacznie gorzej rośnie na glebach ciężkich i zlewnych, które wskutek zaskorupiania się utrudniają wschody oraz wzrost młodych roślin o słabym jeszcze systemie korzeniowym. Optymalne pH gleby dla szarłatu wynosi 6 do 7,5 chociaż, jak podano wyżej, wykazuje się dużą tolerancją na odczyn gleby. Ścigalska i Klima [1997], Starczewski i Maksymiak [2001], a także Pullins (cyt. w Myers'em 1996) wykazali, że przedplonem dla *Amaranthus* spp. mogą być wszystkie rośliny uprawne. Pewne zagrożenie powodować może lokowanie szarłatu po roślinach z rodziny kapustowatych oraz psiankowatych z powodu niebezpieczeństwa przeniesienia się z nich na szarłat chorób grzybowych, chociaż rzepak, ziemniak jak i uprawy warzywne stanowią bardzo dobry przedplon dla szarłatu. Nieco słabszymi przedplonami są jęczmień jary i peluszką. W płodozmianie z dużym udziałem zbóż szarłat może zastępować żyto, pszenicę lub pszenżyto. Znaczenie szarłatu jako przedplonu jest jednak stale dyskutowane. Wprawdzie, cytowany wyżej Pullins nie odnotował wpływu resztek poźniwnych szarłatu na rośliny następcze (rzepak i pszenicę), ale w ostatnich latach pojawiły się doniesienia o allelopatycznym oddziaływaniu eksudatów z różnych części amarantusów, w tym *A. cruentus* i *A. hypochondriacus*. Obserwowano je w badaniach modelowych (wazonowych i laboratoryjnych) i wyrażało się istotnym osłabieniem zdolności kiełkowania i hamowaniem wzrostu początkowego niektórych gatunków roślin dziko rosnących [Tejeda-Sartorius i in. 2011, Grobelnik Młakar i in. 2012b].

Z doświadczeń polskich wynika, że stanowisko po szarłacie jest bardzo dobre, z dużą ilością resztek poźniwnych [Roszewski 1998, Ścigalska 1998]. Warunkiem tego jest utrzymanie czystości ładu aż do zbiorów. Jasno zabarwione nasiona szarłatu cechują się niskim współczynnikiem przetrzymywania, więc prawdopodobieństwo pojawienia się samosiewów jest niewielkie [Szoł 1999].

Przygotowanie gleby wymaga jesiennej orki i ograniczenia uprawek wiosennych do odchwaszczenia pola metodami mechanicznymi lub chemicznymi. Ważne jest, by zbędnymi uprawkami nie spowodować przesuszenia gleby. Zbyt niska wilgotność gleby może znacznie opóźnić wschody, które w niekorzystnych warunkach przedłużają się nawet do dwóch tygodni, a wtedy są niewyrównane [Gontarczyk i Aufhammer 1993, Stallknecht i Schulz-Schaeffer 1993, Gontarczyk 1996, Olufolaji i in. 2010, Jendrzejczak i Śmigierska 2014]. Ponieważ nasiona siewne są bardzo małe, koniecznym jest wysiew bardzo płytki, najwyżej na 1,5–2 cm, co w znaczącym stopniu zwiększa zagrożenie trafieniem ich w przesuszoną wierzchnią warstwę gleby [Myers 1996, Apaza-Gutierrez i in. 2002, O'Brien i Price 2008, Moscova 2012]. Na małych powierzchniowo polach w Ameryce Południowej powszechnie praktykowana jest uprawa szarłatu z rozsady. Gwarantuje to oczekiwaną

docelową obsadę. Rozsada szarłatu ma zdolność bardzo dobrego przyjmowania się po posadzeniu [Early 1990].

O ile wymóg małej głębokości siewu nasion szarłatu nie budzi żadnych wątpliwości, to zagęszczenie roślin na jednostce powierzchni gwarantujące właściwy wzrost i rozwój roślin jest stale dyskutowane w literaturze. Zasadniczo, uznaje się, że w uprawie na nasiona zapewnić należy możliwość wytworzenia okazałych, obficie owocujących kwiatostanów, natomiast – przy zbiorze całych roślin na zielonkę dążeniem jest uzyskanie dużej masy ulistnionych łodyg cieńszych, delikatniejszych, mniej zdrewniałych. Plantator ma wpływ na realizację tych celów poprzez różnicowanie ilości wysiewu np. w uprawie na nasiona nie przekraczającej 3 kg nasion na ha, a w uprawie na zieloną masę zwiększonej nawet do 7 kg nasion na hektar. W uprawie na nasiona postuluje się szeroką rozstawę rzędów (45 – 76 cm), która ułatwia pielęgnację mechaniczną, ale jednocześnie zwiększa zagęszczenie w rzędzie. Natomiast mniejsza rozstawa (18 – 30 cm), zalecana do uprawy na zielonkę, zapobiega zrzućaniu cennych paszowo dolnych liści. Przy tej samej ilości wysiewu uzyskuje się wtedy mniejsze zagęszczenie w rzędzie [Kauffman i Weber 1990, Putnam 1990, Gontarczyk i Aufhammer 1993, Henderson 1993, Itúrbide i Gispert 1994, Gimplinger i in. 2007, Janovská i in. 2008, Stordahl i in. 2008, Grobelnik Młakar i in. 2010, Pourfarid i in. 2014].

W żadnym z opracowań z zakresu agrotechniki szarłatu (w tym – w cytowanych powyżej) nie znajdujemy informacji, by autorzy stwierdzili powtarzalność polowej obsady w latach. Rozrzut między latami w ostatecznym zagęszczeniu (przy takiej samej ilości wysiewu) sięgają nawet 200 i więcej procent. W warunkach polowych notuje się zarówno rzadkie i nierównomiernie przebiegające wschody opisywanych gatunków, jak i ubywanie roślin w trakcie wegetacji.

Ze względu na bardzo małą masę tysiąca nasion szarłatów (od 0,6 – 0,9 g), ich liczba w masie wysiewu jest ogromna. Np., przy MTN równej 0,9 g oszacować można, że przy ilości od 1 do 3 kg na hektar na pole wysiewa się od ponad miliona do znacznie ponad 3 milionów nasion, co w przeliczeniu na 1 m<sup>2</sup> oznacza od stu jedenastu do trzystu trzydziestu trzech nasion. Tymczasem, obsada zalecana przez większość autorów jest niemal stukrotnie mniejsza (od 7 do 30 sztuk na 1 m<sup>2</sup>). W wielu badaniach postulowano zwiększenie normy wysiewu i regulację obsady po wschodach, w innych – wskazywano obsadę najkorzystniejszą z punktu widzenia wielkości plonu. W wybranych opracowaniach wynosi ona (w szt. na 1 m<sup>2</sup>): 32,0 [Gimplinger i in. 2008], 22,0 [Apaza-Gutierrez i in. 2002], 22,5 [Deryło i Chudzik 2015], 18,0 do 21,0 [Robinson 1986], 19,0 do 21,0 [Bielski i Szwejkowska 2015], 17,3 [Fitterer i in. 1996], 13,0 [Kozak i in. 2011], 12,5 [Troiani i in. 2004], 10,0 [Ardali 2014], 10,0 [Yarnia 2010].

Jako podstawową przyczynę tak dużych różnic między ilością wysianych nasion a liczbą przeżywających roślin uznaje się bardzo słabą zdolność kiełkowania materiału siewnego. Ellis i in. [1985] podają, że wszystkie badane

gatunki z rodzaju *Amaranthus* wykazują trudną do usunięcia spoczynkowość. Na podstawie szerokiej literatury (opartej głównie na obserwacjach prób mobilizacji do kiełkowania nasion gatunków dziko rosnących z tego rodzaju) cytowani autorzy wskazują, że podstawowe przyczyny spoczynkowości to zbyt niska temperatura otoczenia (poniżej 15°C, czyli poniżej optymalnej temperatury wzrostu) oraz niewłaściwa długość ekspozycji na światło (nasiona szarłatów są pozytywnie fotoblastyczne; nie kiełkują w ciemności) [Bartolini i Hampton 1989]. Wrażliwość na światło dnia zwiększa się gwałtownie w trakcie procesu imbibicji. By jednak nastąpił proces pęcznienia, okrywa owocowo-nasienna szarlatu musi ulec rozluźnieniu.

Spoczynkowość nasion jest zjawiskiem dość powszechnym. Farnsworth [2000] stwierdza, że blisko 67% z wymienianych przez nią 195 gatunków z 143 rodzajów roślin drzewiastych, bylin i rocznych przejawia różne typy spoczynkowości nasion. O ile nasiona roślin z rodzaju *Amaranthus* są w pełni dojrzałe i prawidłowo wytworzone, typ spoczynkowości reprezentowany przez nie ma charakter spoczynku wtórnego. Myers [1996] zauważa, że tuż po zbiorze nasiona szarlatu mają większą zdolność kiełkowania niż po kilku miesiącach przechowywania. Zwraca też uwagę, że niekiedy znaczna część nasion szarlatu, nawet zebranych w sprzyjających warunkach i we właściwym terminie, jest wewnątrz „pusta”, co przejawia się ich przejrzystością po podświetleniu. Nie mają wypełnionego obielma i nierozwinięty zarodek, nie są więc zdolne do kiełkowania. Przed siewem należy je usunąć z materiału siewnego przez odwianie. Songin i Sławiński [2000] stwierdzili, że wigor nasion zwiększał się wraz z opóźnianiem zbioru (od 12% w fazie zbioru zielonej, przez fazę żółtą – 13,6% do 24% w fazie pełnej dojrzałości). Oznacza to, że zbyt wcześnie zbierane nasiona przejawiają spoczynkowość pierwotną, wynikającą z niedojrzałości nasion.

Spoczynek wtórny przejawiają nasiona nie kiełkujące, u których minął już etap spoczynku bezwzględnego i są zdolne do kiełkowania. Uważa się, że ta właściwość jest ewolucyjnym przystosowaniem nasion wielu gatunków do powstrzymania procesu kiełkowania w niekorzystnych warunkach ciepłych, świetlnych, wodnych, czy zasolenia. Zjawisko to jest prowokowane prawdopodobnie przez endogenne kwas abscysynowy (ABA) i może być odwrócone, o ile powstaną warunki sprzyjające kiełkowaniu [Baskin i Baskin 2004]. Twardy perykarp drobnych nasion (właściwie – orzeszków) amarantusów sprzyja ich trwałości, gdy w warunkach naturalnego miejsca pochodzenia rośliny muszą niekiedy przez długie miesiące oczekiwać na dostateczną wilgotność podłoża do kiełkowania. Jak donoszą badacze meksykańscy Iturbide i Gispert [1994], nawet w warunkach klimatycznych ojczyzny szarlatu wschody roślin bywają utrudnione, jakkolwiek kiełkowanie nasion przebiega bardzo szybko – zaledwie w kilka dni. Zwracają oni uwagę, że siewki szarlatu są bardzo drobne i wilgotność gleby w warstwie powierzchniowej decyduje o ich przetrwaniu.

Ponieważ brak gotowości nasion do kiełkowania prowadzi do nierównomierności wschodów, opracowano szereg sposobów przedświeznego uszlachetniania nasion w celu pobudzenia ich do lepszego kiełkowania oraz wschodów siewek w możliwie najkrótszym okresie i w szerokim zakresie warunków środowiskowych.

Proces kiełkowania szarłatu może wspomóc zastosowanie egzogennie różnych środków, na przykład moczenie nasion w wodzie [Musa i in. 2014], w roztworze alkoholowym  $\text{CaCl}_2$  [Colmenarez de Ruiz i Bressani 1990], w roztworze kwasu siarkowego [Soomarin i in. 2010], poprzez schładzanie [Bartolini i Hampton 1989, Zharare 2012], a także oddziaływanie na nasiona zmiennym polem magnetycznym [Dziwulska-Hunek i in. 2009]. Stosowano hydropriming roztworem  $\text{KNO}_3$  i  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  [Ellis i in. 1985, Tiryaki i in. 2005], a nawet – oddziaływano promieniowaniem zjonizowanym [Ayneband i Afsharinafa 2012]. Testowano również skuteczność osmokondycjonowania nasion omawianych gatunków z użyciem roztworów glikolu polietylenowego (PEG) [Pill i Evans 1994, Moosavi i in. 2009]. Oddzielną grupę zabiegów stanowi „nutripriming”, czyli moczenie nasion w kwasie borowym, roztworach soli takich jak siarczanu cynkowego, manganowego i miedzanego, molibdenianu sodowego, chorku kobaltowego. Farooq i in. [2012] cytują liczne doniesienia o niejednakowej skuteczności tych zabiegów, mających dostarczyć mikroelementy niezbędne w procesie kiełkowania nasion różnych gatunków.

W analizie warunków kiełkowania nasion najwięcej uwagi poświęca się procesem biochemicznym zachodzącym w nasionach. Stąd obszerna literatura dotycząca relacji między stężeniem hormonów wzrostu, zwłaszcza w świetle relacji między kwasem abscysynowym i giberelinowym [Steckel i in. 2004, Ashraf i Foolad 2005, Kępczyński i in. 2006, Białecka i Kępczyński 2010]. Wymienieni autorzy nie tylko potwierdzają pogląd o znaczeniu ABA, jako regulatora wzrostu o działaniu inhibitującym kiełkowanie i antagonistycznym do wpływu  $\text{GA}_3$ , ale także zwracają uwagę na znaczenie temperatury, w jakiej zachodzi proces kiełkowania nasion wielu gatunków, w tym szarłatu. Natomiast rola auksyn w procesie kiełkowania jest stale dyskutowana. Maransari i Smith [2014] cytują szereg prac, których autorzy sugerują, że korzystne oddziaływanie IAA ujawnia się we współdziałaniu z  $\text{GA}_3$ , a aplikowanego na nasiona osobno – jest słabe. Moscova [2012] donosi, że stwierdziła kilkuprocentowe zwiększenie zdolności kiełkowania nasion szarłatu pod wpływem wcześniejszego traktowania ich roztworem IAA.

Większość wymienionych wyżej sposobów przedświeznego traktowania nasion szarłatu prowokowała oczekiwane rezultaty (z wyjątkiem wystawienia ich na działanie promieniowania gamma). Najbardziej spektakularne efekty dawało stosowanie różnych zabiegów wobec nasion przechowywanych kilka lat, zimujących w glebie, poddanych stresowi solnemu, czyli – takich które naturalnie mają osłabioną zdolność kiełkowania [Sznigir i Kępczyński 2009, Moosavi in. 2009, Moscova 2012]. Ashraf i Foolad [2005] przestrzegają jednak, że sztucznie pobudzone nasiona po wysianiu do gleby muszą trafić na

sprzyjające warunki wodne, gdyż procesu kiełkowania nie można już zatrzymać.

Wskazane powyżej zjawisko małej liczby osobników roślin szarlatu stwierdzone przed zbiorem w największym stopniu powiązać należy ze słabą zdolnością kiełkowania nasion w polu. Innym ważnym problemem agrotechnicznym jest też silna konkurencja wewnątrzgatunkowa, obserwowana przez wszystkich autorów prezentujących wyniki badań terenowych. Zjawisko to występuje najsilniej przy dużej ilości wysiewu i w szerokie rzędy. Rośliny szarłatów mogą osiągnąć duże rozmiary i takie z reguły najobficiej owocują. Zwraca się jednak uwagę, że dzieje się to kosztem znaczących ubytków roślin w trakcie wegetacji. Henderson i in. [1993] wykazali, że przy szerokości rzędów 72,5 cm (najczęściej postulowanej w badaniach amerykańskich) po uregulowaniu obsady *A. cruentus* do 7,4 sztuk roślin na 1 m<sup>2</sup> ubytki stwierdzone przed zbiorem wyniosły średnio 19%, a przy obsadzie początkowej – 17,3 sztuk na 1 m<sup>2</sup> – wyniosły już 54%. Znacznie mniejsze straty w liczbie roślin odnotowali, gdy rozstawa wynosiła 30,5 cm (odpowiednio – 0 i 8%) przy zastosowaniu tych samych ilości wysiewu, lecz plony nasion okazały się o wiele niższe. W Europie, w tym, w Polsce, stosowana jest zwykle rozstawa rzędów 45 – 60 cm. Ponieważ powierzchnia pól szarlatu jest zwykle mała, siew wykonuje się jednorzędowym siewnikiem ogrodniczym [Gontarczyk i Aufhammer 1993, Nalborczyk 1995, Jendrzejczak i Śmigerska 2014].

Duża szerokość rzędów jest zwykle postulowana ze względu na kolejny problem w agrotechnice szarlatu. Brak wciąż herbicydów, na które byłby on odporny [Kauffman i Weber 1990, Baltensperger i in. 1991, Myers 1996, Berghofer i Schoenlechner 2002, Húska 2008, Yarnia 2010, Kietlinski i in. 2014]. Pozostaje więc tylko pielenie mechaniczne międzyrzędzi. Rzędy nie mogą być wąskie, bo ewentualne motyczenie ręczne, czy nawet stosowanie pielników rzędowych zagraża uszkodzeniem bardzo delikatnych siewek szarłatów. Przy tym, niekiedy nawet przez kilka tygodni nie ujawniają się rzędy rośliny, nie można więc przystąpić do pielenia uprawy. Ręczne odchwaszczanie jest pracochłonne, drogie i trudne do zorganizowania, zwłaszcza w wolno rosnących uprawach o małej konkurencyjności wobec chwastów. Trzeba je prowadzić do momentu zwania rzędów, kiedy szarłat wytworzy taką liczbę liści, że zasłonią podłoże, ale przynajmniej przed zbiorem należy plantację dodatkowo odchwaścić [Adamczewski i Dobrzański 2012]. Riemens i in. [2007] wykazali, że systematyczne ręczne pielenie, choć mozolne, wpływa nie tylko na stan danej plantacji, ale i zmniejsza zasoby banku nasion w glebie na przyszłość. W szczególności, koniecznym jest usuwanie osobników szarlatu szorstkiego, zarówno w okresie przed i w czasie kwitnienia (możliwość przekrzyżowania), jak i przed zbiorem (zanieczyszczenie plonu nasionami niemożliwymi do separacji) [Roszewski 1998, Szot 1999].

W literaturze spotykamy zalecenia, by uprawę szarlatu poprzedzić zastosowaniem preparatów zawierających glifosat w celu zniszczenia chwastów wcześniej wschodzących [Myers 1996]. Obecnie nie zaleca się przeprowadzania

tego zabiegu później, niż na trzy do pięciu tygodni przed terminem siewu, gdyż jest wiele doniesień o utrzymywaniu się pozostałości tej substancji w resztkach roślin, które ją pobrały [Simonsen i in. 2008, Tesfamariam i in. 2009]. Jak się wydaje, bezpieczniejszym jest zastosowanie mechanicznej pielęgnacji roli do czasu siewu szarłatu, tym bardziej, że w przypadku omawianej uprawy zagrożenie stanowią zwłaszcza chwasty późnych wschodów [Leon i in. 2007]. W szarłacie nie można zwalczać środkami chemicznymi chwastów dwuliściennych, ale w zwalczaniu jednoliściennych okazało się bardzo skuteczne stosowanie oprysku preparatem Fusilade Forte 150 EC [Deryło i Chudzik 2012].

W agrotechnice każdego gatunku uprawnego koniecznym jest ustalenie zasad właściwego dawkowania nawozów. W zakresie wielkości nawożenia szarłatu większość opracowań dotyczy stosowania podstawowych makroskładników, które, zgodnie z obowiązującymi w Polsce normami, występują w roślinach w ilości co najmniej 0,5 g na kg s.m. W pracach omawiających agrotechnikę szarłatu autorzy zwykle kładą główny nacisk na dawkowanie podstawowych makroelementów podawanych doglebowo.

Putman i in. [1989] oceniają, że dla wyprodukowania plonu nasion o masie 1350 kg na ha szarłat pobiera 40 kg N oraz około 8 kg P i K. Stąd zalecane przez tych autorów dawki nawozów wynoszą: 45 kg N, 12 kg  $P_2O_5$  oraz 18 kg  $K_2O$ . Elbehri i in. [1993] stwierdzili, że najkorzystniejszym było zastosowanie NPK w dawkach 45–68–72, a Olaniyi i in. [2008] – że nie należy zwiększać dawek nawożenia azotem ponad 60 kg na hektar.

Jednak, w wielu pracach znajdujemy informacje, że szarłaty nasienne tolerują znacznie większe dawki nawożenia azotem, choć w warunkach nadmiaru opadów w trakcie wegetacji dochodzi do wylegania i opóźnienia dojrzewania [Chakhatrakan i in. 1994]. Myers [1998] ocenia, że nie należy zwiększać dawek azotu ponad 90 kg na ha, a Schulte i in. [2005] twierdzą, że nawożenie azotem w dawce większej niż 80 kg prowadzi już do zmniejszenia plonowania szarłatu. Tymczasem Pospíšil i in. [2006] oraz Olofintoye i in. [2015] odnotowali istotną wyżkę plonu nasion jeszcze przy 100 kg N na ha. Także Weber [1990] zaleca stosowanie nawozów w dawkach: azot: 90-100  $kg \cdot ha^{-1}$ , fosfor: 60-70  $kg \cdot ha^{-1}$ , potas: 60-70  $kg \cdot ha^{-1}$ . Skwaryło-Bednarz i in. [2011] największe plony szarłatu zbierali w warunkach nawożenia NPK w dawkach 90–60–60, a w badaniach Deryły i Chudzika [2015] dawki NPK wynosiły 120–60–70. Nawożenie azotem w dawce 120  $kg \cdot ha^{-1}$  uznali za korzystne także Kozak i in. [2011]. Bielski i Szwejkowska [2015] odnotowali istotne zwiększenie plonu nasion, białka i oleju szarłatu przy kombinacji NPK 120-70-70. Natomiast nie stwierdzili jednoczesnego wpływu testowanej ochrony fungicydowej.

W opracowaniach (zwłaszcza z terenu Afryki), często spotkać można zalecenia nawożenia łączonego – mineralnego z organicznym. Przeważnie dotyczą one doświadczeń z gatunkami warzywnymi szarłatów. Na przykład, Onwuka i Ihejiakor [2013] wykazali, że szarłat warzywny może być

z powodzeniem uprawiany nawet na zdegradowanych, kwaśnych glebach, pod warunkiem zintegrowanego nawożenia obornikiem (świńskim), mocznikiem, słomą i węglanem wapnia. Dodatek węglanu wapnia (w dawce  $2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) był kluczowy dla najlepszych efektów odżywienia roślin w tym doświadczeniu. Adewole i Dedeke [2012] odnotowali największe plony zielonki szarłat po zastosowaniu nawozu spod kogutków w dawce  $9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Nawóz spod brojlerów i kurek okazał się mniej skuteczny. Makinde i in. [2010] oraz Abayimi i Adebayo [2014] polecają nawożenie *A. cruentus* uprawianego w celu zbioru liści łącznie: nawozami mineralnymi z kompostem wyprodukowanym w oparciu o odpady komunalne i odchody bydłowe (komposty noszą nazwę Grade A i Grade B i są produkowane przy wysypisku miejskim w Ibadanie, w Nigerii).

Są też doniesienia o możliwości takiego nawożenia szarłatów nasiennych. Apaza-Gutierrez i in. [2002] wykazali, że najlepsze plony nasion notowali przy nawożeniu NPK w dawkach 80–80–40 oraz 60–60–30 NPK +  $11 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  obornika owczego. Ainika i in. [2011] największy plon nasion szarłat zebrali w warunkach łącznego nawożenia azotem (w formie mocznika) w dawce 150 kg na hektar i obornikiem bydlęcym w dawce  $8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Nyankanga i in. [2012] zalecają nawożenie azotem w dawce 90 kg na ha w połączeniu z obornikiem bydlęcym w ilości  $9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Parmar i Patel [2009] stwierdzili, że podstawowe nawożenie mineralne NPK w dawkach 60-40-40 można podzielić w proporcji 75% NPK (mineralnego) + 25% kompostu z rośliny motylkowatej, *Gliricidia sepium*, wraz z zaszczepieniem przedsiewnym nasion inokulum z *Azotobacter*. Ten zabieg ma nie tylko cechy zrównoważonego nawożenia, ale i ewidentnie, w porównaniu z obiektem bez nawożenia, zwiększył pobranie w plonie nasion każdego z oznaczonych składników (N, P, K, S, Fe i Zn) o około 60%.

Autorzy zalecają dzielenie dawki nawożenia azotem, niektórzy w części – przedsiewnie, a w części – w czasie najintensywniejszego wzrostu. Natomiast nawozy fosforowe i potasowe oraz ewentualnie – organiczne (obornik lub komposty) – przedsiewnie.

Powyżej cytowane doniesienia świadczą, że w krajach, w których najszerzej uprawia się szarłat, w nawożeniu organicznym upatruje się głównego sposobu zwiększenia w glebie substancji organicznej oraz mikroelementów, po które sięga się do różnych źródeł. Natomiast problem suplementacji niedoborów mikroelementów z wykorzystaniem specjalistycznych nawozów lub stosowania wybranych soli był do niedawna rzadko podejmowany. Ze względu na stosunkowo małą ilość doniesień o takich wymaganiach szarłat, zalecenia są dopiero formułowane i testowane.

Lista pierwiastków zaliczanych do ważnych odżywczo dla ludzi i zwierząt jest długa, należą do nich zarówno metale, jak i niemetale. Nie wszystkie z nich mają źródło w materiale roślinnym [World Health Organization 1996]. Fizjologiczne funkcje pierwiastków z grupy mikroelementów polegają głównie na włączaniu się w procesy metaboliczne roślin, zwłaszcza jako składniki lub aktywatory enzymów [White i Broadley 2009].

Bor wpływa na wzrost i podziały komórek, transport i metabolizm cukrów, uczestniczy w tworzeniu struktur ścian komórkowych, syntezie kwasów nukleinowych i hormonów wzrostu oraz prawidłowej inicjacji i różnicowaniu organów generatywnych, co potwierdza zapotrzebowanie na ten pierwiastek w procesie wytwarzania nasion [Matoha i Kobayashi 2002, Czaja-Prokop 2003, Korzeniowska 2008].

Mangan bierze udział w procesie tworzenia chlorofilu, a także uczestniczy w biosyntezie białek i tłuszczów oraz w metabolizmie węglowodanów, zwłaszcza skrobi. Jego obecność jest niezbędna w procesach wzrostu komórek roślinnych. Zwykle większą zawartość manganu przejawiają młode organy. Asymilacja manganu jest upośledzana w glebach o dużej zasadowości [Mousavi i in. 2011].

Jony cynku są aktywatorami wszystkich podstawowych grup enzymów: oksydoreduktaz, transferaz, hydrolaz, liaz i ligaz, kontrolujących procesy wzrostu wegetatywnego roślin. Cynk bierze też udział w syntezie białek, błon lipidowych komórek i metabolizmie RNA [Orlovius i in. 2001, Broadley i in. 2007, Santos i in. 2010].

Także jony molibdenu uczestniczą w przemianach związków azotowych, ale i – fosforu. Jony molibdenu, podobnie jak żelaza wpływają na intensywność tworzenia chlorofilu wchodząc w skład enzymów regulujących procesy fotosyntezy. W warunkach jego niedoboru w roślinach (poza strączkowymi) hamowana jest synteza białek ze zgromadzonych w liściach azotanów [Farooq i in. 2012].

Miedź jest składnikiem białek enzymatycznych odpowiedzialnych za metabolizm lignin, białek i tłuszczów, jako kofaktor dysmutazy, oksydazy cytochromu c, oksydazy polifenoli i innych. Na poziomie komórkowym miedź jest ważnym składnikiem procesów translacji w syntezie białek. Z tych względów niedobór jonów miedzi w glebie ujawnia się już we wczesnych fazach wzrostu i manifestuje się niedorozwojem młodych części roślin i organów generatywnych [Yruela 2005, Sienkiewicz-Cholewa 2005].

Jony kobaltu odgrywają kluczową rolę głównie w metabolizmie roślin symbiotycznych z bakteriami wiążącymi azot atmosferyczny, przez co wpływa na ich wzrost i jest niezbędnym składnikiem kilku enzymów i koenzymów. Jak wykazali Jayakumar i Jaleel [2009] na przykładzie soi, skłonność do akumulacji jonów kobaltu jest u tego gatunku bardzo silna, aż do powstania efektów świadczących o znaczącej toksyczności, skutkującej istotnym ograniczeniem wzrostu rośliny.

Żelazo jest mikroelementem niezbędnym prawie wszystkim żyjącym organizmom ze względu na decydującą rolę w takich procesach metabolicznych jak synteza DNA i oddychanie. Jest aktywatorem wielu enzymów, ale szczególne znaczenie ma w tworzeniu i funkcjonowaniu chloroplastów. Spośród wszystkich mikroelementów jest pierwiastkiem najczęściej występującym w glebach całego świata, lecz brak równowagi między jego

występowaniem a rozpuszczalnością żelaza w glebie warunkującą dostępność dla roślin, są zasadniczymi przyczynami chloroz [Rout i Sahoo 2015].

W literaturze wymieniane są jeszcze inne jony występujące w glebach, o niekiedy nieznanymi funkcjach dla roślin, a pożądane w żywieniu ludzi i zwierząt. Wśród metali wymienia się jony chromu, niklu, wanadu, rtęci, srebra, a niemetalu – jony krzemu, jodu, fluoru, selenu i arsenu [World Health Organization 1996, Stanisławska-Głubiak i Korzeniowska 2007, White i Broadley 2009, Rahman i in. 2013].

Jayakumar i Jaleel [2009] zwracają uwagę, że rośliny posiadają homeostatyczne mechanizmy pozwalające na utrzymanie właściwego dla nich stężenia niezbędnych jonów w komórkach, lecz w warunkach nadmiernego stężenia jonów metali ciężkich w glebie ulegają znaczącym uszkodzeniom. Wiele dwuwartościowych jonów metali (np. manganu, żelaza, kobaltu, niklu, miedzi, rtęci czy cynku) ma podobną strukturę, co sprzyja pobieraniu przez rośliny ponad ich potrzeby fizjologiczne i może prowadzić z jednej strony – do zaburzeń metabolizmu, a z drugiej – do kontaminacji roślin, jako składników pożywienia.

Gleby Polski, w większości lekkie, wykazują małą zawartość przyswajalnych form boru, miedzi i molibdenu. Czuba [2000] podaje, że najniższe pokrycie potrzeb mikroelementowych roślin dotyczy boru (76% gleb) i miedzi (39% gleb), ale też przyswajalnego molibdenu (30% gleb). Niską zawartość aktywnego manganu przejawia 12% gleb, a przyswajalnego cynku – 14%. W glebach Polski obserwuje się niedobory przyswajalnych form magnezu i siarki, lecz przyczyny tego stanu są różne. Zawartość magnezu w glebach zależy od ich składu granulometrycznego, w tym – zawartości części spławianych; więc w glebach lekkich notuje się stale jego mały zasób, a jego jony łatwo wymywane są w głąb profilów glebowych. Natomiast odczuwalne niedobory związków siarki w glebie ujawniły się stosunkowo niedawno, wraz ze zmniejszeniem emisji  $\text{SO}_2$  do powietrza, które, za pośrednictwem opadów atmosferycznych, jest naturalnym źródłem siarki dla roślin [Kaczor i Zuzańska 2009].

Przytoczone tu uwagi o deficytach odżywiania roślin w mikroskładniki wskazują na znaczenie badań nad suplementacją nawożenia makroelementami. Wyniki wielkiej liczby doświadczeń oraz praktyka rolnicza wskazują, że nawożenie mikroelementami (doglebowo lub dolistnie) stanowi znaczące uzupełnienie odżywiania roślin makroskładnikami i podnosi efektywność nawożenia makroelementami. Nawożenie mikroelementami, zwłaszcza dolistnie, oprócz szybkiego działania, charakteryzuje się też wysokim stopniem wykorzystania zawartych składników pokarmowych [Czuba 2000, Rahman i in. 2015]. Świadczą o tym liczne doniesienia o zwiększeniu plonowania i efektywności nawozów mineralnych. Dlatego, stosowanie wybranych mikroelementów lub specjalistycznych nawozów mikroelementowych w praktyce rolnictwa polskiego jest niekwestionowane. Zwłaszcza podanie nalistne mikroelementów, to droga uzupełnienia niedoborów pierwiastków

niedostępnych dla roślin z roztworu glebowego, choć pobieranych przez rośliny w bardzo małych ilościach [Stanisławska-Głubiak i Konarzewska 2007, Wójcik 2014].

W krajach tropikalnych, gdzie gleby charakteryzuje przeważnie bardzo duża zasadowość, fosfor jest niedostępny dla roślin, a to z kolei skutkuje brakiem przyswajalności cynku, miedzi i manganu [Broadley i in. 2007]. Jak twierdzą Turk i in. [2006], w krajach o niskiej intensywności nakładów na produkcję rolniczą włączanie dolistnego nawożenia mikroelementami powinno stać się akceptowalnym ekologicznie, łatwym do zastosowania i stosunkowo tanim sposobem aplikacji nawozów.

Wprawdzie publikacje o próbach takiego sposobu nawożenia szarłatów pochodzą rzadko z tego obszaru, lecz autorzy wskazują, że łączne traktowanie roślin roztworami soli wybranych mikroelementów i nawożeniem azotem przynosi dość korzystne efekty. Testowane są przy tym różne dozy roztworów mikroelementów. Tabrizi i in. [2013] stwierdzili, że najlepsze skutki dla wielkości plonu nasion szarlatu dawało zastosowanie nalistne siarczanu żelazowego, cynkowego i manganowego, każdego w dawce 0,6 kg na hektar przy jednoczesnym nawożeniu azotem w dawce 200 kg na hektar. Zwyżki plonów, które można było przypisać działaniu mikroelementów (przy tak wysokiej dawce azotu) były stosunkowo niewielkie i wyniosły 12, 9 i 3% odpowiednio – dla wymienionych kolejno jonów metali. Patel i in. [2012] w uprawie szarlatu na zielonkę stwierdzili podobny efekt działania jonów żelaza przy jednoczesnym nawożeniu doglebowym azotem w ilości 60 kg·ha<sup>-1</sup> i dolistnym – siarczanem żelaza w dawce 10 kg·ha<sup>-1</sup>.

W Polsce problem reakcji krajowych odmian szarlatu na nawożenie mikroelementami podejmowano głównie w Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim. W badaniach polowych stosowano wysokie dawki nawożenia NPK, w tym 165 kg N·ha<sup>-1</sup>. Wśród testowanych sposobów nawożenia mikroelementami były: stosowanie boru w formie kwasu borowego doglebowo (2 i 4 kg B·ha<sup>-1</sup>) i dolistnie (w fazie pakowania (0,2 i 0,4 kg B·ha<sup>-1</sup>), nawożenie miedzią w formie siarczanu miedziowego doglebowo (5 i 10 kg Cu·ha<sup>-1</sup>) i dolistnie (0,5 i 1,0 kg Cu·ha<sup>-1</sup>) oraz nawożenie cynkiem w formie siarczanu cynkowego (w sposób analogiczny do zastosowanych w przypadku siarczanu miedziowego).

Stwierdzono, że nawożenie dolistne borem w dawce 0,2 kg·ha<sup>-1</sup> skutkuje zarówno istotnym zwiększeniem plonu nasion, jak i ma korzystny wpływ na skład aminokwasowy gromadzonego w nich białka. Podobne, choć nieco słabsze efekty powodowało nawożenie doglebowe borem w dawce 2 kg·ha<sup>-1</sup> [Bobrzecka i in. 1998, 2000a].

Na obiektach, na których stosowano siarczan miedziowy plony nasion były nieco mniejsze niż na pozostałych, jakkolwiek w warunkach nawożenia dolistnie w dawce 1,0 kg Cu·ha<sup>-1</sup> odnotowano poprawę wartości odżywczej białka nasion. Natomiast plon tłuszczu w nasionach szarlatu zwiększył się pod

wpływem dawki  $5 \text{ kg Cu} \cdot \text{ha}^{-1}$  podanej doglebowo oraz  $0,5 \text{ kg Cu} \cdot \text{ha}^{-1}$  – dolistnie [Bobrzecka i in. 2000b, 2000c, Wojciechowska i in. 2001].

Podobnie, nie stwierdzono wpływu cynku na plonowanie szarłatu, ale pod wpływem dolistnego dokarmiania cynkiem w dawce  $0,5 \text{ kg}$  na hektar w nasionach zwiększała się zawartość białka właściwego, w tym aminokwasów egzogennych [Domska i in. 2000].

Po ukończeniu tych doświadczeń, na obiektach nawożonych mikroelementami badano odczyn i skład chemiczny gleb [Bobrzecka i in. 1999a]. Okazało się, że w warunkach nawożenia doglebowo zwiększała się kwasowość gleby, zmniejszała się też jej zasobność w przyswajalny potas (pod wpływem nawożenia borem i miedzią), a zwiększała – zawartość fosforu (pod wpływem wyższej z przyjętych dawek cynku). W rezultacie, autorzy wnioskują, że uprawa szarłatu może prowadzić do chemicznej degradacji gleby. By temu zapobiegać w uprawie tego gatunku należy uwzględniać wapnowanie oraz stosowanie nawożenia doglebowego w dawkach wyższych z testowanych w cytowanych doświadczeniach.

Bobrzecka i in. [1999b] przeprowadzili też ocenę wpływu tych samych kombinacji nawożenia mikroelementami na plony suszu z liści szarłatu przeznaczonego do komponowania mieszanki paszowej dla kur. Autorzy nie podają, w jakiej fazie rozwojowej zbierano liście, niemniej, wyniki doświadczenia żywieniowego nie ujawniły związku między nawożeniem a przydatnością paszową ocenianego suszu.

Wyniki omówionych szeroko zakrojonych doświadczeń wskazują, że odmiana Rawa, która była ich przedmiotem, nie ujawniła dużego zapotrzebowania na nawożenie miedzią i cynkiem, natomiast potwierdziła jej potrzeby w zakresie nawożenia borem, aplikowanego zarówno doglebowo, jak i dolistnie.

W Polsce nie stwierdzono konieczności chemicznej ochrony szarłatu przed patogenami. W uprawie na zielonkę chemiczne zwalczanie szkodników i chorób byłoby i tak niewłaściwe. Na początku wegetacji mogą wystąpić choroby żerowania pchełki rzepakowej i w okresie późniejszym mszyc [Gontarczyk 1996]. Obserwuje się również porażenie roślin patogenem *Phomopsis amaranthicola*, powodującym zmiany chorobowe łodyg w postaci ciemnych, drobnych plam w dolnej jej części [Pusz 2009]. Zmiany chorobowe były obserwowane w drugim roku uprawy na tym samym stanowisku. Potwierdza to tezę, iż upraw szarłatu na jednym stanowisku przez kilka lat, podobnie jak w przypadku roślin innych gatunków, może powodować większe uszkodzenia roślin przez patogeny [Pusz i Płaskowska 2008].

W uprawie na nasiona wybór terminu zbioru jest znacznie utrudniony [Stallknecht i Schulz-Schaeffer 1993, Chlebowski 1994, O'Brien i Price 2008]. Nasiona dojrzewają nierównomiernie, w czasie, kiedy na roślinie znajduje się znaczna ilość zielonych liści, a łodyga zawiera duże ilości wody [Roszewski 1998]. Można zastosować desykację, lecz najczęściej dokonuje się zbioru po wystąpieniu przymrozków [Chlebowski 1994].

Zbiór szarłatu przeprowadzany jest ręcznie lub jednoetapowo - kombajnem zbożowym i przypada na okres od połowy września do końca października [Roszewski 1998, Ogrodowska i in. 2011]. Zbiór kombajnem zbożowym (jednoetapowy) stosuje się na dużych plantacjach, a ręczny lub wieloetapowy wykonuje się na małych plantacjach [Gontarczyk 1996, Bobel i Sokół 2002]. W chwili zbioru łodygi roślin nie są zwykle w pełni suche, a wilgotność nasion może dochodzić nawet do 30%. Ponieważ wilgotne nasiona łatwo pleśnieją, suszenie i doczyszczanie nasion to istotny element ich obróbki pozbiorowej [Robinson 1986, Chlebowski 1994, Calzetta-Resio i in. 2004, Schulte i in. 2005].

Plon szarłatu jest uzależniony od genotypu rośliny oraz rejonu uprawy. W Polsce, zależnie od warunków klimatyczno-glebowych, uzyskiwano plony od 1,5 do 3,5 t·ha<sup>-1</sup> [Nalborczyk i in. 1994, Roszewski 1998, Skwaryło-Bednarz i in. 2014]. Warto jednak podkreślić, że uprawa szarłatu może być bardzo zawodna dla producentów bez odpowiedniego doświadczenia i przygotowania.

Z przedstawionej charakterystyki zabiegów niezbędnych do uzyskania wartościowego towarowo plonu szarłatu wynika, że jego uprawa nastręcza trudności organizacyjnych i wymaga szczególnej staranności oraz właściwego wyposażenia gospodarstwa. Jakkolwiek więc warunki glebowo-klimatyczne w Polsce są wystarczające, zainteresowanie przemysłu przetwórczego skupem nasion – duże, to jednak niewiele osób podejmuje się jego produkcji. Podobnie, jak w innych krajach, na przeszkodzie rozszerzeniu uprawy szarłatów nasiennych stoją głównie: uciążliwość dbania o czystość plantacji w stosunkowo długim okresie wegetacji oraz konieczność szybkiego przygotowania nasion do przechowania natychmiast po zbiorze.

### III. METODYKA I WARUNKI BADAŃ

#### III.1. METODYKA DOŚWIADCZEŃ LABORATORYJNYCH

Prowadzono równolegle dwa eksperymenty, których celem była ocena wpływu zabiegów uszlachetniających materiał siewny na zdolność kiełkowania nasion szarłat krwistego (*Amaranthus cruentus* L.) odmiany Rawa.

Doświadczenia prowadzono w latach 2010 – 2012 w terminie poprzedzającym siew nasion w polu (w kwietniu każdego roku). Doświadczenia te prowadzono w laboratorium siedziby Katedry Botaniki i Ekologii.

##### Doświadczenie A.I.

Temat: Wpływ moczenia nasion w roztworach preparatów zawierających substancje o charakterze regulatorów wzrostu na ich wartość siewną.

Czynniki i obiekty doświadczenia:

Czynnik A – długość trwania moczenia nasion: 8, 16 i 24 godziny

Czynnik B – rodzaj preparatu handlowego:

- Pol-Gibrescol 800 SP w stężeniu 0,03% (s.a. kwas giberelowy GA<sub>3</sub>)
- Betokson Super 025 SL w stężeniu 2,0% (s.a. kwas 2-naftoksyoctowy NAA),
- mieszanina obu preparatów w wymienionych stężeniach,
- obiekt kontrolny, nasiona bez zabiegów uszlachetniających przed badaniem zdolności kiełkowania.

Wyżej wymienione preparaty handlowe zakupiono w specjalistycznych sklepach.

##### Doświadczenie A.II.

Temat: Wpływ otoczkowania nasion na ich wartość siewną.

Czynniki i obiekty doświadczenia:

- nasiona otoczkowane otoczką „warzywną”,
- nasiona otoczkowane otoczką „buraczaną”,
- obiekt kontrolny, nasiona bez otoczkowania przed badaniem zdolności kiełkowania.

Otoczkowanie nasion szarłat wykonywał corocznie na zamówienie wyspecjalizowany zakład: Centrum Obrotu Rolnego „Agrokal” z Kalisza. Wykonawcy zastosowali masy otoczkujące uznawane za bardzo skuteczne w stymulacji procesów kiełkowania wielu gatunków roślin, produkowane przez ten zakład na zamówienie odbiorców materiału siewnego w kraju i za granicą. Skład mas otoczkujących jest zastrzeżony przez ich twórców i autorka pracy nie otrzymała o nim informacji. Firma „Agrokal” stosuje dla tych mas nazwy otoczka „warzywna” i „buraczana” i tych nazw używano w opisie doświadczeń.

Poniżej podano zastosowaną procedurę badania zdolności kiełkowania nasion.

Zabieg moczenia (doświadczenie A.I.). prowadzono na płytkach Petriego wyłożonych 2 warstwami bibuły filtracyjnej obficie nasączonej uprzednio przygotowanymi roztworami preparatów, w temperaturze 15°C i na świetle. Po upływie zaplanowanego przedziału czasu nasiona płukano na sicie pod bieżącą wodą, rozkładano na bibule do wyschnięcia na wolnym powietrzu w temperaturze pokojowej przez 24 h.

Do kielkowania nasion stosowano płytki Petriego. Podłoże przygotowano z chemicznie czystej bibuły filtracyjnej. Nasiona moczone rozkładano na płasko rozłożonej bibule. Kielkowanie nasion otoczkowanych (doświadczenie A.II.) prowadzono na bibule filtracyjnej składanej w harmonijkę.

Na każdej płytce umieszczano po 100 nasion. Przygotowane płytki umieszczano w cieplarkach z kontrolowaną temperaturą 15 i 25°C i pozostawiano do wykiełkowania. Wilgotność podłoża wynosiła 60% p.p.w. Wszystkie oznaczenia wykonano w 4 powtórzeniach.

Analizę laboratoryjną kielkowania nasion wykonano zgodnie z normą PN-94/R-65950. Z powodu braku specjalnych wskazań dla nasion szarlatu, przyjęto normy właściwe dla ziarna zbóż. Obliczano liczbę nasion wytwarzających siewki normalne (normalnie kiełkujące):

- laboratoryjna energia kielkowania po 4 dniach,
- laboratoryjna zdolność kielkowania po 7 dniach,
- laboratoryjna zdolność kielkowania po 14 dniach.

### **III.2. METODYKA DOŚWIADCZEŃ POLOWYCH**

W sezonach wegetacyjnych lat 2010 – 2012 przeprowadzono po trzy powielenia dwóch doświadczeń polowych, których przedmiotem był szarlat krwisty odmiany Rawa.

Doświadczenia, prowadzone na polach Stacji Badawczej Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii UTP w Mochelku k/Bydgoszczy, zakładano na glebie płowej właściwej (wg Systematyki gleb Polski 2011). Gleba ta pod względem przydatności rolniczej należy do kompleksu żytniego bardzo dobrego, IVa klasy bonitacyjnej.

Doświadczenie B.I.

Temat: Wpływ zabiegów uszlachetniających materiał siewny na wzrost, rozwój i plonowanie szarlatu odmiany Rawa.

Obiektami doświadczenia były:

- wysiew nasion siewnych moczonych w preparacie Pol-Gibrescol 800 SP w stężeniu 0,03%,
- wysiew nasion siewnych moczonych w preparacie Betokson Super 025 SL w stężeniu 2,0%,
- wysiew nasion siewnych moczonych w mieszaninie obu preparatów w wymienionych stężeniach,

- wysiew nasion siewnych otoczkowanych otoczką „warzywną”,
- wysiew nasion siewnych otoczkowanych otoczką „buraczaną”,
- obiekt kontrolny – wysiew nasion bez zabiegów uszlachetniających.

W odniesieniu do nasion moczonych przed siewem wybrano wariant ze stosowaniem tego zabiegu przez 8 h i dobę przed siewem.

Doświadczenie prowadzono jako jednoczynnikowe, założone w układzie losowanych bloków.

#### Doświadczenie B.II.

Temat: Wpływ dawek nawożenia azotem i dolistnego nawożenia mikroelementowego na wzrost, rozwój i plonowanie szarłatu krwistego odmiany Rawa.

Czynniki i obiekty doświadczenia:

Czynnik A – nawożenie pogłównie azotem (saletra amonowa):

- A1 - dawka  $60 \text{ kg} \cdot \text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$  dzielona na dwie dozy po 30 kg
- A2 - dawka  $90 \text{ kg} \cdot \text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$  dzielona na dwie dozy po: 30 kg i 60 kg
- A3 - dawka  $60 \text{ kg} \cdot \text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$  podana jednorazowo
- A4 - dawka  $90 \text{ kg} \cdot \text{N} \cdot \text{ha}^{-1}$  dzielona na dwie dozy po: 60 kg i 30 kg

Czynnik B – nawożenie dolistne preparatem Agro Kompleks II:

- B1 - obiekt kontrolny – bez nawożenia dolistnego.
- B2 - jednorazowo w fazie początku kwitnienia w dawce  $1,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  nawozu,
- B3 - jednorazowo w fazie początku kwitnienia w dawce  $1,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  nawozu,
- B4 - dwukrotnie, w obu fazach i tych samych dawkach, co wyżej.

Doświadczenie założono w układzie losowanych podbloków.

Termin nawożenia saletrą amonową poprzedzał zabieg opryskiwania roślin o 1 – 2 dni. Ilość wody do rozcieńczania preparatu Agro Kompleks II wynosiła  $300 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Do stosowania nalistnego wybrano nawóz specjalistyczny Agro Kompleks II, ze względu na jego przydatność w uprawie buraka, rośliny spokrewnionej z szarłatem. Jest to krystaliczny nawóz wieloskładnikowy dla upraw rolniczych, produkowany przez Przedsiębiorstwo Intermag z Olkusza. W jego skład wchodzi (w % wagowym):  $\text{N-NH}_4$  – 14%, K 5%, Mg 4,8%,  $\text{SO}_3^{-2}$  12%, B 1,2%, Cu 0,25%, Fe 1,2%, Mn 1,2%, Mo 0,01%, Zn 1,2%. Jony Cu, Fe, Mn, Zn występują w postaci wersenianów (schelatowane przez EDTA).

Niezależnie od różnic w doborze czynników obu doświadczeń polowych, niektóre elementy ich agrotechniki były podobne:

- doświadczenia prowadzono w 4 powtórzeniach,
- powierzchnia poletek do zbioru wynosiła  $22,5 \text{ m}^2$ ,
- nasiona wysiewano w rozstawie rzędów 40 cm,
- przedsiewne nawożenie dogłębne wyniosło:  $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$  i  $80 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$ ,

- do siewu używano siewnika ogrodniczego,
- nie używano herbicydów, przestając na 2 – 3-krotnym pieleniu mechanicznym międzyrzędzi,
- omłoty wykonano jednofazowo, kombajnem małogabarytowym Seedmaster firmy Wintersteiger,
- norma wysiewu wynosiła 3 kg nasion na hektar.

Tabela III.1. Terminy wykonania najważniejszych zabiegów uprawowych.

| Termin wykonania zabiegu                             | Lata   |        |        |
|------------------------------------------------------|--------|--------|--------|
|                                                      | 2010   | 2011   | 2012   |
| Data siewu                                           | 12.05. | 10.05. | 12.05. |
| I. termin nawożenia azotem i prep. Agro Kompleks II  | 26.06. | 15.06. | 04.07. |
| II. termin nawożenia azotem i prep. Agro Kompleks II | 06.08. | 13.07. | 01.08. |
| Data omłotów                                         | 08.10. | 15.09. | 08.10. |

Obserwacje polegały na notowaniu terminów wystąpienia kolejnych faz rozwojowych oraz stanu zdrowotności i czystości upraw.

Pomiary obejmowały następujące czynności:

- dwukrotnie, w fazie 6 – 8 liści właściwych oraz przed zbiorem na 10 roślinach pobranych z każdego poletka (po przekątnej) mierzono długość i masę pędu głównego oraz jego części wegetatywnej i generatywnej (w fazie 6 – 8 liści – tylko części wegetatywnej),
- przed zbiorem obliczano całkowitą liczbę roślin na każdym poletku,
- po omłotach i dosuszeniu nasion ważono plon z każdego poletka, a wyniki przeliczano na masę o wilgotności 15%.

W oparciu o dane z pomiaru wielkości roślin w dwóch fazach rozwoju, obsady oraz plonu nasion obliczano:

- udział części wegetatywnej i generatywnej w długości i masie pędu ogółem,
- wskaźnik masywności pędu i jego części jako stosunek masy do długości dojrzałych roślin,
- przeciętną masę nasion z 1 rośliny.

W doświadczeniu B.II obliczono także:

- przeciętną liczbę nasion z 1 rośliny oraz (na próbach nasion z każdego poletka):
- masę tysiąca nasion,
- strukturę grubości nasion i masę tysiąca nasion we frakcjach  $\geq 7$  mm,  $< 7$  mm.

### III.3. METODY STATYSTYCZNEGO OPRACOWANIA WYNIKÓW

Opracowanie statystyczne wyników doświadczeń laboratoryjnych prowadzono osobno dla poszczególnych kombinacji, których wyniki kiełkowania porównywano parami z kiełkowaniem nasion na obiekcie kontrolnym, oddzielnie dla każdego terminu pomiaru. Stosowano test *t*-Studenta dla dwóch wskaźników struktury. Różniące się istotnie statystycznie wyniki dla kombinacji z nasionami uszlachetnianymi w tabelach IV.1.1 i IV.1.3 oznaczono drukiem pogrubionym. Wyniki doświadczenia A.I. podano w formie syntetycznej w tabeli IV.1 (średnie z lat 2010-2012), a szczegółowe tabele, z każdego z lat osobno, z uwagi na ich obszerność, zamieszczono w Załączniku A.

Wszystkie wyniki doświadczeń polowych poddano analizie wariancji w modelu właściwym dla sposobu założenia doświadczenia w polu. Przeprowadzono analizę wariancji dla doświadczeń pojedynczych oraz syntezy z wielolecia w modelu mieszanym, przyjmując lata oraz ich interakcje z czynnikami stałymi za losowe.

W odniesieniu do doświadczenia B.I, ze względu na merytoryczne zróżnicowanie obiektów, do testowania różnic między średnimi obiektowymi zastosowano wielokrotny test kontrastów ortogonalnych Scheffé'go. Wyniki tych analiz zamieszczano w oddzielnych tabelach, a z uwagi na ich obszerność, przeniesiono je do Załącznika B. Do wyników powyższego testowania odniesiono się w tabeli

Pełna lista rozpatrywanych kontrastów ortogonalnych:

- K1 – porównanie obiektu kontrolnego z wszystkimi obiektami z wysiewem nasion traktowanych,
- K2 – porównanie obiektów z nasionami siewnymi moczonymi w roztworach bioregulatorów z obiektami z wysiewem nasion otoczkowanych,
- K3 – porównanie obiektów z nasionami siewnymi moczonymi w preparatach Pol-Gibrescol 800 SP i Betokson Super 025 SL osobno z obiektem z nasionami siewnymi moczonymi w mieszaninie obu preparatów,
- K4 – porównanie obiektu z nasionami siewnymi moczonymi w preparacie Pol-Gibrescol 800 SP z obiektem z nasionami siewnymi moczonymi w preparacie Betokson Super 025 SL,
- K5 – porównanie obiektu z nasionami siewnymi z otoczką „warzywną” z obiektem z nasionami siewnymi z otoczką „buraczaną”.

Testowanie prowadzono tylko w okolicznościach stwierdzenia w analizie wariancji istotności działania czynnika, o czym informowano w tabelach średnich obiektowych, podając, że test *F* Snedecora-Fishera potwierdza istotność zróżnicowania międzyobektowego. Dlatego, nie przedstawiono

wyników testowania różnic między obiektami w odniesieniu do obsady przed zbiorem, plonu nasion i masy nasion z 1 rośliny.

Wyniki doświadczenia B.II. poddano analizie wariancji właściwej dla układu założenia doświadczenia w polu, a do oceny różnic między średnimi obiektowymi stosowano wielokrotny test rozstępu Tukey'a.

Dodatkowo obliczono wartości wskaźnika eta kwadra cząstkowego ( $\eta^2_p$ ), który jest miarą siły testowanego efektu danego czynnika, jaki można mu przypisać w podziale sumy kwadratów całkowitej. Właściwym jest obliczanie jego w doświadczeniach wieloczynnikowych [Pierce i in. 2004].

Wszystkie wymienione wyżej obliczenia wykonano z wykorzystaniem pakietu programów statystycznych *STATISTICA 7.PL*.

Wyniki badań podsumowywano z wykorzystaniem wielowymiarowej analizy interprofilowej. Rezultaty opracowania przedstawiono w formie graficznej. Tę analizę poprzedzono przeskalowaniem danych (średnich z wielolecia) na skalę 5-cio punktową ze wzmocnieniem semantycznym, nadając stopniom skali miana: wartość cechy bardzo mała, mała, średnia, duża i bardzo duża. Skalowanie prowadzono dla każdej z cech osobno. Obliczono wartości  $r_c$ , charakteryzujące podobieństwo profilowe par profili wielocechowych [Brzeziński 2002].

#### **III.4. WARUNKI POGODOWE PROWADZENIA DOŚWIADCZEŃ POŁOWYCH**

Warunki pogodowe w czasie prowadzenia badań wpływały na przebieg wegetacji roślin. W porównaniu z przeciętnymi warunkami pluwiotermicznymi okolic Bydgoszczy, okres wegetacji szarłatu w latach 2010-2012 charakteryzował się przeważnie dość dużą ilością opadów, a ciepłotą, zwłaszcza w latach 2011 i 2012 – większą od przeciętnej w wieloleciu (tab. III.2, rys. III.1a-c). W rejonie uprawy największa średnia suma miesięczna opadów przypada na lipiec, ale w okresie badań było tak tylko w roku 2011, natomiast w 2010 maksimum opadów wystąpiło później – w sierpniu, a w 2012 – wcześniej – w czerwcu.

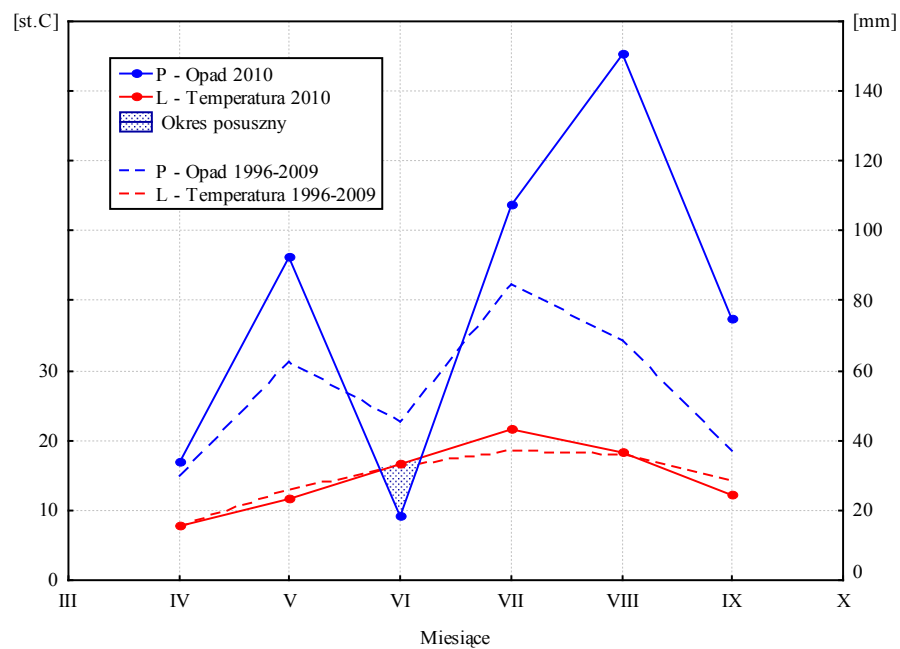
Jak się okazało, rozkład opadów w roku 2012 okazał się najkorzystniejszy dla wzrostu roślin, gdyż na czerwiec przypada faza wzrostu wegetatywnego roślin. Deszczowa pogoda w okresie zawiązywania nasion w roku 2010 wybitnie nie sprzyja dojrzewaniu i omłotom. Szarłat reagował silnie na nadmiar lub niedobór opadów w okresach wegetacji, które okazały się krytyczne – tzn. w okresie wschodów i przed zbiorem. Duża ilość opadów w kwietniu i maju roku 2010 przyczyniła się do dobrych i równomiernych wschodów, natomiast posuchy wiosenne w obu następnych latach skutkowały spowolnieniem i przerzedzeniem wschodów. Przebieg późniejszej wegetacji we wszystkich latach był już niezakłócony. W 2010 roku, w okresie dojrzewania dorodnych, dobrze wyrosniętych roślin nastąpił długi okres bardzo deszczowy, uniemożliwiając przystąpienie do zbioru. Prowadziło to do dużych strat

w plonach. W przeciwieństwie do tego, w roku 2012 faza dojrzewania roślin przypadła na okres ciepły i niemal bezdeszczowy. Sprzyjało to równomiernemu zamieraniu roślin i omłoty przebiegły bez żadnych zakłóceń. Przez cały okres wegetacji lat 2010 – 2012 rośliny szarlatu nie wykazały skłonności do wylegania i cechowały się przeważnie dobrą zdrowotnością.

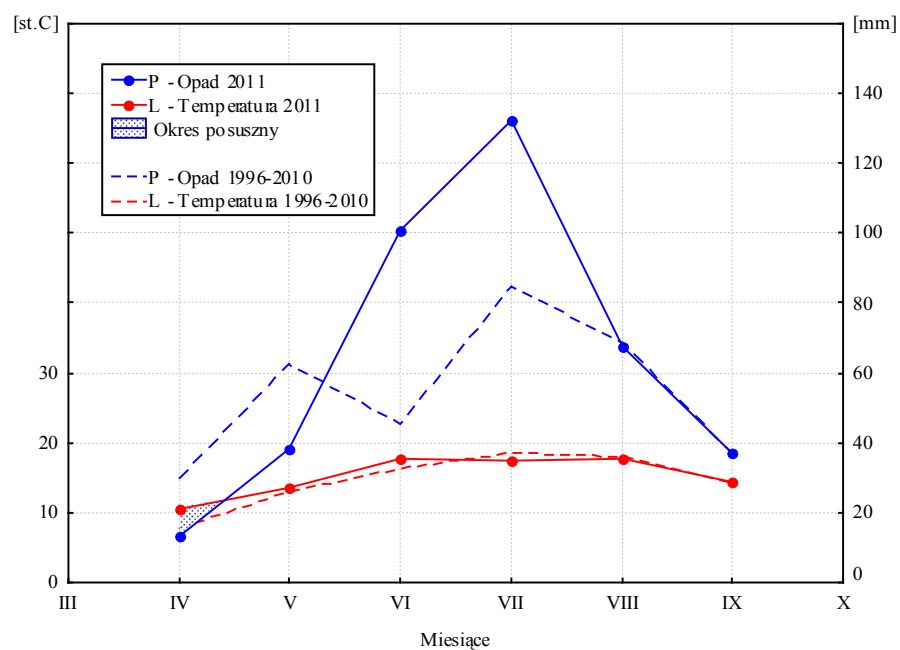
Tabela III.2. Sumy miesięczne temperatury powietrza i opadów oraz odpowiednie wartości współczynnika hydrotermicznego Seljaninova w okresie wegetacji badanych gatunków roślin w latach 2010 – 2012 na tle średnich tych wielkości w wieloleciu 1996-2011. Według notowań punktu meteorologicznego Stacji Badawczej Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii UTP w Mochelku k/Bydgoszczy.

| Rok       | Miesiąc         | Sumy miesięczne            |             | Współczynnik hydrotermiczny <i>k</i> Seljaninova |
|-----------|-----------------|----------------------------|-------------|--------------------------------------------------|
|           |                 | temperatury powietrza [°C] | opadów [mm] |                                                  |
| 2010      | IV              | 234,0                      | 33,8        | 1,44                                             |
|           | V               | 356,5                      | 92,6        | 2,60                                             |
|           | VI              | 501,0                      | 18,1        | 0,36                                             |
|           | VII             | 669,6                      | 107,4       | 1,60                                             |
|           | VIII            | 570,4                      | 150,7       | 2,64                                             |
|           | IX              | 366,0                      | 74,7        | 2,04                                             |
|           | Łącznie IV – IX | 2697,5                     | 477,3       | 1,77                                             |
| 2011      | IV              | 315,0                      | 13,5        | 0,43                                             |
|           | V               | 418,5                      | 38,4        | 0,92                                             |
|           | VI              | 531,0                      | 100,8       | 1,90                                             |
|           | VII             | 542,5                      | 132,5       | 2,44                                             |
|           | VIII            | 548,7                      | 67,7        | 1,23                                             |
|           | IX              | 429,0                      | 37,0        | 0,86                                             |
|           | Łącznie IV – IX | 2784,7                     | 389,9       | 1,40                                             |
| 2012      | IV              | 426,0                      | 26,5        | 0,62                                             |
|           | V               | 533,2                      | 25,4        | 0,48                                             |
|           | VI              | 528,0                      | 133,8       | 2,53                                             |
|           | VII             | 601,4                      | 115,6       | 1,92                                             |
|           | VIII            | 582,8                      | 51,8        | 0,89                                             |
|           | IX              | 498,0                      | 25,1        | 0,50                                             |
|           | Łącznie IV – IX | 3169,4                     | 378,2       | 1,19                                             |
| 1996-2011 | IV              | 237,0                      | 30,0        | 1,27                                             |
|           | V               | 403,0                      | 62,7        | 1,56                                             |
|           | VI              | 486,0                      | 45,3        | 0,93                                             |
|           | VII             | 576,6                      | 84,8        | 1,47                                             |
|           | VIII            | 554,9                      | 68,7        | 1,24                                             |
|           | IX              | 429,0                      | 37,0        | 0,86                                             |
|           | Łącznie IV – IX | 2686,5                     | 328,5       | 1,22                                             |

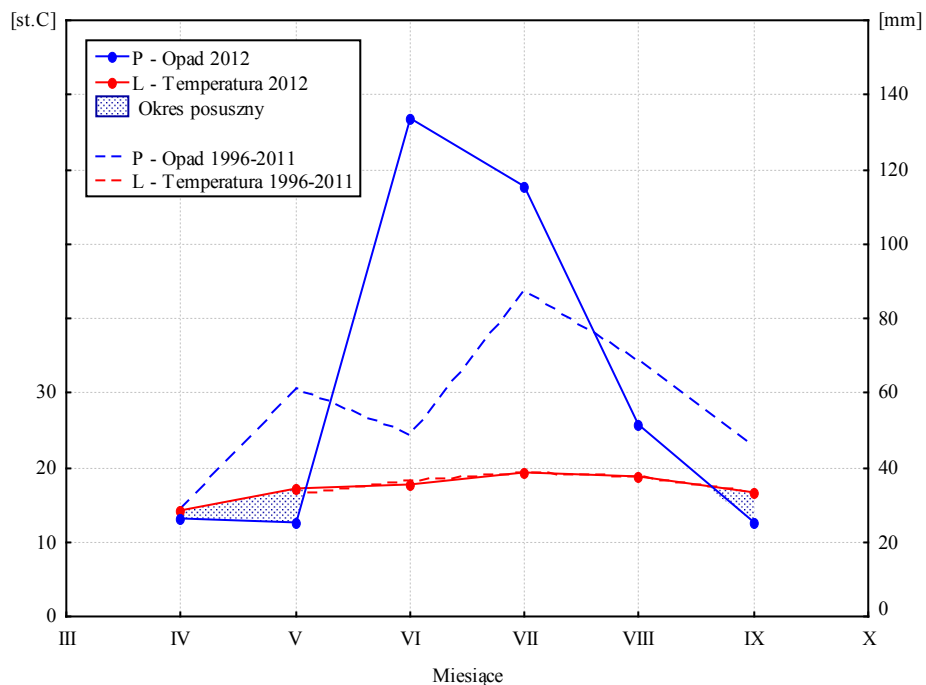
a)



b)



c)



Rys. III.1a-c. Rozkład średnich miesięcznych temperatury i miesięcznych sum opadów w okresie od kwietnia do września lat 2010 – 2012 na tle odpowiednich średnich z wielolecia, na podstawie notowań punktu meteorologicznego w Stacji Badawczej Wydziału Rolnictwa i Biotechnologii UTP. Diagram według metody Gaussena-Waltera.

### III. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

#### IV.1. Wyniki doświadczeń laboratoryjnych

IV.1.1. Wpływ moczenia nasion w roztworach preparatów zawierających substancje o charakterze regulatorów wzrostu na ich wartość siewną. (Doświadczenie A.I).

Pełne wyniki badania zdolności kiełkowania nasion szarłatu w następstwie moczenia ich w roztworach regulatorów wzrostu zebrano w Załączniku A., tab. A.1, A.2 i A.3. W tabeli IV.1 zestawiono wyłącznie średnie z trzech powoleń tego doświadczenia.

W warunkach laboratoryjnych energia i zdolność kiełkowania nasion szarłatu krwistego odmiany Rawa poddanych moczeniu w roztworach bioregulatorów w znacznie większym stopniu zależna była od temperatury, w jakiej kiełkowały niż od sposobów ich traktowania (tab. IV.1). Zdolność kiełkowania przy temperaturze 25°C uznać można za zupełnie zadowalającą we wszystkich obiektach, przy czym nasiona nietraktowane wykazywały ją w stopniu nieco niższym lub podobnym do kondycjonowanych. Udział nasion kiełkujących w temperaturze 25°C już po 4 dniach był kilkukrotnie wyższy niż przy temperaturze 15°C. W roku 2010, po 14 dniach trwania procesu, w przypadku nasion kontrolnych osiągnął nawet poziom 80%, choć zwykle nie przekraczał 70% (tab. A.1 – A.3).

Zabieg kondycjonowania z użyciem preparatu Pol-Gibrescol 800 SP okazywał się skutecznie, istotnie statystycznie, zwiększającym zdolność kiełkowania nasion szarłatu już w temperaturze 15°C; w doświadczeniu z roku 2011 osiągnęło ono nawet poziom 52% (tab. A.1). Tak dobrych wyników, przy tej temperaturze inkubacji, nie stwierdzono zarówno po zastosowaniu roztworów preparatu Betokson Super 025 SL, ani w przypadku mieszaniny obu bioregulatorów (tab. A.2 i A.3).

Długość trwania moczenia nasion wywierała też pewien wpływ na zdolność ich kiełkowania. W przypadku Pol-Gibrescolu nieznacznie lepsze efekty obserwowano po traktowaniu nasion przez 16 godzin, natomiast zastosowanie mieszaniny preparatów oraz samego preparatu Betokson Super 025 SL najlepsze rezultaty dawało po 8 godzinach trwania zabiegu.

Wraz z przedłużaniem procesu liczba kiełkujących nasion rosła. Dynamika zwiększania się liczby nasion kiełkujących zależna była też od temperatury, w jakiej prowadzono doświadczenie. Średnio w trzyleciu i w warunkach temperatury 15°C, zwiększenie liczby nasion kiełkujących między pomiarem po 4 i 7 dniach było co najmniej dwukrotne, podczas gdy w temperaturze 25°C wynosiło średnio nie więcej niż 11%. Wydłużenie czasu kiełkowania nasion o kolejne 7 dni przyniosło dalsze zwiększenie wskaźnika zdolności kiełkowania o 33 do 55% u nasion kiełkujących w niższej temperaturze oraz o 3 do 16% w temperaturze wyższej (tab. IV.2).

Tabela IV.1. Energia (po 4 dniach) i zdolność kiełkowania (po 7 i 14 dniach) nasion szarłat w zależności od sposobu ich kondycjonowania w roztworach testowanych preparatów w porównaniu z obiektem kontrolnym – bez dodatkowych zabiegów. Drukiem pogrubionym oznaczono wyniki kondycjonowania istotnie statystycznie różne od obiektu kontrolnego. Średnio z lat 2010-2012.

| Prepara-<br>raty                                 | Czas<br>kondy-<br>cjonowa-<br>nia<br>[h] | Stężenie<br>preparatu<br>[%] | Temperatura kiełkowania                    |       |        |       |       |        |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------|-------|--------|-------|-------|--------|
|                                                  |                                          |                              | 15°C                                       |       |        | 25°C  |       |        |
|                                                  |                                          |                              | Udział [%] nasion kiełkujących po upływie: |       |        |       |       |        |
|                                                  |                                          |                              | 4 dni                                      | 7 dni | 14 dni | 4 dni | 7 dni | 14 dni |
| Pol-<br>Gibre-<br>scol<br>800 SP                 | 8                                        | 0,03                         | 14                                         | 25    | 34     | 59    | 63    | 66     |
|                                                  | 16                                       |                              | 17                                         | 29    | 36     | 57    | 65    | 67     |
|                                                  | 24                                       |                              | 15                                         | 28    | 38     | 54    | 60    | 64     |
|                                                  | Średnio dla<br>preparatu                 |                              | 15                                         | 27    | 36     | 57    | 63    | 66     |
| Betokson<br>Super<br>025 SL                      | 8                                        | 0,03                         | 8                                          | 21    | 33     | 61    | 67    | 69     |
|                                                  | 16                                       |                              | 7                                          | 18    | 30     | 53    | 57    | 60     |
|                                                  | 24                                       |                              | 8                                          | 21    | 30     | 56    | 59    | 61     |
|                                                  | Średnio dla<br>preparatu                 |                              | 7                                          | 20    | 31     | 57    | 61    | 63     |
| Pol-<br>Gibre-<br>scol<br>+<br>Betokson<br>Super | 8                                        | 0,03                         | 17                                         | 32    | 46     | 67    | 73    | 75     |
|                                                  | 16                                       |                              | 9                                          | 27    | 40     | 61    | 65    | 67     |
|                                                  | 24                                       |                              | 9                                          | 25    | 39     | 55    | 59    | 62     |
|                                                  | Średnio dla<br>mieszaniny<br>preparatów  |                              | 12                                         | 25    | 38     | 61    | 66    | 69     |
| Kontrola                                         |                                          |                              | 6                                          | 13    | 20     | 53    | 57    | 66     |

Tabela IV.2. Krotność zwiększenia udziału nasion kiełkujących wraz z wydłużaniem czasu trwania doświadczenia w zależności od sposobu ich kondycjonowania w porównaniu z obiektem kontrolnym – bez dodatkowych zabiegów. Średnio w latach 2010-2012.

| Obiekt                  | Temperatura kiełkowania                                                          |             |            |             |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------|-------------|
|                         | 15°C                                                                             |             | 25°C       |             |
|                         | Stosunek udziału nasion kiełkujących<br>w terminie późniejszym do wcześniejszego |             |            |             |
|                         | 7 do 4 dni                                                                       | 14 do 7 dni | 7 do 4 dni | 14 do 7 dni |
| Pol-Gibrescol 800 SP    | 1,80                                                                             | 1,33        | 1,11       | 1,05        |
| Betokson Super 025 SL   | 2,86                                                                             | 1,55        | 1,07       | 1,03        |
| Pol-Gibrescol+ Betokson | 2,08                                                                             | 1,52        | 1,08       | 1,05        |
| Obiekt kontrolny        | 2,17                                                                             | 1,54        | 1,08       | 1,16        |

#### IV.1.2. Wpływ otoczkowania nasion na ich wartość siewną. (Doświadczenie A.II).

Tabela IV.3. Energia (po 4 dniach) i zdolność kiełkowania (po 7 i 14 dniach) nasion szarłatu otoczkowanych dwoma rodzajami otoczek w porównaniu z obiektem kontrolnym – bez dodatkowych zabiegów w latach 2010-2012. Drukiem pogrubionym oznaczono rezultaty otoczkowania istotnie statystycznie różne od obiektu kontrolnego.

| Lata          | Obiekt              | Temperatura kiełkowania                    |       |        |       |       |        |
|---------------|---------------------|--------------------------------------------|-------|--------|-------|-------|--------|
|               |                     | 15°C                                       |       |        | 25°C  |       |        |
|               |                     | Udział [%] nasion kiełkujących po upływie: |       |        |       |       |        |
|               |                     | 4 dni                                      | 7 dni | 14 dni | 4 dni | 7 dni | 14 dni |
| 2010          | Otoczka „warzywna”  | 5                                          | 10    | 15     | 40    | 45    | 55     |
|               | Otoczka „buraczana” | 5                                          | 8     | 13     | 35    | 40    | 45     |
|               | Kontrola            | 2                                          | 6     | 10     | 64    | 70    | 80     |
| 2011          | Otoczka „warzywna”  | 0                                          | 1     | 4      | 0     | 0     | 4      |
|               | Otoczka „buraczana” | 0                                          | 0     | 7      | 0     | 2     | 10     |
|               | Kontrola            | 9                                          | 23    | 33     | 52    | 53    | 64     |
| 2012          | Otoczka „warzywna”  | 0                                          | 2     | 7      | 0     | 6     | 10     |
|               | Otoczka „buraczana” | 0                                          | 1     | 4      | 0     | 1     | 3      |
|               | Kontrola            | 6                                          | 11    | 18     | 42    | 48    | 54     |
| 2010-<br>2012 | Otoczka „warzywna”  | 2                                          | 4     | 9      | 13    | 17    | 23     |
|               | Otoczka „buraczana” | 2                                          | 3     | 8      | 12    | 14    | 19     |
|               | Kontrola            | 6                                          | 13    | 20     | 53    | 57    | 66     |

W odróżnieniu od zabiegu moczenia nasion w roztworach bioregulatorów, otoczkowanie nasion, wykonywane w firmie profesjonalnie zajmującej się uszlachetnianiem nasion wielu gatunków roślin rolniczych i warzywnych, nie dało dobrych rezultatów (tab. IV.3). Wyniki w roku 2010 były dość obiecujące, ale w następnych latach nasiona te właściwie nie kiełkowały. Mimo tego wartość siewną nasion otoczkowanych testowano w kolejnych latach także w doświadczeniu polowym. Oczekiwano następczego wpływu zabiegu otoczkowania na wzrost roślin po wschodach.

W podsumowaniu wyników doświadczeń nad wpływem różnych zabiegów uszlachetniających nasiona siewne szarłatu na ich laboratoryjną zdolność kiełkowania należy stwierdzić, że potwierdzono dużą wrażliwość wymienionego gatunku na temperaturę otoczenia podczas fazy kiełkowania. Rezultaty te mogą też wskazywać, że duże trudności w uzyskaniu dobrych, wyrównanych i w miarę wczesnych wschodów nasion tego gatunku są nie tyle wynikiem braku gotowości ich do kiełkowania, co zbyt chłodnej pogody (zwłaszcza chłodnych nocy) panującej w czasie wschodów. Ponieważ jednak okres wegetacji szarłatu jest długi, opóźnianie terminu siewu tak, by przypadł on na okres cieplejszy, może być bardzo ryzykowne.

## IV.2. Wyniki doświadczeń polowych

IV.2.1. Wpływ zabiegów uszlachetniających materiał siewny na wzrost, rozwój i plonowanie szarłatu odmiany Rawa (Doświadczenie B.I).

Z pomiarów długości i świeżej masy pędów pojedynków pobieranych z pola najpóźniej w początkach lipca każdego z lat badań wynika, że na wczesnym etapie wzrostu, niezależnie od roku badań, osiągały one długość mierzącą średnio około 30 cm. Średnio w wieloleciu, różnice w długości pędów w latach wahały się w wąskich granicach (od 29,1 cm w roku 2012 do 31,9 cm w 2010). Natomiast świeża masa pędów podlegała dużemu zróżnicowaniu – od 46,5 g w 2012 r. do 70,7 g w roku 2010 (tab. IV.4).

W tym czasie na roślinach wytworzonych w pełni było 6 – 8 liści, a najwcześniejsze (przeważnie w licznie 3 – 4) już zamierały lub opadły. Te, nisko związane liście, utrzymywały się prawie równolegle do podłoża, lecz nie osłaniały jeszcze międzyrzędzi.

Tabela IV.4. Długość i świeża masa części wegetatywnej pędu roślin szarłatu w fazie 6 – 8 liści w zależności od sposobu traktowania nasion przed siewem w latach 2010 - 2012.

| Rodzaj zabiegu                            | Lata  |       |      | Średnio<br>w latach<br>2010-2012 |
|-------------------------------------------|-------|-------|------|----------------------------------|
|                                           | 2010  | 2011  | 2012 |                                  |
| Długość części wegetatywnej pędu [cm]     |       |       |      |                                  |
| Moczenie (Pol-Gibrescol)                  | 28,5  | 34,1  | 33,4 | 32,0                             |
| Moczenie (Betokson)                       | 31,7  | 24,1  | 26,6 | 27,5                             |
| Moczenie (Pol-Gibrescol+Betokson)         | 34,8  | 35,0  | 22,0 | 29,6                             |
| Otoczka „warzywna”                        | 39,0  | 39,9  | 27,4 | 35,4                             |
| Otoczka „buraczana”                       | 27,2  | 29,5  | 38,4 | 31,7                             |
| Kontrola                                  | 21,4  | 26,9  | 27,0 | 25,1                             |
| Średnio                                   | 31,9  | 31,6  | 29,1 | 30,2                             |
| Test $F$                                  | ist.  | ist.  | ist. | ist.                             |
| Świeża masa części wegetatywnej pędu [cm] |       |       |      |                                  |
| Moczenie (Pol-Gibrescol)                  | 38,8  | 41,4  | 57,2 | 45,8                             |
| Moczenie (Betokson)                       | 54,1  | 56,9  | 57,8 | 56,3                             |
| Moczenie (Pol-Gibrescol+Betokson)         | 48,6  | 52,4  | 48,7 | 49,9                             |
| Otoczka „warzywna”                        | 187,5 | 117,1 | 42,6 | 115,7                            |
| Otoczka „buraczana”                       | 57,6  | 61,8  | 42,7 | 54,0                             |
| Kontrola                                  | 37,7  | 37,5  | 29,8 | 35,0                             |
| Średnio                                   | 70,7  | 61,2  | 46,5 | 59,5                             |
| Test $F$                                  | ist.  | ist.  | ist. | ist.                             |

Zróżnicowane tempo zmian wzrostu i masy roślin na poszczególnych obiektach ujawniało się zwłaszcza między obiektem kontrolnym a pozostałymi. Corocznie, pędy roślin z obiektu kontrolnego wykazywały istotnie statystycznie

mniejszą długość i masę od pozostałych. Średnio w trzyleciu ich pędy były o 24,5% krótsze i aż o 83,8% mniej masywne niż u roślin wyrosłych z nasion traktowanych (tab. B.1 i B.2). Przedśiewne otoczkowanie nasion przyczyniło się do stymulacji początkowego wzrostu roślin, co objawiało się istotnym statystycznie zwiększeniem (średnio o 40,3%) masy ich pędów w porównaniu z roślinami pochodzącymi z nasion kondycjonowanych w roztworach bioregulatorów, a także długością pędu większą o 11,5% (tab. B.1 i B.2). Po upływie około dwóch miesięcy od daty siewu z nasion z otoczką „warzywną” wyrastały rośliny o istotnie masywniejszych pędach niż z nasion z otoczką „buraczaną” (kontrast K5 w tab. B.1 i B.2). Przedśiewne zastosowanie bioregulatorów nie dawało tak spektakularnych efektów, niemniej, pędy roślin pochodzących z nasion moczonych w roztworze syntetycznej gibereliny w młodocianej fazie wzrostu okazały się średnio w wieloleciu o 16,4% dłuższe, ale też – o 18,7% mniej masywne niż pod wpływem Betoksonu. Skutki moczenia nasion siewnych w mieszaninie obu regulatorów wzrostu były podobne, jak preparatów stosowanych osobno (tab. B.1 i B.2).

Tabela IV.5. Długość i świeża masa części wegetatywnej pędu roślin szarłat w początkach fazy dojrzewania w zależności od sposobu traktowania nasion przed siewem w latach 2010 - 2012.

| Rodzaj zabiegu                            | Lata  |       |       | Średnio<br>w latach<br>2010-2012 |
|-------------------------------------------|-------|-------|-------|----------------------------------|
|                                           | 2010  | 2011  | 2012  |                                  |
| Długość części wegetatywnej pędu [cm]     |       |       |       |                                  |
| Moczenie (Pol-Gibrescol)                  | 78,4  | 82,9  | 86,9  | 82,7                             |
| Moczenie (Betokson)                       | 82,0  | 82,2  | 73,9  | 79,4                             |
| Moczenie (Pol-Gibrescol+Betokson)         | 95,4  | 83,7  | 76,8  | 85,3                             |
| Otoczka „warzywna”                        | -     | 78,4  | 70,7  | 74,5                             |
| Otoczka „buraczana”                       | -     | 75,3  | 91,5  | 83,4                             |
| Kontrola                                  | 57,8  | 78,3  | 60,4  | 65,5                             |
| Średnio                                   | 78,4  | 80,1  | 76,7  | 78,4                             |
| Test $F$                                  | ist.  | ist.  | ist.  | ist.                             |
| Świeża masa części wegetatywnej pędu [cm] |       |       |       |                                  |
| Moczenie (Pol-Gibrescol)                  | 151,9 | 275,7 | 193,3 | 207,0                            |
| Moczenie (Betokson)                       | 197,6 | 482,8 | 103,3 | 261,2                            |
| Moczenie (Pol-Gibrescol+Betokson)         | 180,0 | 279,3 | 98,8  | 186,0                            |
| Otoczka „warzywna”                        | -     | 240,1 | 130,9 | 185,5                            |
| Otoczka „buraczana”                       | -     | 287,9 | 220,6 | 254,2                            |
| Kontrola                                  | 57,1  | 192,8 | 37,9  | 95,9                             |
| Średnio                                   | 146,7 | 293,1 | 130,8 | 195,6                            |
| Test $F$                                  | ist.  | ist.  | ist.  | ist.                             |

W ostatnich dniach sierpnia 2010 roku rośliny z obiektów z wysiewem nasion otoczkowanych różniły się znacząco wyglądem od pozostałych – co było wynikiem ich wybujałości w warunkach małej obsady, silnego wtórnego

rozgałęziania się i częstych uszkodzeń (z powodu namoknięcia i wyłamania się licznych, krótkich odgałęzień bocznych w warunkach ciągłych opadów deszczu). Ponieważ ich pokrój był tak odmienny od roślin na innych poletkach, nie dokonano ich wzajemnego porównania w teście Scheffé'go (kontrasty K2 i K5 w tab. B.3 i B.4). W pozostałych latach wtórne rozgałęzianie się nie miało już takiego nasilenia i wykonano wszystkie możliwe porównania międzyobiektywne.

Przeciętnie, część wegetatywna pędów osiągała długość około 80 cm i, niezależnie od obiektów doświadczenia wahała się w wąskim zakresie (od 76,7 do 80,1 cm), zaś masa pędu pojedynka wykazywała dużą zmienność (od 293 g w roku 2011 do niemal o połowę mniejszej w pozostałych latach (tab. IV.5).

Dojrzewające rośliny szarłatu z obiektu kontrolnego nadal posiadały ulistnione pędy krótsze i o mniejszej świeżej masie niż rośliny pozostałe. W stosunku do średniej długości i masy pędu roślin z nasion uszlachetnionych przed siewem, parametry wegetatywnej części pędu roślin kontrolnych po około 90 dniach od daty siewu przyjmowały wartości mniejsze średnio o 23,8% (długość pędu) i aż ponad dwukrotnie mniejsze w przypadku masy (IV.5, B.3 i B.4).

Różnice w wartościach długości części wegetatywnej pędu w drugim terminie pomiaru w przypadku innych analizowanych porównań międzyobiektywnych okazywały się przeważnie niewielkie i rzadko – istotnie statystyczne, lecz duże zróżnicowanie odnotowano odnośnie masy części wegetatywnej (tab. B.3, B.4). Była ona szczególnie duża na obiekcie z nasionami moczonymi w roztworze Betoksonu Super oraz – otoczkowanymi masą „buraczaną” (w latach 2011 i 2012). Średnio w wieloleciu, zastosowanie tych zabiegów skutkowało istotną przewagą masy części wegetatywnej pędów w porównaniu z zastosowaniem Pol-Gibrescolu oraz otoczki „warzywnej” (odpowiednio – o 20,8 i 27%) (tab. IV.5). Moczenie nasion szarłatu w mieszaninie obu testowanych bioregulatorów też wpływało na blisko dwukrotny wzrost masy pędów względem kontroli, lecz efektywność tego wariantu uszlachetniania w odniesieniu do zwiększenia masy pędów roślin była mniejsza, niż preparatów stosowanych osobno.

Ponieważ zmienność długości części wegetatywnej pędów była znacząco mniejsza niż zróżnicowanie ich masy (głównie – odmiennej w roku 2011), krotność przyrostu długości pędu między dwoma terminami pomiaru była we wszystkich latach podobna i wyniosła nieco ponad 2,6 razy, a masy, przy średnim zwiększeniu o 3,86 razy, w roku 2011 była szczególnie duża (5,39), co oznacza jej ponad pięciokrotne zwiększenie w okresie około 6-7 tygodni. Szczególnie duży przyrost wartości tego parametru odnotowano w tym roku na obiektach z materiałem siewnym traktowanym bioregulatorami.

Natomiast, dynamika zwiększania się masy pędu w analizowanym okresie największa była na obiekcie, na który wysiano nasiona z otoczką „buraczaną”. Na pozostałych obiektach zmienność dynamiki przyrostu długości i masy części wegetatywnej pędu nie wykazywała takiego ukierunkowania (tab. IV.6).

Tabela IV.6. Krotność przyrostu długości i masy pędu w okresie fazie 6 – 8 liści właściwych do fazy pełni dojrzwania w zależności od sposobu traktowania nasion przed siewem w latach 2010 – 2012.

| Rodzaj zabiegu                                       | Lata |      |      | Średnio<br>w latach<br>2010-2012 |
|------------------------------------------------------|------|------|------|----------------------------------|
|                                                      | 2010 | 2011 | 2012 |                                  |
| Krotność przyrostu długości części wegetatywnej pędu |      |      |      |                                  |
| Moczenie (Pol-Gibrescol)                             | 2,75 | 2,43 | 2,60 | 2,59                             |
| Moczenie (Betokson)                                  | 2,59 | 3,41 | 2,78 | 2,93                             |
| Moczenie (Pol-Gibrescol+Betokson)                    | 2,74 | 2,39 | 3,49 | 2,87                             |
| Otoczka „warzywna”                                   | -    | 1,96 | 2,58 | 2,27                             |
| Otoczka „buraczana”                                  | -    | 2,55 | 2,38 | 2,47                             |
| Kontrola                                             | 2,70 | 2,91 | 2,24 | 2,62                             |
| Średnio                                              | 2,69 | 2,61 | 2,68 | 2,66                             |
| Test <i>F</i>                                        | ist. | ist. | ist. | ist.                             |
| Krotność przyrostu masy części wegetatywnej pędu     |      |      |      |                                  |
| Moczenie (Pol-Gibrescol)                             | 3,91 | 6,66 | 3,38 | 4,65                             |
| Moczenie (Betokson)                                  | 3,65 | 8,49 | 1,79 | 4,64                             |
| Moczenie (Pol-Gibrescol+Betokson)                    | 3,70 | 5,33 | 2,03 | 3,69                             |
| Otoczka „warzywna”                                   | -    | 2,05 | 3,07 | 2,56                             |
| Otoczka „buraczana”                                  | -    | 4,66 | 5,17 | 4,91                             |
| Kontrola                                             | 1,51 | 5,14 | 1,27 | 2,64                             |
| Średnio                                              | 3,19 | 5,39 | 2,78 | 3,86                             |
| Test <i>F</i>                                        | ist. | ist. | ist. | ist.                             |

Część wegetatywna pędu szarlatu krwistego przechodzi w pojedynczą, masywną i silnie rozbudowaną część kwiatostanową, co jest typowe dla złożonych kwiatostanów groniastych. Zwykle tworzony jest tylko jeden pęd i jeden kwiatostan, na szczycie pędu. Wtedy, gdy rośliny rosły w małym zagęszczeniu oraz na brzegach poletek, pojawiała się tendencja do wtórnego rozgałęziania się z niżej położonych pączków bocznych; pędy takie często zakończone były też kwiatostanami, mniejszymi niż główny. Zgodnie z przyjętą metodyką pomiary długości i masy pędu oraz jego części kwiatostanowej wykonywano tylko na pędzie głównym.

Całkowita długość badanych pojedynków (łącznie z częścią kwiatostanową) podlegała istotnym modyfikacjom w związku ze zróżnicowaniem warunków opadowych w latach badań i ujawnia się najsilniej przy porównaniu rezultatów z doświadczenia prowadzonego w roku 2012 z wcześniejszymi. Warto podkreślić, że w roku 2012 rośliny szarlatu osiągały ogólnie mniejsze rozmiary, ale w przypadku średnich wartości długości części wegetatywnej zróżnicowanie między najdorodniejszymi osobnikami (z roku 2011) a osobnikami z roku 2012 wynosiło około 6%. Tymczasem, różnica całkowitej średniej długości roślin w porównywanych latach wyniosła 15,1% (odpowiednio – 128,1 i 108,8 cm) (tab. IV.7).

Natomiast świeża masa pojedynków zebranych w roku 2012 w porównaniu do tych z roku 2011, zarówno w odniesieniu do masy części wegetatywnej, jak i masy całkowitej, okazała się wprawdzie znacznie mniejsza, ale w podobnej proporcji: była mniejsza odpowiednio 2,2 i 2,5 razy (tab. IV.2.2 i IV.2.4). Zwraca uwagę szczególnie duża masa roślin pochodzących z nasion traktowanych przedsięwzięciem preparatem Betokson Super w sezonie wegetacyjnym roku 2011. Nie stwierdzono powtórzenia tego wyniku w roku 2012, ale, przeciętnie w wieloleciu, masa całych dojrzewających roślin z tego obiektu okazała się o 11,6% większa od roślin traktowanych drugim bioregulatorem – Pol-Gibrescol. Oba preparaty stosowane osobno wpływały istotnie korzystniej niż ich mieszanina na zwiększenie masy roślin na miesiąc przed zbiorem. Parametry wielkości pojedynków wyrosłych z nasion traktowanych, zarówno moczonych, jak i otoczkowanych, były zbliżone i wartościami istotnie przewyższały wielkość roślin kontrolnych (tab. B.5 i B.6).

Tabela IV.7. Długość i świeża masa roślin szarlatu w początkach fazy dojrzwania w zależności od sposobu traktowania nasion przed siewem w latach 2010 - 2012.

| Rodzaj zabiegu                    | Lata  |       |       | Średnio<br>w latach<br>2010-2012 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|----------------------------------|
|                                   | 2010  | 2011  | 2012  |                                  |
| Całkowita długość rośliny [cm]    |       |       |       |                                  |
| Moczenie (Pol-Gibrescol)          | 126,9 | 132,3 | 128,7 | 129,3                            |
| Moczenie (Betokson)               | 133,4 | 131,1 | 98,7  | 121,7                            |
| Moczenie (Pol-Gibrescol+Betokson) | 145,9 | 132,1 | 100,3 | 126,1                            |
| Otoczka „warzywna”                | -     | 130,3 | 111,2 | 120,3                            |
| Otoczka „buraczana”               | -     | 121,9 | 130,0 | 125,9                            |
| Kontrola                          | 92,4  | 121,1 | 83,9  | 99,1                             |
| Średnio                           | 124,6 | 128,1 | 108,8 | 120,1                            |
| Test $F$                          | ist.  | ist.  | ist.  | ist.                             |
| Świeża masa całej rośliny [cm]    |       |       |       |                                  |
| Moczenie (Pol-Gibrescol)          | 291,2 | 436,3 | 296,9 | 341,5                            |
| Moczenie (Betokson)               | 370,7 | 657,5 | 130,0 | 386,1                            |
| Moczenie (Pol-Gibrescol+Betokson) | 310,1 | 431,1 | 121,5 | 287,6                            |
| Otoczka „warzywna”                | -     | 403,5 | 204,5 | 304,0                            |
| Otoczka „buraczana”               | -     | 417,0 | 271,8 | 344,4                            |
| Kontrola                          | 96,0  | 308,4 | 58,4  | 154,3                            |
| Średnio                           | 267,0 | 442,3 | 180,5 | 300,3                            |
| Test $F$                          | ist.  | ist.  | ist.  | ist.                             |

Analiza statystyczna zmienności parametrów wielkości całych roślin szarlatu wskazuje, że podlegały one silnemu wpływowi czynników doświadczenia, choć w kolejnych latach reakcje nie zawsze były jednokierunkowe. Powtarzalność trendów obserwowano w zakresie porównania K1, K3 i K5, ale już nie – w wypadku K2 i K4 (porównania między moczeniem

nasion i otoczkowaniem oraz między obiektami z bioregulatorami) (tab. B.5 i B.6).

Podobnie, jak w przypadku parametrów wielkości całych roślin i ich części wegetatywnej, także część generatywna pędu roślin kontrolnych okazywała się istotnie krótsza niż pozostałych, natomiast mniejszą istotnie masę przejawiały pojedynki kontrolne tylko w roku 2011. Różnice we wpływie rodzajów bioregulatorów na wysokość roślin i długość kwiatostanu były z zasadzie niewielkie, choć konserwatywny przecież test Scheffè'go wskazuje na zaistnienie istotności w obrębie kontrastów K3 i K4 w wynikach z roku 2012 (tab. B.7. i B.8). Najdłuższe kwiatostany, o długości nawet ponad 0,5 m, wytworzyły rośliny w roku 2011, natomiast w 2012 ich długość rzadko przekraczała 0,4 m, a ich masa była średnio trzykrotnie mniejsza, niż rok wcześniej (tab. IV.8).

Tabela IV.8. Długość i świeża masa części kwiatostanowej pędu roślin szarlatu w początkach fazy dojrzewania w zależności od sposobu traktowania nasion przed siewem w latach 2010 - 2012.

| Rodzaj zabiegu                    | Lata  |       |       | Średnio<br>w latach<br>2010-2012 |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|----------------------------------|
|                                   | 2010  | 2011  | 2012  |                                  |
| Długość pędu [cm]                 |       |       |       |                                  |
| Moczenie (Pol-Gibrescol)          | 48,5  | 49,4  | 41,8  | 46,6                             |
| Moczenie (Betokson)               | 51,4  | 48,9  | 24,7  | 41,7                             |
| Moczenie (Pol-Gibrescol+Betokson) | 50,5  | 48,5  | 23,5  | 40,8                             |
| Otoczka „warzywna”                | -     | 51,9  | 40,5  | 46,2                             |
| Otoczka „buraczana”               | -     | 46,5  | 38,4  | 42,4                             |
| Kontrola                          | 34,5  | 42,7  | 23,5  | 33,6                             |
| Średnio                           | 46,2  | 48,0  | 32,1  | 41,6                             |
| Test $F$                          | ist.  | ist.  | ist.  | ist.                             |
| Świeża masa pędu [cm]             |       |       |       |                                  |
| Moczenie (Pol-Gibrescol)          | 139,3 | 160,6 | 103,6 | 134,5                            |
| Moczenie (Betokson)               | 173,1 | 174,7 | 26,8  | 124,9                            |
| Moczenie (Pol-Gibrescol+Betokson) | 130,1 | 151,8 | 22,7  | 101,5                            |
| Otoczka „warzywna”                | -     | 163,4 | 73,6  | 118,5                            |
| Otoczka „buraczana”               | -     | 129,1 | 51,2  | 90,1                             |
| Kontrola                          | 38,9  | 115,6 | 20,5  | 58,3                             |
| Średnio                           | 120,3 | 149,2 | 49,7  | 104,7                            |
| Test $F$                          | ist.  | ist.  | ist.  | ist.                             |

Jak wskazano wcześniej, w trakcie kilku zaledwie tygodni dzielących oba pomiary pojedynków, wegetatywna (ulistniona) część pędu zwiększała swą długość dwu-, trzykrotnie. Pierwszy pomiar wykonywano, gdy na szczycie pędu zaledwie okazywał się zaczątek kwiatostanu. Do momentu drugiego pomiaru część kwiatostanowa pędu osiągała już (w różnych latach) długość od (początkowo) dwudziestu kilku do około 50 cm. Szarłat krwisty jest gatunkiem

o wyjątkowo dużej dynamice wzrostu. Dzięki temu przejawia ciekawą zmienność pokroju w czasie wegetacji.

To spostrzeżenie zyskuje potwierdzenie także w analizie analogicznych wskaźników odnoszących się do świeżej masy części kwiatostanowej pędu. Zmienność masy pędu i jego części kwiatostanowej ważonej przed wytworzeniem nasion (owoców) jest większa niż zmienność długości części wegetatywnej. Niemniej, relacje międzyobiektywne, a także różnice w kształtowaniu się wartości cech w latach były w zasadzie podobne (tab. B.7 i B.8).

Tabela IV.9. Udział [%] długości i masy części kwiatostanowej w długości całych roślin szarłatu w fazie początku dojrzwania w zależności od sposobu traktowania nasion przed siewem w latach 2010 – 2012.

| Rodzaj zabiegu                                 | Lata |      |      | Średnio<br>w latach<br>2010-2012 |
|------------------------------------------------|------|------|------|----------------------------------|
|                                                | 2010 | 2011 | 2012 |                                  |
| Udział długości części kwiatostanowej pędu     |      |      |      |                                  |
| Moczenie (Pol-Gibrescol)                       | 38,2 | 37,4 | 32,3 | 36,0                             |
| Moczenie (Betokson)                            | 38,5 | 37,3 | 25,2 | 33,7                             |
| Moczenie (Pol-Gibrescol+Betokson)              | 34,6 | 36,7 | 23,5 | 31,6                             |
| Otoczka „warzywna”                             | -    | 39,8 | 36,4 | 38,1                             |
| Otoczka „buraczana”                            | -    | 38,2 | 29,5 | 33,8                             |
| Kontrola                                       | 37,3 | 35,3 | 28,0 | 33,5                             |
| Średnio                                        | 37,2 | 37,4 | 29,1 | 34,2                             |
| Test <i>F</i>                                  | ist. | ist. | ist. | ist.                             |
| Udział świeżej masy części kwiatostanowej pędu |      |      |      |                                  |
| Moczenie (Pol-Gibrescol)                       | 47,8 | 36,8 | 33,9 | 39,5                             |
| Moczenie (Betokson)                            | 46,7 | 26,6 | 20,4 | 31,2                             |
| Moczenie (Pol-Gibrescol+Betokson)              | 42,0 | 35,2 | 18,6 | 31,9                             |
| Otoczka „warzywna”                             | -    | 40,5 | 36,0 | 38,3                             |
| Otoczka „buraczana”                            | -    | 31,0 | 18,8 | 24,9                             |
| Kontrola                                       | 40,5 | 37,5 | 33,9 | 37,3                             |
| Średnio                                        | 45,1 | 34,6 | 26,9 | 33,9                             |
| Test <i>F</i>                                  | ist. | ist. | ist. | ist.                             |

Przeciętnie, na część kwiatostanową pędu przypadła jedna trzecia długości całej rośliny. Podobnie, znaczny był udział masy nieodziarnionego kwiatostanu w masie pojedynka (tab. IV.9). W latach 2010 i 2011 udział jej był szczególnie duży, natomiast w ostatnim roku doświadczeń rzadko przekraczał 30%. Skonfrontowanie tych notowań z przebiegiem pogody w sierpniu i wrześniu kolejnych lat wskazuje, że ilość opadów ma znaczący wpływ na wydłużanie się części kwiatostanowej pędu. Stąd, posuszna raczej, pogoda panująca w tych miesiącach roku 2012 mogła wpłynąć na mniejszy wzrost kwiatostanów szarłatu.

Skorelowanie długości i masy części kwiatostanowej, badanych w drugim terminie pomiaru, jest bardzo wysokie ( $r = 0,86$ ), co oznacza, że dłuższy kwiatostan przeważnie także więcej ważył. Należy jednak podkreślić, że pomiary te przypadły na okres, w którym proces wykształcania nasion był nie zakończony. W kwiatostanie szarlatu dużą część stanowi okwiat, który w procesie dojrzewania i zasychania roślin stanowi balast, z trudnością oddzielający się od nasion i trafiający do zbioru. Wymusza on zastosowanie szeregu czynności, których celem jest oddzielenie od niego nasion. Niemniej, współczynniki korelacji długości i świeżej masy kwiatostanu z liczbą nasion z jednej rośliny są istotne statystycznie i wynoszą odpowiednio  $r = 0,74$  i  $r = 0,75$ , co oznacza, że w większych kwiatostanach związanych jest więcej nasion.



Fot. 17. *Amaranthus cruentus* L., odmiana Rawa na polu w Mochelku k/Bydgoszczy przed pobraniem pojedynczych do pomiarów w dniu 30.08.2012 r.

Źródło: zbiory własne

Na podstawie danych o wielkości parametrów pędu i jego części (wegetatywnej i generatywnej) zmierzonych około 90 dni od daty siewu, obliczono wskaźnik masywności jako stosunek świeżej masy do długości wymienionych części pędu. W założeniu, im masywniejsze i dorodniejsze są rośliny, tym przyjmuje on większą wartość. Wprowadzono to przeliczenie w związku ze spostrzeżeniem, iż masa pędu i jego części wykazywała znacząco większą zmienność niż ich długość, czyli lepiej obrazowała złożoność pokroju roślin w przebiegu doświadczenia. Jak wynika z niżej przedstawionego zestawienia (tab. IV.10), wielkość pojedynczych roślin zmieniała się w poszczególnych latach, a była znacząco największa w roku 2011.

Niezależnie od różnic notowanych w latach, ujawniła się tendencja do osiągania największych rozmiarów przez rośliny pochodzące z nasion

traktowanych przed siewem roztworem preparatu Betokson Super 025 SL, a także – najmniejszych rozmiarów przez rośliny kontrolne. Rośliny, które wyrosły z nasion moczonych przed siewem w mieszaninie testowanych bioregulatorów wykazywały mniejszą dorodność od tych, który materiał siewny moczone tylko w jednym z nich. Zastosowanie otoczkowania nasion siewnych otoczką „buraczaną” przyczyniło się do większej masywności części wegetatywnej pędu w stopniu większym, niż otoczki „warzywnej”.

Tabela IV.10. Wskaźniki masywności roślin szarłatu oraz ich części wegetatywnej i generatywnej [ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}$ ] w fazie początku dojrzewania w zależności od sposobu traktowania nasion przed siewem w latach 2010 - 2012.

| Rodzaj zabiegu                     | Lata |      |      | Średnio<br>w latach<br>2010-2012 |
|------------------------------------|------|------|------|----------------------------------|
|                                    | 2010 | 2011 | 2012 |                                  |
| Moczenie (Pol-Gibrescol)           |      |      |      |                                  |
| Wskaźniki masywności roślin        | 2,29 | 3,30 | 2,31 | 2,63                             |
| Wskaźniki masywności cz. weget.    | 1,94 | 3,33 | 2,22 | 2,50                             |
| Wskaźniki masywności cz. kwiatost. | 2,87 | 3,25 | 2,48 | 2,87                             |
| Moczenie (Betokson)                |      |      |      |                                  |
| Wskaźniki masywności roślin        | 2,78 | 5,02 | 1,32 | 3,04                             |
| Wskaźniki masywności cz. weget.    | 2,41 | 5,87 | 1,40 | 3,23                             |
| Wskaźniki masywności cz. kwiatost. | 3,37 | 3,57 | 1,09 | 2,68                             |
| Moczenie (Pol-Gibrescol+Betokson)  |      |      |      |                                  |
| Wskaźniki masywności roślin        | 2,13 | 3,26 | 1,21 | 2,20                             |
| Wskaźniki masywności cz. weget.    | 1,89 | 3,34 | 1,29 | 2,17                             |
| Wskaźniki masywności cz. kwiatost. | 2,58 | 3,13 | 0,97 | 2,23                             |
| Otoczka „warzywna”                 |      |      |      |                                  |
| Wskaźniki masywności roślin        | -    | 3,10 | 1,84 | 2,47                             |
| Wskaźniki masywności cz. weget.    | -    | 3,06 | 1,85 | 2,46                             |
| Wskaźniki masywności cz. kwiatost. | -    | 3,15 | 1,82 | 2,49                             |
| Otoczka „buraczana”                |      |      |      |                                  |
| Wskaźniki masywności roślin        | -    | 3,42 | 2,09 | 2,76                             |
| Wskaźniki masywności cz. weget.    | -    | 3,82 | 2,41 | 3,12                             |
| Wskaźniki masywności cz. kwiatost. | -    | 2,78 | 1,33 | 2,06                             |
| Kontrola                           |      |      |      |                                  |
| Wskaźniki masywności roślin        | 1,04 | 2,55 | 0,70 | 1,43                             |
| Wskaźniki masywności cz. weget.    | 0,99 | 2,46 | 0,63 | 1,36                             |
| Wskaźniki masywności cz. kwiatost. | 1,13 | 2,71 | 0,87 | 1,57                             |

Najbardziej dorodną część kwiatostanową pędu tworzyły rośliny pod wpływem obu regulatorów wzrostu, a najmniej rozbudowaną – na obiekcie kontrolnym i po otoczkowaniu nasion otoczką „warzywną”.

Przytoczone wyżej rozważania nad kształtowaniem się pokroju roślin w związku z zastosowanymi wariantami traktowania przedśiewnego nasion wskazują, że efekty czynnika badawczego modyfikowane były nie tylko przez

zmienność warunków pogodowych lat badań, ale i obsadę roślin na jednostce powierzchni. W szczególności ostatnia z przedstawionych analiz naprowadza na ten wniosek. Jednak, to warunki pogodowe w okresie początkowego wzrostu w decydujący sposób przyczyniły się do ukształtowania obsady po wschodach. W roku 2010 były one najkorzystniejsze dla wschodów, które dzięki dobremu uwilgotnieniu gleby następowały szybko i stosunkowo równomiernie. W pozostałych latach przypadły na okres niemal bezdeszczowy, a ustalenie się obsady trwało kilka tygodni, podczas których wzrost siewek był bardzo powolny (tab. III.2, rys. III.1a-c).

Tabela IV.11. Obsada roślin szarłatu przed zbiorem [szt. $\cdot$ m<sup>2</sup>] w zależności od sposobu traktowania nasion przed siewem w latach 2010 - 2012.

| Rodzaj zabiegu                    | Lata    |         |         | Średnio<br>w latach<br>2010-2012 |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|----------------------------------|
|                                   | 2010    | 2011    | 2012    |                                  |
| Moczenie (Pol-Gibrescol)          | 19,2    | 5,3     | 11,4    | 12,0                             |
| Moczenie (Betokson)               | 24,5    | 3,9     | 6,1     | 11,5                             |
| Moczenie (Pol-Gibrescol+Betokson) | 32,8    | 4,0     | 7,2     | 14,7                             |
| Otoczka „warzywna”                | 19,0    | 3,5     | 5,3     | 9,3                              |
| Otoczka „buraczana”               | 25,4    | 2,6     | 5,6     | 11,2                             |
| Kontrola                          | 20,4    | 5,2     | 15,2    | 13,6                             |
| Średnio                           | 23,4    | 4,1     | 8,6     | 12,0                             |
| Test <i>F</i>                     | nieist. | nieist. | nieist. | nieist.                          |

Obsada przed zbiorem w latach badań nie wykazywała zróżnicowania międzyobiektowego (tab. IV.11), lecz wystąpiła istotność różnic między latami. Należy nadmienić, że mimo bardzo małej liczebności roślin na jednostkach eksperymentalnych w latach 2011 i 2012, dbano stale o utrzymanie czystości plantacji, kilkakrotnie usuwając ręcznie pojawiające się chwasty.

Na wielkość plonów zebranych z uprawy szarłatu w latach badań (tab. IV.12) mniejszy wpływ miał czynnik doświadczenia niż warunki pogodowe w trakcie zbiorów. W roku 2010 ilość opadów w okresie dojrzewania roślin, w sierpniu i wrześniu dwukrotnie przekroczyła normę wieloletnią (tab. III.2). W pozostałych latach nie notowano takich przeszkód przed i w trakcie zbiorów. Dlatego, mimo dobrego stanu plantacji i dostatecznej obsady, plony zebrane w roku 2010 były bardzo niskie, podczas gdy w następnych latach, przy dużym rozrzedzeniu obsady, zupełnie zadowalającej wielkości, na co wskazują średnie wielkości plonów w latach 2011-2012.

Tabela IV.12. Plon nasion szarłat [t·ha<sup>-1</sup>] w zależności od sposobu traktowania nasion przed siewem w latach 2010 - 2012.

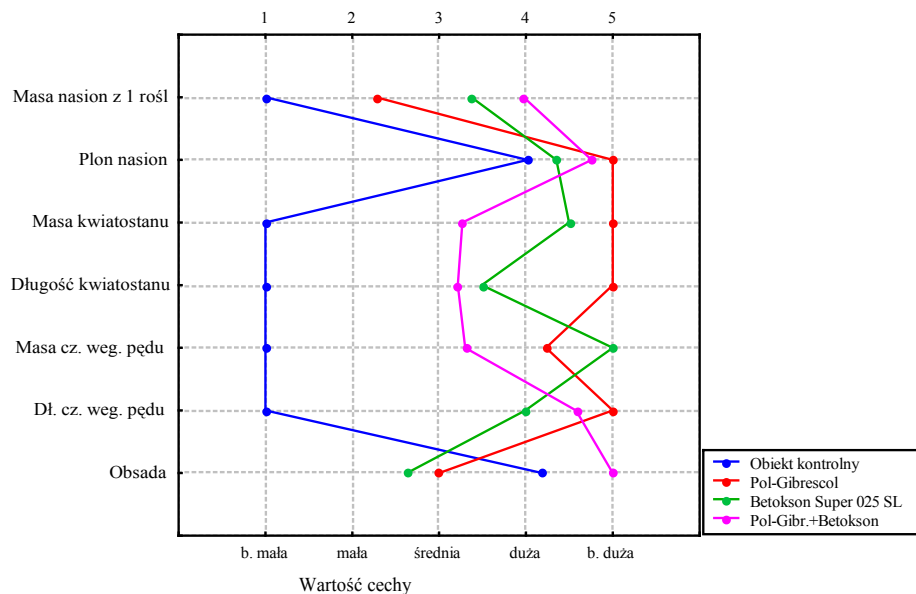
| Rodzaj zabiegu                    | Lata    |         |         | Średnio<br>w latach<br>2010-<br>2012 | Średnio<br>w latach<br>2011-<br>2012 |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|                                   | 2010    | 2011    | 2012    |                                      |                                      |
| Moczenie (Pol-Gibrescol)          | 0,192   | 1,459   | 0,918   | 0,856                                | 1,189                                |
| Moczenie (Betokson)               | 0,245   | 1,054   | 1,030   | 0,776                                | 1,042                                |
| Moczenie (Pol-Gibrescol+Betokson) | 0,326   | 1,714   | 0,438   | 0,826                                | 1,076                                |
| Otoczka „warzywna”                | 0,191   | 0,693   | 0,204   | 0,363                                | 0,449                                |
| Otoczka „buraczana”               | 0,253   | 1,258   | 0,408   | 0,640                                | 0,833                                |
| Kontrola                          | 0,203   | 0,861   | 1,142   | 0,735                                | 1,002                                |
| Średnio                           | 0,235   | 1,223   | 0,757   | 0,738                                | 0,965                                |
| Test <i>F</i>                     | nieist. | nieist. | nieist. | nieist.                              | nieist.                              |

Mimo dużych różnic wartości średnich efektów międzyobiektywnych odnotowanych w latach 2011 i 2012, okazały się one nieistotne statystycznie z powodu znacznego rozrzutu w liczbie roślin na jednostkach eksperymentalnych tworzących powtórzenia. Jeżeli w rozważaniach wielkości plonu pominąć zbiory roku 2010, które nie wiążą się z wpływem czynnika doświadczenia, to okaże się, iż wielkość plonów w pozostałych latach pozostawała nie tylko pod wpływem nierównego zagęszczenia roślin przed zbiorem, ale też była następstwem przebiegu całokształtu wzrostu i rozwoju roślin. Plonowanie roślin z obiektu kontrolnego okazuje się wprawdzie niższe, ale zbliżone do plonów z obiektów, na których wysiano nasiona moczone w roztworach bioregulatorów, a uwypuklenia nabiera wyraźnie mniejsze plonowanie roślin pochodzących z nasion otoczkiwarzywnych. Jednakże te ostatnie rośliny, przy bardzo małej obsadzie, rozgałęziały się w dolnej części pędu i tworzyły po kilka mniejszych kwiatostanów na szczytach pędów bocznych, w rezultacie więc wydawały stosunkowo dużo nasion, mimo niewielkiego ogólnego plonu (tab. IV.13).

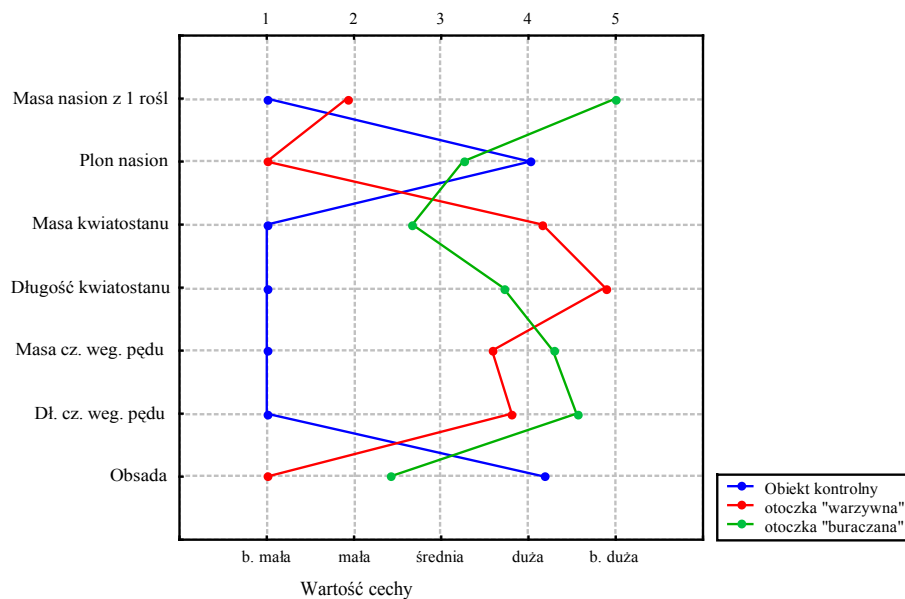
Tabela IV.13. Masa nasion z jednej rośliny szarłat [g] w zależności od sposobu traktowania nasion przed siewem w latach 2010 - 2012.

| Rodzaj zabiegu                    | Lata    |         |         | Średnio<br>w latach<br>2010-2012 |
|-----------------------------------|---------|---------|---------|----------------------------------|
|                                   | 2010    | 2011    | 2012    |                                  |
| Moczenie (Pol-Gibrescol)          | 0,79    | 27,7    | 8,0     | 12,2                             |
| Moczenie (Betokson)               | 1,56    | 27,6    | 16,6    | 15,3                             |
| Moczenie (Pol-Gibrescol+Betokson) | 1,56    | 43,3    | 6,0     | 17,0                             |
| Otoczka „warzywna”                | 10,00   | 19,7    | 3,8     | 11,2                             |
| Otoczka „buraczana”               | 3,88    | 48,7    | 7,2     | 19,9                             |
| Kontrola                          | 1,39    | 16,8    | 7,6     | 8,6                              |
| Średnio                           | 3,20    | 30,6    | 8,2     | 14,0                             |
| Test <i>F</i>                     | nieist. | nieist. | nieist. | nieist.                          |

a)



b)



Rys. IV.1a-b. Profile wielocechowe testowanych obiektów. Cechy badane w fazie początku dojrzwania i po zbiorze. a) porównanie profilu obiektu kontrolnego z profilami obiektów z materiałem siewnym traktowanym roztworami bioregulatorów; b) porównanie profilu obiektu kontrolnego z profilami obiektów z materiałem siewnym otopczkowanym. Średnio z lat 2010-2012.

W podsumowaniu wyników doświadczenia, którego celem było poznanie wpływu traktowania przedsiewnego nasion szarlatu kilkoma wariantami zabiegów uszlachetniających materiał siewny stwierdzić można, że obie testowane techniki uszlachetniania nasion wpływają korzystnie na wzrost młodych roślin. Zamieszczone powyżej wykresy profilów wielocechowych porównywanych obiektów wskazują, że działanie to ma kontynuację również w późniejszych fazach wzrostu i rozwoju, choć nie zawsze wpływa na zwiększenie plonowania roślin (rys. IV.1a-b). Jednak zabiegi te nie mobilizują nasion do liczniejszego kiełkowania, na co liczono przystępując do badań.

Tabela IV.14. Współczynniki podobieństwa par profilów wielocechowych ( $r_c$ ) prezentujących kształtowanie się wybranych cech roślin kontrolnych oraz pochodzących z nasion traktowanych w różny sposób przed siewem. Średnio z lat 2010-2012

| Rodzaj zabiegu           | Rodzaj zabiegu |               |          |                          |                    |
|--------------------------|----------------|---------------|----------|--------------------------|--------------------|
|                          | Kontrola       | Pol-Gibrescol | Betokson | Pol-Gibrescol + Betokson | Otoczka „warzywna” |
| Otoczka „buraczana”      | -0,659         | 0,613         | 0,749    | 0,674                    | 0,336              |
| Otoczka „warzywna”       | -0,835         | 0,509         | 0,410    | -0,081                   |                    |
| Pol-Gibrescol + Betokson | -0,062         | 0,716         | 0,713    |                          |                    |
| Betokson                 | -0,513         | 0,904         |          |                          |                    |
| Pol-Gibrescol            | -0,410         |               |          |                          |                    |

Wartości współczynników podobieństwa profilowego dla par kontrola – obiekty z nasionami traktowanymi potwierdzają znaczące niepodobieństwo kształtowania się ich przebiegu, zarówno w formie profilów, jak i ich położenia (tab. IV.14). Natomiast relacje między profilami obiektów z nasionami traktowanymi przedsiewnie nie różnią się znacznie. Zwłaszcza para profilów „Pol-Gibrescol – Betokson” ma podobny kształt ( $r_c$  jest bardzo zbliżone do jedności). Największe wartości na skali unitaryzacji przyjmowały cechy profilu „Pol-Gibrescol”, natomiast profil „Otoczka warzywna” różni się najbardziej od wszystkich pozostałych profilów, na co składa się zwłaszcza najmniejsza obsada i najsłabsze plonowanie. Spośród obiektów z nasionami przedsiewnie moczonymi w roztworach bioregulatorów najmniejsze wartości osiągnęły te, na których zastosowano mieszaninę preparatów, niemniej podobieństwo profilowe do profilów „Pol-Gibrescol” i „Betokson” jest duże ( $r_c$  powyżej 0,7).

IV.2.2. Wpływ dawek nawożenia azotem i dolistnego nawożenia mikroelementowego na wzrost, rozwój i plonowanie szarłatu krwistego odmiany Rawa (Doświadczenie B.II).

Pomiary wykonane w tym eksperymencie, analogicznie do postępowania w doświadczeniu B.I., w pierwszym rzędzie zmierzają do poznania zmian morfologicznych roślin szarłatu jako skutku działania czynników badawczych.

Wyjaśnienie złożonych reakcji roślin zaobserwowanych w wyniku zróżnicowania sposobów nawożenia wymaga zwłaszcza analizy zmian w budowie morfologicznej części wegetatywnej pędu. Jak wykazane zostanie później, to warunki wzrostu wegetatywnego tworzone przez czynniki doświadczenia w opisywanym eksperymencie najsilniej wpłynęły na ostateczny wynik uprawy, czyli plon nasion.

Tabela IV.15. Długość i świeża masa pędu roślin szarłatu w fazie 6 – 8 liści właściwych po zastosowaniu nawożenia azotem w dawkach 30 i 60 kg·ha<sup>-1</sup> w latach 2010-2012.

| Cecha             | Dawka nawożenia azotem [kg N·ha <sup>-1</sup> ] | Lata                 |        |        | Średnio w latach 2010-2012 |
|-------------------|-------------------------------------------------|----------------------|--------|--------|----------------------------|
|                   |                                                 | 2010                 | 2011   | 2012   |                            |
| Długość pędu [cm] | 30                                              | 30,2 b <sup>1)</sup> | 32,3 a | 31,2 a | 31,2 a                     |
|                   | 60                                              | 35,1 a               | 30,6 b | 26,8 b | 30,8 b                     |
|                   | Średnio                                         | 32,6                 | 31,4   | 29,0   | 31,0                       |
| $\eta^2_p$ [%]    |                                                 | 97,8                 | 97,8   | 97,5   | 99,4                       |
| Masa pędu [g]     | 30                                              | 45,7 a               | 41,4 a | 27,1 a | 38,1 a                     |
|                   | 60                                              | 47,3 a               | 22,5 b | 28,4 a | 32,7 b                     |
|                   | Średnio                                         | 46,5                 | 31,9   | 27,8   | 35,4                       |
| $\eta^2_p$ [%]    |                                                 | 74,9                 | 90,9   | 95,2   | 96,3                       |

<sup>1)</sup> tymi samymi literami oznaczono wyniki nie różniące się statystycznie przy  $p=0,05$

Pomiar, którego wyniki zamieszczono w tabeli IV.15, wykonywano w dwa tygodnie po nawiezieniu pogłównie saletrą amonową w ilości 30 i 60 kg·ha<sup>-1</sup>, a przed zastosowaniem preparatu Agro Kompleks II. Tabela zawiera średnie z wszystkich obiektów tak nawożonych w pierwszym terminie, niezależnie od dalszego postępowania. W krótkim czasie po podaniu nawozu zaobserwowano, że dawka 60 kg N·ha<sup>-1</sup> mogła być zbyt wysoka dla młodych roślin, gdyż pojawiało się wyraźne przyhamowanie wegetacji na wspomnianych obiektach, po czasie jednak ustępujące.

Jedynie na kombinacji A3B1 (dawka nawożenia azotem 60 kg·ha<sup>-1</sup>, bez nawożenia dolistnie) można dokonać analizy późniejszych efektów przedstawionego stanu wyjściowego, bo wszystkie inne kombinacje obrazują nakładający się wpływ powtarzanego nawożenia pogłównego azotem oraz

dolistnego stosowania preparatu Agro Kompleks II. Zebrano więc wyniki pomiaru obu cech części wegetatywnej pędów z tego obiektu w tabeli IV.16.

Na podstawie tego zestawienia można wnioskować o dość dużej zmienności wielkości roślin w kolejnych latach. Duża świeża masa omawianej części pędów roślin w roku 2011 związana była z obfitymi opadami, jakie wystąpiły w czasie wzrostu elongacyjnego pędów oraz z niskiej obsady, notowanej na doświadczeniu w tym roku. W rezultacie, odnotowany w tym roku przyrost masy części wegetatywnej był dwukrotnie silniejszy, jak w pozostałych sezonach.

Tabela IV.16. Długość i świeża masa części wegetatywnej pędu roślin szarłatu mierzonych w fazie 6 – 8 liści właściwych i na początku fazy dojrzewania oraz krotność przyrostu wartości obu cech między fazami na kombinacji obiektów A3B1 w latach 2010-2012.

| Cecha             | Wyszczególnienie                   | Lata  |       |      | Średnio w latach 2010-2012 |
|-------------------|------------------------------------|-------|-------|------|----------------------------|
|                   |                                    | 2010  | 2011  | 2012 |                            |
| Długość pędu [cm] | Pomiar – faza 6 – 8 liści          | 35,1  | 30,6  | 26,8 | 30,8                       |
|                   | Pomiar – faza początku dojrzewania | 115,8 | 76,2  | 72,9 | 88,3                       |
|                   | Krotność przyrostu długości pędu   | 3,30  | 2,49  | 2,72 | 2,87                       |
| Masa pędu [g]     | Pomiar – faza 6 – 8 liści          | 47,3  | 22,5  | 28,4 | 32,7                       |
|                   | Pomiar – faza początku dojrzewania | 112,0 | 153,4 | 91,4 | 118,9                      |
|                   | Krotność przyrostu długości pędu   | 2,89  | 6,82  | 3,22 | 4,31                       |

W ostatnich dniach sierpnia w kolejnych latach badań przeciętna długość wegetatywnej części pędu (od szyjki korzeniowej do podstawy kwiatostanu) wyniosła 82,4, 86,9 i 59,9 cm (tab. IV. 17). W porównaniu z wynikami z lat 2010 i 2011, w sezonie 2012 r. długość pędu była więc średnio o 30% mniejsza. Małe zróżnicowanie długości wykazywały pędy szarłatu w sezonie 2010 r., w którym nie ujawnił się istotny statystycznie wpływ działania czynników, choć stwierdzono, że na obiekcie A3 (60 kg N·ha<sup>-1</sup>) pędy były najkrótsze. Podobnie było w roku 2011. Te rezultaty sprawiały, że średnio w trzyleciu na tym obiekcie długość części wegetatywnej była najmniejsza. Z kolei, na obiekcie A4 pędy były przeciętnie najdłuższe. Wpływ dolistnego zastosowania nawozu Agro Kompleks II przyczyniło się do zaledwie kilkuprocentowego zwiększenia wartości omawianej cechy względem kombinacji bez tego preparatu, ale reakcje te były słabo ukierunkowane. Jedynie w sezonie roku 2012 istotną statystycznie okazała się interakcja obu czynników – w dwóch przypadkach: przy dawce 60 kg N·ha<sup>-1</sup> oraz 60+30 kg N·ha<sup>-1</sup> i jednoczesnym dwukrotnym zastosowaniu nawożenia dolistnie, ale z odmiennym skutkiem (w stosunku do kontroli odpowiednio – zmniejszenie o 34,8% i zwiększenie – o 26,1%). Wartości eta kwadrat cząstkowego związanego z wpływem działania czynnika B są bardzo

niskie, natomiast siłę efektu czynnika A oraz interakcji (w latach 2011 i 2012) uznać można za dużą (tab. IV.17).

Masa ulistnionego pędu była bardzo zmienna w poszczególnych sezonach i, podobnie, jak długość pędu, wyróżniała się wielkością w wilgotnym roku 2011. Masa pędu z liści w posuszonym roku 2012 okazała się najmniejsza (ponad dwuipółkrotnie w porównaniu z rokiem 2011 i niemal dwukrotnie mniejsza, jak w 2010 (tab. IV.18). Świadczy to dobitnie o znaczeniu dobrego dostępu do wody dla badanej rośliny, ale jednocześnie pozostaje w związku z mniejszym znacząco zagęszczeniem w roku 2011, odmiennym od pozostałych dwóch sezonów (tab. IV.25).

Mimo wspomnianych różnic w wielkości osiąganey masy części wegetatywnej pędu, kombinacje nawożenia szarlatu wpłynęły na tę cechę w sposób zbliżony pod względem kierunku oddziaływań. Corocznie rośliny nawożone w łącznej dawce  $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  tworzyły tę część pędów o większej masie, niż nawożone dawką  $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Natomiast na obiektach, na których zastosowano nawożenie dolistne, zwłaszcza w młodej fazie rozwojowej (obiekty AB2), najczęściej masa omawiana część pędu okazywała się nie tylko krótsza, ale i lżejsza od stwierdzanej na polatkach bez nawożenia nawozem Agro Kompleks II, a w latach 2010 i 2012 ta część pędu wykazywała nawet o 25 do nawet 50% masę mniejszą niż u roślin kontrolnych.



Fot. 18. Odmiana Rawa na polu w Mochelku k/Bydgoszczy  
Doświadczenie nad wpływem sposobu nawożenia na plon nasion. 15 sierpnia 2012 r.  
Źródło: zbiory własne

Tabela IV.17. Długość [cm] części wegetatywnej pędu roślin szarlatu w początkach fazy dojrzewania w zależności od sposobu nawożenia w latach 2010 – 2012.

| Nawożenie azotem (A)<br>termin – dawka<br>[kg N·ha <sup>-1</sup> ] | Termin stosowania nawozu<br>Agro Kompleks II (B) | Lata  |       |      | Średnio w latach 2010-2012 |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------|-------|------|----------------------------|
|                                                                    |                                                  | 2010  | 2011  | 2012 |                            |
| A1<br>(30+ 30)                                                     | B1 bez preparatu                                 | 83,5  | 74,3  | 52,9 | 70,2                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 84,9  | 85,6  | 58,7 | 76,4                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 87,8  | 92,0  | 53,8 | 77,9                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 86,5  | 87,2  | 46,0 | 73,2                       |
|                                                                    | Średnio dla A1                                   | 85,7  | 84,8  | 52,8 | 74,4                       |
| A2<br>(30+ 60)                                                     | B1 bez preparatu                                 | 80,6  | 91,1  | 61,7 | 77,8                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 86,7  | 92,7  | 58,8 | 79,4                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 88,5  | 83,8  | 56,2 | 76,2                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 74,4  | 92,2  | 40,2 | 68,9                       |
|                                                                    | Średnio dla A2                                   | 82,6  | 90,0  | 54,2 | 75,6                       |
| A3<br>(60)                                                         | B1 bez preparatu                                 | 78,7  | 76,2  | 72,9 | 75,9                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 72,8  | 67,3  | 60,4 | 66,8                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 78,4  | 74,3  | 71,4 | 74,7                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 81,0  | 70,9  | 61,7 | 71,2                       |
|                                                                    | Średnio dla A3                                   | 77,7  | 72,2  | 66,6 | 72,2                       |
| A4<br>(60+30)                                                      | B1 bez preparatu                                 | 77,6  | 107,0 | 62,8 | 82,5                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 87,4  | 117,0 | 57,7 | 87,4                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 85,0  | 93,5  | 64,6 | 81,0                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 84,3  | 85,7  | 79,2 | 83,0                       |
|                                                                    | Średnio dla A4                                   | 83,6  | 100,8 | 66,1 | 83,5                       |
| Średnio dla B                                                      | B1 bez preparatu                                 | 80,1  | 87,2  | 62,6 | 76,6                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 82,9  | 90,7  | 58,9 | 77,5                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 84,9  | 85,9  | 61,5 | 77,4                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 81,5  | 84,0  | 56,8 | 74,1                       |
| Średnio                                                            |                                                  | 82,4  | 86,9  | 59,9 | 76,4                       |
| NIR <sub>p=0,05</sub> (test Tukeya)                                |                                                  |       |       |      |                            |
| A                                                                  |                                                  | n. i. | 13,8  | 3,6  | n. i.                      |
| B                                                                  |                                                  | n. i. | n. i. | 3,6  | n. i.                      |
| AB                                                                 |                                                  | n. i. | n. i. | 9,7  | n. i.                      |
| Lata                                                               |                                                  | -     | -     | -    | ist.                       |
| Lata × A                                                           |                                                  | -     | -     | -    | n. i.                      |
| Lata × B                                                           |                                                  | -     | -     | -    | n. i.                      |
| Lata × AB                                                          |                                                  | -     | -     | -    | n. i.                      |
| (eta kwadrat cząstkowe) $\eta^2_p$ [%]                             |                                                  |       |       |      |                            |
| A                                                                  |                                                  | 16,5  | 69,1  | 36,7 | 9,3                        |
| B                                                                  |                                                  | 6,9   | 22,0  | 6,7  | 0,7                        |
| AB                                                                 |                                                  | 20,1  | 47,1  | 36,5 | 3,6                        |

Tabela IV.18. Świeża masa [g] części wegetatywnej pędu roślin szarłat w początkach fazy dojrzwania w zależności od sposobu nawożenia w latach 2010 – 2012.

| Nawożenie azotem (A)<br>termin – dawka<br>[kg N·ha <sup>-1</sup> ] | Termin stosowania nawozu<br>Agro Kompleks II (B) | Lata  |       |       | Średnio w latach 2010-2012 |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------|-------|-------|----------------------------|
|                                                                    |                                                  | 2010  | 2011  | 2012  |                            |
| A1<br>(30+ 30)                                                     | B1 bez preparatu                                 | 118,5 | 100,2 | 69,2  | 96,0                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 120,7 | 113,0 | 58,7  | 97,5                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 123,8 | 125,4 | 56,3  | 101,8                      |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 96,0  | 116,9 | 42,8  | 85,2                       |
|                                                                    | Średnio dla A1                                   | 114,8 | 113,9 | 56,8  | 95,1                       |
| A2<br>(30+ 60)                                                     | B1 bez preparatu                                 | 154,4 | 216,0 | 69,8  | 146,7                      |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 117,1 | 219,1 | 68,7  | 135,0                      |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 140,1 | 124,0 | 54,8  | 106,3                      |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 131,2 | 173,6 | 35,4  | 113,4                      |
|                                                                    | Średnio dla A2                                   | 135,7 | 183,2 | 57,2  | 125,4                      |
| A3<br>(60)                                                         | B1 bez preparatu                                 | 112,0 | 153,4 | 91,4  | 118,9                      |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 90,5  | 211,6 | 45,8  | 116,0                      |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 86,6  | 131,9 | 76,0  | 98,2                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 101,1 | 136,0 | 64,3  | 100,5                      |
|                                                                    | Średnio dla A3                                   | 97,6  | 158,2 | 69,4  | 108,4                      |
| A4<br>(60+30)                                                      | B1 bez preparatu                                 | 169,0 | 262,7 | 73,4  | 168,4                      |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 132,1 | 195,2 | 50,9  | 126,1                      |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 131,3 | 324,7 | 51,2  | 169,1                      |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 121,0 | 175,8 | 126,7 | 141,2                      |
|                                                                    | Średnio dla A4                                   | 138,4 | 239,6 | 75,6  | 151,2                      |
| Średnio dla B                                                      | B1 bez preparatu                                 | 138,5 | 183,1 | 76,0  | 132,5                      |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 115,1 | 184,7 | 56,0  | 118,6                      |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 120,5 | 176,5 | 59,6  | 118,8                      |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 112,3 | 150,6 | 67,3  | 110,1                      |
| Średnio                                                            |                                                  | 121,6 | 173,7 | 64,7  | 120,0                      |
| NIR <sub>p=0,05</sub> (test Tukeya)                                |                                                  |       |       |       |                            |
| A                                                                  |                                                  | 40,0  | n. i. | 12,8  | n. i.                      |
| B                                                                  |                                                  | n. i. | n. i. | 12,8  | n. i.                      |
| AB                                                                 |                                                  | n. i. | n. i. | 34,9  | n. i.                      |
| Lata                                                               |                                                  | -     | -     | -     | ist.                       |
| Lata × A                                                           |                                                  | -     | -     | -     | n. i.                      |
| Lata × B                                                           |                                                  | -     | -     | -     | n. i.                      |
| Lata × AB                                                          |                                                  | -     | -     | -     | n. i.                      |
| (eta kwadrat cząstkowe) $\eta^2_p$ [%]                             |                                                  |       |       |       |                            |
| A                                                                  |                                                  | 20,9  | 16,7  | 6,5   | 13,3                       |
| B                                                                  |                                                  | 9,0   | 2,8   | 6,0   | 2,2                        |
| AB                                                                 |                                                  | 7,1   | 10,4  | 25,7  | 3,4                        |

Słaby wpływ dawkowania nawożenia na długość części wegetatywnej pędu miał też swą kontynuację w oddziaływaniu na długość części kwiatostanowej. Powtarzają się obserwacje dotyczące różnic w wartościach tej cechy między latami, z tendencją do największego wyrośnięcia w roku 2011 i istotną statystycznie większą długością kwiatostanu u roślin nawiezionych łącznie dawką 90 kg azotu na hektar w porównaniu z dawką 60 kg. Średnio w trzyleciu, długość tego fragmentu pędu roślin nawiezionych według schematu 60+30 kg N·ha<sup>-1</sup> była zaledwie o 4,5% większa, niż przy dawkowaniu 30+60 kg N·ha<sup>-1</sup>. W wyniku nawożenia dolistnego zmiany w wartościach tej cechy też okazywały się niewielkie, ledwie kilkuprocentowe, w porównaniu z obiektami kontrolnymi i, zwykle, przyjmowały wartości mniejsze niż na kontroli (tab. IV.19).



Fot. 19. Rośliny odmiany Rawa niekiedy tworzą kwiatostany częściowo lub całkowicie wybarwione amarantowo. Mochełek, 15 sierpnia 2012 r.

Źródło: zbiory własne

W odniesieniu do świeżej masy nieodziarnionych kwiatostanów stwierdzono, że wpływ różnicowanego dawkowania nawozów był podobny pod względem ukierunkowania, jak w przypadku innych cech biometrycznych pędu: z jednej strony – w roku 2012 masa tej części pędu była o niemal połowę mniejsza, jak w latach wcześniejszych, a z drugiej – przewaga masy kwiatostanów z obiektów nawożonych azotem w dawce 90 kg nad 60 kg N·ha<sup>-1</sup>. Na obiekcie A4 była o blisko o 15% większa, niż przy dawkowaniu 30+60 kg N·ha<sup>-1</sup>. Dodatkowe nawożenie preparatem Agro Kompleks II nie wpłynęło na zmiany wartości tej cechy (tab. IV.20).

Tabela IV.19. Długość części kwiatostanowej pędu [cm] roślin szarłatu w początkach fazy dojrzewania w zależności od sposobu nawożenia w latach 2010 – 2012.

| Nawożenie azotem (A)<br>termin – dawka<br>[kg N·ha <sup>-1</sup> ] | Termin stosowania nawozu<br>Agro Kompleks II (B) | Lata  |       |      | Średnio w latach 2010-2012 |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------|-------|------|----------------------------|
|                                                                    |                                                  | 2010  | 2011  | 2012 |                            |
| A1<br>(30+ 30)                                                     | B1 bez preparatu                                 | 36,1  | 41,5  | 33,5 | 37,1                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 37,9  | 41,1  | 26,2 | 35,1                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 37,1  | 40,7  | 33,1 | 37,0                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 35,0  | 41,4  | 25,8 | 34,1                       |
|                                                                    | Średnio dla A1                                   | 36,6  | 41,2  | 29,7 | 35,8                       |
| A2<br>(30+ 60)                                                     | B1 bez preparatu                                 | 48,7  | 42,4  | 24,4 | 38,5                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 37,4  | 45,8  | 26,7 | 36,6                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 44,3  | 42,2  | 32,4 | 39,6                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 44,1  | 36,2  | 27,4 | 35,9                       |
|                                                                    | Średnio dla A2                                   | 43,7  | 41,7  | 27,7 | 37,7                       |
| A3<br>(60)                                                         | B1 bez preparatu                                 | 37,4  | 39,4  | 31,9 | 36,2                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 39,2  | 39,4  | 28,5 | 35,7                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 33,6  | 45,7  | 29,7 | 36,3                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 33,5  | 41,6  | 32,5 | 35,9                       |
|                                                                    | Średnio dla A3                                   | 35,9  | 41,5  | 30,7 | 36,0                       |
| A4<br>(60+30)                                                      | B1 bez preparatu                                 | 44,1  | 45,1  | 36,8 | 42,0                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 46,1  | 39,7  | 29,9 | 38,6                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 41,1  | 40,6  | 28,8 | 36,8                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 40,6  | 40,2  | 39,8 | 40,2                       |
|                                                                    | Średnio dla A4                                   | 43,0  | 41,4  | 33,8 | 39,4                       |
| Średnio dla B                                                      | B1 bez preparatu                                 | 41,6  | 42,1  | 31,6 | 38,4                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 40,2  | 41,5  | 27,8 | 36,5                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 39,0  | 42,3  | 31,0 | 37,4                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 38,3  | 39,9  | 31,4 | 36,5                       |
| Średnio                                                            |                                                  | 39,8  | 41,4  | 30,5 | 37,2                       |
| NIR <sub>p=0,05</sub> (test Tukeya)                                |                                                  |       |       |      |                            |
| A                                                                  |                                                  | 6,2   | n. i. | 2,4  | n. i.                      |
| B                                                                  |                                                  | n. i. | n. i. | 2,4  | n. i.                      |
| AB                                                                 |                                                  | n. i. | n. i. | 6,5  | n. i.                      |
| Lata                                                               |                                                  | -     | -     | -    | n. i.                      |
| Lata × A                                                           |                                                  | -     | -     | -    | n. i.                      |
| Lata × B                                                           |                                                  | -     | -     | -    | n. i.                      |
| Lata × AB                                                          |                                                  | -     | -     | -    | n. i.                      |
| (eta kwadrat cząstkowe) $\eta^2_p$ [%]                             |                                                  |       |       |      |                            |
| A                                                                  |                                                  | 38,2  | 0,1   | 13,1 | 13,3                       |
| B                                                                  |                                                  | 7,0   | 3,0   | 6,8  | 2,2                        |
| AB                                                                 |                                                  | 21,6  | 14,5  | 21,8 | 3,4                        |

Tabela IV.20. Świeża masa części kwiatostanowej pędu [g] roślin szarłatu w początkach fazy dojrzewania w zależności od sposobu nawożenia w latach 2010 – 2012.

| Nawożenie azotem (A)<br>termin – dawka<br>[kg N·ha <sup>-1</sup> ] | Termin stosowania nawozu<br>Agro Kompleks II (B) | Lata  |       |      | Średnio w latach 2010-2012 |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------|-------|------|----------------------------|
|                                                                    |                                                  | 2010  | 2011  | 2012 |                            |
| A1<br>(30+ 30)                                                     | B1 bez preparatu                                 | 72,3  | 79,2  | 47,1 | 66,2                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 69,4  | 60,5  | 44,4 | 58,1                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 75,7  | 72,9  | 42,2 | 63,6                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 59,9  | 64,0  | 40,9 | 54,9                       |
|                                                                    | Średnio dla A1                                   | 69,3  | 69,1  | 43,6 | 60,7                       |
| A2<br>(30+ 60)                                                     | B1 bez preparatu                                 | 109,7 | 111,3 | 32,0 | 84,3                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 62,8  | 121,4 | 35,6 | 73,3                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 87,3  | 86,6  | 39,5 | 71,1                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 119,8 | 76,3  | 42,5 | 79,6                       |
|                                                                    | Średnio dla A2                                   | 94,9  | 98,9  | 37,4 | 77,1                       |
| A3<br>(60)                                                         | B1 bez preparatu                                 | 80,6  | 84,1  | 53,7 | 72,8                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 79,5  | 84,1  | 47,1 | 70,3                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 69,8  | 146,7 | 67,8 | 94,8                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 64,9  | 95,5  | 39,3 | 66,6                       |
|                                                                    | Średnio dla A3                                   | 73,7  | 102,6 | 52,0 | 76,1                       |
| A4<br>(60+30)                                                      | B1 bez preparatu                                 | 137,0 | 129,6 | 66,3 | 111,0                      |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 106,9 | 91,5  | 34,0 | 77,5                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 86,3  | 121,5 | 31,2 | 79,7                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 94,6  | 86,8  | 76,7 | 86,0                       |
|                                                                    | Średnio dla A4                                   | 106,2 | 107,3 | 52,1 | 88,5                       |
| Średnio dla B                                                      | B1 bez preparatu                                 | 99,9  | 101,1 | 49,8 | 83,6                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 79,6  | 89,4  | 40,3 | 69,8                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 79,8  | 106,9 | 45,2 | 77,3                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 84,8  | 80,6  | 49,8 | 71,8                       |
| Średnio                                                            |                                                  | 86,0  | 94,5  | 46,3 | 75,6                       |
| NIR <sub>p=0,05</sub> (test Tukeya)                                |                                                  |       |       |      |                            |
| A                                                                  |                                                  | 34,5  | n. i. | 10,0 | n. i.                      |
| B                                                                  |                                                  | n. i. | n. i. | 10,0 | n. i.                      |
| AB                                                                 |                                                  | n. i. | n. i. | 27,3 | n. i.                      |
| Lata                                                               |                                                  | -     | -     | -    | ist.                       |
| Lata × A                                                           |                                                  | -     | -     | -    | n. i.                      |
| Lata × B                                                           |                                                  | -     | -     | -    | n. i.                      |
| Lata × AB                                                          |                                                  | -     | -     | -    | n. i.                      |
| (eta kwadrat cząstkowe) $\eta^2_p$ [%]                             |                                                  |       |       |      |                            |
| A                                                                  |                                                  | 26,4  | 14,0  | 6,3  | 13,3                       |
| B                                                                  |                                                  | 9,7   | 7,1   | 2,7  | 2,2                        |
| AB                                                                 |                                                  | 20,4  | 15,2  | 16,9 | 3,4                        |

Tabela IV.21. Udział [%] długości i masy części kwiatostanowej w długości całych roślin szarłat w fazie początku dojrzewania w zależności od sposobu nawożenia. Średnio z lat 2010 – 2012.

| Nawożenie azotem (A)<br>termin – dawka<br>[kg N·ha <sup>-1</sup> ] | Termin stosowania nawozu<br>Agro Kompleks II (B) | Udział długości kwiatostanu w długości pędu ogółem | Udział masy kwiatostanu w masie pędu ogółem |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| A1<br>(30+ 30)                                                     | B1 bez preparatu                                 | 34,6                                               | 40,8                                        |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 31,5                                               | 37,4                                        |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 32,2                                               | 38,5                                        |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 31,8                                               | 39,2                                        |
|                                                                    | Średnio dla A1                                   | 32,5                                               | 39,0                                        |
| A2<br>(30+ 60)                                                     | B1 bez preparatu                                 | 33,1                                               | 36,5                                        |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 31,6                                               | 35,2                                        |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 34,2                                               | 40,1                                        |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 34,2                                               | 41,3                                        |
|                                                                    | Średnio dla A2                                   | 33,3                                               | 38,1                                        |
| A3<br>(60)                                                         | B1 bez preparatu                                 | 32,3                                               | 38,0                                        |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 33,8                                               | 42,1                                        |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 33,4                                               | 43,2                                        |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 33,5                                               | 39,9                                        |
|                                                                    | Średnio dla A3                                   | 33,2                                               | 40,8                                        |
| A4<br>(60+30)                                                      | B1 bez preparatu                                 | 33,8                                               | 39,7                                        |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 30,7                                               | 38,1                                        |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 31,2                                               | 32,0                                        |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 32,6                                               | 37,9                                        |
|                                                                    | Średnio dla A4                                   | 32,1                                               | 36,9                                        |
| Średnio dla B                                                      | B1 bez preparatu                                 | 33,4                                               | 38,7                                        |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 31,8                                               | 38,0                                        |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 32,7                                               | 38,1                                        |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 33,0                                               | 39,5                                        |
| Średnio                                                            |                                                  | 32,7                                               | 38,6                                        |

Średnia długość całych pojedynków (suma długości obu części pędu) w kolejnych latach wyniosła 122,1, 128,5 oraz 90,4 cm, natomiast całkowita masa pobranych pojedynków wyniosła odpowiednio: 207,6, 269,5 i 111,0 g. Jak wynika z wcześniej podanych informacji dotyczących długości i świeżej masy obu części pędu – wegetatywnej i generatywnej (tab. IV.17 – IV.20), najokazalsze rozmiary prezentowały rośliny z obiektu A4, przy czym w roku 2010 wynosiły średnio: długość 126,5 cm i masa 244,5 g, w 2011 (odpowiednio: 142,2 cm i 346,9 g), a w 2012 – 99,9 cm i 127,6 g.

We wszystkich latach wyniki pomiaru świeżej masy całych roślin okazały się istotnie statystycznie większe jedynie dla średnich obiektu A4

w porównaniu ze średnimi obiektu A1. Względna różnica między nimi (na korzyść obiektu A4) w kolejnych sezonach wyniosła 32,8, 89,6 oraz 27,1%.

Natomiast, rośliny z obiektu A4 corocznie były wyraźnie dłuższe (w latach 2010 i 2011 – istotnie statystycznie dłuższe) tylko od rosnących na obiekcie A3, a względne różnice między średnimi z tych obiektów (podobnie – na korzyść obiektu A4) wyniosły w latach badań: 11,4, 24,5 i 2,7%.

Niezależnie od sezonu wegetacyjnego proporcje między częścią ulistnioną, wegetatywną i kwiatostanową roślin kształtowały się podobnie. Stwierdzono, że w fazie pełnego wykształcenia wiechy, udział jej stanowi zwykle jedną trzecią pełnej długości oraz około 40% świeżej masy roślin (tab. IV.21).

Tabela IV.22. Wskaźniki masywności roślin szarlatu oraz ich części wegetatywnej i generatywnej [ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}$ ] w fazie początku dojrzewania w zależności od sposobu nawożenia. Średnio z lat 2010 – 2012.

| Nawożenie azotem (A)<br>termin – dawka<br>[ $\text{kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ ] | Termin stosowania nawozu Agro Kompleks II (B) | Wskaźniki masywności |                          |                          |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
|                                                                                |                                               | roślin               | części wegetatywnej pędu | części generatywnej pędu |
| A1<br>(30+ 30)                                                                 | B1 bez preparatu                              | 1,51                 | 1,37                     | 1,78                     |
|                                                                                | B2 faza 6 – 8 liści                           | 1,40                 | 1,28                     | 1,66                     |
|                                                                                | B3 początek kwitn.                            | 1,44                 | 1,31                     | 1,72                     |
|                                                                                | B4 – (B2 i B3)                                | 1,31                 | 1,16                     | 1,61                     |
|                                                                                | Średnio dla A1                                | 1,41                 | 1,28                     | 1,70                     |
| A2<br>(30+ 60)                                                                 | B1 bez preparatu                              | 1,99                 | 1,89                     | 2,19                     |
|                                                                                | B2 faza 6 – 8 liści                           | 1,79                 | 1,70                     | 2,00                     |
|                                                                                | B3 początek kwitn.                            | 1,53                 | 1,40                     | 1,80                     |
|                                                                                | B4 – (B2 i B3)                                | 1,84                 | 1,65                     | 2,22                     |
|                                                                                | Średnio dla A2                                | 1,79                 | 1,66                     | 2,05                     |
| A3<br>(60)                                                                     | B1 bez preparatu                              | 1,71                 | 1,57                     | 2,01                     |
|                                                                                | B2 faza 6 – 8 liści                           | 1,58                 | 1,74                     | 1,97                     |
|                                                                                | B3 początek kwitn.                            | 2,02                 | 1,31                     | 2,61                     |
|                                                                                | B4 – (B2 i B3)                                | 1,56                 | 1,41                     | 1,86                     |
|                                                                                | Średnio dla A3                                | 1,72                 | 1,50                     | 2,11                     |
| A4<br>(60+30)                                                                  | B1 bez preparatu                              | 2,25                 | 2,04                     | 2,64                     |
|                                                                                | B2 faza 6 – 8 liści                           | 1,62                 | 1,44                     | 2,01                     |
|                                                                                | B3 początek kwitn.                            | 2,11                 | 2,09                     | 2,17                     |
|                                                                                | B4 – (B2 i B3)                                | 1,84                 | 1,70                     | 2,14                     |
|                                                                                | Średnio dla A4                                | 1,95                 | 1,81                     | 2,25                     |
| Średnio dla B                                                                  | B1 bez preparatu                              | 1,88                 | 1,73                     | 2,18                     |
|                                                                                | B2 faza 6 – 8 liści                           | 1,60                 | 1,53                     | 1,91                     |
|                                                                                | B3 początek kwitn.                            | 1,77                 | 1,53                     | 2,07                     |
|                                                                                | B4 – (B2 i B3)                                | 1,64                 | 1,49                     | 1,97                     |
| Średnio                                                                        |                                               | 1,72                 | 1,57                     | 2,03                     |

Wyniki te dokumentują, jak znaczne rozmiary osiąga bardzo rozbudowany kwiatostan odmiany Rawa w okresie około dwóch miesięcy (między pojawieniem się jego zawiązków w pierwszych dniach lipca do końca sierpnia).

Ciekawy opis relacji w kształtowaniu się analizowanych parametrów wielkości pędu i jego części daje zestawienie wskaźników ich masywności w powiązaniu z kombinacjami obiektów doświadczalnych (tab. IV.22).

Wynika z nich, że większą zmienność wykazywał stosunek masy do długości u części generatywnej niż wegetatywnej. Na obiektach z samym tylko nawożeniem saletrą amonową (bez stosowania nawożenia dolistnego preparatem Agro Kompleks II) masywność pędów i ich części była większa pod wpływem dawki  $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  niż mniejszej o 30 kg, przy czym, w tych grupach obiektów pędy były masywniejsze, gdy na wiosnę stosowano dawkę  $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ . W tym zestawieniu szczególnie dobitnie uwidacznia się wpływ zróżnicowanego dawkowania azotu na część generatywną pędu. Proporcja masy do długości kwiatostanu roślin na obiekcie A4 jest najszerza, co oznacza, że wysoka dawka nawożenia azotem sprzyjała jego rozbudowie, a jednocześnie świadczy o ostatecznie korzystniejszym pogłównym nawiezieniu roślin azotem w dawce 30, a nie  $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Z porównania obu obiektów nawożonych łącznie dawką  $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  nasuwa się też inny wniosek: przeważnie słabszy wzrost roślin na obiekcie A2 wynika ze zbyt niskiej dawki startowej (30 kg) i powstający zapewne niedobór azotu we wczesnej fazie wzrostu roślin nie jest już rekompensowany później zastosowaną dużą dawką nawozu.

Po zastosowaniu dolistnego dokarmienia roślin nawozem mikroelementowym na ogół dochodziło do zawężenia proporcji między masą i długością pędu i jego części. Zastosowanie preparatu Agro Kompleks II w początkach fazy kwitnienia miało wpływ na zwiększenie masywności całych roślin głównie w kombinacji z nawożeniem azotem w dawkach  $60+30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Wydaje się jednak, że ten termin oprysku jest zbyt późny, by stymulować rozrośnięcie się części kwiatostanowej. Wysokie nawożenie azotem stymulowało bowiem przede wszystkim wzrost elongacyjny części wegetatywnej, przewaga masywności której jest tu widoczna. Najsłabszą reakcję roślin na łączne stosowanie obu rodzajów nawożenia obserwowano na obiektach z dwukrotnym opryskiem nawozem mikroelementowym, jakkolwiek w warunkach dzielenia dawki  $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  na porcje  $30+60$  masywność części kwiatostanowej była większa niż przy innych kombinacjach z czynnikiem A.

Wyniki pomiarów, których celem było poznanie zmian cech biometrycznych roślin odmiany Rawa w trakcie wegetacji w nawiązaniu do testowanych kombinacji nawożenia doglebowego i dolistnego prowadzą do konkluzji, że badana odmiana szarlatu w trakcie wzrostu wykazuje duże zapotrzebowanie na nawożenie azotem, natomiast wpływ następczy objętych metodyką sposobów nawożenia specjalistycznym nawozem dolistnym był słaby lub nie ujawniał się. Świadczą o tym bardzo małe wartości współczynnika eta kwadrat cząstkowego, znamionujące małą siłę efektów prowokowanych przez ten czynnik doświadczania.

Tabela IV.23. Ubytki [%] w obsadzie w trakcie wegetacji szarłatu (w okresie między początkiem czerwca i końcem sierpnia). Średnio z lat 2010 – 2012.

| Termin stosowania<br>nawozu<br>Agro Kompleks II(B) | Nawożenie azotem (A) termin – dawka [kg N·ha <sup>-1</sup> ] |            |         |            |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------|---------|------------|
|                                                    | A1 (30+30)                                                   | A2 (30+60) | A3 (60) | A4 (60+30) |
| B1 bez preparatu                                   | 14,6                                                         | 12,3       | 1,9     | 6,2        |
| B2 faza 6 – 8 liści                                | 6,6                                                          | 17,3       | 7,7     | 5,7        |
| B3 początek kwitn.                                 | 9,8                                                          | 9,8        | 9,8     | 3,5        |
| B4 – (B2 i B3)                                     | 8,2                                                          | 12,3       | 5,0     | 0,9        |
| Średnio dla A                                      | 9,8                                                          | 12,9       | 6,1     | 4,1        |

Obsadę roślin na jednostkach eksperymentalnych zliczano dwukrotnie. We wszystkich sezonach, w okresie około 90 dni dzielących pomiary stwierdzano różnice w zagęszczeniu. Na obiektach nawożonych wczesną wiosną w dawce 60 kg N·ha<sup>-1</sup> (A3 i A4) okazywały się one o kilka punktów procentowych mniejsze niż na pozostałych (tab. IV.23). Różnice te okazały się nieistotne statystycznie, lecz powtarzalne w latach.

W warunkach pogodowych roku 2010, sprzyjających rozwojowi osobniczemu roślin szarłatu, parametry wielkości roślin oraz obsada odnotowane przed zbiorem były zwykle największe w trzyleciu. W roku 2011 od wschodów utrzymywała się obsada mniejsza, co było skutkiem przerzeczonych wschodów podczas suchej pogody na wiosnę. W ostatnim roku prowadzenia doświadczenia wegetacja przebiegała bez zakłóceń, lecz rośliny osiągały mniejsze rozmiary z powodu niedoboru opadów w drugiej połowie sezonu. W rezultacie, przeciętne zagęszczenie roślin przed zbiorem w roku 2010 było ponad 2,6 razy większe niż w roku 2011 i o niemal 40% większe niż w roku 2012 (tab. IV.24).

Rozmieszczenie roślin na jednostkach eksperymentalnych było równomierne, a różnice w zagęszczeniu roślin nie wynikały na ogół z działania czynników doświadczenia, z wyjątkami, które nie wykazywały ukierunkowania.

Przystępując do analizy wielkości zbiorów nasion (owoców) trzeba dodać, że nasiona szarłatu, botanicznie owoce – orzeszki, po dojrzeniu nie są połączone z okwiatem, a jedynie spoczywają podparte sztywnymi liśćmi podkwiatowymi (rys. II.1). Ani one ani okwiat nie odpadają podczas dojrzewania, chroniąc owoce przed wypadaniem, niestety, jednocześnie zwiększając nasiąkliwość kwiatostanu wodą opadową, a w złych warunkach zbioru – także zanieczyszczając zbiór.

Tabela IV.24. Obsada roślin szarłatu przed zbiorem [szt.·m<sup>-2</sup>] w zależności od sposobu nawożenia w latach 2010-2012.

| Nawożenie azotem (A)<br>termin – dawka<br>[kg N·ha <sup>-1</sup> ] | Termin stosowania nawozu<br>Agro Kompleks II (B) | Lata  |       |       | Średnio w latach 2010-2012 |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------|-------|-------|----------------------------|
|                                                                    |                                                  | 2010  | 2011  | 2012  |                            |
| A1<br>(30+ 30)                                                     | B1 bez preparatu                                 | 23,7  | 13,0  | 22,3  | 19,7                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 28,3  | 12,5  | 22,8  | 21,2                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 34,7  | 14,3  | 22,1  | 23,7                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 25,7  | 13,6  | 16,9  | 18,7                       |
|                                                                    | Średnio dla A1                                   | 28,1  | 13,4  | 21,0  | 20,8                       |
| A2<br>(30+ 60)                                                     | B1 bez preparatu                                 | 27,0  | 12,9  | 20,6  | 20,2                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 24,4  | 13,1  | 19,6  | 19,0                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 36,2  | 12,4  | 20,2  | 22,9                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 28,9  | 10,6  | 18,5  | 19,3                       |
|                                                                    | Średnio dla A2                                   | 29,1  | 12,3  | 19,7  | 20,4                       |
| A3<br>(60)                                                         | B1 bez preparatu                                 | 19,7  | 9,3   | 26,2  | 18,4                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 29,6  | 11,0  | 26,3  | 22,3                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 35,3  | 13,8  | 20,2  | 23,1                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 24,2  | 11,9  | 24,8  | 20,3                       |
|                                                                    | Średnio dla A3                                   | 27,2  | 11,5  | 24,4  | 21,0                       |
| A4<br>(60+30)                                                      | B1 bez preparatu                                 | 22,1  | 8,1   | 24,4  | 18,2                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 31,9  | 10,7  | 21,6  | 21,4                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 29,2  | 12,4  | 24,5  | 22,1                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 29,8  | 10,0  | 21,1  | 20,3                       |
|                                                                    | Średnio dla A4                                   | 28,3  | 10,3  | 22,9  | 20,5                       |
| Średnio dla B                                                      | B1 bez preparatu                                 | 23,1  | 10,8  | 23,4  | 19,1                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 28,5  | 11,8  | 22,6  | 21,0                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 33,9  | 13,2  | 21,8  | 23,0                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 27,1  | 11,5  | 20,3  | 19,7                       |
| Średnio                                                            |                                                  | 28,2  | 11,8  | 22,0  | 20,7                       |
| NIR <sub>p=0,05</sub> (test Tukeya)                                |                                                  |       |       |       |                            |
| A                                                                  |                                                  | n. i. | n. i. | n. i. | n. i.                      |
| B                                                                  |                                                  | 5,8   | n. i. | n. i. | n. i.                      |
| AB                                                                 |                                                  | n. i. | n. i. | n. i. | n. i.                      |
| Lata                                                               |                                                  | -     | -     | -     | ist.                       |
| Lata × A                                                           |                                                  | -     | -     | -     | n. i.                      |
| Lata × B                                                           |                                                  | -     | -     | -     | n. i.                      |
| Lata × AB                                                          |                                                  | -     | -     | -     | n. i.                      |
| (eta kwadrat cząstkowe) η <sup>2</sup> <sub>p</sub> [%]            |                                                  |       |       |       |                            |
| A                                                                  |                                                  | 2,6   | 4,7   | 6,3   | 13,3                       |
| B                                                                  |                                                  | 45,3  | 3,0   | 2,7   | 2,2                        |
| AB                                                                 |                                                  | 26,2  | 3,3   | 16,9  | 3,4                        |

Takie warunki wystąpiły w roku 2010, w którym plantacja, potencjalnie najlepiej prezentująca się w trakcie wegetacji, wydała najniższy plon, dodajmy – zebrany z trudem, w warunkach bardzo deszczowej pogody (tab. III.2, IV.25). Duża ilość opadów nie sprzyjała zasychaniu roślin, kwiatostany nasiąkały wodą i zwieszały się pod swoim ciężarem, a dodatkowo, deszcz wybijał nasiona z wiech, co w efekcie powodowało ich osypywanie się. W latach 2011 i 2012 nie natrafiono na te problemy przy zbiorze, a uzyskane plony nasion można uznać za w pełni zadowalające.

Średnio w trzyleciu, w przeliczeniu na hektar, plon zebranych, wysuszonych i oczyszczonych nasion wyniósł 1,307 tony. Wartość taką należy uznać za bardzo zadowalającą.

Odnotowano powtarzającą się corocznie tendencję do najlepszego plonowania obiektu, na którym zastosowano oprysk nalistny preparatem Agro Kompleks II w fazie 6 – 8 liści właściwych (B1). Efekt ten nie był zależny od dawek nawożenia azotem. W kolejnych latach plony z tego obiektu wyniosły 0,702, 1,984 oraz 1,762 t·ha<sup>-1</sup>. W porównaniu ze średnimi z obiektów B3 i B4 były odpowiednio w latach większe o 11,9, 18,7 i 13,1%. Zwyżki plonów na obiekcie B1 były szczególnie duże w porównaniu z plonowaniem obiektu kontrolnego i wyniosły w kolejnych latach 21,9, 16,0, 43,0%.

Średnio, włączając efekty działania czynnika B, dawkowanie nawozu azotowego nie wpłynęło w sposób ukierunkowany na plony nasion. W roku 2010 największy średni plon (0,752 t·ha<sup>-1</sup>) zebrano z obiektu A3, w 2011 – z obiektu A4 (1,870 t·ha<sup>-1</sup>), a w 2012 – z obiektu A1 (1,856 t·ha<sup>-1</sup>). Jeżeli jednak analizuje się wpływ nawożenia azotem na obiektach bez nawożenia dolistnego, ujawnia się dość wyraźna tendencja do wystąpienia niższych plonów roślin nawiezionych w fazie młodocianego wzrostu dawką 60 kg N·ha<sup>-1</sup>. Efekt ten odnotowano zwłaszcza w latach 2011 i 2012, co sprawiło, że w wieloleciu średnie plonów z kombinacji A3B1 oraz A4B1 były o niemal 36% niższe od średnich z obiektów A1B1 i A2B1.

Różnice międzyobiektywne w plonach nasion były duże, niemniej nie poparte statystyczną istotnością. Przyczyną tego jest bardzo duża zmienność pokroju pojedynczych roślin. Wpływała ona też na wyniki pomiarów biometrycznych, w przypadku których również rzadko można było potwierdzić istotność wpływu czynników doświadczenia. Odmiana Rawa tworzy osobniki o bardzo dużej zmienności osobniczej, co ujawnia się szczególnie silnie w budowie wiechy (fot. 18 i 19). Jedne wiechy są bardzo rozbudowane i ścisłe, inne – rozpięzchłe, o delikatnych, cienkich odgałęzieniach. Inną wadą roślin tej odmiany jest nierównomierne dojrzewanie. Skutkiem tego występuje nierówne dojrzewanie pojedynczych okazów oraz osypywanie się orzeszków z kwiatostanów roślin o w pełni zielonych liściach.

Tabela IV. 25. Plon nasion szarłat [t·ha<sup>-1</sup>] w zależności od sposobu nawożenia w latach 2010-2012.

| Nawożenie<br>azotem (A)<br>termin –<br>dawka<br>[kg N·ha <sup>-1</sup> ] | Termin stosowania<br>nawozu<br>Agro Kompleks II<br>(B) | Lata  |       |       | Średnio<br>w latach<br>2010-2012 |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------|-------|-------|----------------------------------|
|                                                                          |                                                        | 2010  | 2011  | 2012  |                                  |
| A1<br>(30+ 30)                                                           | B1 bez preparatu                                       | 0,637 | 1,598 | 1,679 | 1,305                            |
|                                                                          | B2 faza 6 – 8 liści                                    | 0,596 | 1,965 | 1,724 | 1,428                            |
|                                                                          | B3 początek kwitn.                                     | 0,544 | 1,523 | 1,976 | 1,348                            |
|                                                                          | B4 – (B2 i B3)                                         | 0,689 | 1,339 | 2,044 | 1,357                            |
|                                                                          | Średnio dla A1                                         | 0,617 | 1,606 | 1,856 | 1,360                            |
| A2<br>(30+ 60)                                                           | B1 bez preparatu                                       | 0,572 | 2,038 | 1,584 | 1,398                            |
|                                                                          | B2 faza 6 – 8 liści                                    | 0,664 | 2,003 | 1,725 | 1,464                            |
|                                                                          | B3 początek kwitn.                                     | 0,612 | 1,681 | 1,420 | 1,238                            |
|                                                                          | B4 – (B2 i B3)                                         | 0,566 | 1,713 | 1,475 | 1,251                            |
|                                                                          | Średnio dla A2                                         | 0,604 | 1,859 | 1,551 | 1,338                            |
| A3<br>(60)                                                               | B1 bez preparatu                                       | 0,644 | 1,337 | 0,735 | 0,905                            |
|                                                                          | B2 faza 6 – 8 liści                                    | 0,848 | 1,934 | 1,637 | 1,473                            |
|                                                                          | B3 początek kwitn.                                     | 0,815 | 1,751 | 1,892 | 1,486                            |
|                                                                          | B4 – (B2 i B3)                                         | 0,700 | 1,790 | 0,942 | 1,144                            |
|                                                                          | Średnio dla A3                                         | 0,752 | 1,703 | 1,302 | 1,252                            |
| A4<br>(60+30)                                                            | B1 bez preparatu                                       | 0,452 | 1,871 | 0,931 | 1,085                            |
|                                                                          | B2 faza 6 – 8 liści                                    | 0,700 | 2,032 | 1,962 | 1,565                            |
|                                                                          | B3 początek kwitn.                                     | 0,550 | 1,959 | 1,588 | 1,366                            |
|                                                                          | B4 – (B2 i B3)                                         | 0,544 | 1,618 | 1,125 | 1,096                            |
|                                                                          | Średnio dla A4                                         | 0,562 | 1,870 | 1,402 | 1,278                            |
| Średnio dla<br>B                                                         | B1 bez preparatu                                       | 0,576 | 1,711 | 1,232 | 1,173                            |
|                                                                          | B2 faza 6 – 8 liści                                    | 0,702 | 1,984 | 1,762 | 1,483                            |
|                                                                          | B3 początek kwitn.                                     | 0,630 | 1,729 | 1,719 | 1,359                            |
|                                                                          | B4 – (B2 i B3)                                         | 0,625 | 1,615 | 1,397 | 1,212                            |
| Średnio                                                                  |                                                        | 0,633 | 1,760 | 1,527 | 1,307                            |
| NIR <sub>p=0,05</sub> (test Tukeya)                                      |                                                        |       |       |       |                                  |
| A                                                                        |                                                        | 0,145 | n. i. | n. i. | n. i.                            |
| B                                                                        |                                                        | n. i. | n. i. | n. i. | n. i.                            |
| AB                                                                       |                                                        | n. i. | n. i. | n. i. | n. i.                            |
| Lata                                                                     |                                                        | -     | -     | -     | ist.                             |
| Lata × A                                                                 |                                                        | -     | -     | -     | n. i.                            |
| Lata × B                                                                 |                                                        | -     | -     | -     | n. i.                            |
| Lata × AB                                                                |                                                        | -     | -     | -     | n. i.                            |
| (eta kwadrat cząstkowe) η <sup>2</sup> <sub>p</sub> [%]                  |                                                        |       |       |       |                                  |
| A                                                                        |                                                        | 27,2  | 0,6   | 6,3   | 0,7                              |
| B                                                                        |                                                        | 12,9  | 0,9   | 2,7   | 5,2                              |
| AB                                                                       |                                                        | 16,9  | 0,9   | 16,9  | 4,3                              |

Tabela IV.26. Masa nasion z jednej rośliny szarłatu [g] w zależności od sposobu nawożenia w latach 2010-2012.

| Nawożenie azotem (A)<br>termin – dawka<br>[kg N·ha <sup>-1</sup> ] | Termin stosowania nawozu<br>Agro Kompleks II (B) | Lata  |       |       | Średnio w latach 2010-2012 |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------|-------|-------|----------------------------|
|                                                                    |                                                  | 2010  | 2011  | 2012  |                            |
| A1<br>(30+ 30)                                                     | B1 bez preparatu                                 | 2,45  | 15,18 | 6,34  | 7,99                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 2,00  | 22,96 | 6,29  | 10,42                      |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 1,45  | 16,78 | 10,62 | 9,62                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 2,44  | 14,73 | 12,24 | 9,80                       |
|                                                                    | Średnio dla A1                                   | 2,08  | 17,41 | 8,87  | 9,46                       |
| A2<br>(30+ 60)                                                     | B1 bez preparatu                                 | 2,05  | 16,30 | 2,30  | 6,88                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 2,48  | 15,67 | 5,16  | 7,77                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 1,55  | 14,95 | 9,27  | 8,59                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 1,83  | 16,45 | 5,41  | 7,90                       |
|                                                                    | Średnio dla A2                                   | 1,98  | 15,84 | 5,54  | 7,79                       |
| A3<br>(60)                                                         | B1 bez preparatu                                 | 3,04  | 17,36 | 7,51  | 9,30                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 2,68  | 20,85 | 8,29  | 10,61                      |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 2,15  | 13,47 | 7,00  | 7,54                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 2,95  | 15,40 | 8,24  | 8,87                       |
|                                                                    | Średnio dla A3                                   | 2,71  | 16,77 | 7,76  | 9,08                       |
| A4<br>(60+30)                                                      | B1 bez preparatu                                 | 1,87  | 28,81 | 3,78  | 11,49                      |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 2,08  | 21,21 | 7,69  | 10,33                      |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 1,70  | 18,56 | 7,42  | 9,23                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 1,68  | 23,55 | 5,86  | 10,37                      |
|                                                                    | Średnio dla A4                                   | 1,83  | 23,03 | 6,19  | 10,35                      |
| Średnio dla B                                                      | B1 bez preparatu                                 | 2,35  | 19,41 | 4,98  | 8,91                       |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 2,31  | 20,17 | 6,86  | 9,78                       |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 1,71  | 15,94 | 8,58  | 8,74                       |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 2,23  | 17,53 | 7,94  | 9,23                       |
| Średnio                                                            |                                                  | 2,15  | 18,27 | 7,09  | 9,17                       |
| NIR <sub>p=0,05</sub> (test Tukeya)                                |                                                  |       |       |       |                            |
| A                                                                  |                                                  | 0,74  | n. i. | n. i. | n. i.                      |
| B                                                                  |                                                  | n. i. | n. i. | n. i. | n. i.                      |
| AB                                                                 |                                                  | n. i. | n. i. | n. i. | n. i.                      |
| Lata                                                               |                                                  | -     | -     | -     | ist.                       |
| Lata × A                                                           |                                                  | -     | -     | -     | n. i.                      |
| Lata × B                                                           |                                                  | -     | -     | -     | n. i.                      |
| Lata × AB                                                          |                                                  | -     | -     | -     | n. i.                      |
| (eta kwadrat cząstkowe) $\eta^2_p$ [%]                             |                                                  |       |       |       |                            |
| A                                                                  |                                                  | 27,6  | 9,1   | 7,1   | 3,0                        |
| B                                                                  |                                                  | 18,6  | 3,3   | 3,0   | 0,9                        |
| AB                                                                 |                                                  | 12,4  | 6,5   | 6,5   | 0,3                        |

Masa nasion z jednej rośliny jest wypadkową zagęszczenia przed zbiorem na poszczególnych poletkach i plonu nasion z nich zebranych. By prawidłowo obliczyć tę wartość, corocznie zliczano wszystkie rośliny na każdej jednostce eksperymentalnej. W kolejnych latach wyniosła ona średnio 2,15, 18,3 i 7,18 g (średnio 9,2 g).

Mimo tak dużych różnic w wartościach średnich z lat, relacje między obiektami układały się w podobny sposób. Na wielkość owocowania pojedynczych roślin największy wpływ miał sposób dawkowania nawożenia azotem. Najsilniej uwidocznił się on na obiekcie bez dolistnego stosowania preparatu Agro Kompleks II. Masa nasion z jednej rośliny na tym obiekcie, najmniejsza na poletkach nawiezionych w dawce  $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ , osiągała wartość największą z wszystkich kombinacji pod wpływem dawki  $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  dzielonej na porcje 60+30 kg. Spośród roślin traktowanych preparatem Agro Kompleks II szczególnie dużą produktywność wykazywały rośliny opryskane w fazie młodocianego wzrostu, zwłaszcza przy jednoczesnym nawożeniu dawką  $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ . W porównaniu z tym obiektem, zastosowanie preparatu na początku fazy kwitnienia, przy przeciętnie dużej obsadzie, a jednocześnie plonach niższych, mniej sprzyjało owocowaniu pojedynków, zwłaszcza gdy dawka nawozu azotowego wynosiła  $90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  (tab. IV.26).

Analizę przebiegu profilów wielocechowych wybranych cech roślin z omawianego doświadczenia warto oprzeć w pierwszym rzędzie na ocenie położenia grup profilów (odpowiadających kolejnym kombinacjom stosowania nawozu Agro Kompleks II) na tle jednego sposobu dawkowania azotu doglebowo (tab. IV.27, rys. IV.2a-d). Prezentują je średnie punktów, odpowiadających wartości danej cechy po unitaryzacji danych reprezentujących średnie z trzylecia.

Wiązka profilów na diagramie IV.2a ( $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  w dawkach dzielonych po 30 kg) plasuje się w głównej skali od 1 do 3, wykraczając nieco poza wartość 4 (dobra) tylko dla obiektu A1B2. Poziom bardzo duży osiągnęło tylko zagęszczenie na obiekcie A1B3, sprawiając, że średnie położenie tego ostatniego obiektu ma wartość 3,014. Ogólnie jednak, średnia wartość cech z kombinacji A1B jest nieco mniejsza niż średnia arytmetyczna skali, wynosząca 2,5 punktu.

Nieznacznie większą przeciętną wartość osiągnęły też cechy z drugiego z nawiezionych doglebowo dawką  $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ , w jednorazowej dozie (rys. IV.2c). Długość i świeża masa części wegetatywnej i generatywnej pojedynków przyjmowały tu wartości od małych do średnich w całym zbiorze danych z wyjątkiem obiektów, na których zastosowano Agro Kompleks II jednokrotnie (wiosną lub w początku kwitnienia). W skali unitaryzacji te sposoby zastosowania nawozu specjalistycznego dały oszacowanie obsady i wielkości plonów nasion na 4,5 punktu, a profile A3B2 i A3B3 osiągnęły średnią wartość bliską 3.

Profile obrazujące obiekty nawiezione łącznie w dawce  $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  też różnią się przebiegiem. W przypadku kombinacji A2B wiązka profilów

reprezentujących różne sposoby nawożenia pogłównego zajęła miejsce w środku skali, dla poszczególnych profilów w zakresie od 2,1 do 3 (rys. IV.2b). Natomiast profile cech z kombinacji A4B zajmują pozycje najbardziej na prawo na diagramie. Oznacza to, że łączą wartości w zbiorze danych największe. Po przekodowaniu na skalę punktową osiągnęły największą średnią wartość (3,631 punktu). Spośród wszystkich 16 kombinacji, obiekt nawożony azotem w dozach 60+30, bez zastosowania preparatu Agro Kompleks II otrzymał największą wartość w skali 1 – 5 (bliską 4 – dobra). Cechowały go: najmniejsza obsada, największe rozmiary roślin i największa masa nasion w przeliczeniu na jedną roślinę przy małym (proporcjonalnie) plonie z jednostki powierzchni.

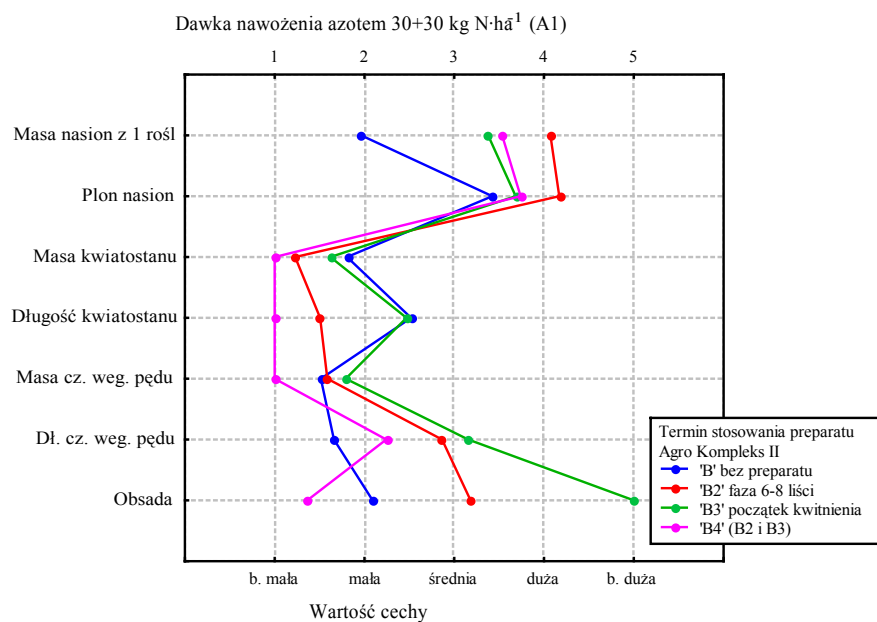
Łamane wyznaczające kierunki zmian wartości cech pod wpływem różnych sposobów nawożenia dolistnego w ramach tego samego sposobu nawożenia doglebowo azotem mają wprawdzie zmienny przebieg na kolejnych diagramach, ale zaobserwować można, że wartości współczynników podobieństwa profilów  $r_C$  Cohena wskazują na pewne prawidłowości. Najmniejsze podobieństwo profilowe notujemy na kombinacji A3B (wartości  $r_C$  są bardzo niskie lub nawet ujemne), a na kombinacji A4B – są zwykle dużo większe.

Pary reprezentujące porównanie obiektu bez nawożenia nawozem Agro Kompleks II z nawożonymi tym preparatem jednorazowo wykazują małe podobieństwo profilowe lub znaczący brak podobieństwa (jak na kombinacji A3B).

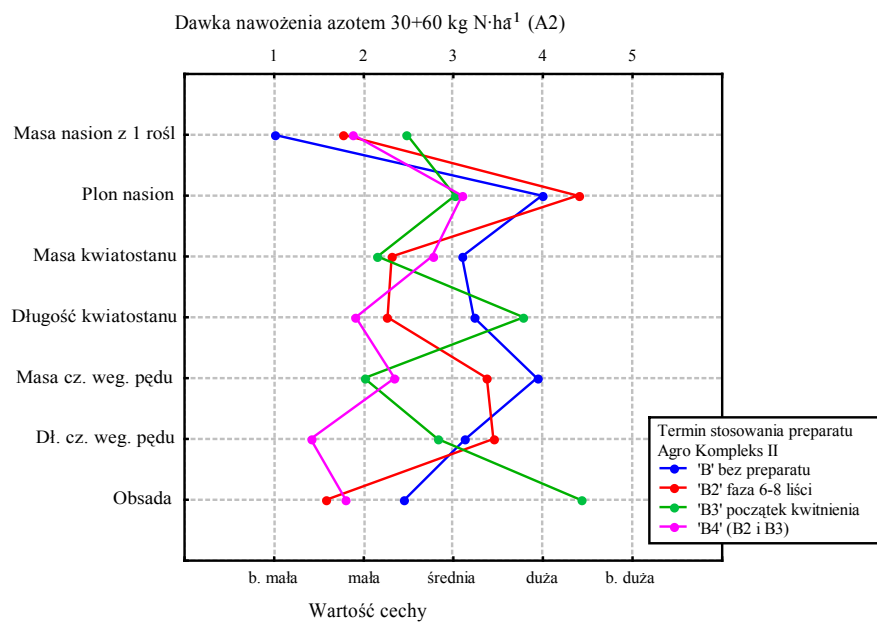
Tabela IV.27. Współczynniki podobieństwa par profilów wielocechowych ( $r_C$ ) prezentujących kształtowanie się wybranych cech roślin szarlatu w zależności od sposobu nawożenia. Średnio z lat 2010-2012.

| Porównanie par profilów                           | Nawożenie azotem (A) termin – dawka<br>[kg N·ha <sup>-1</sup> ] |               |         |               |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------|---------|---------------|
|                                                   | A1<br>(30+30)                                                   | A2<br>(30+60) | A3 (60) | A4<br>(60+30) |
| AB1 – AB2                                         | 0,327                                                           | 0,763         | -0,519  | 0,395         |
| AB1 – AB3                                         | 0,059                                                           | 0,138         | -0,876  | 0,391         |
| AB1 – AB4                                         | 0,592                                                           | 0,140         | 0,109   | 0,897         |
| AB2 – AB3                                         | 0,727                                                           | -0,177        | 0,426   | 0,679         |
| AB2 – AB4                                         | 0,760                                                           | 0,264         | 0,425   | 0,602         |
| AB3 – AB4                                         | 0,172                                                           | -0,518        | 0,055   | 0,517         |
| Średnie punktów dla kombinacji AB po unitaryzacji |                                                                 |               |         |               |
| AB1                                               | 2,140                                                           | 2,976         | 2,137   | 3,872         |
| AB2                                               | 2,658                                                           | 2,734         | 2,862   | 3,737         |
| AB3                                               | 3,014                                                           | 2,956         | 2,967   | 3,509         |
| AB4                                               | 1,983                                                           | 2,172         | 2,147   | 3,405         |
| Średnio dla A                                     | 2,448                                                           | 2,710         | 2,528   | 3,631         |

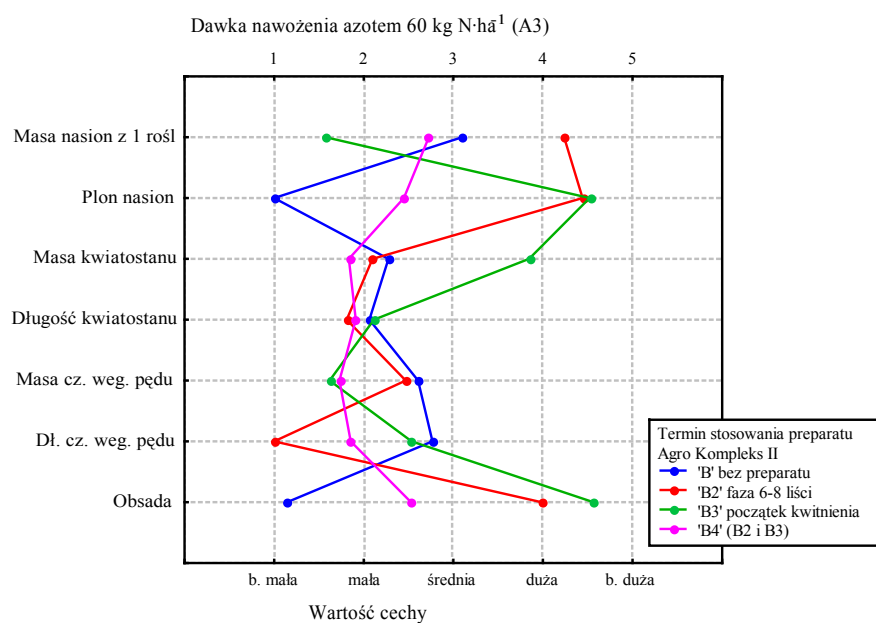
a)



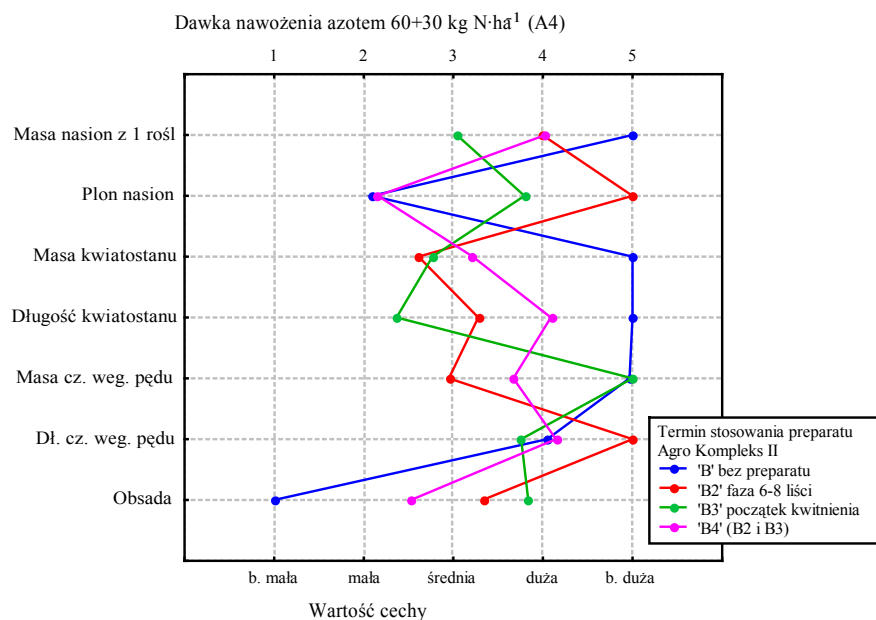
b)



c)



d)



Rys. IV.2a-d. Profile wielocechowe testowanych obiektów. Cechy badane w fazie początku dojrzwania i po zbiorze w zależności od sposobu nawożenia. Średnio z lat 2010-2012.

W poszukiwaniu odpowiedzi na pytanie, czy warunki wegetacji i działanie czynników doświadczenia wpływają na wielkość zabranych nasion przeprowadzono ich separację z użyciem sit grubościowych o szerokości szczeliny 0,7 mm. Uzyskano trzy frakcje: nasion o grubości większej i równej 0,7 mm, mniejszej od tej wartości oraz frakcję lotną, wyłapywaną przez cyklon separatora, w której też znajdowały się nasiona, w większości niewykształcone. Separacja wykonywana była po możliwie najstaranniejszym oczyszczeniu plonu z wszelkich zanieczyszczeń. Procedury tej dokonano na nasionach ze zbioru lat 2011 i 2012.

Tabela IV.28. Udział wagowy [%] oraz masa tysiąca nasion [g] frakcji nasion o grubości  $\geq 0,7$  mm w zależności od sposobu nawożenia w latach 2011-2012.

| Nawożenie azotem (A)<br>termin – dawka<br>[kg N·ha <sup>-1</sup> ] | Termin stosowania nawozu<br>Agro Kompleks II (B) | Udział wagowy frakcji $\geq 0,7$ mm |      | Masa tysiąca nasion we frakcji $\geq 0,7$ mm |       |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------|------|----------------------------------------------|-------|
|                                                                    |                                                  | Lata                                |      | Lata                                         |       |
|                                                                    |                                                  | 2011                                | 2012 | 2011                                         | 2012  |
| A1<br>(30+ 30)                                                     | B1 bez preparatu                                 | 81,6                                | 71,5 | 0,807                                        | 0,867 |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 88,4                                | 79,1 | 0,893                                        | 0,910 |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 84,0                                | 90,3 | 0,860                                        | 0,860 |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 83,6                                | 85,7 | 0,847                                        | 0,853 |
|                                                                    | Średnio dla A1                                   | 84,4                                | 81,7 | 0,852                                        | 0,873 |
| A2<br>(30+ 60)                                                     | B1 bez preparatu                                 | 82,6                                | 72,7 | 0,833                                        | 0,893 |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 83,4                                | 77,0 | 0,893                                        | 0,897 |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 83,5                                | 78,6 | 0,857                                        | 0,870 |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 86,6                                | 85,7 | 0,857                                        | 0,837 |
|                                                                    | Średnio dla A2                                   | 84,0                                | 78,5 | 0,860                                        | 0,874 |
| A3<br>(60)                                                         | B1 bez preparatu                                 | 84,5                                | 82,3 | 0,847                                        | 0,773 |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 81,6                                | 83,3 | 0,797                                        | 0,843 |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 85,9                                | 83,8 | 0,837                                        | 0,820 |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 81,7                                | 84,7 | 0,857                                        | 0,803 |
|                                                                    | Średnio dla A3                                   | 83,4                                | 83,5 | 0,835                                        | 0,810 |
| A4<br>(60+30)                                                      | B1 bez preparatu                                 | 80,3                                | 82,9 | 0,833                                        | 0,867 |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 85,5                                | 70,2 | 0,827                                        | 0,893 |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 80,8                                | 78,6 | 0,833                                        | 0,943 |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 84,4                                | 74,0 | 0,847                                        | 0,867 |
|                                                                    | Średnio dla A4                                   | 82,8                                | 76,4 | 0,835                                        | 0,893 |
| Średnio dla B                                                      | B1 bez preparatu                                 | 82,3                                | 77,4 | 0,830                                        | 0,850 |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                              | 84,7                                | 77,4 | 0,853                                        | 0,886 |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                               | 83,6                                | 82,8 | 0,847                                        | 0,873 |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                   | 84,1                                | 82,5 | 0,852                                        | 0,840 |
| Średnio                                                            |                                                  | 83,7                                | 80,0 | 0,845                                        | 0,862 |

Procentowy udział masy frakcji nasion największych (tab. IV.28) wyniósł w kolejnych latach 83,6 i 80,0%, masy drugiej frakcji odpowiednio – 12,5 oraz 16,5%, a więc frakcji lotnej – 3,9 i 3,5%. Czynniki doświadczenia nie modyfikowały udziału frakcji największych nasion w plonie roku 2011, w związku z czym rozrzut wartości omawianej cechy był niewielki (od 80,3 do 88,4%). W następnym roku rozrzut był już szerszy – od 70,2 do 90,3%, przy czym można dostrzec, że w dawce  $90 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  dzielonej 60+30 kg z łącznym dolistnym nawożeniem preparatem Agro Kompleks II występowało mniej największych nasion niż przy takim samym nawożeniu doglebowym bez nawożenia dolistnego, a także – mniejszy udział nasion dorodnych na obiekcie bez nawożenia dolistnego z jednoczesną tendencją do zwiększenia ich udziału, gdy rośliny na tym obiekcie nawieziono jeden raz dawką  $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Różnice te nie są duże, ale analiza korelacji udziału frakcji nasion największych z innymi cechami mierzonymi w trakcie doświadczenia wskazuje, iż udział ten istotnie maleje wraz z wielkością kwiatostanów oraz obsadą przed zbiorem. Wprawdzie współczynniki korelacji nie wskazują na dużą siłę tych powiązań, ale warto je przytoczyć, ponieważ potwierdzają, że u roślin szarłatki wystąpiły typowe relacje między wielkością nasion a cechami biometrycznymi i zagęszczeniem w polu. Współczynniki korelacji wyniosły: z obsadą ( $r = -0,43$ ), z masą pędu ( $r = -0,56$ ), a z długością i masą części kwiatostanowej odpowiednio ( $r = -0,59$ ) i ( $r = -0,65$ ).

Masa tysiąca nasion ze zbioru w roku 2011 było nieznacznie mniejsza niż z roku 2012 (tab. IV.28). Także dla frakcji grubości nasion wskaźnik ten przyjmował mniejsze wartości w roku 2011, co wynikało z dużej masy nasion przypadających na jedną roślinę w tym sezonie wegetacyjnym. W roku 2012, gdy masa nasion w przeliczeniu na jedną roślinę była ponad dwuipółkrotnie mniejsza, nasiona mogły być bardziej wypełnione, a więc masa ich tysiąca nasion okazała się nieco większa. Podobnie, jak w przypadku udziału frakcji nasion pozostających na sicie o szczelinie 0,7 mm w masie nasion zebranych w 2012 roku, czynniki doświadczenia także odegrały rolę w zróżnicowaniu wartości MTN. Relacje między tymi cechami wykazują przeciwny kierunek: wypełnienie nasion było największe na obiektach opryskanych preparatem Agro Kompleks II w fazie 6 – 8 liści właściwych. Jednocześnie jednak zarówno na tym obiekcie, jak i pozostałych – zastosowanie jednorazowo dawki  $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$  wpływało na zmniejszenie masy tysiąca zebranych nasion. Pod wpływem nawożenia azotem w dawce  $90 \text{ kg}$  na hektar dorodność nasion wzrastała, ale jednocześnie malał ich udział w plonie.

Znając dokładną liczbę osobników na jednostce eksperymentalnej, masę nasion przypadającą na jedną owocującą roślinę oraz masę tysiąca nasion z danego obiektu można obliczyć hipotetyczną liczbę nasion produkowanych przez przeciętnego osobnika. Obliczenie takie daje rezultat bardziej zbliżony do rzeczywistego niż opierający się na wyniku omłotu pobieranych losowo pojedynczych, gdyż ten daje wyniki raczej zawyżone.

Tabela IV.29. Liczba nasion z jednej rośliny szarłatu [tys. sztuk] oraz masa tysiąca nasion [g] w zależności od sposobu nawożenia w latach 2011-2012.

| Nawożenie azotem (A)<br>termin – dawka<br>[kg N·ha <sup>-1</sup> ] | Termin stosowania nawozu Agro Kompleks II (B) | Liczba nasion z jednej rośliny |      | Masa tysiąca nasion |       |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------|------|---------------------|-------|
|                                                                    |                                               | Lata                           |      | Lata                |       |
|                                                                    |                                               | 2011                           | 2012 | 2011                | 2012  |
| A1<br>(30+ 30)                                                     | B1 bez preparatu                              | 15,4                           | 7,1  | 0,797               | 0,887 |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                           | 18,0                           | 7,0  | 0,873               | 0,897 |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                            | 13,1                           | 11,0 | 0,815               | 0,963 |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                | 11,9                           | 13,7 | 0,830               | 0,893 |
|                                                                    | Średnio dla A1                                | 14,6                           | 9,7  | 0,829               | 0,910 |
| A2<br>(30+ 60)                                                     | B1 bez preparatu                              | 19,5                           | 8,4  | 0,812               | 0,893 |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                           | 17,4                           | 9,5  | 0,880               | 0,875 |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                            | 15,1                           | 7,9  | 0,895               | 0,888 |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                | 17,7                           | 9,6  | 0,913               | 0,860 |
|                                                                    | Średnio dla A2                                | 17,4                           | 8,8  | 0,875               | 0,879 |
| A3<br>(60)                                                         | B1 bez preparatu                              | 16,4                           | 2,7  | 0,875               | 0,860 |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                           | 21,9                           | 6,1  | 0,803               | 0,850 |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                            | 14,8                           | 10,0 | 0,857               | 0,927 |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                | 17,4                           | 6,7  | 0,865               | 0,810 |
|                                                                    | Średnio dla A3                                | 17,6                           | 6,4  | 0,850               | 0,862 |
| A4<br>(60+30)                                                      | B1 bez preparatu                              | 28,2                           | 4,5  | 0,818               | 0,837 |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                           | 21,5                           | 9,4  | 0,882               | 0,820 |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                            | 19,7                           | 8,6  | 0,803               | 0,863 |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                | 18,8                           | 7,1  | 0,862               | 0,823 |
|                                                                    | Średnio dla A4                                | 22,1                           | 7,4  | 0,841               | 0,836 |
| Średnio dla B                                                      | B1 bez preparatu                              | 19,9                           | 5,7  | 0,826               | 0,869 |
|                                                                    | B2 faza 6 – 8 liści                           | 19,7                           | 8,0  | 0,860               | 0,861 |
|                                                                    | B3 początek kwitn.                            | 15,7                           | 9,4  | 0,843               | 0,910 |
|                                                                    | B4 – (B2 i B3)                                | 16,4                           | 9,3  | 0,868               | 0,847 |
|                                                                    | Średnio                                       | 17,9                           | 8,1  | 0,849               | 0,872 |

Tak oszacowana liczba nasion przypadających na jedną owocującą roślinę w roku 2011 wyniosła średnio 17,9 tysięcy sztuk, a w 2012 – 8,1 tysiąca, czyli była mniejsza ponad dwuipółkrotnie (tab. IV. 29). Przy tak dużym rozrzucie możliwości analizy relacji między kombinacjami obiektów są trudne, jednakowoż dostrzec można, że rośliny nie nawożone preparatem mikroelementowym wydawały mniej nasion niż pozostałe. W roku 2011, rosnące w szczególnie małym zagęszczeniu i obficie plonujące rośliny nawożone tylko azotem tworzyły potencjalnie bardzo dużo nasion, czym ustępowały tylko najwyżej plonującemu obiektom kombinacji z opryskiwaniem roślin preparatem Agro Kompleks II w fazie młodocianego wzrostu.

Niezależnie od tego, na ile wiarygodny jest przedstawiony szacunek, z pewnością stwierdzić można, że potencjał produkcyjny roślin szarłatu krwistego jest bardzo duży.

Schemat założenia opisanego eksperymentu był dość skomplikowany. Dążono do poznania jednoczesnego działania dwóch sposobów nawożenia szarłatu odmiany Rawa, która dość dobrze aklimatyzuje się w warunkach okolic Bydgoszczy. Zasady jej agrotechniki nie są jeszcze w pełni dopracowane, chociaż odmiana ta jest w uprawie już wiele lat. Ważnym wydaje się znalezienie najskuteczniejszego sposobu jej nawożenia.

Podsumowując wyniki doświadczenia stwierdzić należy, że dla całokształtu przebiegu wzrostu, rozwoju i plonowania szarłatu krwistego odmiany Rawa najkorzystniejszym okazało się łączne zastosowanie nawożenia azotem w dawce 90 kg na hektar z podziałem dawek 60+30 z jednoczesnym dolistnym podaniem preparatu Agro Kompleks II w dawce 1,5 kg na hektar w fazie 6 – 8 liści właściwych.

## V. Dyskusja wyników

Liczne gatunki szarłatów (amarantusów) należą zapewne do najdłużej użytkowanych pokarmowo spośród znanych ludzkości. W Ameryce Środkowej i Południowej tradycja spożywania owoców (a pewnie – i części wegetatywnych) różnych gatunków z rodzaju szarłat sięga tysięcy lat wstecz i jest to fakt udokumentowany naukowo [NCR 1984]. Wiele gatunków z tej dużej jednostki systematycznej (rodzaj *Amaranthus* liczy ich około 90) użytkuje się po dziś dzień w wielu regionach Azji i Afryki, zarówno jako dziko rosnące, jak i uprawiane. Z tych obszarów mało jest dowodów jednoznacznie wskazujących na bogatą historię użytkowania szarłatów, jak w Ameryce, ale źródła pochodzące od europejskich obserwatorów zawierają wiarygodne informacje o uprawie (lub wykorzystywaniu pokarmowym) szarłatów przynajmniej od XVIII w. [Trucco i Tranel 2011, Das 2012, Achigan-Daco i in. 2014, Falasca i in. 2014].

Specyficzna kultura ludów Ameryki była niezrozumiała dla piętnastowiecznych Hiszpanów podbijających ten kontynent. Niezależnie od tego, jakie były przyczyny gwałtownego upadku populacji zamieszkujących Ameryki, konkwista stała się przyczyną niemal całkowitej przebudowy nie tylko Nowego Świata, ale i wpłynęła na przemiany gospodarcze na całej planecie. Historycy wskazują, że po najeździe Hiszpanów nic już nie było takie, jak wcześniej. „Ofiarą” tej niewątpliwiej hekatombi, jaka spotkała ludy zamieszkujące Ameryki z rąk Europejczyków, stała się też uprawa ważnej gospodarczo rośliny – szarlatu, zakazana pod karą śmierci. Takie reperkusje nigdy nie spotkały szarłatów uprawianych w Azji, czy Afryce. Prawdopodobnie, przybysze z Europy, którzy i tam narzucali swoje rządy, nie natrafili na tradycję przydawania szarłatowi magicznych właściwości. Możliwe, iż dlatego, że szarłat w krajach azjatyckich i afrykańskich był użytkowany głównie jako warzywo, a także surowiec zielarski [NCR 1989, Grubben 2004a,c, Jansen 2004a,b,c, Muriuki i in. 2014].

Odrodzenie zainteresowania uprawą szarłatów na nasiona przyniosły poszukiwania gatunków wartościowych odżywczo, datowane już na lata 50-te XX w., a prekursorem badań nad szarłatami był amerykański botanik J.D. Sauer [Webb 1985]. Uprawa nasiennych szarłatów ograniczała się wtedy do niewielkich obszarów Meksyku, Indii i Nepalu [Kauffman i Weber 1990], ale rozwój badań, a zwłaszcza – technik oceny składu chemicznego, pozwoliły na odkrycie wyjątkowych własności pokarmowych tych roślin i, w rezultacie, upowszechnienie ich uprawy w świecie.

W toku bardzo licznych prac badawczych ustalono podstawowe zalecenia agrotechniczne dla szarłatów nasiennych dotyczące wyboru stanowiska, agrotechniki siewu, zakresu pielęgnacji i ochrony. Wiele z nich jest niezależnych od miejsca uprawy i zostały przetestowane w warunkach polskich [Gontarczyk i Aufhammer 1993, Nalborczyk 1995, Chlebowski 1994, Kaul i in.

1996, Ścigalska i Klima 1997, Roszewski 1998, Starczewski i Maksymiak 2001, Dziwulska-Hunek i in. 2009].

W opracowaniu metodyki badań własnych kierowano się nimi, a dokonane spostrzeżenia i obserwacje potwierdzają słuszność znajdowanych w literaturze zaleceń. Jako przedplon dla polskiej odmiany Rawa wybierano zboże jare, jako najłatwiej dostępny, wysiew nasion w ilości 3 kg na hektar prowadzono w rozstawie 40 cm z użyciem siewnika ogrodniczego. Z powodu dość gęstych wschodów chwastnicy jednostronnej, w około 3 tygodnie po wschodach szarlatu pole opryskiwano preparatem Fusilade Forte 150 EC w ilości 0,75 dm<sup>3</sup> na hektar, uzyskując skuteczność chwastobójczą tak dobrą, jak opisana przez Deryłę i Chudzika [2012]. Warto dodać, że preparat ten nie wykazywał żadnego negatywnego działania wobec szarlatu. Inne chwasty zwalczano mechanicznie. W doniesieniach amerykańskich i europejskich konieczność kilkukrotnego pielienia uznaje się za najbardziej uciążliwy aspekt agrotechniki szarłatów nasiennych [Kauffman i Weber 1990, Baltensperger i in. 1991, Myers 1996, Berghofer i Schoenlechner 2002, Húska 2008, Kietlinski i in. 2014].

Ze względu na duże podobieństwo morfologiczne gatunków należących do grupy szarłatów nasiennych elementy agrotechniki związane z siewem i zbiorem są podobne u wszystkich gatunków i nie podlegają większej dyskusji w literaturze przedmiotu. Szarłaty są roślinami ciepłolubnymi, bardzo wrażliwymi na przymrozki zarówno wiosenne, jak i jesienne. Te pierwsze niszczą młode siewki, a wystąpienie drugich kończy definitywnie wegetację, dlatego zawsze postuluje się późny termin siewu, po ustaniu zagrożenia nocnymi przymrozkami, a zbiór nasion – tuż po przemarznięciu roślin w polu. Wymagana jest też mała ilość wysiewu (nasiona siewne mają bardzo małą masę), koniecznym jest zastosowanie dużej szerokości międzyrzędzi (rośliny osiagają duże rozmiary, a uprawa wymaga pielienia mechanicznego). Nasiona po omłocie są bardzo wilgotne i silnie zanieczyszczone, więc wymagają natychmiastowego suszenia i dokładnego oczyszczenia.

Z tej krótkiej charakterystyki wynika, że uprawa szarłatów nasiennych nastręcza określone trudności techniczne, a niedotrzymanie reżimów właściwej techniki siewu, pielęgnacji i uszlachetnienia nasion po zbiorze uniemożliwia otrzymanie wartościowego zbioru. Jednak, zastosowanie prawidłowej techniki nie gwarantuje jeszcze sukcesu w tej uprawie.

Jak wynika z większości doniesień naukowych, a także z doświadczeń własnych, najpoważniejszy problem agrotechniczny stanowią powolne wschody i towarzysząca im bardzo zmienna przeżywalność drobnych siewek, dotykające zwłaszcza tych roślin, które bardzo późno weszły i poddane są silnej konkurencji wewnątrz łanu. Problem ten dostrzegany jest od dawna i liczni autorzy poszukują różnych sposobów zapobieżenia skutkom zamierania młodych roślin. Jak podano w rozdziale II., za przyczynę przerzedzonych wschodów uznaje się naturalną spoczynkowość nasion siewnych szarlatu, którą przełamuje zastosowanie różnych zabiegów natury chemicznej lub fizycznej, z których stosunkowo najbardziej skutecznym jest moczenie nasion

w roztworach bioregulatorów, zwłaszcza kwasu giberelowego [Ashraf i Foolad 2005, Kępczyński i in. 2006, Białecka i Kępczyński 2010].

Inną z podawanych przyczyn słabych wschodów szarłatów jest zbyt niska temperatura gleby po siewie, hamująca biochemiczne procesy początkujące kiełkowanie [Steckel i in. 2004, Tiriyaki i in. 2005].

Wyniki badań własnych, prowadzonych w warunkach laboratoryjnych potwierdzają poglądy tych autorów (doświadczenie A.I). W temperaturze uznawanej za optymalną (25°C) ponad połowa nasion kiełkowała, niezależnie czy były to nasiona moczone uprzednio w roztworach bioregulatorów czy kontrolne. Stwierdzono powtarzalność takich efektów, mimo przetestowania dwóch preparatów handlowych w szerokim zakresie stężeń (dla Pol-Gibrescolu 800 SP – od 0,01 do 0,04%, a dla Betoksonu Super 025 SL – od 1,00 do 3,00%) oraz dla wszystkich kombinacji tych stężeń w mieszaninach. W opracowaniu wyników wzięto pod uwagę tylko te, które dawały wyniki najlepsze. Średnio w trzyleciu, w temperaturze 15°C utrzymywanej w cieplarni przez 14 dni kiełkowało już około 40% nasion moczonych w roztworach bioregulatorów, podczas gdy zdolność kiełkowania nasion kontrolnych osiągała zaledwie połowę tej liczebności (20%). Jeżeli przyjąć, że przy ilości wysiewu 3 kg na hektar nasion o masie tysiąca sztuk około 0,9 g, nawet dwudziestoprocentowa zdolność kiełkowania powinna gwarantować liczbę około 60 wzeszłych roślin. Tak nie było w żadnych z przeprowadzonych doświadczeń własnych. Co potwierdza opinię niektórych autorów, że wyniki badania laboratoryjnej zdolności kiełkowania nasion o utrudnionym kiełkowaniu nie znajdują potwierdzenia w warunkach polowych, nawet po uprzednim traktowaniu w sposób poprawiający ich zdolność kiełkowania [Ashraf i Foolad 2005, Grzywacz i Orzeszko-Rywka 2007].

Jeszcze słabszą laboratoryjną zdolność kiełkowania przejawiały orzeszki szarłatów poddane uprzedniemu otoczkowaniu z użyciem dwóch specjalistycznych mas, nazywanych przez ich producenta „warzywną” i „buraczną”, co wskazuje na ich najczęstsze zastosowanie (doświadczenie A.II). Skład substancji użytych do wytworzenia tych mas jest nieznany i obwarowany patentami.

W literaturze spotkać można pogląd, że otoczkowanie nasion, zwłaszcza orzeszków o twardym perykarpie, może hamować wzrost kielka w wyniku tworzenia się bariery dla migracji wody i tlenu do wnętrza nasienia [Orzeszko-Rywka i Rochalska 2004]. W badaniach własnych w jednym z sezonów kiełkowanie w laboratorium nasion otoczkowanych było stosunkowo dobre, szczególnie w temperaturze wyższej z przyjętych. W dwóch pozostałych, nieoczekiwanie było ono bardzo słabe.

W literaturze przedmiotu nie znaleziono informacji, czy testowano połowę zdolność wschodów nasion szarłatów przedsewnie uszlachetnianych. Natomiast, jest dość dużo doniesień o wpływie następczym kondycjonowania nasion innych gatunków. Na przykład, wpływ następczy primingu nasion różnych gatunków roślin z użyciem roztworów GA<sub>3</sub>, IAA, a także

osmokondycjonowania nasion siewnych w połączeniu z tymi preparatami opisali Naeem i Muhammad [2006] (jęczmień), Ghodrat i in. [2013] (ryż), Kaya i in. [2010] (ciecierzyca), Danesh-Talab i in. [2014] (kozieradka), Rastogi i in. [2013] (len), Doran i Gudadhe [2012] (asparagus Sprengera), Eisvand i in. [2011] (marchew), Islam i in. [2013] (cebula). Cytowani badacze prowadzili prace w Turcji, Pakistanie, Indiach i Iranie i w swych krajach stwierdzali istnienie dużych trudności z pozyskaniem materiału siewnego wymienionych gatunków. W wyniku traktowania nasion siewnych roztworami bioregulatorów, zwłaszcza – gibereliną, notowali znaczące zwiększenie parametrów wzrostu roślin i ich plonowania.

W ramach badań własnych prowadzono doświadczenia polowe, w których testowano skutki wszystkich sposobów przedsiewnego traktowania nasion siewnych (moczonych w roztworach bioregulatorów i otoczkowanych). Nasiona siewne przygotowywano corocznie przed wysiewem w pole (doświadczenie B.I). Ich wyniki w dużym stopniu potwierdzają rezultaty wyżej cytowanych prac, opisujących efekty następcze kondycjonowania materiału siewnego różnych gatunków roślin. W porównaniu z roślinami wyrosłymi z nasion nie traktowanych, pochodzące z nasion moczonych w roztworze preparatu Pol-Gibrescol 800 SP oraz, w nieco mniejszy stopniu, Betokson Super 025 SL i ich mieszaninach, odznaczały się znacznie większymi rozmiarami i większym plonowaniem. Nasiona przedsiewnie otoczkowane, bardzo nielicznie kiełkujące w warunkach laboratoryjnych, w polu jednak kiełkowały, choć wschody pojawiały się nieco później niż nasion pozostałych. Później rośliny rozwijały się bujnie, silnie się rozgałęziając, tworząc długie kwiatostany, ale wydając plony nasion niższe od kontrolnych. Wydaje się, że zastosowanie otoczki „buraczanej” nie okazało się tak niezasadne, jak to zapowiadały wyniki badania laboratoryjnego. Trzeba przy tym dodać, że otoczkowanie drobnych nasion szarlatu ułatwiło wysiew i zapewniło im równomierne rozmieszczenie w glebie.

Early [1990] i Giuliet [2006], wzorem mieszkańców Meksyku i Peru, postulują też gęstszy siew i regulację obsady po wschodach (jak w naszych tradycyjnych technologiach siewu warzyw korzeniowych) lub – uprawę z rozsady, która dobrze się przyjmuje. Wydaje się, że ten pierwszy sposób może być najbardziej efektywny, choć pracochłonny. W badaniach własnych nie był testowany.

Poza kwestią moderowania wpływu nierównomiernych wschodów szarłatów nasiennych, od początku lat 80-tych XX w. dyskutowano problem właściwego ich nawożenia. W doniesieniach autorów, którzy najwcześniej podjęli ten temat [Teutonico i Knorr 1985, Putman i in. 1989, Kauffman i Weber 1990, Myers 1996] znajdujemy informacje, że już na wstępie prac nad doskonaleniem agrotechniki tych roślin odrzucono tezę, by w USA można było je uprawiać podobnie, jak w Meksyku czy Peru, bez nawożenia mineralnego lub tylko z pewnymi formami nawożenia organicznego, a więc w systemie, który

w Stanach Zjednoczonych nazywany jest organicznym, a w Polsce – „ekologicznym”.

Wyniki badań nad doborem najwłaściwszego nawożenia doglebowego szarłatów nasiennych są w literaturze dość liczne i zawierają propozycje dwóch odmiennych sposobów podejścia do kwestii dawkowania nawozów, zwłaszcza azotowych. Pierwsze z nich zakładają, że szarłaty należy nawozić w sposób umiarkowany, zrównoważony, nie przekraczając dawki 60 do 90 kg N·ha<sup>-1</sup> [Putman i in. 1989, Elbehri i in. 1993, Myers 1998, Schulte i in. 2005, Olaniyi i in. 2008, Skwaryło-Bednarz i in. 2011], a w innych postuluje się stosowanie nawożenia azotem w dawkach większych: od 100 – nawet do 165 kg N·ha<sup>-1</sup> [Weber 1990, Bobrzecka i in. 1998, 1999ab, 2000abc, Wojciechowska i in. 2001, Pospíšil i in. [2006], Kozak i in. 2011, Bielski i Szwejkowska 2015, Deryło i Chudzik 2015, Olofintoye i in. 2015].

Wymienieni autorzy stwierdzali, że szarłat wykazuje silną pozytywną reakcję na testowane dawkowanie azotu, czemu sprzyja wydajna fotosynteza tych roślin. Chakhatrakan i in. [1994] oraz Gimplinger i in. [2007] przestrzegają, że w warunkach dużej ilości opadów nawiezienie szarłatu bardzo wysokimi dawkami azotu skutkuje wyleganiem roślin. Jednocześnie, postuluje się dzielenie większych dawek nawożenia na 2 – 3 porcje.

Obserwację tę potwierdzają wyniki badań własnych. W doświadczeniu opisanym jako B.II. testowano dwie dawki nawożenia azotem (w formie saletry amonowej): 60 i 90 kg N·ha<sup>-1</sup>. Jednym z celów tego doświadczenia było poszukiwanie odpowiedzi na pytanie, jak korzystniej jest dzielić te dawki. Zgodnie z zaleceniami literatury testowano 2 terminy nawożenia pogłównego odnosząc je do fazy rozwoju roślin w polu: 6 – 8 liści właściwych oraz w momencie ukazania się zawiązków kwiatostanu szczytowego. Niezależnie od roku rośliny osiągały te fazy w tym samym terminie kalendarzowym, ale rozmiarami pojedynki różniły się, co było reakcją na warunki wodne w latach. Dawkę 60 kg N·ha<sup>-1</sup> dzielono po połowie lub stosowano w całości jednorazowo, dawkę większą wyłącznie dzielono. W wyniku podziału dawek, dwie stosowane początkowo: 30 lub 60 kg, uzupełniano do dawki sumarycznej w późniejszym terminie.

Wyniki obserwacji i pomiarów wykonywanych w początkach lipca wskazywały, że pierwsza dawka w wysokości 60 kg N·ha<sup>-1</sup> saletry amonowej (wysokiej – w masie nawozowej 180 kg) wywoływała pewne przyhamowanie wzrostu młodych roślin, natomiast zastosowana w dawce 30 kg N·ha<sup>-1</sup> nie wywoływała żadnych negatywnych efektów. Okazało się jednak, że tylko podział dawek 60-30 kg N·ha<sup>-1</sup> gwarantował najbujniejszy wzrost, rozwój i najlepsze plonowanie w całym trwaniu doświadczenia. Rośliny nie wykorzystywały wysokiej dawki podanej późno (w początku kwitnienia) mimo, że od momentu jej zastosowania trwał nadal wzrost potężnego kwiatostanu, a więc vegetacja nadal postępowała. Przyczyna była inna – okazało się, że o rozwoju kwiatostanu i wielkości plonowania decydowała wielkość całej rośliny, natomiast zmienność wielkości części kwiatostanowej roślin (masy

i długości) jest stosunkowo niewielka. Wskazują na to wyniki pomiaru masy i długości części wegetatywnej pędu wykonane w momencie, gdy procesy wzrostu już się zakończyły. Wartości tych cech są największe we wszystkich latach, niezależnie od warunków pogodowych w danym sezonie, a należy podkreślić, że miały one duży wpływ na kształtowanie się wszystkich ocenianych parametrów wzrostu.

Masa nasion z jednej rośliny, obliczona z przeliczenia plonu z poletka i obsady, okazała się dobrym wskaźnikiem znaczenia wielkości roślin dla ich rzeczywistej plenności na doświadczeniu B.II. Średnio dla trzylecia znaleziono istotną statystycznie pozytywną korelację między tą cechą a całkowitą długością roślin ( $r = 0,76$ ), ich masą ( $r = 0,79$ ), ale i negatywną – z obsadą ( $r = -0,82$ ). Korelacja z plonem z jednostki powierzchni była istotna, lecz o słabszej sile ( $r = 0,65$ ).

Od dawna wiadomo, że o dużej wielkości i wysokiej jakości plonów większości gatunków roślin uprawnych decyduje nie tylko dobre zaopatrzenie w makroelementy, ale również pokrycie jej zapotrzebowania na mikroelementy. Decydują one bowiem o efektywnym wykorzystaniu azotu, fosforu i pozostałych makroskładników w tworzeniu biomasy. Wykazano to w odniesieniu do wielu upraw, między innymi, buraka cukrowego [Orlovius i in. 2001, Wróbel i Domaradzki 2006, Dewdar i Abbas 2015], pszenicy [Chwil 2014], owsa [Kozera i in. 2004], rzepaku [Sienkiewicz-Cholewa 2005, Figas 2009], a także roślin strączkowych: soi [Bellaloui i Mengistu 2015] czy fasoli [Kassab 2005].

Często spotyka się tzw. ukryte niedobory lub nadmiar, a występujące objawy zewnętrzne takiego stanu często trudno jest odróżnić od symptomów porażenia przez choroby czy uszkodzenia wywołane przez szkodniki albo niekorzystne warunki pogodowe (np. przymrozek lub susza glebowa). Najczęściej takie zjawiska są mało widoczne, a nawożenie nalistne, które jest podstawową formą stosowania specjalistycznych nawozów mikroelementowych, należy traktować jako uzupełnienie nawożenia doglebowego, a nie jego zastąpienie [Szewczuk i Michałojć 2003, Stanisławska-Głubiak i Konarzewska 2007]. Efekty nawożenia nawozami mikroelementowymi ujawniają się więc zwłaszcza wtedy, gdy albo niedobór w glebie określonego składnika jest duży i obserwowane są tego przejawy w stanie roślin albo wtedy, gdy podaje się takie nawożenie w bardzo dużych dawkach.

Takie wyniki zawarto w pracach Bobrzeckiej i in. 1998, 1999ab, 2000abc, Domskiej i in. 2000 oraz Wojciechowskiej i in. 2001 prowadzonych z odmianą szarlatu Rawa. W doświadczeniach tych badaczy roztwory soli boru, miedzi i cynku podawano doglebowo i dolistnie w połączeniu z bardzo wysokim nawożeniem NPK. Jeżeli nawet nie notowano istotnego zwiększenia plonu (jak w przypadku podania soli cynku), obserwowano korzystne pod względem odżywczym zmiany w składzie białka nasion oraz zielonki.

W badaniach własnych, których przedmiotem była ta sama odmiana szarłat krwistego, testowano nawóz specjalistyczny Agro Kompleks II, należący do dużej grupy nawozów wieloskładnikowych, makro- i mikroelementowych. W porównaniu z dawkami stosowanymi w wyżej wymienionych doświadczeniach (podano je w rozdziale II. pracy), nawozy takie są znacząco mniej skoncentrowane. W dawkach zalecanych przez producenta dla zbóż (zastosowanych w badaniach własnych) pojedyncza doza wynosiła 1,5 kg preparatu na hektar, a w związku z jego składem wносиła 210 g azotu (w formie amonowej), 75 g potasu, 72 g magnezu, 180 g siarki, 18 g boru, cynku, żelaza i manganu, 3,75 g miedzi oraz 0,15 g molibdenu.

Jak wskazują Stanisławska-Głubiak i Konarzewska [2007], nawozy wieloskładnikowe często dostarczają roślinom zbyt małe ilości mikroelementów, aby pokrywały potrzeby roślin w razie niedoboru jednego lub kilku z nich, ale jednocześnie mogą stymulować przyrost biomasy. W badaniach własnych oczekiwano właśnie takiego efektu, gdyż brak jest danych, jakie właściwie są potrzeby szarłat w odniesieniu do poszczególnych mikroelementów, a tym bardziej – ich kompleksu.

W trakcie badań własnych stwierdzono, że wpływ zarówno pojedynczej, jak i podwojonej zaplanowanej dawki nawozu Agro Kompleks II nie był na tyle silny, by można było przypisać mu ukierunkowane działanie na wzrost i rozwój szarłat. Dowodzą tego niskie zwykłe wartości wskaźnika siły wpływu czynnika ujawniane w analizie wariancji (eta kwadrat cząstkowe). Jednocześnie jednak w przypadku cech badawczych ocenianych w początkach dojrzwania nasion, jak długość części wegetatywnej i kwiatostanowej oraz masa kwiatostanu, siła oddziaływania interakcji nawożenia dogłębowego i dolistnego okazywała się duża. Według założeń zastosowanej metody oceny siły efektu czynnika wartości  $\eta^2_p$  przekraczające 0,13 (13% sumy kwadratów zmienności całkowitej) uznaje się wskazujące na siłę średnią, a równe i większe od 0,26 (26%) za siłę efektu dużą [Pierce i in. 2004]. Takie, a nawet znacznie większe wartości, przyjmował wskaźnik  $\eta^2_p$  dla interakcji czynników w analizie wariancji wymienionych cech. Oznacza to, że zastosowanie nalistne preparatu Agro Kompleks II w pewnym stopniu wspierało oddziaływanie nawożenia glebowego, ale w zauważalny sposób – tylko przy jednokrotnym podaniu w fazie 6 – 8 liści i przy łącznej dawce nawożenia azotem w ilości 90 kg N·ha<sup>-1</sup>. W wypadku innych kombinacji nawozowych efekty zastosowania nawozu nalistnego były słabe lub nie ukierunkowane.

W ramach badań własnych przeprowadzono dwie trzyletnie serie doświadczeń polowych (B.I. i B.II), lokowanych po sąsiedzku na tym samym polu. W przypadku tylko dwóch obiektów doświadczenia B.II., o symbolu A3B1 (obiekt nawożony dogłębowo jednorazową dawką 60 kg N·ha<sup>-1</sup>, bez nawożenia dolistnego preparatem Agro Kompleks II) oraz obiektu kontrolnego (bez przedsięwzięcia potraktowania nasion siewnych) w doświadczeniu B.I. warunki uprawy były takie same.

Gdy przeanalizuje się wyniki pomiarów wykonanych na tych obiektach, wzrost i rozwój odmiany Rawa w zasadzie był bardzo podobny, choć na tę ocenę duży wpływ ma różnica w obsadzie roślin w roku 2011. Jak wielokrotnie podkreślano, warunki wodne tego sezonu charakteryzowały się bardzo dużymi opadami w czerwcu i lipcu. W rezultacie, zostały dobrze wykorzystane przez szarłat, lecz część pola, na którym rozlokowano doświadczenie B.I., położona była nieco niżej, niż B.II. Obserwowano więc spływ powierzchniowy wody opadowej na tę część, powodujący wymywanie młodych roślin i zmniejszenie się obsady. Skutkiem tego obsada przed zbiorem na obu tych obiektach była znacząco odmienna. Ujawniła się wtedy spektakularna plastyczność szarlatu, który indywidualnym silnym wzrostem rekompensował w dużym stopniu przerzedzenie obsady.

Dowodem na wspomnianą plastyczność pojedynków szarlatu krwistego są dwa obliczone wskaźniki: krotności przyrostu długości i masy części wegetatywnej pędu mierzonych w okresie między początkiem lipca a końcem sierpnia każdego roku oraz wskaźniki masywności części pędu – czyli stosunku ich masy i długości pędu. Na przestrzeni około dwóch miesięcy przyrost długości części ulistnionej (bez kwiatostanu) wynosił około 2,7 razy, czyli pęd wydłużał się mniej niż trzykrotnie. Natomiast zwiększenie masy tej części pędu było średnio około czterokrotne, z tym – że w sezonie roku 2011 było niemal siedmiokrotne (doświadczenie B.II – kombinacja A3B1), a w doświadczeniu B.I. ponad ośmiokrotne (na obiekcie, na którym rosły rośliny pochodzące z nasion moczonych w roztworze preparatu Betokson Super 025 SL). W tym przypadku kluczowy wpływ miała interakcja działania preparatu z niską obsadą, w której rosły rośliny na tym obiekcie. I to ona tu decydowała o wyjątkowo dużej masywności całej rośliny ( $5,02 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1}$ ), gdy średnio w trzyleciu (na tym obiekcie) wynosiła  $3,04 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1}$ . Masywność roślin pochodzących z nasion nie traktowanych, zarówno na obiekcie kontrolnym doświadczenia B.I., jak i w doświadczeniu B.II. była mniejsza, choć również związana z przebiegiem pogody i zagęszczeniem na jednostce powierzchni.

W świetle tych rozważań rozbieżne poglądy na temat właściwej obsady roślin szarlatu, cytowane w rozdziale II. pracy uzyskują wyjaśnienie [Robinson 1986, Fitterer i in. 1996, Apaza-Gutierrez i in. 2002, Troiani i in. 2004, Gimplinger i in. 2008, Yarnia 2010, Kozak i in. 2011, Ardali 2014, Deryło i Chudzik 2015, Bielski i Szwejkowska 2015]. Jak wynika z badań własnych, zagęszczenie na powierzchni  $1 \text{ m}^2$  osobników odmiany Rawa może wynosić zaledwie około 12 sztuk, by uzyskać wysokie plony nasion, ale warunkiem musi być korzystny rozkład opadów, odbiegający jednak od przeciętnego w wieloleciu notowanych w punkcie meteorologicznym w Mochelku.

Szarłat krwisty uprawiany w Polsce nie jest licznie nawiedzany przez szkodniki. W czasie trwania własnych doświadczeń tylko w jednym sezonie (w czerwcu roku 2012) odnotowano niewielki nalot mszyc. Jak się wydaje, na obszarze USA spotyka się więcej patogenów szarlatu, niż w Europie. Świadczą o tym dość obszerne listy patogenów grzybowych i szkodników mogących

zasiedlać te rośliny, cytowane przez Myers'a [1996] oraz Berghofera i Schoenlechner [2002]. Zapewne fakt ten wiąże się z powszechnym występowaniem wielu gatunków amarantusów na terenie Ameryki. Na polach doświadczeń własnych z odmianą Rawa nie obserwowano wystąpienia chorób prowokowanych przez patogeny grzybowe, choć w literaturze polskiej pojawiły się już doniesienia o ich stwierdzeniu w uprawach szarlatu [Pusz 2009, Pusz i Płaskowska 2008].

Wykazano, że nasiona (owoce) szarłatów, ale i części zielone, charakteryzują się wyjątkowo bogatym składem chemicznym, odmiennym od najczęściej uprawianych roślin. W związku z tym, pożywienie zawierające przetworzone części roślin szarłatów są bardzo wartościowe i mogą stanowić czynnik suplementujący dietę. Jak piszą White i Broadley [2009], dla dobrostanu i właściwego odżywienia ludzie wymagają pobrania z pokarmem przynajmniej 22 mikroelementów. Jednak, szacuje się, że 60% ludzi na świecie cierpi na niedostatek żelaza, 30% – cynku, 30% jodu i 15% Se, a niedobory wapnia, magnezu i miedzi występują w wielu regionach, niezależnie – od stopnia rozwoju kraju. Dramatyczne skutki diety ubogiej w mikroelementy notuje się w krajach Afryki i niektórych krajach Azji. Dlatego, tam podejmowanych jest wiele działań na rzecz propagowania uprawy szarłatów [Adeyeye i Omolayo 2011, Mburu i in. 2012, Andini i in. 2013, Welch i in. 2013, Orhue i in. 2015].

W Polsce, podobnie jak w innych krajach rozwiniętych, problem niedożywienia nie występuje, ale zasobność gleb w wiele mikroelementów kluczowych do właściwego rozwoju ludzi jest niewystarczająca. Dotyczy to zwłaszcza jonów boru, miedzi, siarki i magnezu [Czuba 1993, 2000, Kaczor i Zuzańska 2009]. Dobrym źródłem mikroelementów są nasiona wszystkich pseudozboż, a w przypadku szarlatu (i komosy ryżowej) – także bardzo cennego odżywczo oleju, łatwo przyswajalnej skrobi i wyjątkowo wartościowego białka. Niewątpliwym jest, że wykorzystanie wartościowych pokarmowo nasion szarlatu powinno być ze wszech miar pożądane w diecie Polaków.

W naszym kraju dramatyczne apele o poprawę struktury odżywienia ludzi (jak w krajach afrykańskich) mogą nie być zrozumiane, choć media są pełne wskazówek na temat konieczności spożywania tzw. „zdrowej żywności”. Uczeni wskazują na wartość pokarmów komponowanych na bazie nasion szarlatu i komosy [Barca i in. 2010, Białek i Rutkowska 2013]. Jednocześnie spotkać można obserwacje, że konsumenci niezbyt są zainteresowani sięganiem po takie wartościowe, ale też nowe pokarmy [Ronteltap i in. 2007, Rollin i in. 2011].

Wydaje się, że w Polsce produkty wzbogacane nasionami szarlatu są ciągle mało rozpropagowane, a może nie wszystkim smakują. Oferta handlowa jest też wąska i dostępna przeważnie w sklepach specjalistycznych (a te często oferują produkty bardzo drogie i odwiedzane są przez niewielką część konsumentów). Brak tradycji przygotowywania dań z nasion szarlatu i komosy ryżowej ma też

znaczenie w ograniczeniu wiedzy o ich wartości. Podjęte w Katedrze Botaniki i Ekologii próby zainteresowania warzywnym zastosowaniem części zielonych młodych roślin szarłatu, skierowane do znanego producenta sałatek, nie zostały przyjęte z aprobatą.

W oparciu o doświadczenia autorki opracowania można postawić tezę, że największej przyszłości w zastosowaniu pokarmowym nasion szarłatu w Polsce należy upatrywać przede wszystkim w użyciu ich mąki jako dodatku do pieczywa, którego spożywa się w kraju dużo [Śmigerska i in. 2013a]. Jest tak tym bardziej, że jak wskazują liczne badania, obróbka cieplna mąki szarłatowej nie pogarsza znacząco jej wartości odżywczej [Haber i in. 1995, Sosnowska i Achremowicz 2000, Świdorski i in. 2001, Gambuś i in. 2001, Gambuś i in. 2002, Ceglińska i in. 2003, Cacak-Pietrzak i in. 2004, Marciniak-Łukasiak i in. 2008, Różyło i Laskowski 2008, Gondek i in. 2013, Rybicka 2014].

## VI. WNIOSKI

1. W warunkach laboratoryjnych energia i zdolność kiełkowania nasion szarłatu odmiany Rawa zależała od temperatury kiełkowania. Przy temperaturze inkubacji 25°C zdolność kiełkowania uznać można za zadowalającą. Natomiast w temperaturze o wartości zbliżonej do panującej w czasie kiełkowania nasion siewnych szarłatu w polu (15°C) proces kiełkowania w warunkach laboratoryjnych trwa długo i nie przekracza 50% nasion, co może wyjaśniać nierównomierność i przedłużanie się wschodów szarłatu w warunkach produkcyjnych
2. Skuteczną stymulację kiełkowania nasion siewnych szarłatu w temperaturze 15°C wywołuje moczenie ich przez 8h w 0,03% roztworze wodnym Pol-Gibrescolu 800 SP, a także – w mieszaninie roztworów preparatów w stężeniach 0,03% Pol-Gibrescolu 800 SP, i 2% Betoksonu Super 025 SL.
3. Otoczkowanie nasion szarłatu hamowało wzrost kielka, lecz ułatwiło wysiew i zapewniło równomierne rozmieszczenie ich w glebie.
4. Rośliny wyrosłe z nasion moczonych w roztworze preparatu Pol-Gibrescol 800 SP oraz Betoksonu Super 025 SL i ich mieszanin, przed zbiorem odznaczały się znacznie większymi rozmiarami i większym plonowaniem od roślin pochodzących z nasion nietraktowanych oraz otoczkowanych.
5. W okresie wzrostu szarłat krwisty odmiany Rawa wykazuje duże zapotrzebowanie na azot, o czym świadczy fakt, że rośliny nawożone w łącznej dawce 90 kg N·ha<sup>-1</sup> osiągały istotnie większe rozmiary od nawożonych w łącznej dawce 60 kg N·ha<sup>-1</sup>, jednocześnie nie przejawiając tendencji do wylegania.
6. Sposób podziału dawki nawożenia pogłównego azotem w wysokości 90 kg na hektar ma znaczenie dla całokształtu przebiegu wzrostu, rozwoju i plonowania szarłatu. Najkorzystniejszym okazało się zastosowanie azotu w dawkach 60 kg w fazie młodocianego wzrostu oraz 30 kg w początkach fazy kwitnienia.
7. Jednokrotne nalistne podanie specjalistycznego nawozu azotowo-mikroelementowego Agro Kompleks II w dawce 1,5 kg na hektar w fazie 6-8 liści szarłatu wspierało oddziaływanie nawożenia saletrą amonową, zwłaszcza przy łącznej dawce nawożenia pogłównego w dawce 90 kg N·ha<sup>-1</sup>.
8. Negatywny wpływ nierównomiernych lub przerzedzonych wschodów może być łagodzony przez duże zdolności kompensacyjne roślin badanej odmiany szarłatu, dlatego znaczące zróżnicowania w obsadzie roślin nie znajdowały proporcjonalnego odzwierciedlenia w zmienności plonów.
9. Na wielkość plonów zebranych z uprawy szarłatu krwistego w latach badań mniejszy wpływ miały czynniki doświadczeń niż warunki pogodowe w trakcie zbiorów. Jeżeli w fazie dojrzewania roślin (we wrześniu) wystąpią duże opady deszczu, oczekiwać można znaczących strat w plonie

wyrażających się marnieniem silnie rozbudowanych kwiatostanów, gniciem części szczytowych pędu i osypywaniem się orzeszków.

10. Odmiana szarłatu krwistego Rawa przeważnie dobrze toleruje warunki klimatyczne środkowej Polski, lecz uprawa jej wymaga bardzo skrupulatnego usuwania chwastów w trakcie całego długiego okresu wegetacji i starannego wysuszenia oraz oczyszczenia plonu tuż po omłotach.

## Literatura

- Abalone R., Gaston A., Cassinera A., Lara M.A., 2006. Thin layer drying of amaranth seeds. *Biosys. Eng.*, 93(2): 179-188
- Abayomi O.A., Adebayo O.J., 2014. Effect of fertilizer types on the growth and yield of *Amaranthus caudatus* in Ilorin, Southern Guinea, Savanna Zone of Nigeria. *Adv. Agric.*, Article ID 947062: 1-5
- Achigan-Dako E.G., Sogbohossou O.E.D., Maundu P., 2014. Current knowledge on *Amaranthus* spp.: research avenues for improved nutritional value and yield in leafy amaranths in sub-Saharan Africa. *Euphytica*. DOI 10.1007/s10681-014-1081-9
- Adamczewski K., Dobrzański A., 2012. Przyszłość herbologii w zmieniającym się rolnictwie. *Post. Ochr. Roślin*, 52(4): 867-878
- Adewole M.B., Dedeke O.A., 2012. Growth performance, yield and nutritional quality of *Amaranthus cruentus* L. under repeated applications of poultry manures. *Ife J. Sci.*, 14(2): 345-355
- Adeyeye E.I., Omolayo F.O., 2011. Chemical composition and functional properties of leaf protein concentrates of *Amaranthus hybridus* and *Telfairia occidentalis*. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 2(3): 499-511
- Agong S.G., Ayiecho P.O., 1991. The rate of outcrossing in grain amaranths. *Plant Breed.*, 107: 156-160
- Ainika J.N., Auwalu B.M., Yusuf A.U., 2011. Response of grain amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) to nitrogen and farmyard manure rates in Northern Guinea and Sudan Savanna Ecological Zones of Nigeria. *World J. Engineering and Pure and Applied Sci.*, 1(2): 46-49
- Alegbejo J.O., 2013. Nutritional value and utilization of amaranthus (*Amaranthus* spp.) – a review. *Bayero J. Pure and Applied Sci.*, 6(1): 136-143
- Aletor O., Oshodi A.A., Ipinmoroti K., 2002. Chemical composition of common leafy vegetables and functional properties of their leaf protein concentrates. *Food Chem.*, 78: 63-68
- Alvarez-Jubete L., Arendt E.K., Gallagher E., 2009. Nutritive value and chemical composition of pseudocereals as gluten-free ingredients. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 60: 240-257
- Alvarez-Jubete L., Arendt E.K., Gallagher E., 2010. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends in Food Sci. Techn.*, 21: 106-113
- Amare E., Mouquet-Rivier C., Servent A., Morel G., Adish A., Desse Haki G., 2015. Protein quality of amaranth grains cultivated in Ethiopia as affected by popping and fermentation. *Food and Nutr. Sci.*, 6: 38-48
- Amin I., Norazaidah Y., Emmy Hainida K.I., 2006. Antioxidant activity and phenolic content of raw and blanched *Amaranthus* species. *Food Chem.*, 94: 47-52
- Andini R., Yoshida S., Ohsawa R., 2013. Variation in protein content and amino acids in the leaves of grain, vegetable and weedy types of amaranths. *Agronomy*, 3: 391-403
- Antonkiewicz J., Jasiewicz Cz., 2002. Ocena przydatności różnych gatunków roślin do fitoremediacji gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi. *Acta Sci. Pol., Ser. Formatio Circumiectus*, 1(1-2): 119-130
- Apaza-Gutierrez V., Romero-Saravia A., Guillén-Portal F.R., Baltensperger D.D., 2002. Response of grain amaranth production to density and fertilization in Tarija, Bolivia, ss. 107-109. [w:] J. Janick i A. Whipkey (red.). *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria. VA
- Ardali S.A., 2014. Effects of plant density and nitrogen rate on fatty acids profile of grain of amaranth (*Amaranthus hypocondriacus* L.). *Intl. J. Agri. Crop Sci.*, 7(7): 390-392
- Ashraf M., Foolad M.R., 2005. Pre-sowing seed treatment - a shotgun approach to improve

- germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. *Adv. Agronomy*, 88: 223-271
- Aynehband A., Afsharinafar K., 2012. Effect of gamma irradiation on germination characters of amaranth seeds. *Eur. J. Experim. Biol.*, 2(4): 995-999
- Ayodele O.J., Shittu O.S. 2013. Fertilizer effects on biological efficiency of maize leaf amaranth intercropping systems. *Intern. Res. J. Agric. Sci. Soil Sci.*, 3: 81-87
- Ballabio C., Uberti F., Di Lorenzo C., Brandolini A., Penas E., Restani P., 2011. Biochemical and immunochemical characterization of different varieties of amaranth (*Amaranthus* L. spp.) as a safe ingredient for gluten-free products. *J. Agric. Food Chem.*, 59(24): 12969-12974
- Baltensperger D.D., Lyon D.J., Nelson L.A., Corr Alan J., 1991. NF91-35 Amaranth grain production in Nebraska. Historical Materials from University of Nebraska-Lincoln Extension. Paper 408
- Barca de la A.M., Rojas-Martínez M.E., Islas-Rubio A.R., Cabrera-Chávez F., 2010. Gluten-free breads and cookies of raw and popped amaranth flours with attractive technological and nutritional qualities. *Plant Foods Human Nutr.*, 65: 241-246
- Bartolini J.S., Hampton J.G., 1989. Grain amaranth seed development, yield and quality. *Proc. Agronomy Society NZ*, 19: 55-61
- Baskin J.M., Baskin C.C., 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Sci. Res.* 14: 1-16
- Bavec F., 2002. Effects of soil and climatic conditions on emergence of grain amaranths. *Eur. J. Agron.*, 17(2): 93-103
- Bayón N.D., 2015. Revisión taxonómica de las especies monoicas de *Amaranthus* (*Amaranthaceae*): *Amaranthus* subg. *Amaranthus* y *Amaranthus* subg. *Albersia*. *Ann. Missouri Botanical Garden*, 101(2): 261-383
- Becker R., Wheeler E.L., Lorenz K., Stafford A.E., Grosjean O.K., Betschart A.A., Saunders R.M., 1981. A compositional study of amaranth grain. *J Food Sci.*, 46: 1175-1180
- Bellaloui N., Mengistu A., 2015. Effects of boron nutrition and water stress on nitrogen fixation, seed  $\delta^{15}N$  and  $\delta^{13}C$  dynamics, and seed composition in soybean cultivars differing in maturities. *Sci. World J.*, 2015: 1-11
- Berganza B.E., Moran A.W., Rodriguez G.M., Coto N.M., Santamaria M., Bressani R., 2003. Effect of variety and location on the total fat, fatty acids and squalene content of amaranth. *Plant Foods Human Nutr.*, 58: 1-6
- Berghofer E., Schoenlechner R., 2002. Grain Amaranth. ss. 219-260. [w:] Belton P., Taylor J. (red.). *Pseudocereals and less common cereals*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Berti C., Riso P., Monti L., Porrini M., 2004. *In vitro* starch digestibility and *in vitro* glucose response of gluten-free foods and their gluten counterparts. *Eur. J. Nutr.*, 43(4): 198-204
- Białecka B., Kępczyński J., 2010. Germination,  $\alpha$ -,  $\beta$ -amylase and total dehydrogenase activities of *Amaranthus caudatus* seed under water stress in the presence of ethephon or gibberellin A<sub>3</sub>. *Acta Biologica Cracoviensis, Ser. Botanica* 52(1): 7-12
- Białek M., Rutkowska J., 2013. Potencjalne wykorzystanie prozdrowotnych surowców roślinnych do zwiększania wartości odżywczej wyrobów ciastkarskich. *Episteme*, 21(II): 187-206
- Biel W., Jaskowska I., 2010. Właściwości żywieniowe nasion szarłat (*Amaranthus cruentus*). *Agric., Aliment., Pisc., Zootech.*, 281(16): 5-12
- Bielski S., Szwejkowska B., 2015. Influence of some agro-technical treatments on the development and yields of amaranth. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 21(4): 909-915
- Bobel B.K., Sokół J., 2002. Wartość pokarmowa nasion szarłat (*Amaranthus* spp.) i ich wykorzystanie w żywieniu ludzi i zwierząt. *Post. Nauk Rol.*, 2: 69-80
- Bobel B.K., Sokół J.L., 1999. Wpływ dodatku śruty z nasion amarantusa do mieszanek

- pełnodawkowych dla tuczników na skład chemiczny i niektóre wskaźniki profilu lipidowego wybranych tkanek organizmu. *Ann. WAU Anim. Sci.*, 36: 111-115
- Bobrzecka D., Bowszys T., Procyk Z., 1998. Wpływ technologii nawożenia azotem i borem na plon i jakość nasion szarłat (*Amaranthus cruentus* L.). *Rośl. Oleiste*, 19: 141-149
- Bobrzecka D., Domska D., Bowszys T., Procyk Z., 2000a. Wpływ nawożenia borem na plon nasion szarłat (*Amaranthus cruentus* L.) i zawartość w nich związków azotowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 471: 181-188
- Bobrzecka D., Domska D., Bowszys T., Procyk Z., Wojciechowska B., 1999a. Zmiany odczynu i zawartości niektórych makro- i mikroelementów w glebie w wyniku uprawy szarłat (*Amaranthus cruentus* L.). *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 467: 323-330
- Bobrzecka D., Domska D., Wojciechowska B., Wojtkowiak K., 2000b. Plonowanie oraz zawartość związków azotu w nasionach szarłat (*Amaranthus cruentus* L.) w zależności od nawożenia miedzią. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 471: 189-195
- Bobrzecka D., Faruga A., Domska D., Mikulski D., Wojciechowska B., 1999b. Wpływ nawożenia NPK, B, Cu i Zn na plon zielonki szarłat (*Amaranthus cruentus* L.) oraz jej wartość jako pasza dla kur. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 468: 291-299
- Bobrzecka D., Wojciechowska B., Procyk Z., Wojtas A., 2000c. Zawartość oraz jakość tłuszczu z nasion szarłat (*Amaranthus cruentus* L.) w zależności od nawożenia miedzią. *Rośl. Oleiste* 21: 301-308
- Bodroža-Solarov M., Filipčev B., Kevrešan Ž., Mandić A., Šimurina O., 2008. Quality of bread supplemented with popped *Amaranthus cruentus* grain. *J. Food Process Eng.*, 31(5): 602-618
- Bosiacki M., Kleiber T., Kaczmarek J., 2013. Evaluation of suitability of *Amaranthus caudatus* L. and *Ricinus communis* L. in phytoextraction of cadmium and lead from contaminated substrates. *Arch. Env. Prot.*, 3: 47-59
- Bosiacki M., Wojciechowska E., 2012. Phytoextraction of nickel by selected ornamental plants. *Ecol. Chem. Eng. S.*, 19(3): 331-345
- Brenner D.M., 1995. Cross-compatibility of cultivated amaranthus grain lines with wild amaranthus species. *J. Heredity*, 114(73): 448-450
- Brenner D.M., 2002. Non-shattering grain amaranth populations. ss. 104–106. [w:] Janick J., Whipkey A. (red.). *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, VA
- Bressani R., 2003. Amaranth, in: Caballero B, editor, *Encyclopedia of food sciences and nutrition*, Oxford, UK: Elsevier/Academic Press, 66-173
- Bressani R., 1994. Composition and nutritional properties of amaranth. In: *Amaranth-biology, chemistry and technology*. Ed O. Paredes-Lopez, CRC Press, London, 185-206
- Bressani R., Garcia-Vela L. A., 1990. Protein fractions in amaranth grain and chemical characterization, *J. Agric. Food Chem.*, 38: 1205-1209
- Broadley M.R., White P.J., Hammond J.P., Zelko I., Lux A., 2007. Zinc in plants. *New Phytologist*, 173: 677-702
- Bruni R., Medici A., Guerrini A., Scalia S., Poli F., Muzzoli M., Sacchetti G., 2001. Wild *Amaranthus caudatus* seed oil, a nutraceutical resource from ecuadorian flora. *J. Agric. Food Chem.*, 49(11): 5455-5460
- Brzeziński J., 2002. Współczynnik  $r_C$  – Cohena – dla wyników testowych wyrażonych na skalach standardowych. *Metodologia badań psychologicznych*. Wyd. Nauk. PWN Warszawa: 568-571
- Budin J.T., Breen W.M., Patnum D.H., 1996. Some compositional properties of seeds and oils of eight amaranthus species, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 73: 475-481
- Burgos V.E., Armada M., 2015. Characterization and nutritional value of precooked products of kiwicha grains (*Amaranthus caudatus*). *Food Sci. Techn.*, (Campinas), 35(3): 531-538

- Cacak-Pietrzak G., Ceglińska A., Haber T., 2004. Wpływ dodatku ekspandowanych nasion szarłat na cechy ciasta i jakości pieczywa pszennego. *Przegl. Piek. i Cuk.*, 2: 10-12
- Cai Y., Sun M., Corke H., 2005. HPLC characterization of betalains from plants in the *Amaranthaceae*. *J Chromatogr Sci.*, 43: 454-460
- Calzetta-Resio A.N., Aguerre R.J., Suarez C., 1999. Analysis of the sorptional characteristics of amaranth starch. *J. Food Eng.*, 42: 51-57
- Calzetta-Resio A.N., Aguerre R.J., Suarez C., 2004. Drying characteristics of amaranth grain. *J. Food Eng.*, 65: 197-203
- Casini P., La Roca F., 2014. *Amaranthus cruentus* L. is suitable for cultivation in Central Italy: Field evaluation and response to plant densities. *Ital. J. Agron.*, 9: 166-175
- Ceglińska A., 1995. Wpływ na objętość chleba dodatku śruty z nasion różnych form amarantusa (*Amaranthus caudatus*) do mąki pszennej. *Hod. Rośl. Nas.*, 1: 11-13
- Ceglińska A., Haber T., Szajewska A., Boniecka A., 2003. Zastosowanie ekspandowanych nasion szarłat do wzbogacania pieczywa pszennego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(35): 51-56
- Chakhatrakan S., Toyohara M., Nishiyama K., Tanabe T., 1994. Effect of nitrogen and phosphatic fertilizer application on growth and yield of *Amaranthus* spp. *Japanese J. Tropic. Agric.*, 38(2): 139-44
- Chlebowski J., 1994. Badania nad omlotem amarantusa przy użyciu kombajnu zbożowego i młocarni stacjonarnej. ss. 35-46. [w:] Kiryjiow J. (red.), *Amarant perspektywy i wykorzystanie*. Wyd. SGGW, Warszawa
- Choi H., Kim W., Shin M., 2004. Properties of Korean amaranth starch compared to waxy millet and waxy sorghum starches. *Starch/Starke*, 56: 469-477
- Chwil, S., 2014. Effects of foliar feeding under different soil fertilization conditions on the yield structure and quality of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Acta Agrobotanica*, 67(4): 135-144
- Clark K.M., Myers R.L., 1994. Intercrop performance of pearl millet, amaranth, cowpea, soybean, and guar in response to planting pattern and nitrogen fertilization. *Agronomy Journal*, 86(6): 1097-1102
- Colmenarez de Ruiz A.S., Bressani R., 1990. Effect of germination on the chemical composition and nutritive value of amaranth grain. *Cereal Chem.* 67(6): 519-522
- Costea, M., DeMason, D. A., 2001. Stem morphology and anatomy in *Amaranthus* L. (*Amaranthaceae*), taxonomic significance. *Journal of the Torrey Botanical Society*, 254-281
- Costea M., Sanders A., Waines G., 2001. Preliminary results toward a revision of the *Amaranthus hybridus* species complex (*Amaranthaceae*). *SIDA* 19(4): 931-974
- Cyril C.N., Kehinde O.O., Olanrewaju A.D., Dawid S.D., Olugbenga A.W., 2014. Vegetative growth and yield response of *Amaranthus cruentus* to arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), poultry manure (PM), combination of AMF-PM and inorganic fertilizer. *Amer. J. Experimental Agriculture*, 4(6): 665-673
- Czaja-Prokop U., 2003. Bor w procesach fizjologicznych. *Wiadomości Botaniczne*, 47(3-4): 25-37
- Czaplicki S., Ogródowska D., Zadernowski R., 2012a. Skwalen i kwasy tłuszczowe przechowywanych produktów amarantusowych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 45(3): 1141-1147
- Czaplicki S., Ogródowska D., Zadernowski R., Derewiaka D. 2012b. Characteristics of biologically-active substances of amaranth oil obtained by various techniques. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 62(4): 235-239
- Czuba R., 1993. Efekty dolistnego dokarmiania roślin uprawnych. Cz. II. Reakcja roślin na dolistne stosowanie mikroelementów i azotu łącznie z mikroelementami. *Rocz. Gleb.*,

45(3/4): 79-87

Czuba R., 2000. Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 471: 161-169

Czubaszek A., 1998. Ocena składu chemicznego i właściwości skrobi amaranthusa. Biul. Inst. Hod. Rośl., 208: 185-189

Czubaszek A., 2002. Wpływ dodatku śruty z szarłat na wartość wypiekową handlowej mąki pszennej. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 3(32): 101-111

Danesh-Talab S., Mehrafarin A., Labbafi M., Qavami N., Qaderi A., Naghdi Badi H., 2014. Responses of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) to exogenous application of plant growth regulators (PGRs). Trakia J. Sci., 12(2): 142-148

Das S., 2012. Domestication, phylogeny and taxonomic delimitation in underutilized grain *Amaranthus* (Amaranthaceae) – a status review. Feddes Repert., 123: 273–282

Das S., 2015. *Amaranthus parganensis* (Amaranthaceae), a new species from West Bengal, India. Novon: A Journal for Botanical Nomenclature, 23(4):406-410

Das S., Iamónico D., 2014. *Amaranthus bengalense* (Amaranthaceae) a new species from India, with taxonomical notes on *A. blitum* aggregate. Phytotaxa, 181(5): 293–300

Deryło S., Chudzik Ł., 2012. Wpływ przedśiewnej uprawy roli i pielęgnacji na zachwaszczenie łąn szarłat uprawnego (*Amaranthus hypochondriacus* L. Thell.). An. UMCS, sec. E, Agricultura, LXVI(4): 1-4

Deryło S., Chudzik Ł., 2015. Plonowanie szarłat uprawnego (*Amaranthus hypochondriacus* L. Thell.) w warunkach zróżnicowanej przedśiewnej uprawy roli i pielęgnacji roślin. An. UMCS, Agricultura, LXX(2): 55-65

Dewdar M.D.H., Abbas M.S., 2015. Influence of time addition and rates of boron foliar application on growth, quality and yield traits of sugar beet. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci., 4(2): 231-238

Dobrzeńcka A., Haberowa H., Sobczak E., 1996. Wpływ dodatku amarantusa na przebieg fermentacji zacierów gorzelnicznych. Przem. Ferm. Owoc.-Warzyw., 40(2): 23-24

Domska D., Bobrzecka D., Wojtkowiak K., Jakubowski K., 2000. Zawartość związków azotu w nasionach szarłat (*Amaranthus cruentus* L.) w zależności od nawożenia cynkiem. Zesz.Probl.Post. Nauk Rol., 472(1): 245-252

Doran V.S., Gudadhe S.P., 2012. Effect of plant growth regulators on seed germination and seedling vigour in *Asparagus sprengeri* Regel. Iran.Res. J. Biological Sci., 1(7), 6-10

Dziwulska-Hunek A., Kornarzyński K., Matwijczuk A., Pietruszewski S., Szot B., 2009. Effect of laser and variable magnetic field simulation on amaranth seeds germination. Intern. Agroph., 23(3): 229-235

Early D.K., 1990. Amaranth production in Mexico and Peru.: 140-142. [w:] J. Janick, J.E. Simon (red.), Advances in new crops. Timber Press, Portland, OR

Eisvand H.R., Shahrosvand S., Zahedi B., Heidari S., Afrougheh S., 2011. Effect of hydropriming and hormonal priming by gibberellin and salicylic acid on seed and seedling quality of carrot (*Daucus carota* var. *sativus*). Iranian J. Plant Physiol. 1(4): 233-239

Elbehri A., Pulman D.H., Schmitt M., 1993. Nitrogen fertilizer and cultivar effects on yield and nitrogen – use efficiency of grain amaranth. Agr. J. 85(1): 120-128

Ellis R.H., Hong T.D., Roberts E.H., 1985. Amaranthaceae. [w:] Handbook of seed technology for genebanks. Volume II. Compendium of specific germination information and test recommendations. Online

Escudero N.L., de Arellano M.L., Luco J.M., Gimenez M.S., Mucciarelli S.I., 2004. Comparison of the chemical composition and nutritional value of *Amaranthus cruentus* flour and its protein concentrate. Plant Foods Human Nutr., 59: 15-21

Falasca S., Pitta S., Bernabé M.A., 2014. Agroclimatic zoning for amaranth (*Amaranthus*

- caudatus*) using a Geographical Information System in Argentina. J. Geography, Environment and Earth Science International, 1(1): 9-23
- Farnsworth E., 2000. The ecology and physiology of viviparous and recalcitrant seeds. Ann. Rev. Ecol. System, 31: 107-138
- Farooq M., Wahid A., Siddique K.H.M., 2012. Micronutrient application through seed treatments - a review. J. Soil Sci. Plant Nutr., 12(1): 125-142
- Faruga A., Mikulski D., Bobrzecka D., Mikulska M., Pudyszak K., 1998. Wykorzystanie nasion szarłat (*Amaranthus cruentus* L.) w żywieniu kurcząt brojlerów i kur niosek. Zesz. Nauk. PTZ Prz. Hod., 36: 287-295
- Fasuyi A.O., 2006. Nutritional potentials of some tropical vegetable leaf meals: chemical characterization and functional properties. Afr. J. Biotechnol., 5(1): 49-53
- Ferreira T.A.P.C., Arêas J.A.G., 2004. Protein biological value of extruded raw and toasted amaranth grain. Pesquisa Agropecuária Tropical., 34(1): 53-59
- Figas A. 2009. Wpływ sposobu nawożenia siarką i dolistnej aplikacji magnezu i boru na plonowanie rzepaku jarego oraz zawartość glukozyolanów w nasionach. Fragm. Agron., 26(1): 25-33
- Fitterer S.A., Johnson B.L., Schneiter A.A., 1996. Grain amaranth harvest timeliness in eastern North Dakota. ss. 220-223. [w:] J. Janick (red.), Progress in new crops. ASHS Press, Alexandria, VA
- Franssen A.S., Skinner D., Al-Khatib K., Horak M.J., 2016. Pollen morphological differences in *Amaranthus* species and interspecific hybrids. <https://www.researchgate.net/publication/232668313>
- Gajewska R., Lebiedzińska A., Malinowska E., Szefer P., 2002. Ocena jakości zdrowotnej szarłat (*Amarantusa*). Roczn. PZH, 53(2): 141-147
- Gambuś H., Gambuś F., Sabat R., 2002. Próby poprawy jakości chleba bezglutenowego przez dodatek mąki z szarłat. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 31(2): 99-112
- Gambuś H., Gambuś F., Wojdyła J., Augustyn G., 2001. Herbatniki z amarantusem – wartość odżywcza, trwałość, jakość sensoryczna. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 28(3): 136-142
- Gambuś H., Gambuś F., Wrona P., Pastuszka D., Ziobro R., Nowotna A., Kopeć A., Sikora M., 2009. Enrichment of gluten-free rolls with amaranth and flaxseed increases the concentration of calcium and phosphorus in the bones of rats. Pol. J. Food Nutr. Sci., 59(4): 349-355
- Gamel T.H., Linssen J.P., Alink G.M., Mesallam A.S., Shekib L.A. 2004. Nutritional study of raw and popped seed proteins of *Amaranthus caudatus* and *Amaranthus cruentus* L. J. Sci. Food Agric., 84: 1153-1158
- Gamel T.H., Linssen J.P., Mesallam A.S., Damir A.A., Shekib L.A. 2006a. Effect of seed treatments on the chemical composition of two amaranth species: oil, sugars, fibres, minerals and vitamins. J. Sci. Food Agric., 86: 82-89
- Gamel T.H., Linssen J.P., Mesallam A.S., Damir A.A., Shekib L.A. 2006b. Seed treatments affect functional and antinutritional properties of amaranth flours. J. Sci. Food Agric., 86: 1095-1102
- Gamel T.H., Mesallam A.S., Damir A.A., Shekib L.A., Linssen J.P., 2007. Characterization of amaranth seed oils. J. Food Lipids, 14(3): 323-334
- Gélinas B., Seguin P., 2007. Oxalate in grain amaranth. J. Agric. Food Chem, 55(12): 4789-4794
- Ghodrat V., Moradshahi A., Rousta M.J., Karampour A., 2013. Improving yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) by indolebutyric acid (IBA), gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) and salicylic acid (SA) pre-sowing seed treatments. American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 13(6), 872-876

- Gimplinger D.M., Dobos G., Schoenlechner R., Kaul H.-P. 2007. Yield and quality of grain amaranth (*Amaranthus* sp.) in Eastern Austria. *Plant Soil Environ*, 53(3): 105-112
- Gimplinger D.M., Schulte aufm Erley G., Dobos G., Kaul H.-P., 2008. Optimum crop densities for potential yield and harvestable yield of grain amaranth are conflicting. *Eur. J. Agron.*, 28(2): 119-125
- Giuliet D., 2006. A manual for the production of seeds. Amaranth. A directory of heritage seeds. Kokopelli Seed Fund.
- Gondek E., Jakubczyk E., Wieczorek B., 2013. Właściwości fizyczne bezglutenowego pieczywa chrupkiego. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 574: 29–38
- Gontarczyk M., 1996. Szarłat uprawny - *Amaranthus* spp. [w:] Nowe Rośliny uprawne na cele spożywcze, przemysłowe i jako odnawialne źródła energii. Wyd. SGGW, Warszawa: 21-43
- Gontarczyk M., Aufhammer W., 1993. Wpływ terminu siewu na wzrost, rozwój i plonowanie szarłatu (*Amaranthus* sp.). *Fragm. Agronom.*, 4: 143-144
- Goptsiy T., Voroncov N., Popov V., Zhyravel D., Gromenko S., 2008. Grain varieties of amaranth developed by selection at Kharkiv National Agrarian University and the perspectives of their use. ss. 97-100. [w:] Libiaková G., Gajdošová A. (red.). Proc. 5<sup>th</sup> International Symposium of the European Amaranth Association. Nitra, Slovak Republik, 9-14 november 2008
- Gorinstein S., Medina-Vargas O., Jaramillo N., Arnao Salas I., Martinez Ayala A., Arancibia-Avila P., Toledo F., Katrich E., Trakhtenberg S., 2007. The total polyphenols and the antioxidant potentials of some selected cereals and pseudocereals. *Eur. Food Res. Technol.*, 225: 321-328
- Graham M.W., 2010. Grain amaranth production and effects of soil amendments in Uganda. Graduate Theses and Dissertations. Paper 11462. Iowa State University, USA
- Grajeta H. 1997. Wartość odżywcza i wykorzystanie szarłatu (rodzaj *Amaranthus*). *Bromat. Chem. Toksykol.*, 30(1): 17-23
- Grajeta H., 2000. Hipolipemiczne działanie ekspandowanych nasion szarłatu (*Amaranthus cruentus*) u szczurów doświadczalnych. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 33(1): 7-13
- Grega T., Sady M., Wszolek M., Gambuś H., 2001. Ocena jakości jogurtów z dodatkiem ziarna amarantusa (*Amaranthus cruentus*). *Przegl. Mlecz.*, 5: 223-226
- Grobelnik Mlakar S., Bavec M., Jakop M., Bavec F., 2012a. The effect of drought occurring at different growth stages on productivity of grain amaranth *Amaranthus cruentus* G6. *J. Life Sci.*, 6: 283-286
- Grobelnik Mlakar S., Jakop M., Bavec M., Bavec F., 2012b. Allelopathic effects of *Amaranthus retroflexus* and *Amaranthus cruentus* extracts on germination of garden cress. *Afr. J. Agric. Res.*, 7(10): 1492-1497
- Grobelnik Mlakar S., Turinek M., Jakop M., Bavec M., Bavec F., 2009. Nutrition value and use of grain amaranth: potential future application in bread making. *Agricultura*, 6: 43-53
- Grobelnik Mlakar S., Turinek M., Jakop M., Bavec M., Bavec F., 2010. Grain amaranth as an alternative and perspective crop in temperate climate. *J. for Geography*, 5(1): 135-145
- Grubben G.J.H., 2004a. *Amaranthus blitum* L. ss. 63-67. [w:] Grubben G.J.H., Denton O.A. (red.). Vegetables Plant Resources of Tropical Africa 2. Backhuys Publ., Wageningen, Leiden, Netherlands
- Grubben G.J.H., 2004b. *Amaranthus cruentus* L. ss. 67-72. [w:] Grubben G.J.H., Denton O.A. (red.), Vegetables Plant Resources of Tropical Africa 2. Backhuys Publ., Wageningen, Leiden, Netherlands
- Grubben G.J.H., 2004c. *Amaranthus thunbergii* L. ss. 83-84. [w:] Grubben G.J.H., Denton O.A. (red.). Vegetables Plant Resources of Tropical Africa 2. Backhuys Publ., Wageningen, Leiden, Netherlands

- Grzywacz P., Orzeszko-Rywka A., 2007. Tradycyjne i nowoczesne metody oceny wigoru nasion. *Post. Nauk Rol.*, 5: 79-89
- Haber T., Haberowa H., Lewczuk J., 1995. Wykorzystanie nasion amarantusa w piekarnictwie. *Rocz. Nauk Rol.*, ser. A, 111(1-2): 31-43
- Hauptli H., 1977. Agronomic potential and breeding amaranth. [w:] *Proc. 1<sup>th</sup> Amaranth Semin.* Maxatawny, PA, Emmaus, PA, USA
- He H.P., Cai Y., Sun M., Corke H., 2002. Extraction and purification of squalene from amaranthus grain. *J. Agric. Food Chem.*, 50(2): 368-372
- He H.P., Corke H., 2003. Oil and squalene in amaranthus grain and leaf. *J. Agric. Food Chem.*, 51(27): 7913-7920
- Heikham E., Rupam K., Bhoopander G., 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. *Ann Bot* 104(7): 1263-1280
- Heinrich P., Śmigierska K., Jendrzyczak E., 2013. Wybrane składniki biologicznie czynne w produktach z nasion amarantusa w zależności od pochodzenia surowca. *Mat. Ogólnopol. Konf. Nauk. pt. „Towaroznawstwo XXI wieku podstawą innowacji, jakości oraz satysfakcji konsumentów”*. Olsztyn, 22-24 maja 2013.
- Henderson T.L., 1993. Agronomic evaluation of grain amaranth in North Dakota. Thesis Ph.D. North Dakota State, North Dakota, USA
- Henderson T.L., Schneiter A.A., Riveland N., 1993. Row spacing and population effects on yield of grain amaranth in North Dakota. ss. 219-221. [w:] J. Janick, J.E. Simon (red.), *New crops*. Wiley, New York
- Húska J., 2008. Some agrotechnical aspects of amaranth cultivation. ss. 27-28. [w:] Libiaková G., Gajdošová A. (red.). *Proc. 5<sup>th</sup> International Symposium of the European Amaranth Association*. Nitra, Slovak Republik, 9-14 november 2008.
- Irving D.W., Betschart A.A., Saunders R.M., 1981. Morphological studies on *Amaranthus cruentus*. *J. Food Sci.*, 46: 1170-1174
- Islam R., Islam M., Kabir Y., 2013. Performance of cold and GA<sub>3</sub> on growth and seed yield of onion. *Ann. Biological Res.*, 4(12): 18-21
- Islas-Rubio A.R., de la Barca A.M., Cabrera-Chávez F., Cota-Gastélum A.G., Beta T., 2014. Effect of semolina replacement with a raw: popped amaranth flour blend on cooking quality and texture of pasta. *LWT-Food Sci. Techn.*, 57(1): 217-222
- Iturbide G.A., Gispert M., 1994. Grain amaranths, in neglected crops from a different perspective. ss.: 93-101 [w:] J.E. Hernándo Bermejo, J. León (red.). *Plant production and protection Ser. no. 26*. FAO, Rome, Italy
- Jacobsen S.E., Mujica A., (2003). The genetic resources of Andean grain amaranths (*Amaranthus caudatus* L., *A. cruentus* and *A. hypochondriacus* L.) in America. *Plant Genetic Resources Newsletter* 133: 41-44
- Jahaniaval F., Kakuda Y., Marcone M.F., 2000. Fatty acid and triacylglycerol compositions of seed oils of five amaranthus accessions and their comparison to other oils. *JAACS*, 77(8): 847-852
- Jame P., Casabianca H., Batteau M., Goetinck P., Salomon V., 2010. Differentiation of the origin squalene and squalene using stable isotopes ratio analysis. *SOFW-J.*, 136(1/2): 2-7
- Janiszewska E., Witrowa-Rajchert D., 2005. Ekstrakcja nadkrytyczna w przemyśle spożywczym. *Żywność. Nauka Technologia. Jakość*, 4(45): 5-16
- Janovská D., Stavčíková H., Dušek K., 2008. Field evaluation of amaranth in the Czech Republic. ss. 70-73. [w:] Libiaková G., Gajdošová A. (red.). *Proc. 5<sup>th</sup> International Symposium of the European Amaranth Association*. Nitra, Slovak Republik, 9-14 november 2008.
- Jansen P.C.M., 2004a. *Amaranthus hypochondriacus* L. ss.: 78-80. [w:] Grubben G.J.H., Denton O.A. (red.), *Vegetables Plant Resources of Tropical Africa 2*. Backhuys Publ.,

Wageningen, Leiden, Netherlands

Jansen P.C.M., 2004b. *Amaranthus spinosus* L. ss. 80-83. [w:] Grubben G.J.H., Denton O.A. (red.), Vegetables Plant Resources of Tropical Africa 2. Backhuys Publ., Wageningen, Leiden, Netherlands

Jansen P.C.M., 2004c. *Amaranthus viridis* L. ss. 84-88. [w:] Grubben G.J.H., Denton O.A. (red.), Vegetables Plant Resources of Tropical Africa 2. Backhuys Publ., Wageningen, Leiden, Netherlands

Januszczyńska-Józwiak K., Synowiecki J., 2008. Charakterystyka i przydatność składników szarłat w biotechnologii żywności. *Biotechnologia*, 3: 89-102

Jasiewicz Cz., Antoniewicz J., 2000. Zawartość metali ciężkich w szarłacie (*Amaranthus hypochondriacus* L.) uprawianym w warunkach gleb zanieczyszczonych metalami ciężkimi. *Rocz. AR Pozn. Ogród.*, 31(1): 301-306

Jayakumar K., Jaleel C.A., 2009. Uptake and accumulation of cobalt in plants: a study based on exogenous cobalt in soybean. *Botany Research International*, 2(4): 310-314

Jendryczek E., Śmigierska K., 2014. Impact of presowing soaking of amaranth seeds in solutions of growth regulators. Part II. Effect of treatments processing seed material on growth, development and yield of amaranth cv Rawa. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 13(4)

Kachiguma N.A., Weston M.W., Moses M.M., Damaliphetsa A., 2015. Chemical and mineral composition of amaranth (*Amaranthus* L.) species collected from Central Malawi. *J. Food Res.*, 4(4): 92-102

Kaczor A., Zuzńska J., 2009. Znaczenie siarki w rolnictwie. *Chemia Dydaktyka Ekologia Metrologia*, 14(1-2): 69-78

Kadoshnikov S.I., Martirosian D.M., Kadoshnikova I.G., Czernov I.A., 2001. A study on the silage use of plain and combined amaranth in ontogenesis. *Legacy*, 14(1): 4-8

Kasprowicz-Potocka M., 2012. Zboża w żywieniu słoń - szarłat (*Amaranthus*). *Trzoda Chlewna*, 50(5): 40-42

Kassab A.O., 2005. Soil moisture stress and micronutrients foliar application effects on the growth and yield of mung bean plants. *Jour. Agric. Sci.*, 30: 247-256

Kauffman, C.S., Weber L.E., 1990. Grain amaranth. ss. 127-139. [w:] J. Janick, J.E. Simon (red.) *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR

Kaul H.-P., Aufhammer W., Laible B., Nalborczyk E., Piróg S., Wasiak K., 1996. The suitability of amaranth genotypes for grain and fodder use in Central Europe. *Die Bodenkultur*, 47(3): 173-181

Kaur S., Singh N., Chand R.J., 2010. *Amaranthus hypochondriacus* and *Amaranthus caudatus* germplasm: Characteristics of plants, grain and flours. *Food Chemistry*, 123(4): 1227-1234

Kaya M., Şanlı A., Tonguç M., 2010. Effect of sowing dates and seed treatments on yield, some yield parameters and protein content of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Afr. J. Biotechnol.*, 9(25), 3833-3839

Każmierczak A., Bolesławska I., Przysławski J., 2011. Szarłat – jego wykorzystanie w profilaktyce i leczeniu wybranych chorób cywilizacyjnych. *Nowiny Lekarskie*, 80(3): 192-198

Kelly G.S., 1999. Squalene and its potential clinical uses. *Alter. Med. Rev.*, 4(1): 29-36

Kępczyński J., Bihun M., Kępczyńska E., 2006. Implication of ethylene in the release of secondary dormancy in *Amaranthus caudatus* L. seeds by gibberellins or cytokinin. *Plant Growth Regulation*, 48: 119-126

Kietlinski K.D., Jimenez F., Jellen E.N., Maughan P.J., Smith S.M., Pratt D.B., 2014. Relationships between the weedy *Amaranthus hybridus* (Amaranthaceae) and the grain amaranths. *Crop Science*, 54(1): 220-228

Korzeniowska J., 2008. Postęp w badaniach nad znaczeniem boru w uprawie pszenicy. *Post.*

Nauk Rol., 3: 43-53

Kościk B., Kalita E., 1999. Stan i perspektywy uprawy roślin alternatywnych na Zamojszczyźnie. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol., 468: 47-62

Kozak M., Malarz W., Kotecki A., Serafin-Andrzejewska M., 2011. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na rozwój, plonowanie i skład chemiczny nasion amarantusa uprawnego. Zesz. Nauk. UP Wroc., Rol., XCVIII, 581: 79-94

Kozera W., Barczak B., Majcherczak E., 2004. Zawartość i skład frakcyjny białka ziarna owsa uprawianego w warunkach dolistnego nawożenia molibdenem i borem. Ann. UMCS, Sectio E, Agricultura, 59(1), 375-382

Kuchta M., Koreleski J., 1993. Wpływ wysokiego udziału suszu lucerny w mieszance niskoenergetycznej dla niosek na jakość jaj. Przegl. Hod., Zesz. Nauk., 8: 232-238

Lamothe L.M., Srichuwong S., Reuhs B.L., Hamaker B.R., 2015. Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) and amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) provide dietary fibres high in pectic substances and xyloglucans. Food Chem., 167: 490-496

Laisk A., Edwards G.E., 1998. Oxygen and electron flow in C<sub>4</sub> photosynthesis: Mehler reaction, photorespiration and CO<sub>2</sub> concentration in the bundle sheath. Planta, 205: 632-645

Lehmann J.W., 1996. Case history of grain amaranthus and alternative crop. Cereal Foods World, 41: 399-411

Leon R.G., Bassham D.C., Owen M.D.K., 2007. Thermal and hormonal regulation of the dormancy-germination transition in *Amaranthus tuberculatus* seeds. Weed Res., 47: 335-344

León-Camacho M., Garcia-Gonzalez D.L., Aparicio R., 2001. A detailed and comprehensive study of amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) oil fatty profile. Eur. Food Res. Technol., 213: 349-355

Li H., Deng Z., Liu R., Zhu H., Draves J., Marcone M., Sun Y., Tsao R., 2015. Characterization of phenolics, betacyanins and antioxidant activities of the seed, leaf, sprout, flower and stalk extracts of three *Amaranthus* species. J. Food Composition and Analysis, 37: 75-81

Lista odmian roślin rolniczych, 2010. COBORU, Słupia Wielka

Liu F., Stützel H., 2002. Leaf water relations of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to soil drying. Eur. J. Agron., 16: 137-150

Madgaonkar C.S., Lakshman H.C., 2011. Association of arbuscular mycorrhizal fungi in some plants of amaranthaceae. Karnataka J. Agric. Sci., 24(3) : 303-308

Makinde E.A., Ayeni L.S., Ojeniyi S.O., 2010. Morphological characteristics of *Amaranthus cruentus* L. as influenced by kola pod husk, organomineral and NPK fertilizers in Southwestern Nigeria. New York Sci. J., 3(5): 130-134

Maransari M., Smith D.L., 2014. Plant hormones and seed germination. Envir. Experimental Botany, 99: 110-121

Marciniak-Lukasiak K., Skrzypacz M., 2008. Koncentrat chleba bezglutenowego z dodatkiem mąki z szarłat. Żywność. Nauka Technologia. Jakość, 4(59): 131-140

Marcone M.F., Kakuda Y., Yada R.Y., 2003. Amaranth as a rich dietary source of  $\beta$ -sitosterol and other phytosterols. Plant Foods Human Nutr., 58: 207-211

Martinez C.S., Ribotta P.D., Añón M.C., León A.E., 2014. Effect of amaranth flour (*Amaranthus mantegazzianus*) on the technological and sensory quality of bread wheat pasta. Food Sci. Techn. Intern., 20(2): 127-135

Martirosyan D.M., Miroshnichenko L.A., Kulakova S.N., Pogojeva A.V., Zolodov V.I., 2007. Amaranth oil application for coronary heart disease and hypertension. Lipids in Health and Disease, 6: 1-12

Matoha T., Kobayashi M., 2002. Boron function in plant cell walls. [w:] Goldbach et al. (red). Boron in plant and animal nutrition. Kluwer Academic Publishers, NY: 143-155

Maundu P.-M., Grubben G.J.H., 2004. *Amaranthus graecizans* L. ss. 76-78. [w:] Grubben

- G.J.H., Denton O.A. (red.), Vegetables Plant Resources of Tropical Africa 2. Backhuys Publ., Wageningen, Leiden, Netherlands
- Mburu M.W., Gikonyo N.K., Kenji G.M., Mwasaru A.M., 2012. Nutritional and functional properties of a complementary food based on Kenyan amaranth grain (*Amaranthus cruentus*). Afr. J. Food, Agric., Nutr. Develop., 12(2): 5959-5977
- Minzanova S.T., Sosnina N.A., Vyshtakalyuk A.B., Lapin A.A., Smolentsev A.V., Mironova L.G., Khirug S.S., Kononov A.I., 2007. Technological aspects of the manufacturing of amaranth fodder additives. Chem. Technology, 413:75–78
- Modi A.T., 2007. Growth temperature and plant age influence on nutritional quality of *Amaranthus* leaves and seed germination capacity. Water SA, 33(3): 369-375
- Moosavi A., Tavakkol A.R., Sharif-Zadeh F., Aynehband A., 2009. Seed priming to increase salt and drought stress tolerance during germination in cultivated species of Amaranth. Seed Sci. Techn., 37(3), 781-785
- Moscova C., 2012. Influence of depth placement and duration of stay in the soil of *Amaranthus* species seeds on rest and germination. Scientific Papers. Ser. A. Agronomy, LV: 306-309
- Mosyakin S.L., Robertson K.R., 1996. New infrageneric taxa and combinations in *Amaranthus* (Amaranthaceae). Ann. Bot. Fennici, 33: 275-281
- Mousavi S.R., Shahsavari M., Rezaei M., 2011. A general overview on manganese (Mn) importance for crops production. Australian J. Basic and Applied Sciences, 5(9): 1799-1803
- Mujica S.A., 1992. Andean grains and legumes. ss.: 129-146. [w:] J.E. Hernandez, J. Leon (red.), Marginal crops: Another perspective from 1492. FAO Collection. Plant Production and Protection, Rome, Italy
- Murata S., Kobayashi M., Matoh T., Sekiya J., 1992. Sodium stimulates regeneration of phosphoenolpyruvate in mesophyll chloroplasts of *A. tricolor*. Plant Cell Physiol., 33: 1247-1250
- Muriuki E.N., Sila D.N., Onyango A., 2014. Nutritional diversity of leafy amaranth species grown in Kenya. J. Appl. Biosci., 79: 6818-6825
- Musa M., Singht A., Lawal A.A., 2014. Influence of priming duration on the performance of amaranths (*Amaranthus cruentus* L.) in Sokoto semiarid zone of Nigeria. Intern. J. Agron.,
- Myers R.L., 1996. Amaranth: New crop opportunity. ss.: 207-220. [w:] J. Janick (red.). Progress in new crops. ASHS Press, Alexandria, VA
- Myers R.L., 1998. Nitrogen fertilizer effect on grain amaranth. Agronomy J., 90(5): 597-602
- Naem M.A., Muhammad S., 2006. Effect of seed priming on growth of barley (*Hordeum vulgare*) by using brackish water in salt affected soils. Pakist. J. Bot., 38(3), 613-622
- Nalborczyk E., 1995. Nowe rośliny uprawne. Amaranthus: Biologia Amaranthus oraz perspektywy jego uprawy i wykorzystania w Polsce. Wyd. SGGW, Warszawa: 8-28
- Nalborczyk E., Wróblewska E., Marcinkowska B., 1994. Amaranthus - nowa roślina uprawna. ss.: 3-25. [w:] Kurylow J. (red.), Amaranthus perspektywy i wykorzystanie. Wyd. SGGW, Warszawa
- Nambiar V.S., Sharma M., 2014. Carotene content of coriander leaves (*Coriandrum sativum*), amaranth red (*Amaranthus* sp.), green garlic (*Allium sativum*) and mogri (*Raphanus caudatus*) and its products. J. App. Pharm. Sci., 4(8): 69-74
- National Research Council (NRC), 1984. Amaranth: Modern Prospects for an Ancient Crop. National Academy Press, Washington, D.C.
- National Research Council (NRC), 1989. Lost crops of the Incas: Little-known of the plants of the Andes with promise for Worldwide Cultivation. National Academy Press, Washington, D.C.
- Ng'ang'a M.N., Muasya R.M., Omami E., Ohiokpehai O., 2009. Effects of intercropping on

fresh leaf yield of amaranth (*A. dubius*) in western Kenya. *Acta Hort.* (ISHS), 806: 173-180

Nyankanga R.O., Onwonga R.N., Wekesa F.S., Nakimbugwe D., Masinde D., Mugisha J., 2012. Effect of inorganic and organic fertilizers on the performance and profitability of grain amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) in western Kenya. *J. Agric. Sci.*, 4(1): 223-232

O'Brien G.K., Price M.L., 2008. Amaranth. Grain and Vegetable Types. [www.echonet.org](http://www.echonet.org)

Obiedzińska A., Waszkiewicz-Robak B., 2012. Oleje tłoczone na zimno jako żywność funkcjonalna. *Żywność. Nauka Technologia. Jakość*, 1(80): 27-44

Ofitserov E.N., 2001. Amaranth: perspective raw material for food-processing and pharmaceutical industry. *Chemistry and Computational Simulation. Butlerov Communications*, 2(5): 1-4

Ogrodowska D., Zadernowski R., Czaplicki S., Derewiaka D., Wronowska B., 2014. Amaranth seeds and products – the source of bioactive compounds. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 64(3): 165-170

Ogrodowska D., Zadernowski R., Tańska S. C., 2011. Właściwości fizyczne nasion amarantusa (*Amaranthus cruentus*) pochodzącego z różnych rejonów uprawy w Polsce. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 6(79): 91-104

Olaniyi J.O., Adelaso K.A., Jegede C.O., 2008. Influence of nitrogen fertilizer on the growth, yield and quality of grain amaranth varieties. *World J. Agric. Sci.*, 4(4): 506-513

Oleszek W., Junkuszew M., Stochmal A., 1999. Determination and toxicity of saponins from *Amaranthus cruentus* seeds. *J. Agric. Food Chem.*, 47(9): 3685-3687

Olofintoye J.A.T., Abayomi Y.A., Olugbemi O., 2015. Yield responses of grain amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) varieties to varying planting density and soil amendment. *Afr. J. Agric. Res.*, 10(21): 2218-2225

Olorunnisomo O.A., 2009. Nutritive value of conserved maize, amaranth or maize-amaranth mixture as dry season fodder for growing west african dwarf sheep. Department of Animal Science, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria

Olufolaji A.O., Odeleye F.O., Ojo O.D., 2010. Effect of soil moisture stress on the emergence, establishment and productivity of Amaranthus (*Amaranthus cruentus* L.). *Agriculture and Biology J. North America*, 1(6): 1169-1181

Onwuka M.I., Ihejiakor C.N., 2013. Residual effect of integrated nutrient management approach on the growth and yield of amaranthus (*Amaranthus cruentus* L.) on an acidic soil of Southeastern Nigeria. *Greener J. Agric. Sci.*, 3(11): 778-786

Orhue E.R., Edosa I.V., Iyagbaye L., 2015. Heavy metal status in soils and *Amaranthus cruentus* from farmland on the bank of Orogo river, Agbor, Delta State, Nigeria. *Nigerian Journal of Soil Science*, 25: 38-44

Orlovius K., Horst W., Schenk M.K., Burkert A., 2001. Effect of foliar fertilization with magnesium, sulfur, manganese and boron to sugar beet, oilseed rape and cereals. *Plant Nutrition. Kluwer Academic Publishers*, 788-789

Orzeszko-Rywka A., Rochalska M., 2004. Poprawa jakości materiału siewnego metodami konwencjonalnymi. *Post. Nauk Rol.*, 1: 53-66

Palombini S.V., Claus T., Maruyama S.A., Gohara A.K., Souza A.H.P., 2013. Evaluation of nutritional compounds in new amaranth and quinoa cultivars. *Food Sci. Technology*, 33: 339-344

Paredes-López O., Hernandez- López D., 1992. Food propeties of amaranth seeds and metods for starch izolation and characterization. ss. 217-221. [w:] Linskens H.-F., Jackson J.F. (red.), Seed analysis. Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

Park S.H., Morita N., 2004. Effect of enzymes on the dough properties and bread quality of wheat flour partly substituted for amaranth flour. *Food Sci Technol Res.*, 10(2): 127-131

Parmar J.K., Patel J.J., 2009. Effect of organic and inorganic nitrogen and biofertilizer on nutrient content and uptake by amaranthus (*Amaranthus hypochondriacus* L.). *Asian J. Soil*

Sci., 4(1): 135-138

Paško P., Bednarczyk M., Zachwieja Z., 2007. Właściwości żywieniowe i zdrowotne szarłat i komosy. Cz. I. Dotychczasowy stan wiedzy nt. właściwości odżywczych szarłat (*Amaranthus* sp.); Cz. II. Wpływ dodatku nasion szarłat i komosy do pasz szczurów na wybrane wskaźniki biochemiczne tych zwierząt karmionych dietą wysokofruktozową. Żywnienie Człowieka Metabolizm 34 (3/4): 1256-1268

Patel K.I., Patel B.M., Patel S.J., Patel P.T., Patel S.M., Patel P.M., 2012. Effect of levels of nitrogen and iron on yield of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L.) under different planting techniques. Agricultural Science Digest, 32(3): 55-58

Patil D.R., Patel M.N., 2010. Effect of seed treatment with GA<sub>3</sub> and NAA on growth and yield of okra [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench] cv. GO-2. Asian J. Hort., 5(2), 269-272

Peterka J., Kalinová J., Moudrý J., 2008. The amino acid content in amaranth seeds (*Amaranthus* sp.). ss. 12-15. [w:] Libiaková G., Gajdošová A. (red.). Proc. 5<sup>th</sup> International Symposium of the European Amaranth Association. Nitra, Slovak Republik, 9-14 november 2008

Petkov K., Antczak K., Łukaszewski Z., 1998. Zielonka z amarantusa jako surowiec kiszonkarski oraz ocena i wartość pokarmowa kiszonki w żywieniu opasów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 462: 261-268

Pęksa A., Rytel E., Tajner-Czopek A., Kita A., Danilcenko H., Jarenie E., Figiel A., Lech K., Miedzianka J., Drożdż W., 2015. Wpływ surowca i parametrów procesu na cechy sensoryczne i fizyczne ekstrudowanych przekąsek. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 3(100): 176-189

Piecyk M., Worobiej E., Rębiś M., Rębiś Ż., 2009. Zawartość i charakterystyka składników odżywczych w produktach szarłat. Bromat. Chem. Toksykol., 42(2): 147-153

Pierce C.A., Block R.A., Aguinis H., 2004. Cautionary note on reporting eta-squared values from multifactor anova designs. Educ. Psychological Measurement, 64(6): 916-924

Pill W.G., Evans T.A., 1994. Priming improves germination and emergence of combine-harvested *Amaranthus cruentus* L. Seeds. HortScience, 29(6): 655-658

Pinto C.W., Velazquez O.G., 2010. Sinopsis del subgénero *Amaranthus* (*Amaranthus*, *Amaranthaceae*) en Venezuela. Acta Bot. Venez., 33(2): 329-355

Pond W.G., Lehmann I.W., 1989. Nutritive value of a vegetable amaranth cultivar for growing lambs. J. Animal Sci., 67(11): 3036-3039

Pospišil A., Pospišil M., 2008. Green mass and dry matter yield, and nutritional value of forage sorghum and amaranth at different growth stages. Bulletin UASVM, Agriculture, 65(1): 338

Pospišil A., Pospišil M., Varga B., Svečnjak Z., 2006. Grain yield and protein concentration of two amaranth species as influenced by nitrogen fertilizer. Eur. J. Agron., 25(3): 250-253

Pourfarid A., Kamkar B., Akbari G.A., 2014. The effect of density on yield and some agronomical and physiological traits of Amaranth (*Amaranthus* spp.). Inter. J. Farming and Allied Sci., 31: 1256-1259

Prakash D., Joshi B.D., Pal M., 1995. Witamin C in leaves and seed oil composition of the *Amaranthus* species. Int. J. Food Sci. Nutr., 46(1): 47-51

Prokopowicz D., 2001. Właściwości zdrowotne szarłat (*Amaranthus cruentus*). Med. Wet., 57(8): 559-561

Pusz W., 2009. Ocena zdrowotności liści roślin z rodzaju *Amaranthus*. Zesz. Nauk. UP Wrocław, ser. Roln., XCV, 574: 51-61

Pusz W., Płaskowska E., 2008. *Phomopsis amaranthicola* – nowy patogen szarłat uprawnego (*Amaranthus cruentus*). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 529: 175-182

Putman D.H., Oplinger E.S., Doll J.D., Schulte E.M., 1989. Amaranth.

<http://corn.agronomy.wisc.edu>

- Putnam D.H. 1990. Agronomic practices for grain amaranth. ss. 151-159. [w:] Proc. 4<sup>th</sup> National Amaranth Symposium: Perspectives on production, processing and marketing. American Amaranth Institute; Minnesota Extension Service. Minneapolis, Minnesota
- Qian J.Y., Kuhn M., 1999. Characterization of *Amaranthus cruentus* and *Chenopodium quinoa* starch. Starch, 51(4): 116-120
- Rahman I.U., Afzal A., Iqbal Z., Shah A.H., Khan M.A., Ijaz F., Ullan S.A., Nisar A., Zainab R., Manan S., 2015. Review of foliar feeding in various vegetables and cereal crops boosting growth and yield attributes. American-Eurasian J. Agric. Env. Sci., 15(1): 74-77
- Rahman M.M., Azirun S.M., Boyce A.N., 2013. Enhanced accumulation of copper and lead in amaranth (*Amaranthus paniculatus*), indian mustard (*Brassica juncea*) and sunflower (*Helianthus annuus*). PLOS ONE, 8(5): doi:10.1371/journal.pone.0062941
- Railey K., Amaranth: a healthy grain for vegetarian recipes. <http://chetday.com/amaranth.html>
- Rastogi A., Siddiqui A., Mishra B.K., Srivastava M., Pandey R., Misra P., Singh M., Shukla S., 2013. Effect of auxin and gibberellic acid on growth and yield components of linseed (*Linum usitatissimum* L.). Crop Breed. Appl. Biotechnol., 13(2)
- Ratusz K., Wirkowska M., 2006. Charakterystyka nasion i lipidów amarantusa. Rośliny Oleiste - Oilseed Crops., 27: 243-250
- Ravindran V., Hood R.L., Gill R.J., Kneale C.R., Bryden W.L., 1996. Nutritional evaluation of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) in broiler diets. Animal Feed Sci. Techn., 63: 323-331
- Repo-Carrasco R., Peña J., Kallio H., Salminen S., 2009. Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*). J. Cereal Sci., 49(2): 219-224
- Riemens M.M., Groeneveld R.M.W., Lotz L.A.P., Kropff M.J., 2007. Effects of three management strategies on seedbank emergence and the need for hand weeding in an organic arable cropping system. Weed Res. 47: 442-451
- Rinderle S.J., Goldstein I.J., Matta K.L., Ratcliffe R.M., 1989. Isolation and characterization of amaranthin, a lectin present in the seeds of *Amaranthus caudatus*, that recognizes the T- (or cryptic T)-antigen. J. Biol. Chem., 264: 16123-16131
- Robinson R.G., 1986. Amaranth. ss. 1-14. [w:] Amaranth, quinoa, ragi, tef, and niger alternative agricultural opportunities. Agr. Exp. Station Univ. of Minnesota, Station Bullet. (SB-2949)
- Rollin F., Kennedy J., Wills J., 2011. Consumers and new food technologies. Trends Food Sci. Technol., 22: 99-111
- Ronteltap A., van Trijp J., Renes R., Frewer L., 2007. Consumer acceptance of technology-based food innovations: lessons for the future of nutrigenomics. Appetite, 49: 1-17
- Rosa R., Zaniewicz-Bajkowska A., Kosterna E., Franczuk J., 2012. Phacelia and amaranth catch crops in sweet corn cultivation. Part I. Corn yields. Acta Sci. Pol., Hort. Cultus, 11(1): 145-159
- Rosell C.M., Cortez G., Repo-Carrasco R., 2009. Breadmaking use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*), and tarwi (*Lupinus mutabilis*). Cereal Chemistry, 86(44): 386-392
- Roszewski R., 1998. Biologia, uprawa i wykorzystanie szarłatu uprawnego w Polsce (*Amaranthus* spp.). Hod. Rośl. Nasien., 2:16-21
- Rout G.R., Sahoo S., 2015. Role of iron in plant growth and metabolism. Rev. Agr. Sci., 3: 1-24
- Różyło R., Laskowski J., 2008. Wpływ dodatku produktów z amarantusa na cechy tekstury miękkiszu pieczywa. Acta Agrophysica, 11(2): 499-508

- Rutkowska J., 2006. Amaranthus – roślina przyjazna człowiekowi. Przegl. Piek. Cuk., 1: 6-10
- Rybicka I., 2014. Zmiany na rynku żywności bezglutenowej. Przem. Spoż., 68(8): 32-35
- Sage R.F., Sage T.L., Pearcy R.W., Borsch T., 2007. The taxonomic distribution of C<sub>4</sub> photosynthesis in *Amaranthaceae sensu stricto*. Am J Bot., 94(12): 1992-2003
- Santos dos G.C.G., Rodella A.A., de Abreu C.A., Coscione A.R., 2010. Vegetable species for phytoextraction of boron, copper, lead, manganese and zinc from contaminated soil. Scientia Agricola, 67(6): 713-719
- Sanz-Penella J. M., Wronkowska M., Soral-Smietana M., Haros M., 2013. Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. LWT-Food Sci. Techn., 50(2): 679-685
- Sarker U.K., Dey S., Kundu S., Awal M.A., 2013. On-farm study on intercropping of hybrid maize with short duration vegetables. J. Bangladesh Agric. Univ., 11(1): 1-4
- Schnetzler K.A., Breene W.M. 1994. Food uses and amaranth product research: a comprehensive review. ss.: 155-177. [w:] Paredes-Lopez O. (red). Amaranth. Biology, Chemistry and Technology. CRC Inc. Press, Boca Raton, Floryda
- Schoenlechner R., Siebenhandl S., Berghofer E., 2008. Pseudocereals, ss. 149-190. [w:] Arendt E.K., Bello F.D. (red.). Gluten-free cereal products and beverages. Academic Press.
- Schulte G., Kaul H.-P., Kruse M., Aufhammer W., 2005. Yield and nitrogen utilization efficiency of the pseudocereals amaranth, quinoa, and buckwheat under differing nitrogen fertilization. Eur. J. Agronomy, 22: 95-100
- Segura-Nieto M., Barba de la Rosa A.P., Paredes-Lopez O., 1994. Biochemistry of amaranth proteins. ss.: 75-106. [w:] Amaranth. Biology, Chemistry and Technology. Paredes-Lopez O.(red.), CRC Inc. Press, Boca Raton, Floryda
- Sienkiewicz-Cholewa U., 2005. Znaczenie boru i miedzi w uprawie rzepaku w kraju. Rośl. Oleiste 26(1): 163–172
- Simonsen L., Fomsgaard I.S., Svensmark B., Spliid N.N., 2008. Fate and availability of glyphosate and AMPA in agricultural soil. J. Environ. Sci. Part B., 43(5): 365-375
- Sindhuja A., Sudha M. L., Rahim A., 2005. Effect of incorporation of amaranth flour on the quality of cookies. Eur. Food Res. Technol., 221(5): 597-601
- Skwaryło-Bednarz B., 2008. Ocena właściwości biologicznych gleby pod uprawą szarłat (*Amaranthus cruentus* L.). Acta Agrophysica 12(2): 527-534
- Skwaryło-Bednarz B., 2010. Zawartość tłuszczu oraz tokoferoli w nasionach krajowych odmian szarłat (*Amaranthus cruentus* L.) w warunkach zróżnicowanego nawożenia makroelementami. Acta Agrophysica, 15(2): 409-415
- Skwaryło-Bednarz B., 2012. Assessment of content of fat and tocopherols in seeds of amaranthus in relation to diversified fertilization with macroelements. Ecol. Chem. Eng., 19(2): 273-279
- Skwaryło-Bednarz B., Brodowska M.S., Brodowski R., 2011. Evaluating the influence of varied NPK fertilization on yielding and microelements contents at amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) depending on its cultivar and plant spacing. Acta Sci. Pol., Hort. Cultus, 10(4): 245-261
- Skwaryło-Bednarz B., Brodowska M.S., Onuch J., Sapuła J., 2014. Plonowanie krajowych odmian szarłat (*Amaranthus cruentus* L.) w warunkach zróżnicowanego nawożenia makroelementami. Ann. UMCS, sec. E, Agricultura, 69(2), 37-43
- Skwaryło-Bednarz B., Krzepiło A., 2008. Zróżnicowane nawożenie NPK w szerokokorzystej uprawie szarłat (*Amaranthus cruentus* L.) a całkowita zdolność antyoksydacyjna liści oraz gleby pod tą rośliną. Acta Agrophysica, 12(1): 173-180
- Skwaryło-Bednarz B., Krzepiło A., 2009. Wpływ zróżnicowanego nawożenia NPK na zawartość chlorofilu w liściach dwóch odmian szarłat (*Amaranthus cruentus* L.)

- uprawianego w siewie szerokokorzędowym. *Acta Agrophysica*, 14(2): 469-477
- Sleugh B.B., Moore K.J., Brummer E.C., Knapp A.D., Russel J., Gibson L., 2001. Forage nutritive value of various amaranth species at different harvest dates. *Crop Sci.*, 41(2): 466-472
- Sogbohossou O.E.D., Achigan-Dako E.G., 2014. Phenetic differentiation and use-type delimitation in *Amaranthus* spp. from worldwide origins. *Sci. Horticult.*, 178: 31-42
- Songin H., Sławiński K., 2000. Wpływ sposobu zbioru na plonowanie i wigor nasion szarłatu uprawnego (*Amaranthus* ssp.). *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 468: 429-433
- Soomarin S.J., Alipoor S.H., Mahmoodabad R.Z., 2010. Evaluation of sulfuric acid application in breaking dormancy of goosefoot and red-root amaranth seeds. *Plant Ecophysiology*, 2: 127-131
- Sosnowska B., Achremowicz B., 2000. Próba wykorzystania mąki z amarantusa do wypieku herbatników. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 4(25): 48-53
- Stallknecht G.F., Schulz-Schaeffer J.R., 1993. Amaranth rediscovered, ss. 211-218. [w:] Janick J., Simon J.S. (red.). *New crops*. Wiley, New York
- Stanisławska-Głubiak E., Korzeniowska J., 2007. Zasady nawożenia mikroelementami roślin uprawnych. [w:] Harasim A. (red.). *Efektywne i bezpieczne metody regulacji zachwaszczenia, nawożenia i uprawy roli*. Studia i Raporty IUNG Puławy, zesz. 8: 99-110
- Starczewski J., Maksymiak R., 2001. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie szarłatu uprawnego (*Amaranthus* ssp.). *Zesz. Nauk. Akad. Podl. Siedlce, Ser. Rol.*, 60: 65-74
- Stawarczyk M., 2014. Żywność ekspandowana. *Aptekarz Polski*, 98/76, online
- Steckel L.E., Sprague C.L., Stoller E.W., Wax L.M., 2004. Temperature effects on germination of nine *Amaranthus* species. *Weed Sci.*, 52(2): 217-221
- Stordahl J.L., DiCostanzo A., Sheaffer C.C., 2008. Variety and maturity affect amaranth forage yield and quality. *J. Prod. Agric.*, 12(2): 249-253
- Stuchlik M., Žák S., 2002. Vegetable lipids as components of functional foods. *Biomed. Papers.*, 146(2): 3-10
- Sun H., Wiesenborn D., Tostenson K., Gillespie J., Rayas-Duarte P., 1997. Fractionation of squalene from amaranth seed oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 74: 413-418
- Svirskis A., 2003. Investigation of amaranth cultivation and utilisation in Lithuania. *Agron. Res.*, 1(2): 253-264
- Svirskis A., 2009. Prospects for non-traditional plant species cultivated for forage in Lithuania. *Not. Bot. Hort. Agrobot., Cluj*, 37(1): 215-218
- Szewczuk C., Michałojć., 2003. Praktyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. *Acta Agrophysica*, 85: 19-29
- Sznigir P., Kępczyński J., 2009. Reakcja na regulatory wzrostu nasion *Amaranthus retroflexus* L. inkubowanych w glebie przez okres zimowy. *Zesz. Nauk. Uniw. Szcz.*, *Acta Biologica*, 16: 129-138
- Szot B., 1999. Właściwości agrofizyczne amarantusa (*Amaranthus cruentus* L.). *Acta Agrophysica*, 18: 1-73
- Szwejkowska B., Bielski S., 2012. Wartość prozdrowotna nasion szarłatu (*Amaranthus cruentus* L.). *Postępy Fitoterapii*, 4: 240-243
- Ścigalska B., 1998. Plonowanie odmian pszenżyta jarego w ogniwie zmianowania z udziałem szarłatu (*Amaranthus* ssp.). *Rocz. Nauk Rol. Ser. A*, 113(3/4): 133-143
- Ścigalska B., Klima K., 1997. Możliwości uprawy szarłatu (*Amaranthus* ssp.) na nasiona w warunkach makroregionu południowo-wschodniego. *Biul. Regional. Zakładu Doradz. Rol. AR w Krakowie*, 314: 35-38
- Śmigierska K., Heinrich P., Jendrzejczak E., 2013a. Wpływ dodatków technologicznych z

- nasion szarłat na zawartość wybranych składników biologicznie czynnych w chlebie. Mat. Ogólnopol. Konf. Nauk. „Towaroznawstwo XXI wieku podstawą innowacji, jakości oraz satysfakcji konsumentów”. Olsztyn, 22-24 maja 2013
- Śmigierska K., Heinrich P., Jendrzeczak E., 2013b. Skład chemiczny frakcji tłuszczowej olejów z nasion szarłat krwistego i komosy ryżowej. Mat. III Kraj. Konf. pt. „Naturalne substancje roślinne – aspekty strukturalne i aplikacyjne”. Puławy, 4-6 września 2013
- Świderski F., Wawszkiewicz-Robak B., Hoffman M., 2001. Żywność funkcjonalna – implikacje żywieniowe. Żywność. Nauka. Technika. Jakość, 4(29): 133-149
- Tabrizi E.F.M., Yarnia M., Rashidi V., Rahimzadeh K.F., Khorshidi B.M.B., 2013. Effect of nitrogen and micro fertilizer application on the yield of amaranth (*Amaranthus hypochondriacus* L. × *Amaranthus hybridus* L.) cv. Koniz. Res. on Crops, 14(3): 711-715
- Tchientche-Kamga R., Kouamé C., Atangana A.R., Chagomoka T., Ndango R., 2013. Nutritional evaluation of five African indigenous vegetables. J. Hort. Res., 21(1): 99-106
- Tejeda-Sartorius O., Vaquera-Huerta H., Cadena-Iñiguez J., 2011. Effect of amaranth residues (*Amaranthus hypochondriacus* L.) on weed control and yield of radish, onion and carrot. Spanish Journal of Agricultural Research, [S.l.], 9(1): 284-295
- Tesfamariam T., Bott S., Cakmak I., Römhild V., Neumann G., 2009. Glyphosate in the rhizosphere - Role of waiting times and different glyphosate binding forms in soils for phytotoxicity to non-target plants. Europ. J. Agronomy 31: 126-132
- Teutonico R.A., Knorr D., 1985. Amaranth, composition, properties and applications of a rediscovered food crop. Food Technol., 39: 49-61
- Ting Xuan L., Guo Rui M., 2004. Study on biochemistry of potassium-rich grain amaranth. Plant. Nutr. Fertilizer Sci., 10(4): 380-385
- Tiryaki I., Korkmaz A., Nas M.N., Ozbay N., 2005. Priming combined with plant growth regulators promotes germination and emergence of dormant *Amaranthus cruentus* L. seeds. Seed Sci. Techn., 33(3): 571-579
- Tosi E.A., Ré E., Lucero H., Masciarelli R., 2001. Dietary fiber obtained from amaranth (*Amaranthus cruentus*) grain by differential milling. Food Chem., 73: 441-443
- Townsend C.C., 1988. Two new species of Amaranthaceae from South America. Kew Bulletin: 103-106
- Trenbath B.R., 1999. Multispecies cropping systems in India: Predictions of their productivity, stability, resilience and ecological sustainability. Agroforestry Systems 45(1-2): 81-107
- Troiani de R.M., Sánchez T.M., Reinaudi N.B., Ferramola de L.A., 2004. Optimal sowing dates of three species of grain-bearing amaranth in the semi-arid Argentine Pampa. Span. J. Agric. Res., 2(3): 385-391
- Trucco F., Tranel P.J., 2011. Amaranthus. ss.: 11-21. [w:] Kole Ch. (red.), Wild crop relatives: Genomic and breeding resources. Springer Heidelberg Dordrecht London New York
- Türk M.A., Assaf T.A., Hameed K.M., Al-Tawaha A.M., 2006. Significance of mycorrhizae. World J. Agric. Sci., 2(1): 16-20
- Uazhanova R., Alimardanova M., Kizatova M., 2013. Investigation of biochemical properties and fractional composition of Amaranth oil. J. Life Sci., 7(4): 437-442
- USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28 NNDSR. [http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/\(2015\)](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/(2015))
- Venskutonis P. R., Kraujalis P., 2013. Nutritional components of amaranth seeds and vegetables, Institute of Food Technologist, 12: 381-408
- Víglaský J., Andrejčák I., Húska J., Suchomel J., 2009. Amaranth (*Amaranthus* L.) is a potential source of raw material for biofuels production. Agron. Res., 7(2): 865-873
- Virk P., Saxena P.K., 2003. Potential of *Amaranthus* seeds in supplementary feed and its

- impact on growth in some carps. *Biores. Technol.*, 86: 25-27
- Vitolo M.R., Campagnolo P.D.B., Gama C.M., 2007. Factors associated with risk of low dietary fiber intake in adolescents. *J. Pediatr.*, 83(1): 47-52
- Walkowski A., Fornal J., Lewandowicz G., Sadowska J., 1997. Structure physico-chemical properties and potential uses of amaranth starch. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 6(2): 11-22
- Ward S.M., Webster T.M., Steckel L.E., 2013. Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*): A Review. *Weed Technology*, 27(1): 12-27
- Webb D.M., 1985. Seed germination and seedling emergence in *Amaranthus* spp. Montana State University, USA, ss. 63
- Weber E.L., 1990. Amaranth-Grain Production Guide
- Wejnerowska, G., Heinrich, P., Gaca, J., 2013. Separation of squalene and oil from *Amaranthus* seeds by supercritical carbon dioxide. *Sep. Purif. Technol.*, 110: 39-43
- Welch R.M., Robin D. Cakmak I., 2013. Linking agricultural production practices to improving human nutrition and health. [www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications)
- White P.J., Broadley M.R., 2009. Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets – iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist*, 182: 49-84
- Wojciechowska B., Bobrzecka D., Procyk Z., 2001. Dynamika przyrostu masy roślinnej oraz pobierania miedzi przez szarłat (*Amaranthus cruentus* L.). *Biul. Magnezol.*, 6(1): 88-97
- World Health Organization 1996. Essential trace elements: examples of some deficiency implications, functions, estimated dietary needs and rich food sources.
- Wójcik P. (red.), 2014. Zrównoważone nawożenie roślin ogrodniczych. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice 2014, ss. 64
- Wroniak M., Kruszewska B., Gwiazda S., 1995. Nasiona *Amaranthus* jako surowiec do otrzymywania preparatów białkowych. *Przegl. Zboż.-Młyn.*, 8: 19-21
- Wróbel S., Domaradzki K., 2006. Działanie boru i manganu w łącznej aplikacji dolistnej z herbicydem na plonowanie i skład chemiczny buraka cukrowego. *Pamiętnik Puławski*, 142: 585-593
- Yadav R., Kalia P., Kumar R., Jain V., 2013. Antioxidant and nutritional activity studies of green leafy vegetables. *Intern. J. Agric. Food Sci. Technol.*, 4: 707-712
- Yanez G.A., Messinger J.K., Walker C.E., 1986. *Amaranthus hypochondriacus*: starch isolation and partial characterization. *Cereal Chem.*, 63: 273-276
- Yarnia M., 2010. Sowing dates and density evaluation of amaranth (cv. Koniz) as a new crop. *Adv. Environ. Biol.*, 4(1): 41-46
- Yruela I., 2005. Copper in plants. *Braz. J. Plant Physiol.*, 17(1): 145-156
- Zadak Z., Jelinek M., 2001. Potential of amaranth components in functional and nutritional supplements in the Czech Republic. *Legacy*, 14(1): 8-9
- Zaniewicz-Bajkowska A., Rosa R., Kosterna E., Franczuk J., 2013. Catch crops for green manure: biomass yield and macroelement content depending on the sowing date. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 12(1): 65-79
- Zharare G.E., 2012. Differential requirements for breaking seed dormancy in biotypes of *Cleome gynandra* and two *Amaranthus* species. *Afr. J. Agric. Res.*, 7(36): 5049-5059
- Zheleznov A.V., Solonenko L.P., Zheleznova N.B., 1997. Seed proteins of the wild and cultivated *Amaranthus* species. *Euphytica*, 97: 177-182

## **BADANIA NAD DOSKONALENIEM UPRAWY NA NASIONA SZARŁATU KRWISTEGO (*AMARANTHUS CRUENTUS* L.) ODMIANY RAWA**

### **Streszczenie**

Przystępując do badań własnych założono, że w warunkach środkowej Polski można i warto uprawiać szarłat z przeznaczeniem na nasiona. Przeprowadzono szereg doświadczeń, których celem było poznanie oddziaływania preparatów typu regulatorów wzrostu oraz otoczkowania nasion na zdolność kiełkowania oraz wzrost i rozwój szarłatu w ramach doświadczeń laboratoryjnych i polowych, a także ocenienie skutków interakcyjnego działania wieloskładnikowego nawozu nalistnego z dawkowaniem nawożenia azotowego (doświadczenia polowe).

Do badań wybrano odmianę Rawa ze względu na stosunkowo krótki okres wegetacji oraz dobrą tolerancję lżejszych gleb oraz możliwość uprawy na nasiona w środkowej Polsce. W warunkach laboratoryjnych energia i zdolność kiełkowania nasion odmiany Rawa w większym stopniu zależała od temperatury kiełkowania niż od rodzaju preparatu, w którym moczone były nasiona siewne. Zdolność kiełkowania przy temperaturze 25°C uznać można za zadowalającą niezależnie od sposobu traktowania nasion siewnych. Skuteczną stymulację kiełkowania nasion siewnych szarłatu w temperaturze 15°C wywołało moczenie ich w 0,03% roztworze wodnym Pol-Gibrescolu 800 SP, a także – w mieszaninie roztworów preparatów w stężeniach 0,03% Pol-Gibrescolu 800 SP i 2% Betoksonu Super 025 SL. W temperaturze o wartości zbliżonej do panującej w czasie kiełkowania nasion siewnych szarłatu w polu (15°C) proces kiełkowania w warunkach laboratoryjnych trwa długo i nie przekracza 50% nasion, co może wyjaśniać nierównomierność i przedłużanie się wschodów szarłatu w warunkach produkcyjnych. Otoczkowanie nasion odmiany 'Rawa' hamowało wzrost kielka, jednak ułatwiło wysiew i zapewniło równomierne rozmieszczenie w glebie. Rośliny wyrosłe z nasion moczonych w roztworze preparatu Pol-Gibrescol 800 SP oraz Betoksonu Super 025 SL i ich mieszanin, odznaczały się znacznie większymi rozmiarami i większym plonowaniem. Najbujniejszy wzrost, rozwój i najlepsze plonowanie gwarantował podział dawek na dwie dozy: 60 kg N·ha<sup>-1</sup> w fazie młodocianego wzrostu oraz 30 kg N·ha<sup>-1</sup> na początku fazy kwitnienia. Zastosowanie nalistne preparatu Agro Kompleks II wspierało oddziaływanie nawożenia doglebowego przy jednokrotnym podaniu w fazie 6-8 liści i przy łącznej dawce nawożenia azotem w ilości 90 kg N·ha<sup>-1</sup>.

Z badań własnych wynika, że najpoważniejszym problemem agrotechnicznym są powolne wschody i towarzysząca im bardzo zmienna przeżywalność siewek. Konieczność kilkukrotnego pielienia uznano za najbardziej uciążliwy aspekt agrotechniki szarłatów nasiennych.

## **RESEARCH ON THE IMPROVEMENT OF GROWING FOR SEEDS OF THE BLOOD AMARANTH (*AMARANTHUS CRUENTUS* L.) OF RAWA VARIETY**

### **Abstract**

While commencing own research it was assumed that in the conditions of central Poland amaranth may be and is worth cultivating for seeds. A vast number of tests have been carried out, which have been aimed at identifying effects of preparations such as growth regulators and seed pelleting on the germination capacity and growth and development of amaranth within the scope of laboratory tests and field experiments, as well as assessment of the results of interactive impact of multicomponent foliar fertiliser with dosage of nitrogen fertilisation (field experiments).

Rawa variety has been selected for tests due to relatively short growing season and good tolerance of light soils and the possibility of growing for seeds in central Poland. In laboratory conditions the energy and germination capacity of the seeds of Rawa variety depended to a greater extent on germination temperature rather than on the type of preparation, in which the sowing seeds were soaked. Germination capacity at the temperature of 25°C may be considered satisfactory, regardless of the treatment of sowing seeds. Effective simulation of germination of the sowing amaranth seeds at the temperature of 15°C was obtained by soaking them in a 0.03% water solution of Pol-Gibrescol 800 SP, as well as – in the mixture of solutions of preparations in concentrations 0.03% of Pol-Gibrescol 800 SP and 2% of Betokson Super 025 SL. In the temperature with the value similar to the one present during germination of sowing amaranth seeds on the field (15°C) the germination process in laboratory conditions takes a long time and does not exceed 50% of seeds, which may explain irregularity and prolongation of growth of amaranth in manufacturing conditions. Seed pelleting of 'Rawa' variety inhibited the growth of the sprouts, however facilitated sowing and ensured uniform distribution in the soil. The plants that have grown out of seeds soaked in the solution of Pol-Gibrescol 800 SP and Betokson Super 025 SL and their mixtures showed significantly larger sizes and higher yields. The most exuberant bloom, development and the best yield was guaranteed thanks to division of doses into two: 60 kg N·ha<sup>-1</sup> at the stage of juvenile growth and 30 kg N·ha<sup>-1</sup> at the beginning of the flowering phase. The use of foliar preparation Agro Kompleks II supported the fertilisation effect with a single dose at the phase of 6-8 leaves and with a total nitrogen fertilisation dosage in the amount of 90 kg N·ha<sup>-1</sup>.

Based on own research it results that slow growth and accompanying variable survival of seedlings comprise the most significant agro-technical problem. The necessity of repeated weeding was considered to be the most burdensome aspect of agro-technology of amaranth seeds.

Załącznik A. Wpływ moczenia nasion w roztworach preparatów zawierających substancje o charakterze regulatorów wzrostu na ich wartość siewną w latach 2010-2012. (Doświadczenie A.1).

Tabela A.1. Energia (po 4 dniach) i zdolność kiełkowania (po 7 i 14 dniach) nasion szarłat w zależności od sposobu ich kondycjonowania w roztworach preparatu Pol-Gibrescol 800 SP w porównaniu z obiektem kontrolnym – bez dodatkowych zabiegów. Drukiem pogrubionym oznaczono wyniki kondycjonowania istotnie statystycznie różne od obiektu kontrolnego.

| Lata          | Czas kondycjonowania [h] | Stężenie preparatu [%] | Temperatura kiełkowania                    |           |           |           |           |           |
|---------------|--------------------------|------------------------|--------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|               |                          |                        | 15°C                                       |           |           | 25°C      |           |           |
|               |                          |                        | Udział [%] nasion kiełkujących po upływie: |           |           |           |           |           |
|               |                          |                        | 4 dni                                      | 7 dni     | 14 dni    | 4 dni     | 7 dni     | 14 dni    |
| 2010          | 8                        | 0,03                   | 8                                          | 12        | 17        | <b>52</b> | <b>57</b> | <b>62</b> |
|               | 16                       |                        | 3                                          | 12        | <b>20</b> | <b>49</b> | <b>64</b> | <b>69</b> |
|               | 24                       |                        | 3                                          | 10        | 16        | <b>44</b> | <b>56</b> | <b>63</b> |
|               | Średnio dla preparatu    |                        | 5                                          | 11        | <b>18</b> | <b>48</b> | <b>59</b> | <b>65</b> |
| Kontrola      |                          | 2                      | 6                                          | 10        | 64        | 70        | 80        |           |
| 2011          | 8                        | 0,03                   | 13                                         | 33        | 48        | <b>70</b> | <b>73</b> | <b>75</b> |
|               | 16                       |                        | <b>26</b>                                  | <b>40</b> | <b>49</b> | 64        | 68        | 69        |
|               | 24                       |                        | <b>24</b>                                  | <b>39</b> | <b>52</b> | 63        | 66        | 68        |
|               | Średnio dla preparatu    |                        | <b>21</b>                                  | <b>37</b> | <b>50</b> | <b>66</b> | <b>69</b> | 71        |
| Kontrola      |                          | 9                      | 23                                         | 33        | 52        | 53        | 64        |           |
| 2012          | 8                        | 0,03                   | <b>20</b>                                  | <b>31</b> | <b>38</b> | <b>55</b> | <b>60</b> | 62        |
|               | 16                       |                        | <b>23</b>                                  | <b>35</b> | <b>38</b> | 59        | <b>62</b> | 64        |
|               | 24                       |                        | <b>19</b>                                  | <b>35</b> | <b>45</b> | <b>56</b> | 59        | 60        |
|               | Średnio dla preparatu    |                        | <b>21</b>                                  | <b>34</b> | <b>40</b> | 57        | <b>60</b> | 62        |
| Kontrola      |                          | 6                      | 11                                         | 18        | 42        | 48        | 54        |           |
| 2010<br>-2012 | 8                        | 0,03                   | <b>14</b>                                  | <b>25</b> | <b>34</b> | 59        | 63        | 66        |
|               | 16                       |                        | <b>17</b>                                  | <b>29</b> | <b>36</b> | 57        | 65        | 67        |
|               | 24                       |                        | <b>15</b>                                  | <b>28</b> | <b>38</b> | 54        | 60        | 64        |
|               | Średnio dla preparatu    |                        | <b>15</b>                                  | <b>27</b> | <b>36</b> | 57        | <b>63</b> | 66        |
| Kontrola      |                          | 6                      | 13                                         | 20        | 53        | 57        | 66        |           |

Tabela A.2. Energia (po 4 dniach) i zdolność kiełkowania (po 7 i 14 dniach) nasion szarłat w zależności od sposobu ich kondycjonowania w roztworach preparatu Betokson Super 025 SL w porównaniu z obiektem kontrolnym – bez dodatkowych zabiegów. Drukiem pogrubionym oznaczono wyniki kondycjonowania istotnie statystycznie różne od obiektu kontrolnego.

| Lata          | Czas kondy-<br>cjonowa-<br>nia<br>[h] | Stężenie<br>preparatu<br>[%] | Temperatura kiełkowania                    |           |           |           |           |           |
|---------------|---------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|               |                                       |                              | 15°C                                       |           |           | 25°C      |           |           |
|               |                                       |                              | Udział [%] nasion kiełkujących po upływie: |           |           |           |           |           |
|               |                                       |                              | 4 dni                                      | 7 dni     | 14 dni    | 4 dni     | 7 dni     | 14 dni    |
| 2010          | 8                                     | 2,00                         | 5                                          | 13        | 18        | 50        | 56        | 59        |
|               | 16                                    |                              | 9                                          | 15        | 23        | 42        | 46        | 52        |
|               | 24                                    |                              | 8                                          | 12        | 17        | 52        | 57        | 62        |
|               | Średnio dla preparatu                 |                              | 7                                          | 13        | 19        | 48        | 53        | 58        |
|               | Kontrola                              |                              | 2                                          | 6         | 10        | 64        | 70        | 80        |
| 2011          | 8                                     | 2,00                         | 9                                          | 21        | 37        | <b>70</b> | <b>76</b> | <b>77</b> |
|               | 16                                    |                              | <b>4</b>                                   | <b>16</b> | <b>29</b> | 55        | 58        | 59        |
|               | 24                                    |                              | 7                                          | 23        | 37        | 60        | 61        | 63        |
|               | Średnio dla preparatu                 |                              | 7                                          | 20        | 34        | 62        | 65        | 66        |
|               | Kontrola                              |                              | 9                                          | 23        | 33        | 52        | 53        | 64        |
| 2012          | 8                                     | 2,00                         | 9                                          | 29        | 45        | 64        | 68        | 71        |
|               | 16                                    |                              | 7                                          | 24        | 39        | 61        | 66        | 68        |
|               | 24                                    |                              | 9                                          | 28        | 36        | 55        | 58        | 59        |
|               | Średnio dla preparatu                 |                              | 8                                          | 27        | 40        | 60        | 64        | 66        |
|               | Kontrola                              |                              | 6                                          | 11        | 18        | 42        | 48        | 54        |
| 2010-<br>2012 | 8                                     | 2,00                         | 8                                          | 21        | 33        | 61        | 67        | 69        |
|               | 16                                    |                              | 7                                          | 18        | 30        | 53        | 57        | 60        |
|               | 24                                    |                              | 8                                          | 21        | 30        | 56        | 59        | 61        |
|               | Średnio dla preparatu                 |                              | 7                                          | 20        | 31        | 57        | 61        | 63        |
|               | Kontrola                              |                              | 6                                          | 13        | 20        | 53        | 57        | 66        |

Tabela A.3. Energia (po 4 dniach) i zdolność kiełkowania (po 7 i 14 dniach) nasion szarłat w zależności od sposobu ich kondycjonowania w roztworach mieszaniny preparatów Pol-Gibrescol 800 SP i Betokson Super 025 SL w porównaniu z obiektem kontrolnym – bez dodatkowych zabiegów. Drukiem pogrubionym oznaczono wyniki kondycjonowania istotnie statystycznie różne od obiektu kontrolnego.

| Lata      | Czas kondycjonowania [h]          | Stężenie preparatu [%] | Temperatura kiełkowania                    |           |           |           |           |           |
|-----------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|           |                                   |                        | 15°C                                       |           |           | 25°C      |           |           |
|           |                                   |                        | Udział [%] nasion kiełkujących po upływie: |           |           |           |           |           |
|           |                                   |                        | 4 dni                                      | 7 dni     | 14 dni    | 4 dni     | 7 dni     | 14 dni    |
| 2010      | 8                                 | 2,00                   | 25                                         | 34        | 49        | 78        | 84        | 84        |
|           | 16                                |                        | 11                                         | 19        | 31        | 61        | 65        | 68        |
|           | 24                                |                        | 9                                          | 14        | 27        | 48        | 52        | 56        |
|           | Średnio dla mieszaniny preparatów |                        | 15                                         | 22        | 36        | 62        | 67        | 69        |
| Kontrola  |                                   | 2                      | 6                                          | 10        | 64        | 70        | 80        |           |
| 2011      | 8                                 | 2,00                   | <b>15</b>                                  | <b>29</b> | <b>40</b> | <b>62</b> | <b>68</b> | <b>71</b> |
|           | 16                                |                        | 9                                          | 34        | 50        | 62        | 66        | 68        |
|           | 24                                |                        | 8                                          | 32        | 48        | 59        | 64        | 67        |
|           | Średnio dla mieszaniny preparatów |                        | 11                                         | 32        | 46        | 61        | 66        | 69        |
| Kontrola  |                                   | 9                      | 23                                         | 33        | 52        | 53        | 64        |           |
| 2012      | 8                                 | 2,00                   | 11                                         | 33        | 48        | 61        | 67        | 70        |
|           | 16                                |                        | 7                                          | 27        | 38        | 59        | 63        | 65        |
|           | 24                                |                        | 9                                          | 29        | 42        | 57        | 61        | 64        |
|           | Średnio dla mieszaniny preparatów |                        | 10                                         | 21        | 34        | 61        | 65        | 70        |
| Kontrola  |                                   | 6                      | 11                                         | 18        | 42        | 48        | 54        |           |
| 2010-2012 | 8                                 | 2,00                   | 17                                         | 32        | 46        | 67        | 73        | 75        |
|           | 16                                |                        | 9                                          | 27        | 40        | 61        | 65        | 67        |
|           | 24                                |                        | 9                                          | 25        | 39        | 55        | 59        | 62        |
|           | Średnio dla mieszaniny preparatów |                        | 12                                         | 25        | 38        | 61        | 66        | 69        |
| Kontrola  |                                   | 6                      | 13                                         | 20        | 53        | 57        | 66        |           |

Załącznik B. Wpływ zabiegów uszlachetniających materiał siewny na wzrost, rozwój i plonowanie szarlatu odmiany Rawa (Doświadczenie B.1).

Tabela B.1. Analiza długości [cm] części wegetatywnej pędu w fazie 6 – 8 liści właściwych. Porównanie obiektów w teście Scheffé'go. Objaśnienia listy porównań zabiegów podano w rozdziale. Metodyka.

| Lata | Porównanie (kontrast) | $\bar{x}_1$ | $\bar{x}_2$ | $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ | istotność $ \bar{x}_1 - \bar{x}_2 $ |
|------|-----------------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 2010 | K1                    | 21,4        | 32,2        | -10,8                   | istotna                             |
|      | K2                    | 31,7        | 33,1        | -1,4                    | nieistotna                          |
|      | K3                    | 30,1        | 34,8        | -4,7                    | istotna                             |
|      | K4                    | 28,5        | 31,7        | -3,2                    | nieistotna                          |
|      | K5                    | 39,0        | 27,2        | 11,8                    | istotna                             |
| 2011 | K1                    | 26,9        | 32,5        | -5,6                    | istotna                             |
|      | K2                    | 31,1        | 34,7        | -3,6                    | istotna                             |
|      | K3                    | 29,1        | 35,0        | -5,9                    | istotna                             |
|      | K4                    | 34,1        | 24,1        | 10,0                    | istotna                             |
|      | K5                    | 39,9        | 29,5        | 10,4                    | istotna                             |
| 2012 | K1                    | 27,0        | 29,6        | 2,6                     | nieistotna                          |
|      | K2                    | 27,3        | 32,9        | -5,6                    | istotna                             |
|      | K3                    | 30,0        | 22,0        | 8,0                     | istotna                             |
|      | K4                    | 33,4        | 26,6        | 6,8                     | istotna                             |
|      | K5                    | 27,4        | 38,4        | -11,0                   | istotna                             |

Tabela B.2. Analiza świeżej masy [g] części wegetatywnej pędu roślin szarlatu w fazie 6 – 8 liści właściwych. Porównanie obiektów w teście Scheffé'go.

| Lata | Porównanie (kontrast) | $\bar{x}_1$ | $\bar{x}_2$ | $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ | istotność $ \bar{x}_1 - \bar{x}_2 $ |
|------|-----------------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 2010 | K1                    | 37,7        | 77,3        | -39,6                   | istotna                             |
|      | K2                    | 47,2        | 122,5       | -75,3                   | istotna                             |
|      | K3                    | 46,4        | 48,6        | -2,2                    | nieistotna                          |
|      | K4                    | 38,8        | 54,2        | -15,3                   | nieistotna                          |
|      | K5                    | 187,5       | 57,6        | 129,9                   | istotna                             |
| 2011 | K1                    | 37,5        | 65,9        | -28,4                   | istotna                             |
|      | K2                    | 50,2        | 89,4        | -39,2                   | istotna                             |
|      | K3                    | 49,1        | 52,3        | -3,2                    | nieistotna                          |
|      | K4                    | 41,4        | 56,9        | -15,5                   | istotna                             |
|      | K5                    | 117,1       | 61,8        | 55,3                    | istotna                             |
| 2012 | K1                    | 29,8        | 49,8        | -20,0                   | istotna                             |
|      | K2                    | 54,3        | 42,6        | 11,7                    | istotna                             |
|      | K3                    | 57,5        | 48,7        | 8,8                     | istotna                             |
|      | K4                    | 57,2        | 57,8        | -0,6                    | nieistotna                          |
|      | K5                    | 42,6        | 42,7        | -0,1                    | nieistotna                          |

Tabela B.3. Analiza długości [cm] części wegetatywnej pędu w początkach fazy dojrzewania. Porównanie obiektów w teście Scheffé'go.

| Lata | Porównanie (kontrast) | $\bar{x}_1$ | $\bar{x}_2$ | $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ | istotność $ \bar{x}_1 - \bar{x}_2 $ |
|------|-----------------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 2010 | K1                    | 57,8        | 85,3        | -27,5                   | istotny                             |
|      | K2                    | -           | -           | -                       | -                                   |
|      | K3                    | 80,2        | 95,4        | -15,2                   | istotna                             |
|      | K4                    | 78,4        | 82,0        | -3,6                    | nieistotna                          |
|      | K5                    | -           | -           | -                       | -                                   |
| 2011 | K1                    | 78,3        | 80,5        | -2,2                    | nieistotna                          |
|      | K2                    | 82,9        | 76,9        | 6,0                     | istotna                             |
|      | K3                    | 82,5        | 83,7        | -1,2                    | nieistotna                          |
|      | K4                    | 82,9        | 82,2        | 0,7                     | nieistotna                          |
|      | K5                    | 78,4        | 75,3        | 3,1                     | nieistotna                          |
| 2012 | K1                    | 60,4        | 79,8        | -19,4                   | istotna                             |
|      | K2                    | 79,2        | 81,1        | -1,9                    | nieistotna                          |
|      | K3                    | 80,4        | 76,8        | 3,6                     | nieistotna                          |
|      | K4                    | 86,9        | 73,9        | 13,0                    | istotna                             |
|      | K5                    | 70,7        | 91,5        | -20,8                   | istotna                             |

Tabela B.4. Analiza świeżej masy [g] części wegetatywnej pędu w początkach fazy dojrzewania. Porównanie obiektów w teście Scheffé'go.

| Lata | Porównanie (kontrast) | $\bar{x}_1$ | $\bar{x}_2$ | $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ | istotność $ \bar{x}_1 - \bar{x}_2 $ |
|------|-----------------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 2010 | K1                    | 57,1        | 176,5       | -119,4                  | istotna                             |
|      | K2                    | -           | -           | -                       | -                                   |
|      | K3                    | 188,8       | 180,0       | 8,8                     | istotna                             |
|      | K4                    | 151,9       | 197,6       | -45,7                   | nieistotna                          |
|      | K5                    | -           | -           | -                       | -                                   |
| 2011 | K1                    | 192,8       | 313,2       | -120,4                  | istotna                             |
|      | K2                    | 345,9       | 264,0       | 81,9                    | istotna                             |
|      | K3                    | 379,2       | 279,3       | 99,9                    | istotna                             |
|      | K4                    | 275,7       | 482,8       | -207,1                  | istotna                             |
|      | K5                    | 240,1       | 287,9       | -47,8                   | nieistotna                          |
| 2012 | K1                    | 37,9        | 149,4       | -111,5                  | istotna                             |
|      | K2                    | 131,8       | 175,7       | -43,9                   | istotna                             |
|      | K3                    | 148,3       | 98,8        | 49,5                    | istotna                             |
|      | K4                    | 193,3       | 103,3       | 90,0                    | istotna                             |
|      | K5                    | 130,9       | 202,6       | -71,7                   | istotna                             |

Tabela B.5. Analiza całkowitej długości pędu [cm] roślin szarłatu w fazie początku dojrzewania w zależności od sposobu traktowania nasion przed siewem w latach 2010 - 2012. Porównanie obiektów w teście Scheffé'go.

| Lata | Porównanie (kontrast) | $\bar{x}_1$ | $\bar{x}_2$ | $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ | istotność $ \bar{x}_1 - \bar{x}_2 $ |
|------|-----------------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 2010 | K1                    | 92,3        | 135,4       | -43,1                   | istotna                             |
|      | K2                    | -           | -           | -                       | -                                   |
|      | K3                    | 130,1       | 145,9       | -15,8                   | istotna                             |
|      | K4                    | 126,9       | 133,4       | -6,5                    | istotna                             |
|      | K5                    | -           | -           | -                       | -                                   |
| 2011 | K1                    | 121,1       | 129,5       | -8,4                    | nieistotna                          |
|      | K2                    | 131,9       | 126,1       | 5,8                     | istotna                             |
|      | K3                    | 131,7       | 132,1       | -1,1                    | nieistotna                          |
|      | K4                    | 132,3       | 131,1       | 1,2                     | nieistotna                          |
|      | K5                    | 130,3       | 121,9       | 8,4                     | nieistotna                          |
| 2012 | K1                    | 83,9        | 113,8       | -29,9                   | istotna                             |
|      | K2                    | 109,2       | 120,6       | -11,4                   | istotna                             |
|      | K3                    | 113,7       | 100,3       | 13,4                    | istotna                             |
|      | K4                    | 128,7       | 98,7        | 30,0                    | istotna                             |
|      | K5                    | 111,2       | 130,0       | -18,8                   | istotna                             |

Tabela B.6. Analiza całkowitej świeżej masy pędu [g] roślin szarłatu w fazie początku dojrzewania w zależności od sposobu traktowania nasion przed siewem w latach 2010 - 2012. Porównanie obiektów w teście Scheffé'go.

| Lata | Porównanie (kontrast) | $\bar{x}_1$ | $\bar{x}_2$ | $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ | istotność $ \bar{x}_1 - \bar{x}_2 $ |
|------|-----------------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 2010 | K1                    | 96,0        | 324,0       | -228,0                  | istotna                             |
|      | K2                    | -           | -           | -                       | -                                   |
|      | K3                    | 330,9       | 310,1       | 20,8                    | istotna                             |
|      | K4                    | 291,2       | 370,7       | -79,5                   | istotna                             |
|      | K5                    | -           | -           | -                       | -                                   |
| 2011 | K1                    | 308,4       | 469,1       | -160,7                  | istotna                             |
|      | K2                    | 508,3       | 410,2       | 98,1                    | istotna                             |
|      | K3                    | 546,9       | 431,1       | 115,8                   | istotna                             |
|      | K4                    | 436,3       | 657,5       | -221,2                  | istotna                             |
|      | K5                    | 403,5       | 417,0       | -13,5                   | nieistotna                          |
| 2012 | K1                    | 58,4        | 204,9       | -146,5                  | istotna                             |
|      | K2                    | 182,8       | 238,1       | -55,3                   | istotna                             |
|      | K3                    | 213,4       | 121,5       | 91,9                    | istotna                             |
|      | K4                    | 296,9       | 130,0       | 166,9                   | istotna                             |
|      | K5                    | 204,5       | 271,8       | -67,3                   | istotna                             |

Tabela B.7. Analiza długości części kwiatostanowej pędu [cm] roślin szarłatu w fazie początku dojrzewania w zależności od sposobu traktowania nasion przed siewem w latach 2010 - 2012. Porównanie obiektów w teście Scheffé'go.

| Lata | Porównanie (kontrast) | $\bar{x}_1$ | $\bar{x}_2$ | $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ | istotność $ \bar{x}_1 - \bar{x}_2 $ |
|------|-----------------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 2010 | K1                    | 34,5        | 50,1        | 15,6                    | istotna                             |
|      | K2                    | -           | -           | -                       | -                                   |
|      | K3                    | 49,9        | 50,5        | -0,6                    | nieistotna                          |
|      | K4                    | 48,5        | 51,4        | -2,9                    | nieistotna                          |
|      | K5                    | -           | -           | -                       | -                                   |
| 2011 | K1                    | 42,7        | 49,0        | -6,3                    | istotna                             |
|      | K2                    | 48,9        | 49,2        | -0,3                    | nieistotna                          |
|      | K3                    | 49,1        | 48,5        | 0,6                     | nieistotna                          |
|      | K4                    | 49,4        | 48,9        | 0,5                     | nieistotna                          |
|      | K5                    | 51,9        | 46,5        | 5,4                     | nieistotna                          |
| 2012 | K1                    | 23,5        | 33,8        | -10,3                   | istotna                             |
|      | K2                    | 30,0        | 39,4        | -9,4                    | istotna                             |
|      | K3                    | 33,2        | 23,5        | 9,7                     | istotna                             |
|      | K4                    | 41,8        | 24,7        | 17,1                    | istotna                             |
|      | K5                    | 40,5        | 38,4        | 2,1                     | nieistotna                          |

Tabela B.8. Analiza świeżej masy części kwiatostanowej pędu [g] roślin szarłatu w fazie początku dojrzewania w zależności od sposobu traktowania nasion przed siewem w latach 2010 - 2012. Porównanie obiektów w teście Scheffé'go.

| Lata | Porównanie (kontrast) | $\bar{x}_1$ | $\bar{x}_2$ | $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ | istotność $ \bar{x}_1 - \bar{x}_2 $ |
|------|-----------------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 2010 | K1                    | 115,6       | 155,9       | -40,3                   | nieistotna                          |
|      | K2                    | 162,4       | 146,2       | 16,2                    | nieistotna                          |
|      | K3                    | 167,7       | 151,9       | 15,8                    | nieistotna                          |
|      | K4                    | 160,6       | 174,8       | -14,2                   | nieistotna                          |
|      | K5                    | 163,4       | 129,0       | 34,4                    | nieistotna                          |
| 2011 | K1                    | 20,5        | 55,6        | -35,1                   | istotna                             |
|      | K2                    | 51,0        | 62,4        | -11,4                   | istotna                             |
|      | K3                    | 65,2        | 22,7        | 42,5                    | istotna                             |
|      | K4                    | 103,6       | 26,8        | 76,8                    | istotna                             |
|      | K5                    | 73,6        | 51,2        | 22,4                    | istotna                             |
| 2012 | K1                    | 40,5        | 45,5        | -5,0                    | nieistotna                          |
|      | K2                    | -           | -           | -                       | -                                   |
|      | K3                    | 47,2        | 42,0        | 5,2                     | istotna                             |
|      | K4                    | 47,8        | 46,7        | 1,1                     | nieistotna                          |
|      | K5                    | -           | -           | -                       | -                                   |

Tabela B.9. Analiza udziału długości części kwiatostanowej w długości całego pędu [%] roślin szarłatu w fazie początku dojrzewania w zależności od sposobu traktowania nasion przed siewem w latach 2010 - 2012. Porównanie obiektów w teście Scheffé'go.

| Lata | Porównanie (kontrast) | $\bar{x}_1$ | $\bar{x}_2$ | $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ | istotność $ \bar{x}_1 - \bar{x}_2 $ |
|------|-----------------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 2010 | K1                    | 37,3        | 37,1        | 0,2                     | nieistotna                          |
|      | K2                    | -           | -           | -                       | -                                   |
|      | K3                    | 38,3        | 34,6        | 3,7                     | nieistotna                          |
|      | K4                    | 38,2        | 38,5        | -0,3                    | nieistotna                          |
|      | K5                    | -           | -           | -                       | -                                   |
| 2011 | K1                    | 35,3        | 37,9        | -2,6                    | istotna                             |
|      | K2                    | 37,1        | 39,0        | -1,9                    | nieistotna                          |
|      | K3                    | 37,3        | 36,7        | 0,6                     | nieistotna                          |
|      | K4                    | 37,4        | 37,3        | 0,1                     | nieistotna                          |
|      | K5                    | 39,8        | 38,2        | 1,6                     | nieistotna                          |
| 2012 | K1                    | 28,0        | 29,4        | -1,4                    | nieistotna                          |
|      | K2                    | 27,0        | 32,9        | -5,9                    | istotna                             |
|      | K3                    | 28,7        | 23,5        | 5,2                     | istotna                             |
|      | K4                    | 32,3        | 25,2        | 7,1                     | istotna                             |
|      | K5                    | 36,4        | 29,5        | 6,9                     | istotna                             |

Tabela B.10. Analiza udziału świeżej masy części kwiatostanowej w masie całego pędu [%] roślin szarłatu w fazie początku dojrzewania w zależności od sposobu traktowania nasion przed siewem w latach 2010 - 2012. Porównanie obiektów w teście Scheffé'go.

| Lata | Porównanie (kontrast) | $\bar{x}_1$ | $\bar{x}_2$ | $\bar{x}_1 - \bar{x}_2$ | istotność $ \bar{x}_1 - \bar{x}_2 $ |
|------|-----------------------|-------------|-------------|-------------------------|-------------------------------------|
| 2010 | K1                    | 40,5        | 45,5        | -5,0                    | nieistotna                          |
|      | K2                    | -           | -           | -                       | -                                   |
|      | K3                    | 47,2        | 42,0        | 5,2                     | istotna                             |
|      | K4                    | 47,8        | 46,7        | 1,1                     | nieistotna                          |
|      | K5                    | -           | -           | -                       | -                                   |
| 2011 | K1                    | 37,5        | 34,0        | 3,5                     | nieistotna                          |
|      | K2                    | 32,9        | 35,7        | -2,8                    | nieistotna                          |
|      | K3                    | 31,7        | 35,2        | -3,5                    | nieistotna                          |
|      | K4                    | 36,8        | 26,6        | 10,2                    | istotna                             |
|      | K5                    | 40,5        | 31,0        | 9,5                     | nieistotna                          |
| 2012 | K1                    | 33,9        | 25,5        | 8,4                     | istotna                             |
|      | K2                    | 24,3        | 27,4        | -3,1                    | istotna                             |
|      | K3                    | 27,1        | 18,6        | 8,5                     | istotna                             |
|      | K4                    | 33,9        | 20,4        | 13,5                    | istotna                             |
|      | K5                    | 36,0        | 18,8        | 17,2                    | istotna                             |