

UNIwersytet  
TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZY  
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH  
W BYDGOSZCZY



WYDZIAŁ ROLNICTWA  
I BIOTECHNOLOGII



## ROZPRAWA DOKTORSKA

mgr inż. Jarosław Kamieniarz

EFEKTY NALISTNEJ OCHRONY FUNGICYDOWEJ  
BURAKA CUKROWEGO (*Beta vulgaris* L.)  
W ZRÓŻNICOWANYCH WARUNKACH SIEDLISKOWYCH

**PROMOTOR**

DR HAB. INŻ. IWONA JASKULSKA, PROF. NADZW. UTP

BYDGOSZCZ  
2018



## ***Podziękowania***

*Dziękuję Pani Promotor dr hab. inż. Iwonię Jaskulskiej, prof. nadzw. UTP za opiekę merytoryczną, zaangażowanie, cenne uwagi i trafne sugestie, dzięki którym możliwe było napisanie tej pracy.*

*Dziękuję spółce Nordzucker Polska z siedzibą w Opalenicy za możliwość przeprowadzenia badań oraz zgodę na wykorzystanie wyników w pracy doktorskiej.*

*Serdecznie dziękuję mojej Małżonce oraz Synom za wsparcie, cierpliwość oraz wiarę we mnie.*



## Spis treści

<b>1. WSTĘP</b> .....	7
<b>2. ZAŁOŻENIA BADAŃ</b> .....	9
2.1. Problem badawczy .....	9
2.2. Hipoteza badawcza.....	9
2.3. Cel główny badań oraz cele szczegółowe .....	9
<b>3. PRZEGLĄD LITERATURY</b> .....	10
<b>4. METODYKA BADAŃ</b> .....	23
4.1. Metoda badań .....	23
4.2. Lokalizacja i realizacja doświadczeń polowych.....	23
4.3. Warunki glebowe .....	24
4.4. Warunki termiczne i opadowe.....	25
4.5. Pozyskiwanie i opracowanie wyników .....	27
4.5.1. Obserwacje, pomiary i analizy .....	27
4.5.2. Matematyczne i statystyczne opracowanie wyników .....	27
<b>5. OMÓWIENIE WYNIKÓW</b> .....	29
5.1. Porażenie liści przez choroby .....	29
5.2. Plon korzeni.....	33
5.3. Zawartość cukru .....	41
5.4. Plon technologiczny cukru .....	49
5.5. Zawartość potasu w korzeniach .....	56
5.6. Zawartość sodu w korzeniach .....	64
5.7. Zawartość azotu alfa-aminowego.....	72
5.8. Współczynnik alkaliczności .....	79
<b>6. Dyskusja wyników</b> .....	87
<b>7. WNIOSKI</b> .....	94
<b>LITERATURA</b> .....	95
Spis tabel .....	105
Spis rysunków .....	111
Streszczenie .....	113
Summary .....	115



## 1. WSTĘP

Burak w różnych kręgach kulturowych znany był już w okresie przed narodzeniem Chrystusa. Na ziemi polskie burak liściasty dotarł w epoce przedpiastowskiej, a korzeniowy prawdopodobnie w XVI wieku (Malec 2004). Aktualnie burak cukrowy pod względem światowego znaczenia gospodarczego jest drugą, oprócz trzciny cukrowej, rośliną cukrodajną. Głównymi centrami jego uprawy są Europa i Ameryka Północna. W ostatniej dekadzie jego areal uprawy w Polsce wynosi około 200 tys. ha, plon przekroczył  $50 \text{ t ha}^{-1}$ , a roczny zbiór korzeni oscyluje na poziomie 10 mln ton (FAO 2018). Cukier z korzeni tej rośliny na skalę przemysłową pozyskiwany jest od początku XIX wieku. Cukrownictwo w Polsce od tego czasu przeszło duże, ewolucyjne zmiany. W najnowszej historii ważnym momentem była akcesja do Unii Europejskiej. Ostatnie dwie dekady charakteryzują się przede wszystkim zmniejszeniem liczby cukrowni oraz zwiększeniem ich mocy przetwórczej (Kapusta 2015). Wobec pojawiających się nowych możliwości wykorzystania buraka cukrowego w innych gałęziach gospodarki, poza przemysłem cukrowniczym, częściowej zmianie ulega również jego znaczenie gospodarcze. Coraz więcej korzeni przeznaczają się do produkcji bioetanolu, farmaceutyków, suszu dla celów spożywczych (Finkenstadt 2014, Duraisam i in. 2017). Prowadzone są również badania nad paszowym ich wykorzystaniem (Evans i Messerschmidt 2017). Jednocześnie zarówno w krajach o największej powierzchni uprawy buraka cukrowego, jak również tych o mniejszym znaczeniu na światowym rynku cukru, prowadzone są badania nad doskonaleniem jego genotypu i agrotechniki (Ganapati i in. 2015, Zimny i in. 2015). Zainteresowanie tą rośliną oprócz znaczenia gospodarczego wynika z jej przyrodniczo-organizacyjnej roli w zrównoważonym rolnictwie. Uprawa buraka cukrowego w gospodarstwie zwiększa kulturę rolną. Jego duże wymagania siedliskowe wymuszają działania zwiększające żyzność i urodzajność gleby, inspirowane do transmisji postępu biologicznego i technologicznego (Przybył i in. 2006, Jaskulska i in. 2017, Zimny i in. 2017). Roślina ta z kolei pozostawia po sobie bardzo dobre stanowisko w zmianowaniu, zwłaszcza dla dominujących w strukturze zasiewów roślin jednoliściennych. Liście pozostające coraz częściej na polu po zbiorze korzeni mają dużą wartość nawozową (Wacławowicz 2013).

W aktualnie preferowanej integrowanej produkcji rolnej dużą wagę ze względów przyrodniczych i ekonomicznych przywiązuje się do ochrony roślin (Golinowska i Zimny 2015). Burak w okresie wegetacji, niezależnie od genotypu, sposobów i technologii jego uprawy, narażony jest na wiele chorób (Majchrzak i Jakubowska 2009, Vogel i in. 2018). W późniejszych fazach rozwojowych, kiedy rośliny nie są już skutecznie chronione przez zaprawy nasienne, są to m.in.

*Cercospora beticola* (Chwościk buraka), *Ramularia beticola* (Brunatna plamistość liści buraka), *Erysiphe betae* (Mączniak prawdziwy buraka) (Beet Disease Manual 2016). Mimo że w strategii ochrony integrowanej główną rolę w utrzymaniu zdrowych roślin przypisuje się metodom hodowlanej, agrotechnicznej i biologicznej (hodowla odmian odpornych, stanowisko w zmianowaniu, staranna uprawa roli, nawożenie, siew) to ważnym jej elementem jest także stosowanie fungicydów (Piszczek i Mrówczyński 2012, Anyszka 2013, Kristoffersen i in. 2018). Środki te na ogół skutecznie zmniejszają porażenie roślin przez patogeny, ale ich wpływ na plon korzeni i zawartość cukru nie zawsze jest jednoznacznie pozytywny (Rychcik i Zawiaślak 2002, Khan 2018). Wyniki badań eksperymentalnych wskazują, że zależy on między innymi od rodzaju substancji czynnej, ilości wykonanych zabiegów, a także warunków siedliskowych i agrotechnicznych, np. wilgotności, temperatury (Kirk i in. 2008, Noor i Khan 2015). Brakuje natomiast kompleksowych, wieloletnich opracowań wskazujących na efekty produkcyjne nalistnej aplikacji fungicydów w uprawie buraka cukrowego w różnych warunkach siedliskowych.



## **2. ZAŁOŻENIA BADAŃ**

### **2.1. Problem badawczy**

Problem badawczy zawiera się w pytaniach: Czy aplikacja fungicydów w okresie wegetacji buraka cukrowego wpływa na ograniczenie wielkości uszkodzeń liści, a także na plon korzeni i ich jakość technologiczną? Jaka jest zależność między warunkami siedliskowymi uprawy buraka, jak ilość i rozkład opadów, temperatura powietrza, właściwości gleby a efektami stosowania fungicydów? Czy efekty ochrony fungicydowej zależą od rodzaju substancji czynnej i liczby zabiegów nalistnych?

### **2.2. Hipoteza badawcza**

Na podstawie pogłębionych studiów literaturowych można założyć, że stosowanie fungicydów w okresie wegetacji buraka cukrowego i zmniejszenie przez to uszkodzeń jego liści nie musi być jednoznaczne ze wzrostem plonu i jakości technologicznej korzeni. Efekty produkcyjne ochrony fungicydowej zależą w dużym stopniu od warunków siedliskowych, w tym właściwości gleby i przebiegu pogody oraz rodzaju substancji czynnej i liczby zabiegów. Większa liczba zabiegów nie jest jednak jednoznaczna ze wzrostem plonów i zmianą zawartości cukru w porównaniu z jednokrotną aplikacją fungicydu w sezonie wegetacji.

### **2.3. Cel główny badań oraz cele szczegółowe**

Celem głównym badań było określenie efektów produkcyjnych nalistnego stosowania fungicydów w uprawie buraka cukrowego w zależności od zróżnicowanych warunków siedliskowych w 11-letnich doświadczeniach polowych. Za cele szczegółowe przyjęto:

- ocenę wpływu ochrony fungicydowej na występowanie symptomów porażenia liści przez patogeny,
- określenie plonów i jakości technologicznej korzeni (zawartość cukru i związków melasotworczych) roślin chronionych i niechronionych,
- porównanie wpływu różnych substancji czynnych oraz jedno- i trzykrotnego stosowania fungicydów w okresie wegetacji buraka cukrowego na plony i jakość surowca,
- określenie zależności między warunkami siedliskowymi (ilość i rozkład opadów, temperatura powietrza, właściwości gleby) a efektami produkcyjnymi stosowania fungicydów.

### 3. PRZEGLĄD LITERATURY

Burak cukrowy w okresie wegetacji jest atakowany przez wiele organizmów patogenicznych wywołujących choroby siewek, korzeni i liści (Borodynko i in. 2011). Należą do nich:

- wirusy, np.: *Beet necrotic yellow vein virus*, BNYVV (Rizomania); *Beet mosaic virus*, BtMV (Mozaika buraka); *Beet yellows virus*, BYV (Żółtaczka buraka); *Beet mild yellowing virus*, BMYV (Łagodna żółtaczka buraka); *Beet leaf curl virus*, BLCV (Kędzierzawka płaszczyńcowa),
- grzyby i bakterie, jak: *Pythium* spp., *Aphanomyces cochlioides*, *Phoma betae*, *Fusarium* spp. (Zgorzel siewek); *Cercospora beticola* (Chwościk buraka); *Ramularia beticola* (Brunatna plamistość liści buraka); *Phoma betae* (Plamik liściowy); *Alternaria alternata* (Alternarioza); *Erysiphe betae* (Mączniak prawdziwy buraka); *Peronospora farinosa* (Mączniak rzekomy buraka); *Uromyces betae* (Rdza buraka); *Pseudomonas syringae* pv. aptata (Bakteryjna plamistość liści); *Aphanomyces cochlioides* (Zgnilizna korzeni); *Streptomyces scabies* i *Streptomyces* spp. (Parch pasowy, Parch zwykły); *Rhizoctonia* spp., *Rhizoctonia solani* (Rizoktonioza); *Fusarium* spp. (Fuzariozy); *Rhizopus arrhizus* (Zgnilizna korzeni).

Zmiany chorobowe wywoływane są również przez niedobór składników pokarmowych. Według Moliszewskiej (2014) zmiany na liściach są skutkiem braku dostatecznej ilości lub zaburzeń pobierania makroskładników, głównie azotu, fosforu i magnezu, a także mikroskładników: manganu i boru. Do zmian chorobowych dochodzi również w wyniku niedoboru potasu oraz niskiego pH gleby (Piszczek i Mrówczyński 2012).

Zakażenia roślin mogą powstawać także w wyniku używania zainfekowanego materiału siewnego. Agarwal i in. (2006) stwierdzili w nasionach buraka cukrowego importowanych do Indii wiele patogenów, min.: *Uromyces beticola*, *Colletotrichum dematium*, *Fusarium solani*, *Pleospora betae*, *Verticillium albo-atrum*, a także inne patogeny grzybowe: *Drechslera halodes*, *D. rostrata*, *D. sorokiniana*, *Cephalosporium* sp., *Pestalotia* sp.. Na obecność patogenów w nasionach wskazują również badania Domoradzkiego i in. (2007). Autorzy wykazali, że po usunięciu wierzchniej warstwy nasion przez szlifowanie, zakażenie kiełkujących nasion buraka ćwikłowego mierzone stopniem zasiedlenia grzybów zmniejszyło się z 70% do 35%. Porażenie nasion buraka zależy w dużym stopniu od warunków siedliskowych wzrostu roślin matecznych. Duża ilość opadów, niska temperatura i mniejsze usłonecznienie powodują pogorszenie zdrowotności nasion. Taki przebieg pogody w badaniach Mikity i Gutmańskiego (2002) powodował większy udział korzonków chorych u kiełkujących nasion buraka cukrowego.

Głównymi źródłami infekcji roślin buraka są: gleba, resztki poźniwne, plantacje nasienne, nasiona oraz różne organizmy (Piszczek i Mrówczyński 2012). Skonieczek i Nowakowski (2013) w próbkach gleby z plantacji buraka cukrowego zlokalizowanych w trzech województwach, tj. pomorskim, warmińsko-mazurskim i kujawsko-pomorskim stwierdzili obecność grzybów powodujących choroby korzeni należących do rodzajów: *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Aphanomyces*, *Verticillium*, *Cladosporium* i *Alternaria*. Wśród nich występowały gatunki o dużym potencjale chorobotwórczym wywołujące nie tylko zgorzel siewek, ale infekujące rośliny również w późniejszych fazach wzrostu, np. *Aphanomyces cochlioides*, *Rhizoctonia solani*. Aktualnie wiele badań z zakresu ochrony buraka na świecie, w tym w Europie, dotyczy wirusów odglebowych (Lennfors i in. 2005, Gonzalez-Vazquez i in. 2009). Borodynko i Pospieszny (2007) stwierdzili występowanie w Polsce wirusa nekrotycznego żółknięcia nerwów buraka (*Beet necrotic yellow vein virus*, BNYVV), odglebowego wirusa buraka (*Beet soil-borne virus*, BSBV) i wirusa Q buraka (*Beet virus Q*, BVQ).

Khan i in. (2008) wykazali, że istotnym źródłem infekcji są resztki roślinne. Porażone przez *Cercospora beticola* liście buraka cukrowego zachowywały zdolność zakażenia roślin nawet przez 22 miesiące po zbiorze. Długość tego okresu zależała od miejsca zalegania w glebie. Na powierzchni był on najdłuższy, a na głębokości 10 i 20 cm krótszy – 10 miesięcy. Autorzy udowodnili następnie, że podstawowym czynnikiem przenoszenia zarodników na inne rośliny jest wiatr.

Patogeny wywołujące choroby buraka cukrowego występują na wielu rodzajach i gatunkach roślin, w tym chwastach. Khan i in. (2017) podają, że chwascik buraka infekuje również: buraka ćwikłowego, buraka liściowego, szpinak oraz komosę, szarłat, ślaz, powój i dzikie gatunki buraka. Gospodarzami sprawców chorób siewek i korzeni buraka są również inne gatunki roślin (Harveson 2006). Na przykład *Aphanomyces cochlioides* i *Phoma betae* występują na roślinach z rodzin *Chenopodiaceae* oraz *Amaranthaceae*. Ponadto patogeny te można zidentyfikować u wielu gatunków, najczęściej chwastów, należących do *Aizoaceae*, *Caryophyllaceae*, *Hydrophyllaceae*, *Linaceae*, *Paperavaceae* i *Portulacaceae*.

Źródłem infekcji, ale również elementem agrotechniki wpływającym na zdrowotność buraka cukrowego jest nawożenie organiczne, a więc rodzaj i ilość biomasy wnoszonej do gleby. Graham i in. (2009) wskazują różne hipotezy wyjaśniające ograniczenie rozwoju patogenów glebowych w wyniku stosowania obornika. Jest on bogatym źródłem energii zwiększającym aktywność mikroorganizmów, w tym antagonistów ograniczających rozwój patogenów. Interakcje pomiędzy różnymi organizmami, jak: konkurencja, antybioza, pasożytnictwo i drapieżnictwo są podstawowymi mechanizmami ograniczającymi obecność w glebie patogenów roślin uprawnych. Organizmy te mogą być również eliminowane przez związki allelopatyczne i biologicznie aktywne uwalniane się z obornika. Scheuerell i in. (2005) obserwowali niekorzystny wpływ amoniaku uwalnianego z obornika na grzyby *Pythium* spp. Działanie ograniczające rozwój

patogenów glebowych stwierdzono również po zastosowaniu gnojowicy świńskiej, pomiotu ptasiego i kompostu (Conn i Lazarovits 1999, Millner i in. 2004). Korzystne oddziaływanie nawożenia organicznego na zdrowotność roślin wynika również z jego bezpośredniego i pośredniego wpływu na właściwości gleby w strefie korzeniowej: pH, porowatość, warunki wodne, zasobność w składniki pokarmowe (Davis i in. 2001). Taki wpływ może mieć nie tylko stosowanie nawozów naturalnych, ale również biomasy międzyplonów czy słomy. Według Szymczak-Nowak i Nowakowskiego (2005) nawożenie słomą zmniejsza porażenie liści buraka cukrowego przez *Cercospora beticola*, *Erysiphe betae* oraz *Ramularia beticola*. Potencjał ograniczenia występowania *Rhizoctonia solani* u buraka cukrowego posiadają natomiast rośliny uprawiane często w międzyplonie, tj. *Brassica rapa* i *Raphanus sativus* (Kluth i in. 2010). Siła oddziaływania tych roślin uprawianych w międzyplonie na *Rhizoctonia solani* może zależeć w dużym stopniu od rodzaju biomasy związanej z różnicami genetycznymi poszczególnych odmian, co stwierdzono np. u rzodkwi oleistej (Windels i Brantner 2006).

Wektorami wielu chorób buraka są owady, głównie mszyce (Qi i in. 2004). Gatunkiem najliczniejszym na roślinach buraka i powodującym największe szkody bezpośrednie i pośrednie jest mszyca burakowa *Aphis fabae*. Pośredni niekorzystny wpływ tego gatunku mszycy na rośliny polega na transmisji wirusów powodujących nekrotyczną i łagodną żółtaczkę buraka (Walczak 2013). W przenoszeniu wirusów uczestniczą również pierwotniaki, np. *Polymyxa betae* (Harveson i Rush 1993).

Ważnym elementem, zwłaszcza integrowanej ochrony, ograniczającym występowanie chorób buraka cukrowego jest dobór odmian. Ma to szczególne znaczenie w odniesieniu do patogenów trudnych do zwalczania chemicznego. W pierwszej dekadzie XXI wieku za priorytet prac hodowlanych oprócz poprawy cech jakościowych i większej tolerancji na niekorzystne warunki siedliskowe, przyjęto hodowlę odmian tolerancyjnych i odpornych na choroby. Szczególną wagę przywiązuje się do zwiększenia odporności na rizomanię, chwościk buraka, choroby powodowane przez *Aphanomyces cochlioides* (Dalke 2004, Strausbaugh i in. 2009). Prace te trwają i są pogłębiane, jak wspomniano powyżej, również w odniesieniu do chwościka buraka, choroby o dużym znaczeniu gospodarczym w Polsce (Leucker i in. 2017). W tym celu kolekcjonowane oraz badane są gatunki dzikie i formy uprawne rodzaju *Beta* należące do rodziny komosowatych (*Chenopodiaceae*) (Kużdowicz 2007). Hodowla odpornościowa nie jest jednak łatwa, a jej skutki nie zawsze jednoznacznie pozytywne. Skonieczek i in. (2014) nie stwierdzili większej odporności siewek odmian buraka cukrowego uważanych za odporne na porażenie przez izolaty *Rhizoctonia solani*, niż odmian kontrolnych.

Odporność czy podatność odmian buraka cukrowego na choroby kształtowana genetycznie, w dużym stopniu zależy również od warunków siedliskowych, w tym przebiegu pogody i właściwości gleby, a także od elementów agrotechniki. Strausbaugh i in. (2009) badając 32. odmiany buraka cukrowego stwierdzili różny stopień porażenia wielu z nich przez choroby korzeni w dwóch kolejnych

latach. Gaurilčikienė i in. (2006) porównując odmiany podatne i odporne nie potwierdzili różnicy stopnia porażenia tych dwóch grup odmian przez *Cercospora beticola* w jednym z pięciu lat badań. W dwóch latach rozwój patogena na odmianie podatnej i odpornej zależał od przebiegu pogody. Pierwsze symptomy występowania chwościka na liściach odmiany podatnej wystąpiły dwa tygodnie wcześniej niż na odpornej, której porażenie 50% roślin miało miejsce, w zależności od roku, o 5-20 dni później niż u odmiany wrażliwej.

Infekcja buraka cukrowego przez *Cercospora beticola* zależy od wilgotności powietrza, zwilżenia liści i temperatury. O roli tych czynników siedliskowych świadczą badania zmierzające do tworzenia modeli rozwoju grzyba w zależności od temperatury powietrza w zakresie 15–35°C i okresu zwilżenia liści wynoszącego od 6 do 48 godzin (Marcuzzo i in. 2016). Optymalna temperatura dla tego procesu wynosi 20–25°C, a wilgotność względna powietrza ponad 95%. W warunkach polowych zwilżenie liści zwiększające prawdopodobieństwo infekcji występuje przy wilgotności względnej powietrza powyżej 90% (Wolf i Verreet 2005). Podobne konkluzje wynikają z pracy Vereijssen i in. (2005). Według tych autorów rozwój choroby mimo wcześniejszej infekcji zachodzi intensywnie dopiero w temperaturze powietrza > 20°C i wysokiej względnej wilgotności powietrza (> 95%).

Prowadzone już wcześniej, wraz z rozwojem technologii uprawy i wykorzystania buraka cukrowego, krajowe i zagraniczne badania polowe wskazują, że zdrowotność roślin buraka cukrowego w dużym stopniu zależy od elementów agrotechniki i ich współdziałania z czynnikami siedliskowymi oraz jego genotypem. Zwiększający się udział tej rośliny w płodozmianie, zwłaszcza ponad 25%, powoduje bardzo często zwiększone porażenie korzeni i liści przez patogeny. Istotny jest również, a zależny od przedplonu, rodzaj resztek roślinnych pozostających w glebie i warunki ich rozkładu (Ruppel 1985, Banaszak i in. 1998). Długość rotacji płodozmiaru w badaniach Górskiego i Piszczka (2008) wywarła istotny wpływ na zdrowotność liści. Jej skrócenie z 4 do 3 i 2 lat spowodowało istotne zwiększenie porażenia przez chwościk buraka. Zwiększona presja infekcyjna i większy stopień porażenia roślin przez patogena utrzymywał się mimo stosowania użyźniacza glebowego UGmax (Górski i in. 2015).

Bardzo ważnym elementem agrotechniki wpływającym na zagospodarowanie resztek poźniwnych po zbiorze przedplonu i kształtującym warunki fizyczne środowiska glebowego jest uprawa roli. Pod jej wpływem zmienia się wilgotność gleby, jej temperatura, zwięzłość, porowatość, co oddziałuje na przeżywalność i aktywność mikroorganizmów, w tym patogenów (Rothrock 1992). System uprawy roli wpływa istotnie również na występowanie chorób buraka cukrowego (Strausbaugh i Eujayl 2012), w tym porażenia liści przez *Cercospora beticola* (Pringas i Märlander 2004). Chociaż według tych autorów, występowanie chwościka na liściach buraka cukrowego było bardziej związane z warunkami siedliskowymi (lokalizację, lata) niż z systemem uprawy roli: płuzny, bezpłuzny, bezpłuzny z mulczowaniem, siew bezpośredni, mimo że Khan i in. (2008) wskazali

uprawę bezpłuną jako czynnik zwiększający porażenie. W badaniach Szymczak-Nowak i in. (2002) mulcz z roślin kapustowatych spowodował zmniejszenie porażenia liści buraka cukrowego przez chwościk, a także rdzę, mączniak prawdziwy i brunatną plamistość.

W intensywnym rolnictwie sposobem oraz środkiem utrzymania żyzności gleby i zdrowotności roślin jest nawożenie organiczne (Scotti i in. 2015). W badaniach stwierdzenie to znajduje jednak tylko częściowe potwierdzenie. Bonanomi i in. (2010) na podstawie blisko 2000 badań wskazują, że nawożenie organiczne ograniczało występowanie chorób roślin w 45% przypadków. W 35% przypadków nie miało ono znaczenia, a w 20% wręcz pogarszało zdrowotność roślin. Z przeglądu wielu współczesnych badań (Jabnoun-Khiareddine i in. 2016) wynika, że biomasa wnoszona do gleby, np.: nawozy zielone, nawozy zwierzęce, znacząco ograniczają występowanie patogenów odglebowych. Od nawożenia zarówno mineralnego (Li i in. 2011), jak i organicznego (Szymczak-Nowak i Nowakowski 2005) może zależeć także porażenie buraka cukrowego przez *Cercospora beticola*. Cytowani powyżej autorzy stwierdzili mniejsze nasilenie występowania mączniaka prawdziwego i chwościka w wyniku stosowania słomy, a rdzy buraka po nawożeniu obornikiem.

Od siewu, jednego z najważniejszych elementów agrotechniki, odpowiednio dostosowanego do zmieniających się w początkowym okresie wegetacji warunków siedliskowych zależy wzrost i rozwój roślin buraka cukrowego (Brar i in. 2015). Jak podają Cakmakci i Oral (2002) oraz Petkeviciene (2009) kiełkowanie, tempo wschodów, długość faz rozwojowych, wielkość ulistnienia i inne cechy fizjologiczno-morfologiczne roślin zależą m in. od temperatury i wilgotności powietrza oraz gleby.

Agrotechnika obok hodowli oraz transmisji do praktyki rolniczej odmian tolerancyjnych i odpornych jest podstawowym elementem integrowanej ochrony buraka (Piszczek i Mrówczyński 2012). Działania w zakresie postępowania z resztkami poźniwnymi, wyboru stanowiska, uprawy roli, nawożenia organicznego i mineralnego, siewu, nawadniania, w zależności od sposobu i ich wykonania, przyczyniają się do wzrostu ryzyka rozwoju chorób lub ograniczają ich występowanie. Agrotechniczna metoda ograniczania występowania chorób buraka cukrowego polega między innymi na: stosowaniu płodozmianu z minimum 4-letnią rotacją, unikaniu niekorzystnych przedplonów, oddaleniu plantacji od pól z burakami uprawianymi na nasiona, usuwaniu lub starannym przyorywaniu resztek pozbiorowych buraka, stosowaniu umiarkowanej przedsewnej dawki nawozów mineralnych (do 80 kg N·ha<sup>-1</sup>), uprawie roli ograniczającej występowanie skorupy glebowej i przyczyniającej się do szybkich wschodów, optymalnym terminie siewu, napowietrzaniu gleby zwiększając odprowadzanie wody z jej zastoisk, ograniczaniu okresu zwilżania liści podczas nawadniania oraz usuwaniu chwastów. Ważnym elementem integrowanej ochrony buraka cukrowego jest znajomość uwarunkowań siedliskowych oraz agrotechnicznych występowania i rozwoju patogenów. Wiedza ta, w połączeniu z umiejętnością rozpoznawania pierwszych symptomów poszczególnych chorób pozwala skutecznie ograniczać

ich rozwój, a jednocześnie w przypadku metody chemicznej, określić próg ekonomicznej szkodliwości. Za taki uważa się porażenie roślin w stopniu, przy którym ewentualna wartość utraconego plonu korzeni byłaby większa od sumy kosztów poniesionych na wykonanie zabiegu fungicydowego.

Integrowana metoda ochrony buraka cukrowego jest zalecana i stosowana z powodzeniem nie tylko w Polsce, ale również w innych krajach oraz regionach uprawy tej rośliny. Jednocześnie wyniki badań, np. niemieckich, potwierdzają skuteczność używania odmian odpornych, właściwego zmianowania roślin oraz uprawy roli w poprawie zdrowotności i plonowaniu buraka cukrowego (Buhre i in. 2009). Na rolę elementów agrotechniki w skutecznym ograniczaniu występowania chwościka przez zastosowanie integrowanej metody ochrony buraka cukrowego wskazują również badania przeprowadzone we Włoszech (Cioni i in. 2014). Metoda ta i skuteczność jej stosowania przeciw chwościkowi jest opisywana w opracowaniach przeglądowych, co wskazuje na duże znaczenie środowiskowe i gospodarcze tego patogena (Skaracis i in. 2010).

Elementem integrowanej metody ochrony buraka cukrowego przed chorobami jest stosowanie fungicydów. Ich użycie musi być jednak uzasadnione. Na przykład w przypadku chwościka buraka powinno być poprzedzone dokładnym monitoringiem warunków siedliskowych, głównie wilgotności powietrza, sprzyjających infekcji roślin przez patogena (Khan i in. 2007a). W USA, w Północnej Dakocie i Minnesocie, fungicydy przeciwko *Cercospora beticola* były stosowane już od 1979 roku, np.: benomyl, tiabendazol, tiofanat metylowy, triphenylin hydroxide, mancozeb (Secor i in. 2010). O roli fungicydów w II dekadzie XXI wieku, zwłaszcza nowej generacji triazolo-strobiluronowych, dla zachowania zdrowotności i żywotności liści, a także ich aktywności fizjologicznej świadczy blisko 100% udział plantacji traktowanych w Wielkiej Brytanii tymi środkami ochrony roślin w ogólnym areale buraka cukrowego (Gianessi 2013).

Fungicydy zalecane do zwalczania chorób grzybowych buraka cukrowego aktualnie dopuszczone do obrotu i stosowania w Polsce jako zaprawy nasienne oraz w formie oprysków nalistnych zawiera tabela 1 (Wyszukiwarka środków ochrony roślin 2017).

Tabela 1. Wykaz fungicydów zarejestrowanych do profesjonalnego stosowania w uprawie buraka cukrowego

Preparat	Substancja czynna	Zabieg	Choroba
Abelard 280 SC	pikoksystrobina – 200 g, cyprokonazol – 80 g	oprysk	chwościk, mączniak prawdziwy, brunatna plamistość, rdza
Armure	propikonazol – 150 g, difenokonazol – 150 g	oprysk	chwościk, mączniak prawdziwy
Bagani 125 ME	tettrakonazol – 125 g	oprysk	chwościk, mączniak prawdziwy, rdza
Cortez 125 SC	epoksykonazol – 125 g	oprysk	brunatna plamistość, chwościk, mączniak prawdziwy
Dafne 250 EC	difenokonazol – 250 g	oprysk, 1–2 razy	chwościk
Dedal 497 SC	tiofanat metylowy – 310 g, epoksykonazol – 187 g	oprysk	chwościk buraka, mączniak prawdziwy, brunatna plamistość liści, rdza buraka
Dubler Mega 497 SC	tiofanat metylowy – 310 g, epoksykonazol – 187 g	oprysk	chwościk buraka, mączniak prawdziwy, brunatna plamistość liści, rdza buraka
Duett Star 334 SE	fenpropimorf – 250 g, epoksykonazol – 84 g	oprysk	chwościk buraka, mączniak buraka, brunatna plamistość liści
Duett Ultra 497 SC	tiofanat metylowy – 310 g, epoksykonazol – 187 g	oprysk	chwościk buraka, mączniak prawdziwy, brunatna plamistość liści, rdza buraka
Dultreks – Pro 497 SC	tiofanat metylowy – 310 g, epoksykonazol – 187 g	oprysk	chwościk, mączniak prawdziwy, brunatna plamistość, rdza
Eminent 125 ME	tettrakonazol – 125 g	oprysk	chwościk, mączniak prawdziwy, rdza
Epoksy 125 SC	epoksykonazol – 125 g	oprysk	chwościk
Furtado 250 EW	tebukonazol – 250 g	oprysk	chwościk, mączniak prawdziwy
Intizam 497 SC	tiofanat metylowy – 310 g, epoksykonazol – 187 g	oprysk	chwościk buraka, mączniak prawdziwy, brunatna plamistość liści, rdza buraka
Optan 183 SE	piraklostrobina – 133 g, epoksykonazol – 50 g	oprysk	chwościk, mączniak prawdziwy, brunatna plamistość, rdza
Pixel 250 SC	pikoksystrobina – 250 g	oprysk	chwościk, mączniak prawdziwy, brunatna plamistość
Porter 250 EC	difenokonazol – 250 g	oprysk, 1–2 razy	chwościk
Raster 125 SC	epoksykonazol – 125 g	oprysk, 1–2 razy	chwościk



cd. tabeli 1

Rekord 125 SC	epoksykonazol – 125 g	oprysk, 1–2 razy	chwościk
Rektor 280 SC	pikoksystrobina – 200 g, cyprokonazol – 80 g	oprysk	chwościk, mączniak prawdziwy, brunatna plamistość, rdza
Respekto 125 SC	epoksykonazol – 125 g	oprysk, 1–2 razy	chwościk
Revellor 280 SC	pikoksystrobina – 200 g, cyprokonazol – 80 g	oprysk	chwościk, mączniak prawdziwy, brunatna plamistość, rdza
Rubric 125 SC	epoksykonazol – 125 g	oprysk	chwościk
Safir 125 SC	epoksykonazol – 125 g	oprysk	brunatna plamistość, chwościk, mączniak prawdziwy
Selentra 250 EC	difenokonazol – 250 g	oprysk, 1–2 razy	chwościk
Siarkol 80 WP	siarka – 800 g	oprysk, co 10–14 dni	mączniak prawdziwy
Siarkol Bis 80 WG	siarka – 80 %	oprysk, co 10 dni	mączniak prawdziwy
Siarkol Extra 80 WP	siarka – 80 %	oprysk, co 10–14 dni	mączniak prawdziwy
Slapper	epoksykonazol – 125 g	oprysk 1–2 razy	chwościk
Soprano 125 SC	epoksykonazol – 125 g	oprysk	brunatna plamistość, chwościk, mączniak prawdziwy
Spyrale 475 EC	fenpropatryna – 375 g, difenokonazol – 100 g	oprysk	chwościk, rdza, mączniak prawdziwy, brunatna plamistość
Tachigaren 70 WP	hymeksazol – 700 g	zaprawianie	zgorzel siewek
Tandem 497 SC	tiofanat metylowy – 310 g, epoksykonazol – 187 g	oprysk	chwościk buraka, mączniak prawdziwy, brunatna plamistość liści, rdza buraka
Tango Star	fenpropimorf – 250 g, epoksykonazol – 84 g	oprysk	chwościk, mączniak, brunatna plamistość
Tiofanat Metylowy 500 SC	tiofanat metylowy – 500 g	oprysk	chwościk, brunatna plamistość
Topsin M 500 SC	tiofanat metylowy – 500 g	oprysk	chwościk, brunatna plamistość
Trion 250 EW	tebukonazol – 250 g	oprysk	chwościk, mączniak prawdziwy
Yamato 303 SE	tiofanat metylowy – 233 g, tetrakonazol – 70 g	oprysk	chwościk, brunatna plamistość
Zaprawa Nasienna T 75 DS/WS	tiuram – 75 %	zaprawianie na mokro	zgorzel siewek

Ochrona fungicydowa buraka cukrowego jest realizowana już od momentu przygotowania materiału siewnego, głównie w celu otrzymania zakładanej obsady roślin. Wykorzystywane są do tego zarówno preparaty chemiczne, jak i czasem „środki naturalne” stosowane w rolnictwie ekologicznym. Są to np. gotowe preparaty: Biosept, Bioczoz, Biochkol, Sinocin, olejki roślinne, a z fungicydów zaprawy zawierające tiuram, jako substancję czynną. Zaprawa, taka jak np. Funaben T, ale również preparaty Biochkol i Biosept w badaniach Orzeszko-Rywki i Rochalskiej (2007) skutecznie chroniąc kielkujące nasiona i młode siewki przed patogenami przyczyniły się do większej obsady roślin nie tylko po wschodach, ale także przed zbiorem w porównaniu z plantacją niechronioną.

Nalistne stosowanie fungicydów wpływa w wielu przypadkach korzystnie na plonowanie buraka cukrowego i jakość technologiczną korzeni, co stwierdzili Prośba-Białczyk i Regiec (2006). W wyniku aplikacji preparatów Dithane 455 S.C., Dithane M 45 80WP lub Pencozeb 455 S.C. korzenie osiągały większą masę, a plon był o ponad 6,0 t ha<sup>-1</sup> większy niż przy braku ochrony liści. Nalistna aplikacja fungicydów spowodowała korzystne zmiany jakości technologicznej korzeni, tj. zwiększenie zawartości suchej masy i sacharozy. Zmniejszyła się natomiast koncentracja popiołu, sodu i potasu, przy niezmienionej zawartości azotu alfa-aminowego.

Fungicydy stosowane nalistnie w ochronie buraka cukrowego należą do różnych grup chemicznych. Badania nad skutecznością grzybobójczą i wpływem wielu fungicydów stosowanych nalistnie na plonowanie buraka cukrowego przeprowadzili Khan i Smith (2005). W badaniach testowano wiele substancji czynnych należących do kilku grup chemicznych, m.in.: menkozeb, tiofanat metylu, wodorotlenek trifenylocyny, azoksystrobinę, tetrakonazol, mieszanek propikonazolu i trifloksystrobiny, piraklostrobinę, fenbukonazol. Badania wykonano w 3. miejscowościach i dwóch latach, co związane było ze zróżnicowanymi warunkami siedliskowymi. Mimo różnic wynikających z warunków realizacji badań, autorzy stwierdzili dużą skuteczność testowanych fungicydów przeciwko *Cercospora beticola* oraz korzystny wpływ na plon i cechy użytkowe korzeni.

Na rynku jest duży wybór substancji czynnych fungicydów stosowanych nalistnie w buraku cukrowym, jedną z najważniejszych są triazole. Piszczek i in. (2016) na podstawie wyników badań w 19. doświadczeniach polowych stwierdzili skuteczność epoksykonazolu (Rubric 125 S.C., Soprano 125 SC) i tebukonazolu (Horizon 250 EW, Orius 250 EW) przeciwko chwościkowi buraka, choć opóźnienie aplikacji fungicydów i wynikający stąd wzrost porażenia liści ograniczał ich skuteczność. Mimo to stosowanie tych środków ochrony roślin przyczyniło się do zwiększenia plonu korzeni. Ograniczone porażenie liści przez *Cercospora beticola* jak również w wielu doświadczeniach zwiększone plonowanie stwierdzono także po zastosowaniu karbendazymu (obecnie wycofany) z epoksykonazolem – Duett 250 SC. Skuteczność środków triazolowych badano nie tylko przeciwko *Cercospora beticola*, ale także *Ramularia beticola*. Były to: prochloraz + propikonazol (Bumper super), tebukonazol (Folicur), flutriafol

(Impact), epoksykonazol (Maredo), ich mieszaniny z strobilurynami – piraklostrobina + epoksykonazol (Opera N), a także z substancjami morfolinowymi – fenpropimorf + epoksykonazol, jako fungicyd Tango super (Baltaduonytę i in. 2013). Autorzy stwierdzili, że występowanie obydwu patogenów najlepiej ograniczał epoksykonazol lub preparaty z udziałem tej substancji czynnej. Pod wpływem tych fungicydów, średnio w dwóch latach badań, większy był plon liści o około 7–8% i korzeni o 5–15% w porównaniu z roślinami niechronionymi. Ochrona buraka cukrowego wymienionymi fungicydami spowodowała zwiększenie biologicznej zawartości cukru w korzeniach buraka i jednocześnie zmniejszenie azotu  $\alpha$ -aminowego. Pozwoliło to uzyskać plon cukru nawet o 20–21% większy niż na obiekcie kontrolnym – bez użycia fungicydów. Przeciwno *Rhizoctonia solani* w buraku cukrowym skutecznymi substancjami czynnymi są również pikoksystrobina i pentiopyrad (Liu i Khan 2016).

Wiele badań nad nalistnym stosowaniem fungicydów w ochronie buraka cukrowego dotyczy skuteczności substancji czynnych z grupy strobiluryn oraz ich mieszanek z innymi substancjami. Karadimos i Karaoglanidis (2006) porównali wpływ: trifloksystrobiny (Flint 50 WG), piraklostrobiny (F-500 25 EC), krezoksymu metylu (Strobby 50WG), azoksystrobiny (Ortiva 25 S.C.), difenokonazolu – związek z grupy triazoli (Score 25 EC), flutriafolu – związek z grupy triazoli (Impact 12,5 S.C.), chlorotalonilu – związek z grupy ftalanów (Daconil 75WP), manebu – związek z grupy ditiokarbaminianów (Dithane M-22, 80 WP) na skuteczność ograniczania występowania chwościka. Porównano również oddziaływanie czterech substancji czynnych z tej grupy chemicznej w trzech dawkach na plonowanie i jakość korzeni, oceniając masę korzeni, zawartość cukru i jego plon. Z badań wynika, że najbardziej skuteczne grzybobójczo były trifloksystrobina i piraklostrobina, natomiast azoksystrobina i krezoksym metylu w znacznie mniejszym stopniu ograniczały występowanie choroby. Działanie azoksystrobiny i trifloksystrobiny w mieszance z substancjami nie należącymi do grupy strobiluryn zależało od rodzaju współwystępującego komponenta. Każdy z nich poprawiał skuteczność grzybobójczą azoksystrobiny, podczas gdy mieszanina trifloksystrobiny z chlorotalonilem była mniej skuteczna w ograniczaniu rozwoju *Cercospora beticola* w porównaniu z innymi komponentami jako dodatkiem do strobiluryny. Badane fungicydy, mimo zróżnicowanej skuteczności w ograniczaniu występowania chwościka buraka, wpłynęły korzystnie na plon cukru. Z badań Campbell i in. (2012) wynika, że mimo zróżnicowanych warunków siedliskowych w latach badań oraz braku ważnych symptomów występowania chorób na liściach buraka cukrowego, aplikacja piraklostrobiny spowodowała istotne zwiększenie wydajności cukru o około 4 kg z 1 tony surowca.

Prace badawcze i doświadczalne nad ochroną buraka cukrowego przy użyciu strobiluryn muszą być prowadzone nieprzerwanie, gdyż powstają szczepy grzyba *Cercospora beticola* odporne na te substancje czynne (Obuya i Franc 2016). Zjawisko odporności patogenów buraka cukrowego na powszechnie stosowane fungicydy jest obserwowane w różnych regionach uprawy tej rośliny, nie tylko w Ameryce Północnej, ale również w Polsce. W naszym kraju izolaty

grzyba *Cercospora beticola* odporne na benzimidazole i ich pochodne, a także triazole jako substancje czynne były zidentyfikowane już przed dekadą (Piszczek i Czekalska 2006). Oporność na benzimidazole i ich pochodne była znacząco większa niż na triazole. Pieczul i Perek (2013) badały wrażliwość izolatów grzyba *Cercospora beticola* z porażonych liści na plantacjach buraka cukrowego w Wielkopolsce na substancje czynne fungicydów należące do różnych grup. Były to: triazole (tebukonazol, tetrakonazol, cyprokonazol, epoksykonazol), strobiluryny – piraklostrobina, benzimidazole (karbendazym i tiofanat metylu), morfolina – fenpropimorf. Autorki stwierdziły duży odsetek izolatów odpornych na działanie tiofanatu metylu i karbendazymu, substancji z grupy benzimidazoli. Istotnie mniejszy stopień odporności przejawiały badane izolaty grzyba na substancje triazolowe, piraklostrobinę i morfolinę. Mimo to zidentyfikowano już szczepy odporne na substancje triazolowe i strobilurynę. Występowanie odporności grzyba *Cercospora beticola* na azoksystrobinę stwierdzili w Polsce Piszczek i in. (2017). Około połowy z ponad 120 izolatów patogena pozyskanych ze środkowej (Dobrzelin, Kruszwica), wschodniej (Krasnystaw, Werbkowice) i zachodniej Polski (Kluczewo) nie było istotnie ograniczane we wzroście przez tę substancję czynną z grupy strobiluryn.

Możliwość zwiększenia skuteczności działania środków ochrony roślin upatruje się czasami w dodatku do cieczy roboczej adjuwantów. W przypadku aplikacji piraklostrobiny z 5. różnymi adjuwantami takiego oddziaływania nie stwierdzono. W dwóch latach badań piraklostrobina skutecznie ograniczała występowanie grzyba *Cercospora beticola*. Dodatek adjuwantów nie zwiększył skuteczności grzybobójczej fungicydu i nie spowodował istotnego wzrostu plonu korzeni. Adjuwanty w wielu przypadkach wywołały nawet fitotoksyczność, co doprowadziło do spadku plonu korzeni i pogorszenia ich jakości (Khan i in. 2007b).

Wpływ fungicydów na zdrowotność roślin, plon i jakość korzeni buraka zależy głównie od nasilenia występowania chorób. To natomiast wynika z warunków siedliskowych sprzyjających infekcji i jej rozwojowi oraz z odporności odmian. Efektywność zastosowanych fungicydów w ograniczaniu występowania chorób oraz ich wpływ na plon korzeni, jak również ich jakość zależy między innymi od warunków termicznych i wilgotności, co udowodnili Jacobsen i in. (2005) czy Bolton i in. (2010). Z prac tych autorów wynika, że monitoring oraz analiza temperatury i wilgotności powietrza i/lub gleby pozwala prognozować występowanie chorób i racjonalnie aplikować fungicydy. Jednak nawet przy aplikacji fungicydu w warunkach siedliskowych zapewniających największą skuteczność jego działania, ograniczenie występowania chorób nie zawsze jest na tyle duże, aby pozwoliło na zwiększenie plonu korzeni, czy cukru. Z kolei niejednokrotnie warunki siedliskowe nie sprzyjają infekcji, czy wzmożonemu rozwojowi chorób, a tym samym brak jest przesłanek do oczekiwania korzystnych produkcyjnych skutków ochrony fungicydowej. Na przykład Khan i Carlson (2009) w 4-letnim okresie badawczym, w określonych lokalizacjach, nie stwierdzili widocznych symptomów występowania chorób buraka cukrowego. W tych

warunkach nie wystąpiło również korzystne oddziaływanie żadnej z stosowanych substancji czynnych fungicydów, tj.: tetrakonazolu, piraklostrobiny, trifloksystrobiny, wodorotlenku trifenylocyny i tiofanatu metylu na plon korzeni, zawartość cukru i plon cukru. Według Jozefyovej i in. (2003) korzystny wpływ nalistnej ochrony fungicydowej na plon korzeni i cukru występuje głównie w przypadku późnych terminów zbioru. W badaniach autorów zastosowany w lipcu lub sierpniu, w zależności od roku, Alert S (substancje czynne karbendazym i flusilazol) nie wpłynął istotnie na plon i jakość technologiczną korzeni dwóch odmian buraka cukrowego zbieranego w ostatniej dekadzie września lub pierwszych dniach października. Natomiast plon korzeni zbieranych o około 4. tygodnie później z obiektów chronionych był istotnie większy niż roślin niechronionych. Większy plon korzeni oraz tendencja większej zawartości cukru, a mniejszej azotu  $\alpha$ -aminowego w rezultacie nalistnej aplikacji fungicydu spowodowały istotny wzrost plonu cukru.

Przeciwno chorobom liści, w tym chwościkowi buraka, oprócz fungicydów stosowane są związki chemiczne nimi nie będące oraz preparaty biologiczne. Do związków takich należą np.: siarczany miedzi, siarczany magnezu, tlenek potasu, wapń i magnez, a z mikroorganizmów *Trichoderma album* i *Bacillus megaterium* (El-Moghazy i in. 2011). Związki te, jak również biopreparaty istotnie, choć w mniejszym stopniu niż fungicydy triazolowe ograniczały występowanie chwościka na liściach buraka. Wpływały korzystnie również na plon i jakość korzeni. Oddziaływanie to zależało od warunków siedliskowych w poszczególnych latach. Autorzy wnioskujeją jednak, że mogą być one oprócz fungicydów używane w integrowanej metodzie ochrony buraka cukrowego. El-Kholi i Esh (2011) wykazali z kolei oddziaływanie grzybobójcze chlorku i chelatu wapnia indukujących odporność buraka cukrowego na grzyba wywołującego chwościka buraka. Pod wpływem tych związków wapnia nastąpił bowiem wzrost zawartości chitynazy,  $\beta$ 1,3 glukanazy i oksydazy polifenolu, co było skorelowane ujemnie z nasileniem choroby. Występowanie chwościka mogą ograniczać również bakterie antagonistyczne z ryzosfery buraka cukrowego *Bacillus* sp., *Paenibacillus* sp., *Pseudomonas* sp., *Enterobacter* sp., co udowodnili w swych badaniach Arzanlou i in. (2016). W celu poprawy zdrowotności roślin poprzez ograniczanie występowania chorób buraka, np. chwościka buraka i mączniaka prawdziwego, stosowane są także wodne wyciągi roślinne. W badaniach Gleń-Karolczyk i Boliłowy (2015) preparaty takie spreparowane z liści orzecha włoskiego, ziela pokrzywy zwyczajnej i kory brzozy brodawkowatej ograniczały występowanie grzybów *Cercospora beticola* i *Erysiphe umbelliferarum*. Skuteczniejszymi w swym działaniu okazały się wodne wyciągi roślinne stosowane dogłębowo niż nalistne. Ograniczające działanie ekstraktów roślinnych, zwłaszcza w interakcji z mineralnymi, na choroby grzybowe stwierdził również Gado (2007). Ograniczały one, choć w mniejszym stopniu niż popularnie używane fungicydy, występowanie chorób liści buraka cukrowego (chwościk buraka) oraz powodowały jednocześnie wzrost plonów korzeni i poprawę ich jakości. Pod ich wpływem

zwiększyła się, w stosunku do kontroli, masa korzenia i zawartość biologiczna cukru, a zmniejszyła koncentracja związków melasotwórczych.

Z gospodarczego punktu widzenia nalistne stosowanie fungicydów musi być opłacalne ekonomicznie. Wartość surowca uzyskanego w wyniku ochrony roślin powinna równoważyć, a najlepiej być większą niż koszty zabiegu. Piszczek i in. (2015) latach 2007–2010 na podstawie wyników 17. łanowych doświadczeń polowych stwierdzili, że już 1,1 tony korzeni buraka cukrowego z hektara, czyli około 1,5% plonu, pokrywało koszty ochrony przeciwko *Cercospora beticola*, nawet przy późnym wystąpieniu infekcji. Opłacalność nalistnego stosowania fungicydów zależała od warunków siedliskowych, tj. lokalizacji plantacji i roku badań, jak również od odmiany buraka cukrowego. Według Górskiego i in. (2015) nalistna ochrona fungicydowa przeciwko chwościkowi burakowemu mimo małej presji patogena i uprawy odmian odpornych spowodowała zmniejszenie porażenia liści i zwiększenie plonu korzeni. W tych akurat warunkach stosowanie fungicydów było ekonomicznie uzasadnione w agrotechnice dwóch z pięciu uprawianych odmian buraka cukrowego.

## 4. METODYKA BADAŃ

### 4.1. Metoda badań

Metodą zastosowaną w badaniach było doświadczenie polowe. Jednoczynnikowy wieloletni (11 lat) eksperyment wykonano w latach 2006–2016. Czynnikiem doświadczalnym, którego obiekty rozlosowano 4-krotnie w układzie losowanych bloków, był sposób ochrony fungicydowej buraka cukrowego. Jego poziomy stanowiły substancje czynne fungicydów nalistnych oraz liczba zabiegów w okresie wegetacji:

1. bez fungicydu – kontrola
2. trzy zabiegi (s. cz. z grupy: triazoli, benzimidazoli, strobiluryn)
3. jeden zabieg (tebukonazol)
4. jeden zabieg (epoksykonazol)
5. jeden zabieg (epoksykonazol + tiofanat metylowy)
6. jeden zabieg (strobiluryina)

Wielkość jednostki eksperymentalnej – poletka wynosiła 10 m x 2,7 m. Burak cukrowy wysiewano przy 45 cm rozstawie rzędów, nasiona w rzędzie umieszczano co 7,7 cm na głębokości 2–3 cm. Korektę obsady wykonywano w fazie 4–6 liści buraka, pozostawiając rośliny co 18–21 cm.

### 4.2. Lokalizacja i realizacja doświadczeń polowych

Badania wykonano w Jednostce Doświadczalnej spółki Nordzucker Polska S.A. w rejonie plantacyjnym Chełmża, województwo kujawsko-pomorskie. Doświadczenia polowe zlokalizowano w PW Farol Sp. z o.o. w Fałęcinie – lata 2007–2008, 2010–2013, 2015–2016 oraz w gospodarstwach rolnych w Brąchnówku – 2006, 2009 i Sławkowie – 2014.

Przedplonem dla buraka cukrowego w każdym roku badań była pszenica ozima. Glebę uprawiano klasycznie, płuźnie z zespółem uprawek późniwnych oraz głęboką orką przedzimową. Nawożenie fosforowo-potasowe dawkowano zgodnie z zasobnością gleby. Nawożenie azotowe 120 kg N·ha<sup>-1</sup> dzielono na dwie dawki, przedsięwną 60 N·ha<sup>-1</sup> i pogłówną 60 kg N·ha<sup>-1</sup> stosowaną maksymalnie do fazy zakrywania międzyrzędzi (BBCH 39).

Termin siewu, w zależności od roku badań, przypadał między 3. kwietnia – 2009 rok a 24. kwietnia – 2008 i 2013 rok. Wobec postępu hodowlanego w okresie badań wysiewano chronologicznie odmiany: 'Kujawska' – cztery lata, 'Jagoda' – jeden rok, 'Pewniak' – jeden rok, 'Schubert' – jeden rok, 'Sokrates' – jeden rok, 'Sinan' – dwa lata, 'Janpol' – jeden rok.

Chwasty eliminowano chemicznie – herbicydami metodą dawek dzielonych przeciwko gatunkom dwu- i jednoliściennym. W zależności od składu gatunkowego flory segetalnej, jej obsady oraz tempa wzrostu w poszczególnych latach wykonywano od dwóch do pięciu zabiegów. Zastosowanymi substancjami czynnymi były: chlorydazon, lenacyl, metamitron, desmedifan, etofumesat, fenmedifan, triflusulfuron metylowy, haloksyfop-P – stosowane zgodnie z zaleceniami producenta i dobrymi praktykami w ochronie roślin. Szkodniki zwalczano tylko interwencyjnie, po przekroczeniu progu szkodliwości używając zarejestrowanych w danym okresie substancji czynnych, np.: deltametryna, chloropiryfos, dimetoat.

Fungicydy nalistne aplikowano zgodnie z czynnikiem doświadczalnym i jego poziomami. Pojedynczy zabieg fungicydowy stosowano po wystąpieniu pierwszych symptomów chwościka buraka (*Cercospora beticola*). W zależności od roku było to w terminie między 27. lipca a 1. września. Wykonując trzy zabiegi, pierwszy z nich stosowano około połowy lipca, a trzeci po 3–4 tygodniach po aplikacji fungicydów na obiektach z jednym zabiegiem. Wodę do oprysków pobierano z jednego źródła: Nordzucker Polska S.A., Zakład w Chełmży. Miała ona twardość ogólną 18°n (woda średnio twarda). Zabiegi fungicydowe wykonywano doświadczalnym opryskiwaczem polowym w wersji wózkowej AP 1–5/w z rozpylaczami typu 02 o wydatku 0,72 l/min. Ciśnienie robocze wynosiło 3 atmosfery, prędkość jazdy 4,2 km/godz., a ilość wody użytej do oprysku 300 litrów na 1 ha.

Zbiór korzeni wykonano najwcześniej w 2015 roku – 12. października, a najpóźniej w 2006 i 2008 roku – 6. listopada.

### 4.3. Warunki glebowe

Doświadczenia polowe lokalizowano na glebie brunatnej wylugowanej, utworzonej z gliny o różnym uziarnieniu i zawartości węgla organicznego w poszczególnych latach (tab. 2). Zawartość C org. wynosiła od 7,4 do 11,7 g·kg<sup>-1</sup> gleby, a udział frakcji piasku w uziarnieniu 54,1–65,3%. Gleby te należą do II kompleksu przydatności rolniczej – pszeny dobry, IIIa/IIIb klasy bonitacyjnej.

W większym stopniu niż uziarnienie i zawartość węgla organicznego były zróżnicowane właściwości agrochemiczne gleby w latach badań (tab. 3). Największy współczynnik zmienności dotyczył zawartości azotu mineralnego w warstwie 60–90 cm i magnezu przyswajalnego w warstwie ornej – ponad 30%, najmniej zmienną była natomiast wartość wskaźnika pH gleby – 6,6%.



Tabela 2. Charakterystyka zawartości węgla organicznego ( $\text{g kg}^{-1}$  gleby) i uziarnienia gleby (% udział frakcji) w latach 2006–2016

Charakterystyka	Węgiel organiczny	Frakcja				
		Piasek	Pył gruby	Pył drobny	Pył	Ił
	Zmienna w analizie regresji					
	C	S	–	–	–	–
Minimum	7,4	54,1	16,6	14,2	32,5	2,3
Maksimum	11,7	65,3	24,1	24,9	42,8	4,4
Średnia	9,3	57,1	19,5	20,0	39,5	3,3
Odchylenie standardowe	1,6	3,2	2,2	2,6	2,7	0,5
Współczynnik zmienności (%)	17,5	5,5	11,2	12,8	6,9	15,0

Tabela 3. Charakterystyka właściwości agrochemicznych gleby w latach 2006–2016

Charakterystyka	pH	Zawartość						
		azotu mineralnego w warstwie, cm ( $\text{kg ha}^{-1}$ )				form przyswajalnych ( $\text{mg P, K, Mg kg}^{-1}$ gleby)		
		0–30	30–60	60–90	0–90	Fosfor	Potas	Magnez
	Zmienna w analizie regresji							
	pH	N0-30	N30-60	N60-90	N0-90	P	K	Mg
Minimum	5,8	31,0	28,8	15,9	87,3	69,0	145,8	37,0
Maksimum	6,9	81,7	86,0	62,4	191,2	138,1	266,7	100,0
Średnia	6,4	52,8	50,5	41,9	145,2	104,0	197,4	52,3
Odchylenie standardowe	0,4	14,3	14,9	14,9	30,7	20,2	43,2	17,6
Współczynnik zmienności (%)	6,6	27,0	29,6	35,5	21,2	19,5	21,9	33,7

#### 4.4. Warunki termiczne i opadowe

Dane opisujące średnie miesięczne temperatury powietrza i miesięczne sumy opadów w okresie wegetacji buraka we wszystkich latach badań uzyskano z punktu meteorologicznego zlokalizowanego w PW Farol Sp. z o.o. w Fałcinie. Najbardziej zmienna w latach badań była temperatura powietrza na początku okresu wegetacji buraka cukrowego – kwiecień oraz na jego końcu – wrzesień, październik (tab. 4). W czerwcu i lipcu średnia temperatura powietrza w okresie badań była natomiast wyraźnie wyższa niż w wieloleciu.

Tabela 4. Charakterystyka warunków termicznych (średnia miesięczna temperatura powietrza – °C) w okresie wegetacji buraka cukrowego w latach 2006–2016 i w wieloleciu

Charakterystyka	Miesiąc						
	kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	październik
	Zmienna w analizie regresji						
	tIV	tV	tVI	tVII	tVIII	tIX	tX
Minimum	7,7	12,7	15,0	18,3	17,3	8,8	6,6
Maksimum	11,2	15,6	18,9	22,1	21,7	16,1	11,0
Średnia	9,2	14,0	16,9	19,6	18,6	13,7	8,6
Odchylenie standardowe	1,3	1,0	1,2	1,5	1,2	2,1	1,3
Współczynnik zmienności (%)	14,6	7,3	7,3	7,4	6,4	15,3	15,5
Średnia wieloletnia	8,9	14,1	16,7	19,1	18,6	13,6	8,7

Opady w miesiącach wegetacji buraka średnio w badanym okresie były zbliżone do średnich wieloletnich (tab. 5). Najbardziej zmiennymi pod względem miesięcznej sumy opadów były: kwiecień, wrzesień, październik – 14,6–15,5%, natomiast najbardziej wyrównane opady występowały od maja do sierpnia – 6,4–7,4%.

Tabela 5. Charakterystyka warunków opadowych (miesięczna suma opadów – mm) w okresie wegetacji buraka cukrowego w latach 2006–2016 i w wieloleciu

Charakterystyka	Miesiąc						
	kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	październik
	Zmienna w analizie regresji						
	oIV	oV	oVI	oVII	oVIII	oIX	oX
Minimum	1,2	16,9	23,4	34,8	7,5	0,1	5,3
Maksimum	57,0	159,7	140,6	198,1	161,7	78,6	139,0
Średnia	27,6	66,7	62,3	114,7	87,6	35,3	40,0
Odchylenie standardowe	17,0	37,0	35,4	50,8	48,4	24,4	40,2
Współczynnik zmienności (%)	61,6	55,4	56,8	44,3	55,2	69,1	100,4
Średnia wieloletnia	29,0	67,0	59,3	121,8	74,9	40,9	41,5

## 4.5. Pozyskiwanie i opracowanie wyników

### 4.5.1. Obserwacje, pomiary i analizy

Przed zbiorem buraka cukrowego oceniono stan liści wyrażając go w skali 9. stopniowej w zależności od stopnia porażenia blaszki liściowej. W każdym roku badań ocena była wykonywana przez tę samą osobę. W trakcie zbioru określono plon korzeni ( $y_1$ ), który wyrażono w  $t\ ha^{-1}$ . Reprezentatywne próbki korzeni przekazano do oceny jakości technologicznej. Oceniono:

- biologiczną zawartość cukru ( $y_2$ ) – polaryzację (%),
- zawartość potasu w miazdze korzeni –  $y_4$  ( $mmol \cdot 1000\ g^{-1}$ ),
- zawartość sodu w miazdze korzeni –  $y_5$  ( $mmol \cdot 1000\ g^{-1}$ ),
- zawartość azotu  $\alpha$ -aminowego w miazdze korzeni –  $y_6$  ( $mmol \cdot 1000\ g^{-1}$ ).

Określono również:

- wskaźnik alkaliczności soku ( $y_7$ ),
- plon cukru technologicznego –  $y_3$  ( $t\ ha^{-1}$ ).

Analizy wykonano na automatycznej linii Venema w KHBC w Straszku.

### 4.5.2. Matematyczne i statystyczne opracowanie wyników

Opracowanie wyników z każdego roku oraz ocena syntetyczna za cały okres badań polegały na:

1. Dla danych eksperymentalnych z każdego roku badań:
  - ocenie stopnia porażenia blaszki liściowej przez patogeny w 9. stopniowej skali bonitacyjnej w zależności od sposobu ochrony fungicydowej,
  - ocenie istotności wpływu czynnika doświadczalnego na plony korzeni i cukru technologicznego, a także na cechy jakości technologicznej korzeni,
2. Dla ogółu danych:
  - ocenie asymetrii stopnia porażenia liści w latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej,
  - określeniu wpływu lat badań i czynnika doświadczalnego na cechy buraka cukrowego,
  - określeniu trendu zmian wielkości plonów korzeni i cukru oraz cech jakości korzeni w okresie badań pod wpływem każdego sposobu ochrony fungicydowej,
  - ocenie zmienności cech buraka cukrowego w latach badań przy różnym sposobie stosowania fungicydów,
  - określeniu związków między temperaturą powietrza oraz sumą opadów w miesiącach i dłuższych okresach wegetacji buraka a plonami i cechami jakości korzeni w zależności od sposobu ochrony,
  - określeniu związków między właściwościami gleby a cechami buraka w zależności od sposobu ochrony,
  - analizie jednoczesnego wpływu warunków termiczno-opadowych i właściwości gleby na poszczególne cechy buraka cukrowego.

Opracowanie wyników wykonano przy użyciu programów Microsoft Excel; Statistica 12,5; FR-ANALWAR-5.2. Przeprowadzono jednoczynnikową (sposób ochrony fungicydowej) oraz dwuczynnikową (lata badań, sposób ochrony) analizę wariancji wyników opisujących: plon korzeni, plon cukru, polaryzację, zawartość melasotworów, współczynnik alkaliczności soku. Oceniono istotność wpływu czynników doświadczalnych (statystyka F) oraz istotność zróżnicowania średnich wielkości badanych cech na poszczególnych obiektach przy użyciu testu post hoc Tukey'a przy  $p = 0,05$ .

Dla oceny kształtu rozkładu danych opisujących zróżnicowanie porażenia liści buraka cukrowego w latach badań użyto skośność i kurtozę. Zmienność cech buraka cukrowego w latach badań przy różnym sposobie stosowania fungicydów nalistnych określono przy użyciu współczynnika zmienności. Względna miara zmienności, będąca procentowym wyrażeniem stosunku odchylenia standardowego z próby i jej średniej arytmetycznej, pozwoliła na porównanie zróżnicowania rozkładu wielu cech buraka mimo ich różnych miar bezwzględnych.

Siłę związku pomiędzy cechami buraka a elementami środowiska, takimi jak: średnia temperatura powietrza, suma opadów, właściwości gleby określono na podstawie korelacji prostej Pearsona, a w przypadku małej liczby danych nie spełniających warunku rozkładu normalnego korelacji rang Spearmana. Oprócz istotności statystycznej współczynnika korelacji  $r$  dla oceny jego siły przyjmowano następującą klasyfikację  $|r|$ : 0,0–0,3 korelacja słaba, 0,3–0,5 korelacja umiarkowana, 0,5–0,7 korelacja silna, 0,7–1,0 korelacja bardzo silna. Trend zmian wielkości cech w latach, a także ich zależność od poszczególnych parametrów meteorologicznych i właściwości gleby oszacowano rachunkiem regresji liniowej. Natomiast regresja wielokrotna z eliminacją wyrazów nieistotnych posłużyła do oceny zależności poszczególnych cech buraka cukrowego od zespołu cech niezależnych, nie korelujących silnie między sobą, a określających warunki termiczno-opadowe i glebowe. Z powodu silnej ujemnej korelacji udziału frakcji piaskowej z frakcjami drobnymi w analizie regresji wielokrotnej jako zmienną niezależną opisującą uziarnienie gleby przyjęto tylko udział frakcji piaskowej.

## 5. OMÓWIENIE WYNIKÓW

### 5.1. Porażenie liści przez choroby

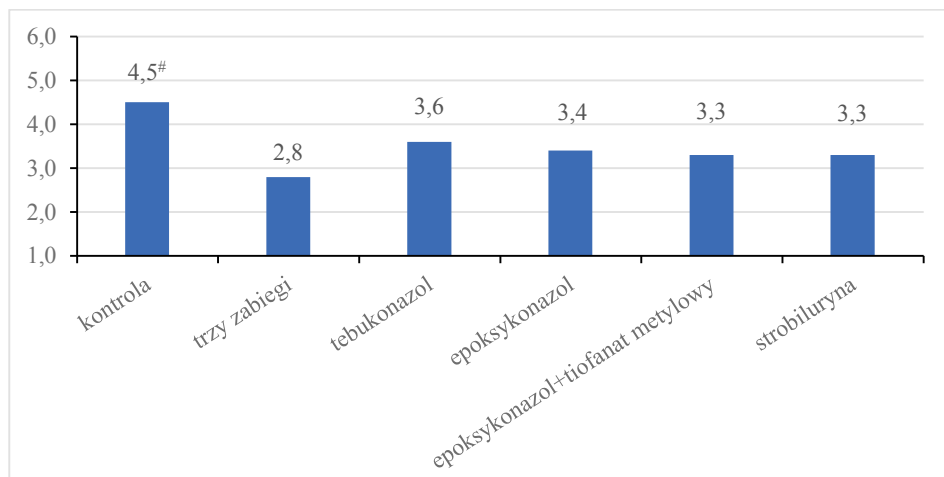
Liście buraka cukrowego w latach badań i na obiektach chronionych fungicydami były porażone przez choroby w różnym stopniu (tab. 6). W każdym roku liście buraków niechronionych na obiekcie kontrolnym posiadały więcej symptomów występowania chorób niż liście roślin traktowanych fungicydami, zwłaszcza w przypadku trzykrotnej ochrony w okresie wegetacji. Tylko w 2006 i 2011 roku trzy zabiegi fungicydowe nie były skuteczniejsze w ograniczaniu występowania chorób niż jeden zabieg wykonany w tych latach przy użyciu odpowiednio epoksykonazolu + tiofanatu metylowego i srobiluryny oraz tebukonazolu, epoksykonazolu + tiofanatu metylowego, strobiluryny.

Tabela 6. Stopień porażenia liści przez choroby (ocena bonitacyjna<sup>#</sup> przed zbiorem)

Rok	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol +tiofanat metylowy	Strobiluryna
2006	5,0	4,0	4,2	4,2	4,0	4,0
2007	5,3	3,0	4,3	4,0	4,0	3,8
2008	4,8	2,5	2,7	3,0	2,7	2,7
2009	4,5	3,5	4,2	3,6	3,8	3,9
2010	5,0	2,3	3,0	3,0	3,0	3,5
2011	3,8	3,0	3,0	3,3	3,0	3,0
2012	5,5	2,6	4,5	4,3	3,5	3,6
2013	2,3	1,3	2,3	2,0	2,3	2,0
2014	4,0	2,8	3,4	3,0	3,2	3,0
2015	4,2	2,8	3,4	3,3	3,3	3,2
2016	5,0	2,5	4,2	3,8	3,8	4,0

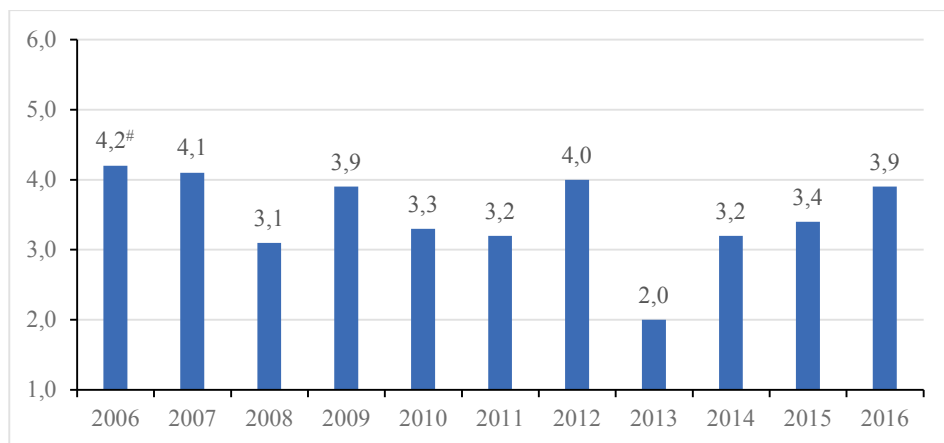
<sup>#</sup> – (1 – brak porażenia; 9 – porażona cała blaszka liściowa)

Średnio w całym okresie badań każdy sposób ochrony fungicydowej zmniejszał stopień porażenia liści przez choroby, a najbardziej skutecznymi substancjami czynnymi były epoksykonazol + tiofanat metylowy i strobiluryna. Pod wpływem jednokrotnego ich zastosowania liście były o 0,1 stopnia mniej porażone niż liście roślin traktowanych epoksykonazolem i o 0,3 stopnia od liści chronionych tebukonazolem (rys. 1). Stopień porażenia liści trzykrotnie traktowanych fungicydem był w każdym przypadku (niezależnie od substancji czynnej) mniejszy od intensywności występowania symptomów po wykonaniu jednego zabiegu.



Rys. 1. Średni stopień porażenia liści przez choroby w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej (<sup>#</sup> 1 – brak porażenia; 9 – porażona cała blaszka liściowa)

Zróżnicowanie stopnia porażenia liści buraka cukrowego w poszczególnych latach było ponad dwukrotne (rys. 2). Największe porażenie, 4 i więcej stopni w 9° skali bonitacyjnej, wystąpiło w latach 2006, 2007 i 2012. Najmniej porażone liście były natomiast u roślin uprawianych w 2013 roku, kiedy ich porażenie oceniono na drugi stopień.



Rys. 2. Średni stopień porażenia liści przez choroby w kolejnych latach badań (<sup>#</sup> 1 – brak porażenia; 9 – porażona cała blaszka liściowa)

W większości lat porażenie liści było większe niż przeciętnie (skośność ujemna), zwłaszcza roślin niechronionych. W przypadku stosowania fungicydów częściej występowało również ponadprzeciętne porażenie, ale bardziej zbliżone

do średniego, o czym świadczy mniejsza wartość bezwzględna wskaźnika skośności (tab. 7). Ochrona fungicydowa polegająca na trzykrotnej aplikacji fungicydów spowodowała, że porażenie liści w poszczególnych latach było bardziej zbliżone do średniego niż przy pojedynczych zabiegach – większa wartość współczynnika kurtozy.

Tabela 7. Asymetria stopnia porażenia liści w latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Skośność	Kurtoza
Kontrola	-1,507	2,803
Trzy zabiegi	-0,285	1,602
Tebukonazol	-0,302	-1,37
Epoksykonazol	-0,626	0,601
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	-0,417	-0,643
Strobiluryna	-0,909	0,494

Stopień porażenia liści przez choroby na obiekcie niechronionym – kontrolnym był istotnie dodatnio skorelowany z sumą opadów w okresie kwiecień – czerwiec i również silnie ( $r = 0,505$ ) zależny od sumy opadów w drugiej części okresu wegetacji, tj. czerwiec – październik (tab. 8). Zastosowanie każdej substancji czynnej w pojedynczym zabiegu spowodowało osłabienie dodatniej zależności stopnia porażenia liści przez choroby od ilości opadów w tych okresach. W wyniku trzykrotnej aplikacji fungicydów wystąpiła nawet bardzo słaba tendencja większego porażenia w okresach o mniejszej sumie opadów.

Tabela 8. Współczynniki korelacji stopnia porażenia liści i sumy opadów w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Okres	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol + tiofanat metylowy	Strobiluryna
IV-V	0,018	-0,220	-0,263	-0,299	-0,069	0,055
<b>IV-VI</b>	<b>0,606*</b>	<b>-0,178</b>	<b>0,516</b>	<b>0,317</b>	<b>0,330</b>	<b>0,452</b>
IV-VII	0,330	-0,110	0,281	0,170	0,233	0,379
IV-VIII	0,211	-0,169	-0,051	-0,037	-0,018	0,146
IV-IX	0,211	-0,169	-0,051	-0,037	-0,018	0,146
IV-X	0,385	-0,284	-0,028	-0,041	0,009	0,192
V-VI	0,459	-0,178	0,415	0,230	0,211	0,361
V-VII	0,330	-0,110	0,281	0,170	0,233	0,379
V-VIII	0,257	-0,156	0,032	0,037	0,027	0,192
V-IX	0,229	-0,096	0,032	0,028	0,027	0,178
V-X	0,339	-0,178	0,041	0,018	0,082	0,269

cd. tabeli 8

VI-VII	0,413	-0,041	0,396	0,244	0,297	0,374
VI-VIII	0,422	-0,037	0,194	0,225	0,165	0,288
VI-IX	0,422	0,037	0,221	0,244	0,151	0,242
<b>VI-X</b>	<b>0,505</b>	<b>-0,174</b>	<b>0,166</b>	<b>0,175</b>	<b>0,183</b>	<b>0,320</b>
VII-VIII	0,128	-0,220	-0,295	-0,193	-0,165	-0,032
VII-IX	0,193	-0,233	-0,244	-0,143	-0,156	-0,014
VII-X	0,294	-0,169	-0,088	-0,037	0,059	0,187
VIII-IX	0,303	0,037	-0,143	-0,009	-0,023	-0,027
VIII-X	0,440	-0,133	-0,014	0,060	0,146	0,256
IX-X	0,431	-0,371	0,111	0,041	0,133	0,260

\*– współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$ 

Występowanie symptomów porażenia liści buraka cukrowego przez choroby przy braku ochrony fungicydowej nie było istotnie skorelowane z właściwościami gleby, tj. pH i zasobnością w makroskładniki – najsilniejszy związek z zawartością azotu mineralnego w warstwie 0–60 cm i potasu przyswajalnego (tab. 9) oraz zawartością węgla organicznego i uziarnieniem (tab. 10). Stosowanie fungicydów, niezależnie od substancji czynnej i liczby zabiegów, korelację stopnia porażenia liści i zawartości przyswajalnych makroskładników w glebie jeszcze osłabiło (tab. 9), a siłę tego związku z zawartością pyłu w glebie zwiększyło. Po zastosowaniu epoksykonazolu ujemna korelacja pomiędzy porażeniem liści a udziałem frakcji pyłu w uziarnieniu gleby była nawet istotna. Z kolei w warunkach ochrony fungicydowej zależność stopnia porażenia liści od udziału frakcji pyłu grubego w uziarnieniu była słabsza niż na obiekcie niechronionym – korelacja także nieistotna,  $r = -0,428$  (tab. 10).

Tabela 9. Współczynniki korelacji stopnia porażenia liści i pH oraz zawartości przyswajalnych makroskładników w glebie

Sposób ochrony	pH <sub>KCl</sub>	Zawartość w glebie:						
		Azot w warstwie, cm:				Fosfor	Potas	Magnez
		0-30	30-60	<b>60-90</b>	0-90			
Kontrola	-0,231	-0,257	-0,028	<b>0,486</b>	0,266	0,216	<b>-0,460</b>	0,083
Trzy zabiegi	-0,327	0,110	-0,380	<b>-0,105</b>	-0,114	0,321	<b>0,030</b>	-0,480
Tebukonazol	-0,376	0,198	-0,023	<b>0,318</b>	0,309	0,141	<b>-0,173</b>	0,016
Epoksykonazol	-0,417	0,037	-0,294	<b>0,175</b>	0,046	0,065	<b>-0,355</b>	-0,199
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	-0,247	0,000	-0,275	<b>0,183</b>	0,082	0,390	<b>-0,112</b>	-0,237
Strobiluryna	-0,048	0,073	-0,292	<b>0,247</b>	0,192	0,481	<b>-0,025</b>	-0,339



Tabela 10. Współczynniki korelacji stopnia porażenia liści i zawartości węgla organicznego oraz uziarnienia gleby w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Właściwość gleby					
	Corg	Piasek	<b>Pył gruby</b>	Pył drobny	<b>Pył</b>	II
Kontrola	-0,221	0,359	<b>-0,428</b>	0,110	<b>-0,395</b>	0,112
Trzy zabiegi	-0,331	0,443	<b>-0,406</b>	0,014	<b>-0,564</b>	-0,061
Tebukonazol	-0,229	0,425	<b>-0,229</b>	-0,198	<b>-0,494</b>	-0,169
Epoksykonazol	-0,335	0,535	<b>-0,362</b>	0,009	<b>-0,613*</b>	-0,019
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	-0,078	0,349	<b>-0,339</b>	0,009	<b>-0,447</b>	0,014
Strobiluryna	-0,069	0,259	<b>-0,396</b>	0,082	<b>-0,355</b>	0,088

\* – współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

## 5.2. Plon korzeni

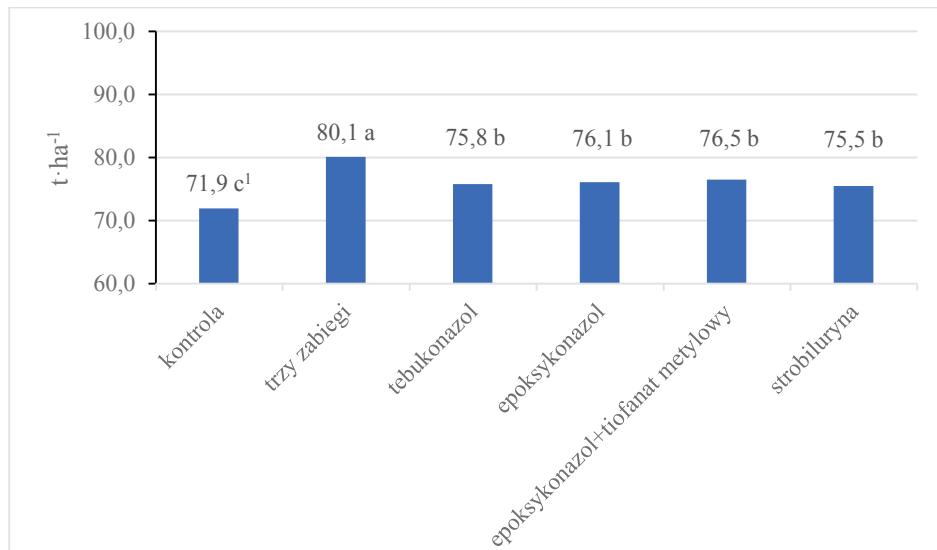
W ośmiu z jedenastu lat badań ochrona fungicydowa wpłynęła istotnie na plon korzeni buraka cukrowego, a tylko latach 2006, 2011 i 2015 nie stwierdzono takiego oddziaływania (tab. 11). W 2007 roku każda substancja czynna oraz trzy zabiegi w okresie wegetacji spowodowały zwiększenie plonu korzeni. Tylko w 2010 roku trzykrotna aplikacja fungicydów była bardziej efektywna i korzystniej wpływała na plon niż pojedynczy zabieg, choć w siedmiu latach oddziaływała na niego pozytywnie. W porównaniu z obiektem niechronionym, kontrolnym plon korzeni zwiększył się istotnie pod wpływem wszystkich substancji czynnych – 2007, 2012; tebukonazolu, epoksykonazolu, strobiluryny – 2008; tebukonazolu – 2009; epoksykonazolu + tiofanatu metylowego, strobiluryny – 2013; epoksykonazolu – 2016. W żadnym roku nie stwierdzono natomiast lepszego oddziaływania tylko jednej substancji czynnej w porównaniu do pozostałych.

Tabela 11. Plon korzeni ( $\text{t ha}^{-1}$ ) w kolejnych latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Rok	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol +tiofanat metylowy	Strobiluryna
2006	70,2 a <sup>1</sup>	69,9 a	71,4 a	68,6 a	69,7 a	69,9 a
2007	69,4 c	84,1 a	77,5 b	79,6 ab	79,2 ab	76,1 b
2008	71,9 b	83,1 a	82,8 a	79,2 a	76,9 ab	82,4 a
2009	55,3 bc	62,8 a	61,1 a	60,1 ab	58,5 ab	52,4 bc
2010	75,5 b	89,7 a	80,0 b	79,0 b	80,8 b	77,9 b
2011	67,4 a	72,6 a	71,9 a	71,7 a	68,8 a	69,8 a
2012	60,5 c	72,8 ab	67,4 b	69,1 ab	71,2 ab	73,7 a
2013	84,9 b	92,5 a	84,4 b	87,9 ab	92,0 a	93,6 a
2014	84,8 ab	89,1 a	85,7 ab	81,3 b	84,2 ab	80,1 b
2015	67,8 a	72,5 a	67,6 a	70,1 a	72,9 a	72,2 a
2016	82,8 b	92,0 a	83,6 b	90,3 a	87,3 ab	81,9 b

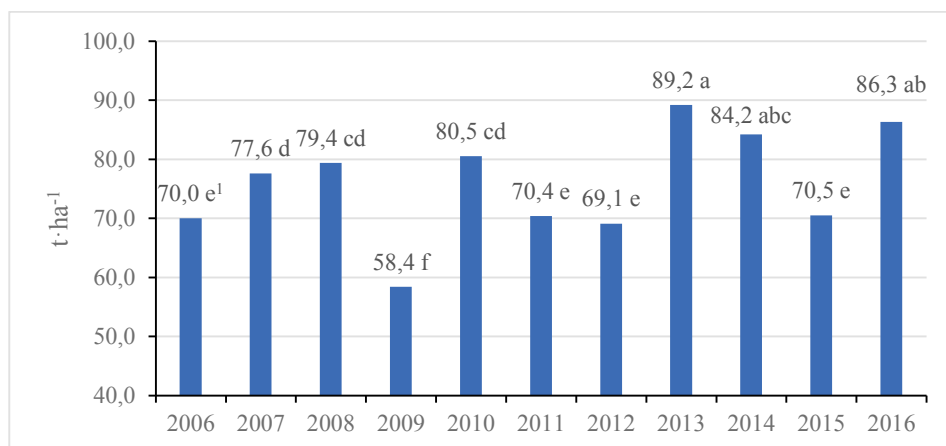
<sup>1</sup> – różne litery w rzędach oznaczają różnice istotne statystycznie

Średnio w całym okresie badań wpływ wszystkich substancji czynnych stosowanych w jednym zabiegu na plon korzeni był jednakowo korzystny i statystycznie istotny (rys. 3). Jeszcze większy plon uzyskano po zastosowaniu trzech zabiegów fungicydowych.



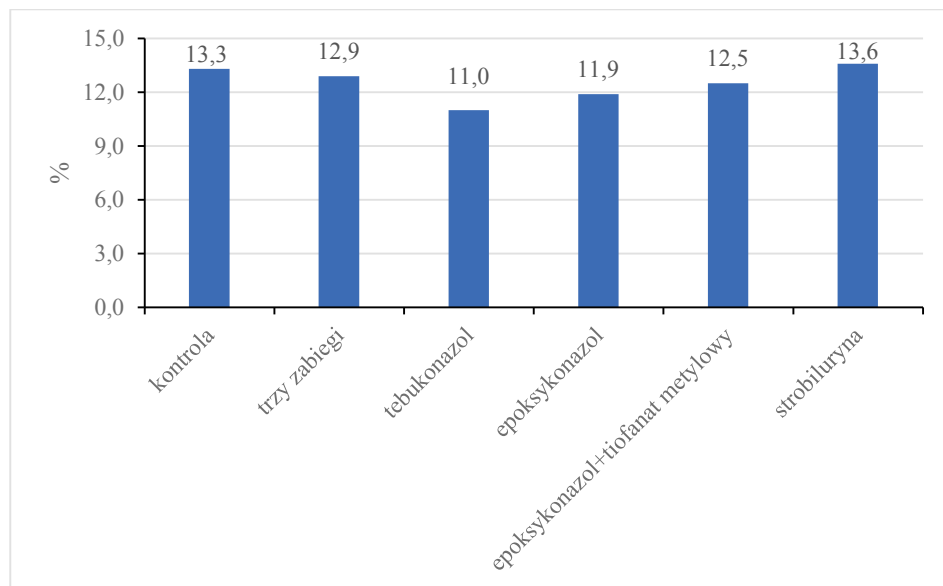
Rys. 3. Średni plon korzeni w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej (<sup>1</sup> – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie)

Plon korzeni buraka cukrowego był silnie zróżnicowany w latach badań (rys. 4). Największy plon, ponad 84 t·ha<sup>-1</sup>, wystąpił w latach 2013, 2016 i 2014, a najmniejszy – poniżej 60 t·ha<sup>-1</sup> w roku 2009.



Rys. 4. Średni plon korzeni w kolejnych latach badań (<sup>1</sup> – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie)

Ochrona fungicydowa buraka cukrowego zmniejszyła zmienność plonu korzeni w 11-letnim okresie badań. Choć różnica współczynnika zmienności w porównaniu z obiektem niechronionym nie była duża, od 0,4 do 2,3 punktów procentowych to dotyczyła wszystkich substancji czynnych, z wyjątkiem strobiuryny (rys. 5).



Rys. 5. Współczynnik zmienności plonu korzeni w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Większy plon korzeni roślin chronionych oraz ich na ogół mniejsza zmienność w latach niż buraków nie traktowanych fungicydami spowodowały, że trend wzrostu plonów roślin chronionych był mniejszy niż niechronionych (tab. 12). Na obiekcie kontrolnym, zgodnie z równaniem regresji prostej, z każdym rokiem plon korzeni zwiększał się o  $1,27 \text{ t ha}^{-1}$ . Na obiektach chronionych wzrost ten wynosił od  $0,58 \text{ t ha}^{-1}$  – tebukonazol do  $1,13 \text{ t ha}^{-1}$  – trzy zabiegi fungicydowe. Tylko pod wpływem mieszaniny epoksykonazol + tiofanat metylowy trend wzrostu plonu był podobny jak roślin niechronionych.

Plon korzeni roślin niechronionych był najsilniej dodatnio skorelowany ( $r > 0,500$ ) ze średnią temperaturą powietrza w czerwcu i ujemnie z temperaturą września ( $r < -0,500$ ). W obu przypadkach, a zwłaszcza analizując temperaturę czerwca, ochrona fungicydowa na ogół zwiększała siłę tej zależności (tab. 13). Po zastosowaniu epoksykonazolu i tebukonazolu korelacja plonu odpowiednio z średnią temperaturą czerwca i września była nawet istotna.

Tabela 12. Trend zmian plonu korzeni w latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Równanie regresji prostej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	$y_1 = 1,27x + 64,27$	0,438	0,192
Trzy zabiegi	$y_1 = 1,13x + 73,33$	0,363	0,132
Tebukonazol	$y_1 = 0,58x + 72,27$	0,232	0,054
Epoksykonazol	$y_1 = 1,12x + 69,35$	0,411	0,169
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y_1 = 1,29x + 68,76$	0,450	0,202
Strobiluryna	$y_1 = 1,06x + 69,13$	0,341	0,116

$y_1$  – plon korzeni ( $tha^{-1}$ );  $x$  – rok badań (1–11)

Tabela 13. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu korzeni i średniej miesięcznej temperatury powietrza w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Kontrola	-0,316	0,322	<b>0,516</b>	0,276	-0,156	<b>-0,533</b>	0,326
Trzy zabiegi	-0,400	0,430	<b>0,574</b>	0,083	-0,119	<b>-0,576</b>	0,051
Tebukonazol	-0,354	0,346	<b>0,590</b>	0,167	-0,311	<b>-0,604*</b>	0,302
Epoksykonazol	-0,396	0,558	<b>0,707*</b>	-0,051	-0,172	<b>-0,412</b>	0,135
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	-0,444	0,503	<b>0,550</b>	0,045	-0,041	<b>-0,527</b>	0,181
Strobiluryna	-0,524	0,510	<b>0,509</b>	-0,055	-0,044	<b>-0,490</b>	0,331

\* – współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Na obiekcie kontrolnym, niechronionym plon korzeni istotnie dodatnio korelował ze średnią temperaturą powietrza w okresach: maj–lipiec, maj–wrzesień, i czerwiec–lipiec (tab. 14). Przy stosowaniu ochrony fungicydowej zależność ta na ogół była słabsza, w wielu przypadkach nawet nieistotna. Z kolei stosowanie fungicydów zwiększyło siłę związku pomiędzy plonem korzeni a średnią temperaturą w okresach maj–czerwiec i lipiec–wrzesień. Stosując epoksykonazol i epoksykonazol + tiofanat metylowy dodatnia korelacja plonu ze średnią temperaturą pierwszego z tych okresów była istotna, tak jak ujemna korelacja z temperaturą okresu lipiec–wrzesień po użyciu tebukonazolu, który spowodował również istotną ujemną korelację plonu korzeni i średniej temperatury powietrza w okresie sierpień–wrzesień, mimo braku takiej zależności na obiekcie kontrolnym, niechronionym i przy innych sposobach ochrony.

Tabela 14. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu korzeni i średniej temperatury powietrza w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Okres	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol + tiofanat metylowy	Strobiluryna
IV-V	-0,058	-0,060	-0,074	0,020	-0,051	-0,111
IV-VI	0,242	0,273	0,271	0,407	0,266	0,199
IV-VII	0,435	0,337	0,392	0,385	0,305	0,168
IV-VIII	0,446	0,348	0,282	0,372	0,362	0,184
IV-IX	-0,149	-0,254	-0,323	-0,097	-0,202	-0,293
IV-X	0,026	-0,214	-0,151	-0,022	-0,098	-0,107
<b>V-VI</b>	<b>0,488</b>	<b>0,579</b>	<b>0,546</b>	<b>0,728*</b>	<b>0,602*</b>	<b>0,580</b>
<b>V-VII</b>	<b>0,702*</b>	<b>0,651*</b>	<b>0,680*</b>	<b>0,702*</b>	<b>0,646*</b>	<b>0,549</b>
V-VIII	0,025	-0,034	-0,130	0,123	0,042	-0,005
<b>V-IX</b>	<b>0,766*</b>	<b>0,732*</b>	<b>0,619*</b>	<b>0,755*</b>	<b>0,785*</b>	<b>0,660*</b>
V-X	0,186	-0,006	0,032	0,180	0,129	0,161
<b>VI-VII</b>	<b>0,638*</b>	<b>0,510</b>	<b>0,597</b>	<b>0,491</b>	<b>0,458</b>	<b>0,338</b>
VI-VIII	0,598	0,484	0,422	0,418	0,489	0,349
VI-IX	-0,116	-0,225	-0,289	-0,117	-0,178	-0,230
VI-X	0,066	-0,182	-0,107	-0,037	-0,068	-0,037
VII-VIII	0,135	-0,013	-0,080	-0,175	0,011	-0,083
<b>VII-IX</b>	<b>-0,396</b>	<b>-0,537</b>	<b>-0,610*</b>	<b>-0,500</b>	<b>-0,476</b>	<b>-0,507</b>
VII-X	-0,199	-0,490	-0,420	-0,407	-0,358	-0,304
<b>VIII-IX</b>	<b>-0,545</b>	<b>-0,563</b>	<b>-0,683*</b>	<b>-0,446</b>	<b>-0,482</b>	<b>-0,451</b>
VIII-X	-0,392	-0,576	-0,556	-0,400	-0,411	-0,288
IX-X	-0,302	-0,502	-0,382	-0,302	-0,381	-0,260

\*- współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Zależność plonu korzeni od sumy opadów w poszczególnych miesiącach okresu wegetacji buraka cukrowego niechronionego – obiekt kontrolny, była nieistotna. Najsilniejsza, ale nieistotna, ujemna zależność dotyczyła opadów w czerwcu (tab. 15). W warunkach ochrony fungicydowej korelacja ta była jednak znacznie słabsza, zwłaszcza przy późniejszym wykonaniu trzech zabiegów lub jednego zabiegu z użyciem epoksykonazolu, epoksykonazolu + tiofanatu metylowego i strobiluryny.

Tabela 15. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu korzeni i sumy miesięcznych opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Kontrola	0,382	0,391	<b>-0,549</b>	-0,024	0,110	-0,163	0,123
Trzy zabiegi	0,289	0,456	<b>-0,333</b>	0,240	0,202	0,150	0,179
Tebukonazol	0,496	0,316	<b>-0,507</b>	0,018	0,361	0,010	0,189
Epoksykonazol	0,306	0,282	<b>-0,316</b>	0,187	0,213	-0,040	0,330
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	0,283	0,356	<b>-0,328</b>	0,110	0,080	0,041	0,150
Strobiluryna	0,398	0,177	<b>-0,376</b>	-0,044	0,193	0,007	0,085

\*– współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Także korelacja plonu z sumą opadów w dłuższych okresach nie wykazała istotnej zależności (tab. 16). Największy dodatni współczynnik korelacji prostej Pearsona dotyczył zależności plonu korzeni od opadów na początku okresu wegetacji, kwiecień–maj. Późniejsze stosowanie epoksykonazolu i strobiluryny zmniejszyło wielkość tego wskaźnika.

Tabela 16. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu korzeni i sumy opadów w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Okres	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol + tiofanat metylowy	Strobiluryna
<b>IV-V</b>	<b>0,535</b>	<b>0,557</b>	<b>0,514</b>	<b>0,399</b>	<b>0,459</b>	<b>0,340</b>
IV-VI	0,040	0,261	0,057	0,115	0,165	0,000
IV-VII	0,004	0,298	0,042	0,187	0,160	-0,030
IV-VIII	0,062	0,354	0,228	0,268	0,175	0,078
IV-IX	0,016	0,336	0,197	0,219	0,158	0,068
IV-X	0,061	0,397	0,264	0,339	0,212	0,099
V-VI	-0,109	0,112	-0,137	-0,017	0,034	-0,149
V-VII	-0,073	0,206	-0,063	0,104	0,085	-0,107
V-VIII	-0,009	0,291	0,131	0,205	0,118	0,003
V-IX	-0,044	0,283	0,114	0,166	0,110	0,004
V-X	0,001	0,347	0,183	0,287	0,165	0,036

cd. tabeli 16

VI-VII	-0,309	0,006	-0,255	-0,025	-0,090	-0,233
VI-VIII	-0,203	0,135	0,006	0,114	-0,029	-0,083
VI-IX	-0,215	0,154	0,008	0,085	-0,013	-0,068
VI-X	-0,149	0,219	0,087	0,218	0,050	-0,028
VII-VIII	0,056	0,302	0,253	0,272	0,130	0,097
VII-IX	0,001	0,296	0,216	0,218	0,121	0,084
VII-X	0,055	0,357	0,286	0,350	0,179	0,116
VIII-IX	0,022	0,227	0,300	0,157	0,082	0,161
VIII-X	0,094	0,308	0,379	0,337	0,162	0,193
IX-X	0,026	0,287	0,208	0,326	0,186	0,095

\*– współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$ 

Rachunek regresji wielokrotnej wskazuje, że plon korzeni buraka cukrowego silnie zależał od przebiegu pogody w okresie jego wegetacji. Plon roślin niechronionych i chronionych mieszaniną epoksykonazol + tiofanat metylowy odpowiednio w 85,5% i 81,8% był zdeterminowany temperaturą powietrza w maju i wrześniu oraz sumą opadów w czerwcu (tab. 17). W przypadku roślin chronionych o plonie korzeni decydowała również temperatura października – trzy zabiegi, epoksykonazol, a ponadto temperatura czerwca i opady kwietnia – tebukonazol. Stosując nalistnie strobilurynę w blisko 100% zmienność plonu zależała od temperatury powietrza w miesiącach maj–wrzesień z wyjątkiem czerwca oraz opadów w miesiącach kwiecień, maj, czerwiec.

Tabela 17. Współzależny wpływ temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na plon korzeni

Sposób ochrony	Równanie regresji wielokrotnej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	$\tilde{y}_1 = 6,587tV - 1,746tIX - 0,211oVI + 16,711$	0,925	0,855
Trzy zabiegi	$y_1 = 8,700tV - 2,503tIX - 3,463tX - 0,230oVI + 36,517$	0,949	0,901
Tebukonazol	$y_1 = 4,189tV + 1,874tVI - 2,207tIX - 1,782tX + 0,153oIV - 0,114oVI + 33,783$	0,996	0,991
Epoksykonazol	$y_1 = 8,863tV - 1,394tIX - 2,480tX - 0,216oVI + 5,787$	0,952	0,906
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y_1 = 7,476tV - 1,927tIX - 0,160oVI + 8,210$	0,905	0,818
Strobiluryna	$y_1 = 8,770tV - 1,237tVII + 3,733tVIII - 1,702tIX + 0,316oIV + 0,057oV - 0,117oVI - 74,602$	0,999	0,997

~ – oznaczenia zmiennych – patrz rozdział Metodyka badań

Plon korzeni roślin niechronionych istotnie zależał od uziarnienia gleby i był tym większy im w glebie było więcej frakcji pyłu i mniej piasku (tab. 18). Ochrona fungicydowa, niezależnie od jej sposobu, istotnie tej zależności nie zmieniała, ale wartość bezwzględna współczynnika korelacji w każdym z powyższych przypadków była mniejsza.

Tabela 18. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu korzeni i zawartości węgla organicznego oraz uziarnienia gleby w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Właściwość gleby					
	Corg	Piasek	Pył gruby	Pył drobny	Pył	II
Kontrola	0,480	<b>-0,874*</b>	<b>0,636*</b>	0,402	<b>0,880*</b>	0,426
Trzy zabiegi	0,507	<b>-0,828*</b>	<b>0,491</b>	0,461	<b>0,820*</b>	0,511
Tebukonazol	0,507	<b>-0,821*</b>	<b>0,553</b>	0,420	<b>0,830*</b>	0,433
Epoksykonazol	0,606*	<b>-0,811*</b>	<b>0,549</b>	0,402	<b>0,810*</b>	0,423
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	0,529	<b>-0,852*</b>	<b>0,555</b>	0,427	<b>0,839*</b>	0,457
Strobiluryna	0,418	<b>-0,837*</b>	<b>0,455</b>	0,481	<b>0,810*</b>	0,467

\*– współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Słabsza była natomiast zależność plonu korzeni od pH gleby i jej zasobności w przyswajalne makroelementy (tab. 19). Korzystnie na plon wpływała większa wartość  $pH_{KCl}$  oraz zawartość magnezu. W warunkach ochrony fungicydowej zależność plonu od tych właściwości gleby była jeszcze słabsza.

Tabela 19. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu korzeni i pH oraz zawartości makroskładników przyswajalnych w glebie

Sposób ochrony	$pH_{KCl}$	Zawartość w glebie:						
		Azot w warstwie, cm:				Fosfor	Potas	Magnez
		0-30	30-60	60-90	0-90			
Kontrola	<b>0,530</b>	-0,278	0,142	-0,490	-0,297	0,148	0,219	<b>0,466</b>
Trzy zabiegi	<b>0,425</b>	-0,325	0,353	-0,086	-0,021	0,061	0,089	<b>0,428</b>
Tebukonazol	<b>0,463</b>	-0,398	0,154	-0,274	-0,243	0,182	0,093	<b>0,534</b>
Epoksykonazol	<b>0,392</b>	-0,356	0,124	-0,174	-0,189	-0,004	0,002	<b>0,350</b>
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	<b>0,346</b>	-0,351	0,232	-0,239	-0,166	-0,052	0,042	<b>0,391</b>
Strobiluryna	<b>0,251</b>	-0,520	0,130	-0,283	-0,315	-0,194	-0,166	<b>0,339</b>

W warunkach glebowych prowadzonych badań plon korzeni roślin niechronionych był tym większy, im gleba zawierała więcej węgla organicznego i potasu przyswajalnego, a jednocześnie mniej frakcji piasku w uziarnieniu i azotu mineralnego wczesną wiosną w warstwie 0–90 cm (tab. 20).



Tabela 20. Współzależny wpływ właściwości gleby na plon korzeni buraka cukrowego

Sposób ochrony	Równanie regresji wielokrotnej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	$\tilde{y}_1 = -0,038N_{0-90} + 0,061K + 19,728C - 2,558S + 193,210$	0,997	0,993
Trzy zabiegi	$y_1 = 0,098N_{0-90} + 30,348C - 2,861S + 201,200$	0,981	0,962
Tebukonazol	$y_1 = 22,976C - 2,073S + 172,858$	0,934	0,873
Epoksykonazol	$y_1 = 30,616C - 2,204S + 173,560$	0,978	0,957
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y_1 = 27,552C - 2,466S + 191,841$	0,971	0,944
Strobiluryna	$y_1 = 22,651C - 2,634S + 204,894$	0,909	0,827

~ – oznaczenia zmiennych – patrz rozdział Metodyka badań

W przypadku stosowania nalistnej ochrony fungicydowej zawartość potasu w glebie nie miała współzależnego wpływu z innymi właściwościami gleby na plon korzeni, a jednocześnie detarminacja plonu przez warunki glebowe była słabsza. Stosując jeden zabieg fungicydowy plon korzeni był dodatnio związany z zawartością węgla organicznego i jednocześnie ujemnie z zawartością piasku w uziarnieniu. Większemu plonowi korzeni w przypadku trzech nalistnych zabiegów fungicydowych sprzyjała również zawartość azotu mineralnego w glebie wiosną.

### 5.3. Zawartość cukru

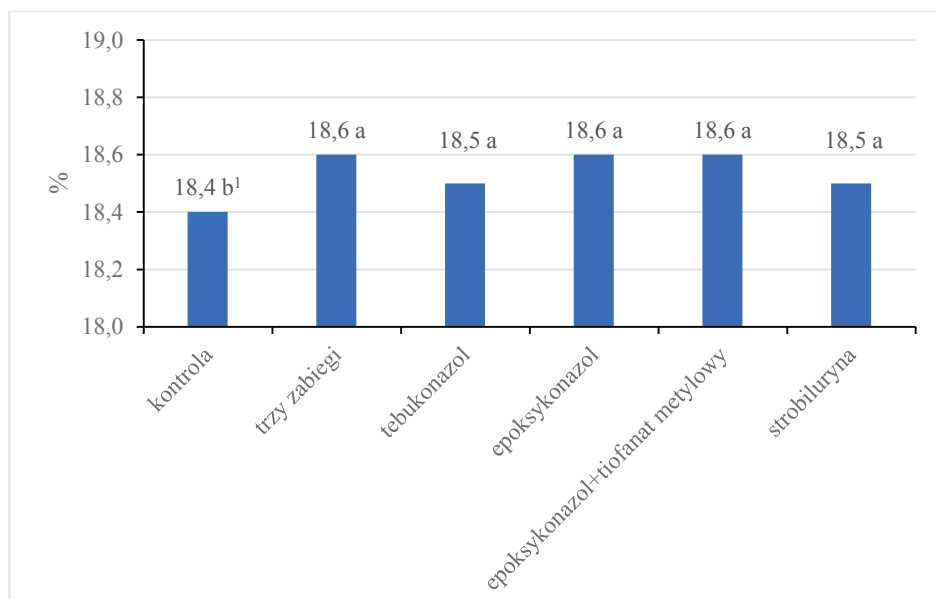
W ośmiu latach badań ochrona fungicydowa wpłynęła istotnie na zawartość cukru w korzeniach buraka, a w pozostałych trzech latach polaryzacja nie zależała od sposobu ochrony (tab. 21). Pojedynczy zabieg wystarczył do zwiększenia zawartości cukru w korzeniach w latach: 2007, 2010, 2011 i 2013, choć w tym przypadku ważny był wybór substancji czynnej. W 2007 roku każda substancja czynna spowodowała istotne zwiększenie polaryzacji w porównaniu z roślinami niechronionymi, w 2010 roku strobiluryna, w 2011 – epoksykonazol +tiofanat metylowy i strobiluryna, a w 2013 roku epoksykonazol. W latach 2007, 2009, 2011 trzy zabiegi fungicydowe również zwiększyły zawartość cukru, ale w żadnym roku nie w większym stopniu niż przy stosowaniu przynajmniej jednej substancji czynnej w pojedynczym zabiegu.

Średnio w 11-letnim okresie badań każdy sposób ochrony fungicydowej spowodował zwiększenie zawartości cukru w korzeniach buraka. Wykonanie trzech zabiegów fungicydowych nie było bardziej efektywne niż ich jednokrotne stosowanie (rys. 6).

Tabela 21. Zawartość cukru (%) w korzeniach buraka w kolejnych latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

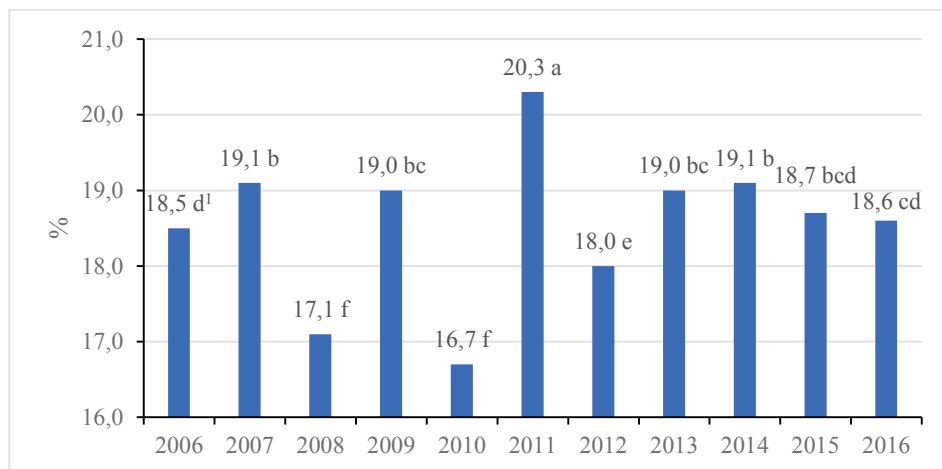
Rok	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol + tiofanat metylowy	Strobiluryna
2006	18,5 a <sup>1</sup>	18,4 a	18,7 a	18,5 a	18,5 a	18,4 a
2007	18,1 c	19,6 a	19,0 b	19,6 a	19,5 a	19,0 b
2008	17,0 a	17,1 a	17,1 a	17,2 a	17,0 a	17,1 a
2009	18,8 b	19,3 a	18,9 b	18,8 b	19,0 ab	19,0 ab
2010	16,5 b	16,8 ab	16,6 ab	16,7 ab	16,7 ab	16,9 a
2011	19,9 b	20,4 a	20,3 ab	20,2 ab	20,6 a	20,4 a
2012	18,2 a	18,1 a	18,0 a	18,2 a	17,9 a	17,8 a
2013	18,8 b	18,9 ab	19,1 ab	19,3 a	19,1 ab	19,0 ab
2014	19,0 ab	19,2 a	19,1 a	19,2 a	19,0 ab	18,8 b
2015	18,8 ab	18,5 b	18,5 b	18,9 a	18,7 ab	18,7 ab
2016	18,6 ab	18,8 a	18,4 ab	18,5 ab	18,7 ab	18,3 b

<sup>1</sup> – różne litery w rzędach oznaczają różnice istotne statystycznie



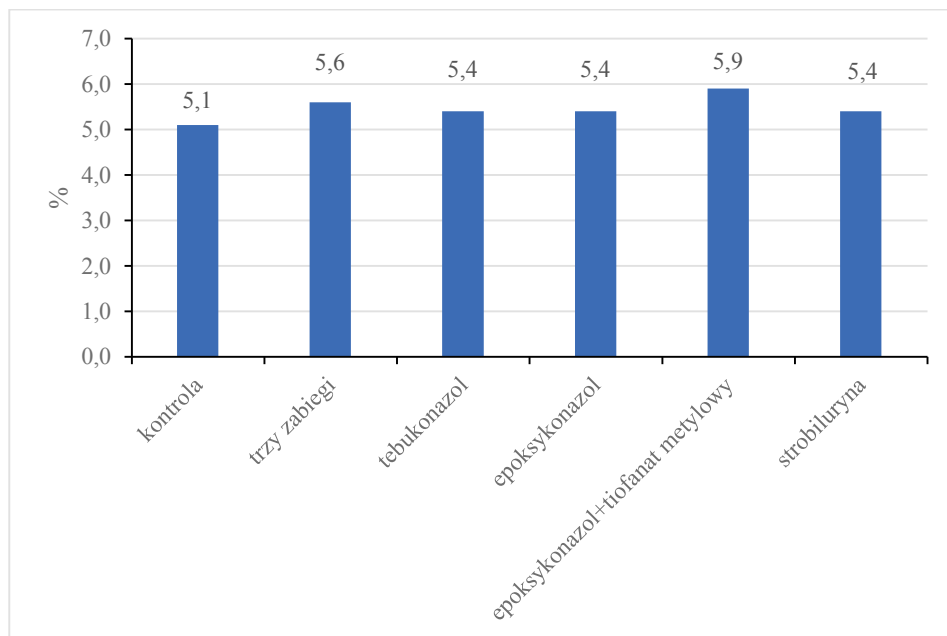
Rys. 6. Średnia zawartość cukru w korzeniach w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej (<sup>1</sup> – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie)

Najwięcej cukru zawierały korzenie w 2011 roku, mniej w latach 2007, 2009, 2013–2015, a najmniej w latach 2008, 2010 (rys. 7).



Rys. 7. Średnia zawartość cukru w korzeniach w kolejnych latach badań (<sup>1</sup> – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie)

Ochrona fungicydowa nie wpłynęła silnie na zmienności zawartości cukru w korzeniach w latach badań (rys. 8). Pod jej wpływem współczynnik zmienności tej cechy jakości korzeni był większy o 0,3 punktu procentowego (tebukonazol, epoksykonazol, strobiluryna) – 0,8 punktu procentowego (epoksykonazol + tiofanat metylowy) niż roślin niechronionych.



Rys. 8. Współczynnik zmienności zawartości cukru w korzeniach w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Zawartość cukru w korzeniach buraka na obiektach chronionych przy użyciu fungicydów stosowanych nalistnie była większa, ale w okresie badań zwiększała się w mniejszym stopniu niż u roślin niechronionych (tab. 22). Z każdym rokiem wskaźnik polaryzacji u roślin chronionych zwiększał się o 0,04–0,05 punktu procentowego, a u roślin niechronionych o 0,10 pkt. %.

Tabela 22. Trend zmian zawartości cukru w korzeniach w latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Równanie regresji prostej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	$y_2 = 0,10^{\&x} + 17,77$	0,358	0,128
Trzy zabiegi	$y_2 = 0,04x + 18,39$	0,134	0,018
Tebukonazol	$y_2 = 0,04x + 18,26$	0,136	0,019
Epoksykonazol	$y_2 = 0,05x + 18,34$	0,165	0,027
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y_2 = 0,05x + 18,33$	0,139	0,019
Strobiluryna	$y_2 = 0,04x + 18,26$	0,358	0,128

$y_2$  – zawartość cukru (%);  $\&x$  – rok badań (1–11)

Analizując zależność zawartości cukru w korzeniach od średniej temperatury powietrza w kolejnych miesiącach wegetacji buraka cukrowego stwierdzono istotną dodatnią korelację tylko dla temperatury w kwietniu (tab. 23). Ochrona fungicydowa osłabiła siłę tego związku. Przy trzech zabiegach korelacja była jeszcze istotna, natomiast w przypadku wykonywania jednego zabiegu nieistotna.

Tabela 23. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości cukru w korzeniach i średniej miesięcznej temperatury powietrza w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Kontrola	<b>0,630*</b>	0,194	0,076	-0,212	0,016	0,204	0,263
Trzy zabiegi	<b>0,607*</b>	0,215	0,289	-0,336	-0,073	0,143	0,142
Tebukonazol	<b>0,557</b>	0,191	0,215	-0,248	-0,069	0,129	0,319
Epoksykonazol	<b>0,485</b>	0,228	0,271	-0,336	0,035	0,052	0,276
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	<b>0,522</b>	0,209	0,323	-0,325	-0,031	0,160	0,220
Strobiluryna	<b>0,541</b>	0,098	0,241	-0,304	0,040	0,161	0,176

\* – współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Dodatnia silna korelacja zawartości cukru w korzeniach i temperatury powietrza chociaż dotyczyła całego okresu wegetacji buraka cukrowego bez ochrony fungicydowej, to jednak głównie początkowej jego części. Współczynnik korelacji prostej Pearsona ( $r$ ) dla okresów: IV–V, IV–VI, IV–VIII, IV–IX, IV–X wyniósł ponad 0,500, a dla okresów kwiecień–październik i kwiecień–maj

był statystycznie istotny (tab. 24). Ochrona fungicydowa, niezależnie od sposobu, na ogół korelację tę osłabiała. Wyjątkiem była zależność zawartości cukru od średniej temperatury powietrza w okresie kwiecień–czerwiec.

Tabela 24. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości cukru w korzeniach i średniej temperatury powietrza w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Okres	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol + tiofanat metylowy	Strobiluryna
IV-V	<b>0,621*</b>	<b>0,615*</b>	<b>0,560</b>	<b>0,525</b>	<b>0,544</b>	<b>0,492</b>
IV-VI	<b>0,511</b>	<b>0,624*</b>	<b>0,542</b>	<b>0,546</b>	<b>0,589</b>	<b>0,504</b>
IV-VII	0,384	0,417	0,392	0,337	0,389	0,316
IV-VIII	0,503	0,483	0,453	0,456	0,475	0,432
IV-IX	0,523	0,456	0,424	0,360	0,465	0,437
IV-X	<b>0,628*</b>	<b>0,504</b>	<b>0,563</b>	<b>0,481</b>	<b>0,552</b>	<b>0,503</b>
V-VI	0,147	0,291	0,232	0,286	0,309	0,200
V-VII	-0,008	0,045	0,051	0,040	0,071	-0,023
V-VIII	0,002	-0,000	0,011	0,078	0,066	0,002
V-IX	0,178	0,124	0,119	0,094	0,180	0,141
V-X	0,295	0,185	0,269	0,225	0,276	0,218
VI-VII	-0,131	-0,081	-0,058	-0,095	-0,045	-0,089
VI-VIII	-0,136	-0,1531	-0,124	-0,079	-0,078	-0,068
VI-IX	0,101	0,036	0,041	-0,002	0,097	0,105
VI-X	0,234	0,1085	0,207	0,145	0,207	0,191
VII-VIII	-0,181	-0,360	-0,277	-0,280	-0,319	-0,247
VII-IX	0,061	-0,120	-0,075	-0,148	-0,076	-0,024
VII-X	0,206	-0,037	0,106	0,011	0,049	0,075
VIII-IX	0,187	0,089	0,079	0,063	0,124	0,161
VIII-X	0,358	0,180	0,275	0,231	0,265	0,278
IX-X	0,342	0,215	0,305	0,209	0,276	0,252

\*– współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Zawartość cukru w korzeniach była ujemnie skorelowana z sumą opadów w poszczególnych miesiącach wegetacji buraka cukrowego niechronionego fungicydami, z wyjątkiem czerwca (tab. 25). Najsilniej, istotnie statystycznie, na polaryzację wpływała ilość opadów występujących we wrześniu. Ochrona fungicydowa spowodowała osłabienie tej zależności. Zawartość cukru zależała w najmniejszym stopniu od opadów w tym miesiącu, gdy stosowano epoksykonazol lub wykonano trzy zabiegi, używając różnych substancji czynnych.

Tabela 25. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości cukru w korzeniach i sumy miesięcznych opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Kontrola	-0,440	-0,364	0,202	-0,179	-0,438	<b>-0,647*</b>	-0,072
Trzy zabiegi	-0,504	-0,259	0,291	0,112	-0,207	<b>-0,325</b>	-0,103
Tebukonazol	-0,427	-0,268	0,169	-0,066	-0,221	<b>-0,425</b>	-0,209
Epoksykonazol	-0,444	-0,275	0,211	0,026	-0,240	<b>-0,293</b>	-0,235
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	-0,462	-0,238	0,187	0,087	-0,176	<b>-0,361</b>	-0,163
Strobiluryna	-0,511	-0,197	0,127	0,107	-0,193	<b>-0,355</b>	-0,230

\*- współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Oceniając zależność zawartości cukru w korzeniach roślin niechronionych od sumy opadów w dłuższych okresach niż jeden miesiąc stwierdzono silną ( $r > -0,500$ ) ujemną zależność od ilości opadów w całym okresie wegetacji buraka, tj. kwiecień–wrzesień i kwiecień–październik oraz istotną zależność dla sumy opadów od początku sierpnia do końca września (tab. 26). Silna korelacja dotyczyła również sumy opadów na początku okresu wegetacji buraka cukrowego, kwiecień–maj, a także w końcowym jej okresie, tzn. od lipca lub sierpnia do września, października. Stosowanie fungicydów, niezależnie od substancji czynnej, w pojedynczym zabiegu, osłabiło ujemny wpływ ilości opadów w tych okresach na zawartość cukru w korzeniach.

Tabela 26. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości cukru i sumy opadów w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Okres	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol + tiofanat metylowy	Strobiluryna
<b>IV-V</b>	<b>-0,535</b>	<b>-0,463</b>	<b>-0,439</b>	<b>-0,452</b>	<b>-0,426</b>	<b>-0,408</b>
IV-VI	-0,360	-0,204	-0,291	-0,266	-0,262	-0,300
IV-VII	-0,307	-0,029	-0,195	-0,120	-0,075	-0,081
IV-VIII	-0,488	-0,135	-0,279	-0,227	-0,157	-0,170
<b>IV-IX</b>	<b>-0,565</b>	<b>-0,190</b>	<b>-0,336</b>	<b>-0,261</b>	<b>-0,217</b>	<b>-0,227</b>
<b>IV-X</b>	<b>-0,582</b>	<b>-0,225</b>	<b>-0,408</b>	<b>-0,344</b>	<b>-0,274</b>	<b>-0,309</b>
V-VI	-0,140	0,016	-0,086	-0,059	-0,049	-0,062
V-VII	-0,184	0,076	-0,087	-0,016	0,027	0,031

cd. tabeli 26

V-VIII	-0,393	-0,039	-0,193	-0,139	-0,068	-0,072
V-IX	-0,482	-0,106	-0,261	-0,185	-0,139	-0,141
V-X	-0,506	-0,143	-0,336	-0,270	-0,198	-0,225
VI-VII	-0,030	0,240	0,040	0,132	0,166	0,149
VI-VIII	-0,307	0,079	-0,107	-0,037	0,033	0,008
VI-IX	-0,434	-0,022	-0,205	-0,111	-0,070	-0,090
VI-X	-0,435	-0,064	-0,279	-0,202	-0,134	-0,180
VII-VIII	-0,416	-0,059	-0,193	-0,141	-0,056	-0,053
<b>VII-IX</b>	<b>-0,533</b>	<b>-0,142</b>	<b>-0,282</b>	<b>-0,202</b>	<b>-0,149</b>	<b>-0,145</b>
<b>VII-X</b>	<b>-0,533</b>	<b>-0,179</b>	<b>-0,357</b>	<b>-0,293</b>	<b>-0,212</b>	<b>-0,237</b>
<b>VIII-IX</b>	<b>-0,626*</b>	<b>-0,304</b>	<b>-0,357</b>	<b>-0,317</b>	<b>-0,294</b>	<b>-0,305</b>
<b>VIII-X</b>	<b>-0,596</b>	<b>-0,330</b>	<b>-0,440</b>	<b>-0,421</b>	<b>-0,357</b>	<b>-0,407</b>
IX-X	-0,496	-0,321	-0,498	-0,441	-0,408	-0,476

\*– współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$ 

Z równań regresji wielokrotnej wynika, że zawartość cukru w korzeniach roślin niechronionych fungicydami była tym większa, im jednocześnie większa była temperatura powietrza w późniejszych miesiącach wegetacji – czerwiec, lipiec, październik i mniejsza suma opadów na początku wegetacji – kwiecień, maj, czerwiec (tab. 27). W przypadku ochrony fungicydowej, niezależnie od jej sposobu, zawartość cukru nie zależała od opadów w czerwcu, a stosując tebukonazol, epoksykonazol + tiofanat metylowy, strobilurynę na polaryzację istotnie wpływała również temperatura powietrza w maju.

Tabela 27. Współzależny wpływ temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na zawartość cukru w korzeniach

Sposób ochrony	Równanie regresji wielokrotnej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	$\tilde{y}_2 = 0,464tVI + 0,609tVII + 0,342tX - 0,088oIV - 0,025oV - 0,008oVI + 0,300$	0,988	0,976
Trzy zabiegi	$y_2 = 0,630tVI + 0,520tVII + 0,366tX - 0,083oIV - 0,020oV - 1,716$	0,949	0,901
Tebukonazol	$y_2 = -0,285tV + 0,583tVI + 0,357tVII + 0,630tX - 0,084oIV - 0,014tV + 3,550$	0,991	0,982
Epoksykonazol	$y_2 = 0,284tVI + 0,688tX - 0,064oIV + 9,727$	0,908	0,825
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y_2 = -0,377tV + 0,764tVI + 0,362tVII + 0,589tX - 0,090oIV - 0,016oV + 2,400$	0,989	0,979
Strobiluryna	$y_2 = -0,461tV + 0,650tVI + 0,264tVII + 0,570tX - 0,084oIV - 0,012oV + 7,002$	0,993	0,986

~ – oznaczenia zmiennych – patrz rozdział Metodyka badań

Najslabsze współzależne oddziaływanie temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na zawartość cukru w korzeniach ( $r = 0,825$ ) wystąpiło, gdy stosowano epoksykonazol. Wówczas polaryzacja zależała tylko od temperatury powietrza w czerwcu i październiku oraz opadów w kwietniu.

Nie stwierdzono istotnej zależności pomiędzy polaryzacją zarówno roślin chronionych, jak i niechronionych a zawartością węgla organicznego i uziarnieniem gleby (tab. 28) oraz pH gleby i zawartością w niej makroskładników (tab. 29). Wystąpiła tylko słabo zaznaczona tendencja większej zawartości cukru w korzeniach roślin niechronionych uprawianych na glebie o większej zawartości azotu mineralnego w wierzchniej warstwie (0–30 cm) wczesną wiosną. Niekorzystnie na polaryzację, choć też w słabym stopniu, wpływała natomiast większa zawartość azotu mineralnego w głębszych warstwach oraz większy udział frakcji drobnych, pyłu i łu, w uziarnieniu gleby. Ochrona fungicydowa zależności te jeszcze osłabiała.

Tabela 28. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości cukru i zawartości węgla organicznego oraz uziarnienia gleby w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Właściwość gleby					
	Corg	Piasek	Pył gruby	Pył drobny	Pył	Ł
Kontrola	0,014	0,162	0,354	-0,435	-0,126	-0,451
Trzy zabiegi	0,098	0,204	0,220	-0,375	-0,176	-0,364
Tebukonazol	0,038	0,146	0,234	-0,338	-0,130	-0,341
Epoksykonazol	0,072	0,083	0,244	-0,280	-0,069	-0,288
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	0,072	0,120	0,193	-0,277	-0,106	-0,278
Strobiluryna	0,012	0,161	0,128	-0,274	-0,155	-0,270

Tabela 29. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości cukru i pH oraz zawartości makroskładników w glebie

Sposób ochrony	pH <sub>KCl</sub>	Zawartość w glebie:						
		Azot w warstwie, cm:				Fosfor	Potas	Magnez
		0-30	30-60	60-90	0-90			
Kontrola	-0,186	0,479	-0,430	-0,479	-0,218	-0,219	0,317	0,000
Trzy zabiegi	-0,343	0,424	-0,369	-0,204	-0,081	-0,071	0,335	-0,028
Tebukonazol	-0,349	0,384	-0,427	-0,401	-0,223	-0,082	0,347	-0,035
Epoksykonazol	-0,387	0,284	-0,366	-0,316	-0,199	-0,177	0,253	-0,004
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	-0,329	0,335	-0,398	-0,302	-0,184	-0,096	0,296	-0,087
Strobiluryna	-0,296	0,362	-0,356	-0,294	-0,146	-0,095	0,348	-0,132



## 5.4. Plon technologiczny cukru

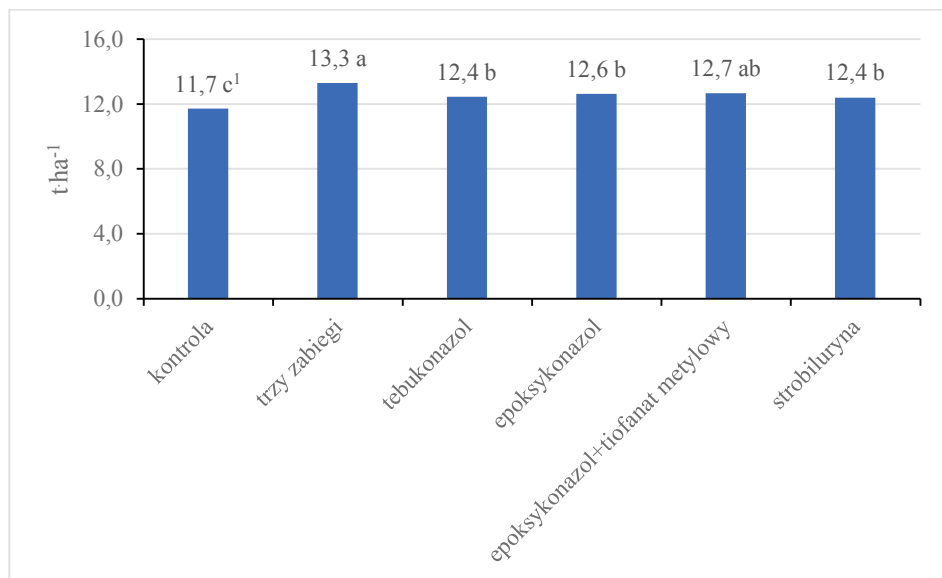
W dziewięciu z jedenastu lat badań stwierdzono istotne zróżnicowanie plonu technologicznego cukru pod wpływem nalistnej fungicydowej ochrony roślin (tab. 30). Zwiększenie plonu cukru w wyniku pojedynczego zabiegu, choćby przy użyciu jednej z badanych substancji czynnych lub mieszanki, w stosunku do braku ochrony wystąpiło w pięciu latach: 2007, 2008, 2009, 2012, 2013. Najkorzystniej na plon cukru w tych latach wpływały odpowiednio: epoksykonazol i epoksykonazol + tiofanat metylowy; wszystkie badane; tebukonazol, epoksykonazol, epoksykonazol + tiofanat metylowy; wszystkie badane; epoksykonazol, epoksykonazol + tiofanat metylowy, strobiluryna. Wykonanie trzech zabiegów fungicydowych w okresie wegetacji buraka spowodowało zwiększenie plonu technologicznego cukru w ośmiu latach. Zabiegi te były bardziej efektywne niż zabieg pojedynczy przy użyciu którejkolwiek z badanych substancji czynnych lub ich mieszanki tylko w jednym, 2010 roku.

Tabela 30. Plon technologiczny cukru ( $\text{t ha}^{-1}$ ) w kolejnych latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Rok	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebu- konazol	Epoksy- konazol	Epoksykonazol +tiofanat metylowy	Strobiluryna
2006	11,7 a <sup>1</sup>	11,5 a	12,0 a	11,4 a	11,6 a	11,5 a
2007	10,8 e	14,6 a	12,8 cd	13,8 ab	13,6 bc	12,6 d
2008	10,8 b	12,7 a	12,5 a	12,1 a	11,6 ab	12,5 a
2009	9,0 cd	10,6 a	10,0 ab	9,6 bc	9,7 bc	8,6 d
2010	10,7 b	13,0 a	11,4 b	11,4 b	11,6 b	11,4 b
2011	12,2 b	13,6 a	13,4 ab	13,3 ab	13,0 ab	13,1 ab
2012	9,8 c	11,7 a	10,8 b	11,2 ab	11,3 ab	11,5 ab
2013	14,1 c	15,4 ab	14,3 bc	15,1 abc	15,6 a	15,8 a
2014	14,3 ab	15,3 a	14,5 ab	13,9 ab	14,2 ab	13,4 b
2015	11,3 a	11,9 a	11,1 a	11,7 a	12,1 a	12,0 a
2016	14,1 bc	15,9 a	14,1 bc	15,3 ab	14,9 abc	13,9 c

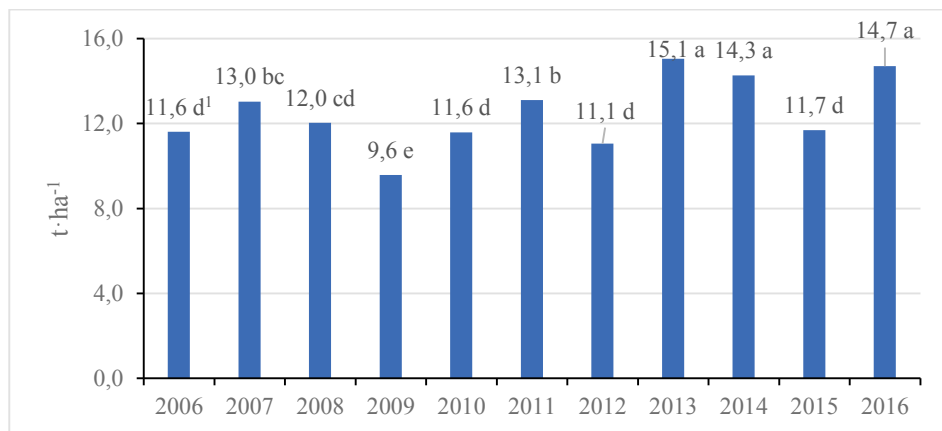
<sup>1</sup> – różne litery w rzędach oznaczają różnice istotne statystycznie

Średnio w całym 11-letnim okresie badań każdy ze sposobów nalistnej fungicydowej ochrony buraka wpłynął korzystnie na plon technologiczny cukru (rys. 9). Największy przyrost plonu wystąpił w wyniku stosowania trzech zabiegów oraz mieszanki epoksykonazolu z tiofanatem metylowym. Nie mniej korzystnie jak mieszanka dwóch substancji czynnych oddziaływały pozostałe substancje czynne stosowane w jednym zabiegu.



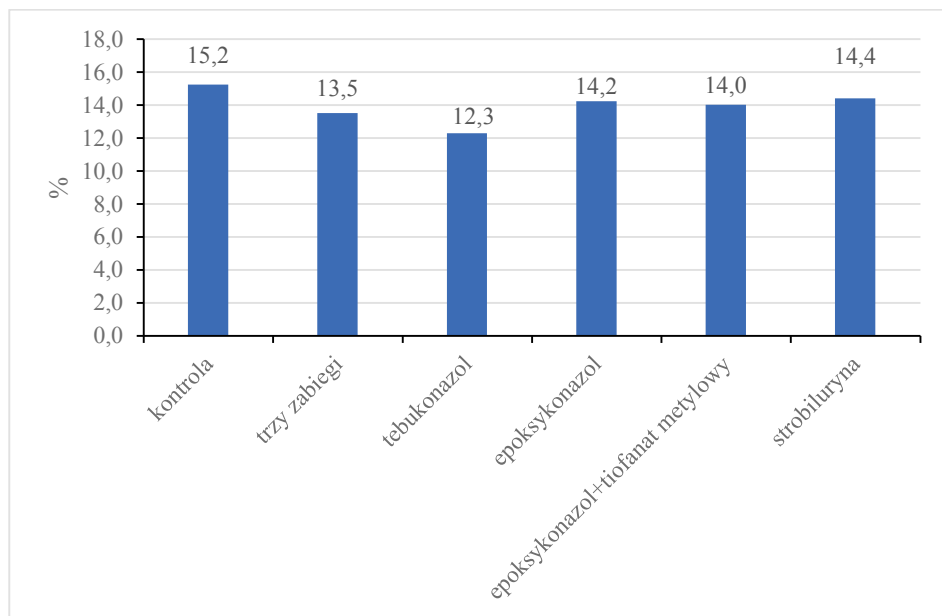
Rys. 9. Średni plon technologiczny cukru w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej (<sup>1</sup> – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie)

Największy plon technologiczny cukru osiągnięto w ostatnich latach badanego okresu: 2013, 2016 i 2014, a najmniejszy w 2009 roku (rys. 10).



Rys. 10. Średni plon technologiczny cukru w kolejnych latach badań (<sup>1</sup> – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie)

Nalistna ochrona fungicydowa zmniejszyła zmienność plonu technologicznego cukru w latach. W przypadku stosowania strobiluryny współczynnik jego zmienności zmniejszył się z 15,2% – obiekt niechroniony do 14,4%, tebukonazolu do 12,3%, a w wyniku aplikacji trzech zabiegów fungicydowych wyniósł 13,5% (rys. 11).



Rys. 11. Współczynnik zmienności plonu technologicznego cukru w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Plon technologiczny cukru roślin niechronionych fungicydami nalistnymi zwiększał się w badanym okresie o  $0,31 \text{ t ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$  (tab. 31). Na obiektach chronionych fungicydami plon cukru średnio w 11. latach był większy, choć z roku na rok przyrastał w mniejszym stopniu. Średnio roczny jego przyrost wynosił od  $0,16 \text{ t ha}^{-1}$  – tebukonazol do  $0,27 \text{ t ha}^{-1}$  – epoksykonazol + tiofanat metylowy.

Tabela 31. Trend zmian plonu technologicznego cukru w latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Równanie regresji prostej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	$y_3 = 0,31^{\&x} + 9,86$	0,574	0,329
Trzy zabiegi	$y_3 = 0,25x + 11,80$	0,457	0,209
Tebukonazol	$y_3 = 0,16x + 11,51$	0,341	0,116
Epoksykonazol	$y_3 = 0,25x + 11,12$	0,459	0,211
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y_3 = 0,27x + 11,03$	0,510	0,261
Strobiluryna	$y_3 = 0,25x + 10,92$	0,456	0,208

$^{\&y_3}$  – plon technologiczny cukru ( $\text{t ha}^{-1}$ );  $^{\&x}$  – rok badań (1–11)

Plon technologiczny cukru roślin niechronionych był najsilniej, choć nieistotnie, dodatnio skorelowany z średnią miesięczną temperaturą powietrza w czerwcu i maju (tab. 32). Każdy sposób nalistnej aplikacji fungicydów zwiększał siłę tego związku. Zatem plon cukru roślin chronionych fungicydami był tym

istotnie większy, im wyższa temperatura powietrza występowała w czerwcu, a w przypadku stosowania epoksykonazolu, mieszaniny epoksykonazol + tiofanat metylowy i strobiluryny również w maju.

Tabela 32. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu technologicznego cukru i średniej miesięcznej temperatury powietrza w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Kontrola	-0,027	<b>0,420</b>	<b>0,530</b>	0,167	-0,179	-0,360	0,429
Trzy zabiegi	-0,073	<b>0,577</b>	<b>0,746*</b>	-0,081	-0,208	-0,454	0,173
Tebukonazol	-0,018	<b>0,484</b>	<b>0,710*</b>	0,023	-0,367	-0,429	0,484
Epoksykonazol	-0,132	<b>0,651*</b>	<b>0,794*</b>	-0,193	-0,189	-0,300	0,292
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	-0,145	<b>0,605*</b>	<b>0,695*</b>	-0,121	-0,092	-0,354	0,310
Strobiluryna	-0,263	<b>0,602*</b>	<b>0,657*</b>	-0,181	-0,065	-0,355	0,417

\* – współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Istotna dodatnia zależność plonu technologicznego cukru od temperatury powietrza dotyczyła głównie początkowego okresu wegetacji buraka zarówno chronionego, jak i niechronionego fungicydami, tzn. od kwietnia, maja do lipca, sierpnia (tab. 33). U roślin chronionych fungicydami stwierdzono również istotną dodatnią korelację plonu cukru i średniej temperatury powietrza w okresie maj–czerwiec oraz kwiecień–czerwiec, z wyjątkiem aplikacji mieszaniny epoksykonazol + tiofanat metylowy i strobiluryny.

Tabela 33. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu technologicznego cukru i średniej temperatury powietrza w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Okres	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol + tiofanat metylowy	Strobiluryna
IV-V	0,232	0,290	0,278	0,288	0,250	0,154
IV-VI	0,468	0,632*	0,603*	0,657*	0,573	0,480
IV-VII	0,595	0,597	0,637*	0,548	0,510	0,373
<b>IV-VIII</b>	<b>0,635*</b>	<b>0,617*</b>	<b>0,556</b>	<b>0,567</b>	<b>0,587</b>	<b>0,432</b>
IV-IX	0,130	0,037	0,016	0,134	0,101	-0,006
<b>IV-X</b>	0,343	0,123	0,263	0,277	0,254	0,207

cd. tabeli 33

V-VI	0,547	0,762*	0,692*	0,830*	0,745*	0,719*
<b>V-VII</b>	<b>0,680*</b>	<b>0,714*</b>	<b>0,721*</b>	<b>0,700*</b>	<b>0,666*</b>	<b>0,596</b>
<b>V-VIII</b>	<b>0,722*</b>	<b>0,742*</b>	<b>0,627*</b>	<b>0,739*</b>	<b>0,771*</b>	<b>0,704*</b>
V-IX	0,147	0,077	0,026	0,209	0,183	0,139
V-X	0,350	0,158	0,267	0,339	0,323	0,337
VI-VII	0,551	0,494	0,560	0,430	0,419	0,336
VI-VIII	0,480	0,390	0,331	0,333	0,402	0,330
VI-IX	-0,031	-0,173	-0,186	-0,067	-0,074	-0,119
VI-X	0,200	-0,068	0,085	0,093	0,096	0,112
VII-VIII	0,018	-0,229	-0,254	-0,317	-0,179	-0,213
VII-IX	-0,318	-0,577	-0,571	-0,497	-0,450	-0,475
VII-X	-0,066	-0,460	-0,280	-0,316	-0,261	-0,225
VIII-IX	-0,404	-0,501	-0,559	-0,357	-0,356	-0,343
VIII-X	-0,180	-0,437	-0,313	-0,210	-0,199	-0,121
IX-X	-0,082	-0,319	-0,114	-0,107	-0,147	-0,085

\*– współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$ 

Korelacja plonu technologicznego cukru i sumy miesięcznych opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego zarówno chronionego, jak i niechronionego fungicydami nalistnymi była nieistotna (tab. 34). Najsilniejsza ujemna korelacja ( $r = -0,487$ ) plonu cukru roślin niechronionych dotyczyła opadów występujących we wrześniu. Nalistne stosowanie fungicydów, zwłaszcza w trzech zabiegach, korelację tę zmniejszyło.

Tabela 34. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu technologicznego cukru i sumy miesięcznych opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Kontrola	0,207	0,172	-0,412	-0,129	-0,070	-0,487	0,140
Trzy zabiegi	0,091	0,251	-0,178	0,233	0,100	-0,111	0,192
Tebukonazol	0,266	0,110	-0,378	-0,053	0,217	-0,328	0,126
Epoksykonazol	0,122	0,088	-0,189	0,137	0,105	-0,248	0,228
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	0,073	0,155	-0,211	0,101	-0,011	-0,227	0,123
Strobiluryna	0,196	0,059	-0,315	-0,017	0,094	-0,259	0,065

\*– współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$ 

Nieistotna była również zależność plonu cukru od sumy opadów w okresach dłuższych niż jeden miesiąc (tab. 35). Najsilniejszy, ujemny związek plonu cukru z sumą opadów dotyczył okresu czerwiec–wrzesień ( $r = -0,406$ ). Stosowanie fungicydów nalistnych, niezależnie od substancji czynnej i liczby zabiegów, spowodowało, że zależność ta była bardzo słaba.

Tabela 35. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu technologicznego cukru i sumy opadów w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Okres	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol + tiofanat metylowy	Strobilurylna
IV-V	0,253	0,276	0,220	0,135	0,179	0,141
IV-VI	-0,122	0,117	-0,125	-0,036	-0,012	-0,147
IV-VII	-0,151	0,219	-0,100	0,075	0,062	-0,087
IV-VIII	-0,162	0,234	0,034	0,118	0,046	-0,021
IV-IX	-0,250	0,174	-0,047	0,043	-0,013	-0,078
IV-X	-0,194	0,243	0,001	0,128	0,033	-0,052
V-VI	-0,181	0,065	-0,205	-0,076	-0,038	-0,198
V-VII	-0,176	0,177	-0,143	0,042	0,041	-0,117
V-VIII	-0,195	0,211	-0,016	0,092	0,031	-0,057
V-IX	-0,277	0,156	-0,087	0,023	-0,024	-0,107
V-X	-0,224	0,226	-0,041	0,107	0,021	-0,082
VI-VII	-0,317	0,083	-0,241	0,004	-0,035	-0,180
VI-VIII	-0,325	0,137	-0,074	0,071	-0,038	-0,099
VI-IX	-0,406	0,085	-0,151	-0,008	-0,094	-0,154
VI-X	-0,321	0,160	-0,089	0,088	-0,036	-0,116
VII-VIII	-0,137	0,229	0,107	0,166	0,063	0,051
VII-IX	-0,253	0,162	-0,002	0,069	-0,011	-0,030
VII-X	-0,177	0,236	0,053	0,165	0,044	0,000
VIII-IX	-0,259	0,036	0,042	-0,016	-0,103	-0,030
VIII-X	-0,144	0,147	0,113	0,122	-0,017	0,013
IX-X	-0,167	0,133	-0,078	0,082	-0,016	-0,098

Oceniając współzależny wpływ temperatury i opadów na plon cukru roślin niechronionych należy stwierdzić, że większy plon występował, gdy początek okresu wegetacji był ciepły – maj i opady nie były duże – czerwiec (tab. 36). Natomiast stosując ochronę fungicydową wyższa temperatura powietrza w czerwcu zwiększała plon cukru, gdy jednocześnie niższa temperatura występowała we wrześniu (trzy zabiegi, mieszanina epoksykonazol + tiofanat metylowy). Chroniąc rośliny tebukonazolem plon cukru był największy, gdy pierwsza część wegetacji (maj–lipiec) była ciepła i nie obfitowała w opady (kwiecień–czerwiec), a wrzesień był chłodny. Stosując strobilurylnę nie stwierdzono natomiast współzależnego wpływu temperatury powietrza i opadów na plon technologiczny cukru.

Tabela 36. Współzależny wpływ temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na plon technologiczny cukru

Sposób ochrony	Równanie regresji wielokrotnej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	$\tilde{y}_3 = 1,359tV - 0,039oVI - 4,893$	0,801	0,641
Trzy zabiegi	$y_3 = 1,182tVI - 0,472tIX - 0,242$	0,925	0,855
Tebukonazol	$y_3 = 0,854tV + 0,851tVI + 0,668tVII - 0,329tIX - 0,055oIV - 0,023oV - 0,028oVI - 17,710$	0,997	0,994
Epoksykonazol	$y_3 = 1,226tVI - 0,343tIX - 3,432$	0,888	0,788
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y_3 = 1,078tVI - 0,376tIX - 0,417$	0,823	0,677
Strobiluryna	$y_3 = n.i.$	n.i.	n.i.

~ – oznaczenia zmiennych – patrz rozdział Metodyka badań

Plon cukru zależał od warunków glebowych uprawy buraka. Był on istotnie dodatnio skorelowany z udziałem frakcji pyłu, zwłaszcza grubego, w uziarnieniu gleby oraz ujemnie z udziałem frakcji piasku (tab. 37). Ochrona fungicydowa nie miała dużego wpływu na siłę tego związku, na co wskazuje podobna wielkość wskaźników korelacji prostej Pearsona. Wyjątkiem była zależność plonu cukru od udziału pyłu grubego w uziarnieniu gleby. W tym przypadku ochrona fungicydowa osłabiła nieco siłę tego związku.

Tabela 37. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu technologicznego cukru i zawartości węgla organicznego oraz uziarnienia gleby w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Właściwość gleby					
	Corg	Piasek	Pył gruby	Pył drobny	Pył	Ił
Kontrola	0,441	<b>-0,754*</b>	<b>0,749*</b>	0,197	<b>0,778*</b>	0,204
Trzy zabiegi	0,552	<b>-0,737*</b>	<b>0,645*</b>	0,260	<b>0,753*</b>	0,299
Tebukonazol	0,483	<b>-0,723*</b>	<b>0,674*</b>	0,226	<b>0,745*</b>	0,226
Epoksykonazol	0,554	<b>-0,722*</b>	<b>0,619*</b>	0,257	<b>0,731*</b>	0,261
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	0,531	<b>-0,738*</b>	<b>0,639*</b>	0,249	<b>0,739*</b>	0,265
Strobiluryna	0,429	<b>-0,793*</b>	<b>0,555</b>	0,361	<b>0,777*</b>	0,341

\* – współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Stosowanie fungicydów nalistnych, zwłaszcza trzech zabiegów, zmniejszyło natomiast w dużym stopniu w porównaniu z roślinami niechronionymi ujemną zależność plonu technologicznego cukru od zawartości azotu w głębszej warstwie gleby, 60–90 cm (tab. 38).

Tabela 38. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu technologicznego cukru i pH oraz zawartości makroskładników w glebie

Sposób ochrony	pH <sub>KCl</sub>	Zawartość w glebie:						
		Azot w warstwie, cm:				Fosfor	Potas	Magnez
		0-30	30-60	<b>60-90</b>	0-90			
Kontrola	0,437	-0,065	-0,081	<b>-0,680*</b>	-0,398	0,029	0,288	0,424
Trzy zabiegi	0,281	-0,123	0,098	<b>-0,247</b>	-0,129	0,008	0,202	0,432
Tebukonazol	0,285	-0,168	-0,133	<b>-0,534</b>	-0,401	0,099	0,228	0,467
Epoksykonazol	0,198	-0,210	-0,097	<b>-0,354</b>	-0,316	-0,100	0,064	0,308
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	0,186	-0,169	-0,043	<b>-0,417</b>	-0,301	-0,109	0,142	0,316
Strobiluryna	0,181	-0,346	-0,067	<b>-0,462</b>	-0,417	-0,249	-0,039	0,275

\*– współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Stosując intensywną ochronę fungicydową – trzy zabiegi nalistne oraz jeden zabieg przy użyciu epoksykonazolu i mieszaniny epoksykonazol + tiofanat metylowy stwierdzono, że plon technologiczny cukru był tym większy, im gleba zawierała więcej węgla organicznego i jednocześnie mniej piasku w uziarnieniu (tab. 39).

Tabela 39. Współzależny wpływ właściwości gleby na plon technologiczny cukru

Sposób ochrony	Równanie regresji wielokrotnej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	$\tilde{y}_3 = \text{n.i.}$	n.i.	n.i.
Trzy zabiegi	$y_3 = 5,534C - 0,397S + 30,853$	0,889	0,791
Tebukonazol	$y_3 = \text{n.i.}$	n.i.	n.i.
Epoksykonazol	$y_3 = 5,574C - 0,388S + 29,613$	0,879	0,772
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y_3 = 5,245C - 0,394S + 30,329$	0,878	0,772
Strobiluryna	$y_3 = \text{n.i.}$	n.i.	n.i.

~ – oznaczenia zmiennych – patrz rozdział Metodyka badań

## 5.5. Zawartość potasu w korzeniach

Zawartość potasu w korzeniach buraka cukrowego zależała istotnie od sposobu ochrony fungicydowej w 6. z 11. lat badań (tab. 40). Pod wpływem jednokrotnej aplikacji substancji czynnej fungicydu lub mieszaniny dwóch substancji czynnych zmniejszyła się koncentracja potasu w miążdże korzeni tylko w 2011 roku. Działaniem takim charakteryzował się tebukonazol i mieszanina epoksykonazolu i tiofanatu metylowego. Oddziaływanie ograniczające zawartość potasu w korzeniach trzech zabiegów fungicydowych wystąpiło natomiast w latach: 2007, 2008, 2011 i 2014.

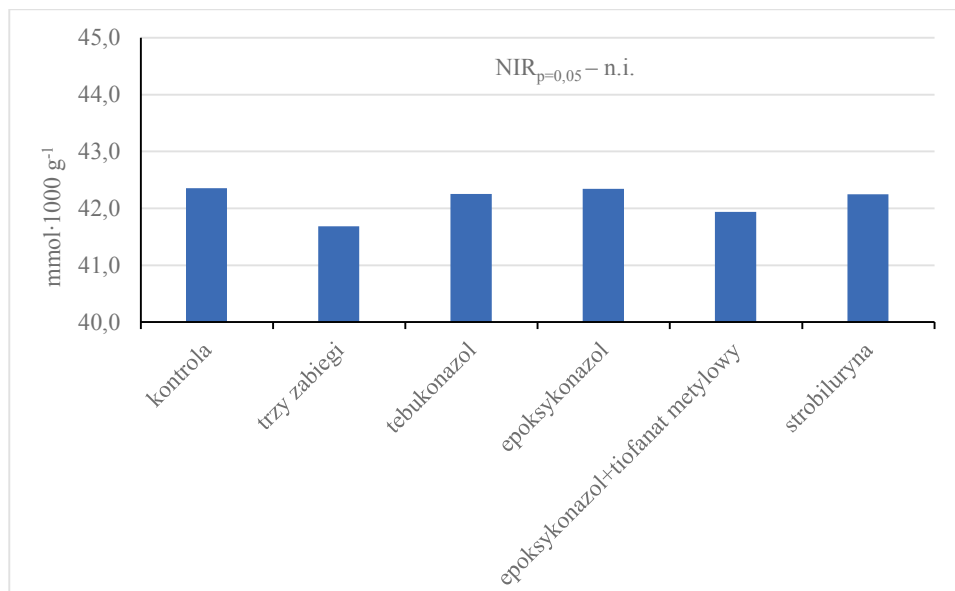
Średnio w całym 11-letnim okresie badań nie stwierdzono istotnego wpływu sposobu nalistnej ochrony fungicydowej na zawartość melasotworu, jakim jest potas w korzeniach buraka cukrowego (rys. 12).



Tabela 40. Zawartość potasu ( $\text{mmol}\cdot 1000 \text{ g}^{-1}$ ) w korzeniach w kolejnych latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

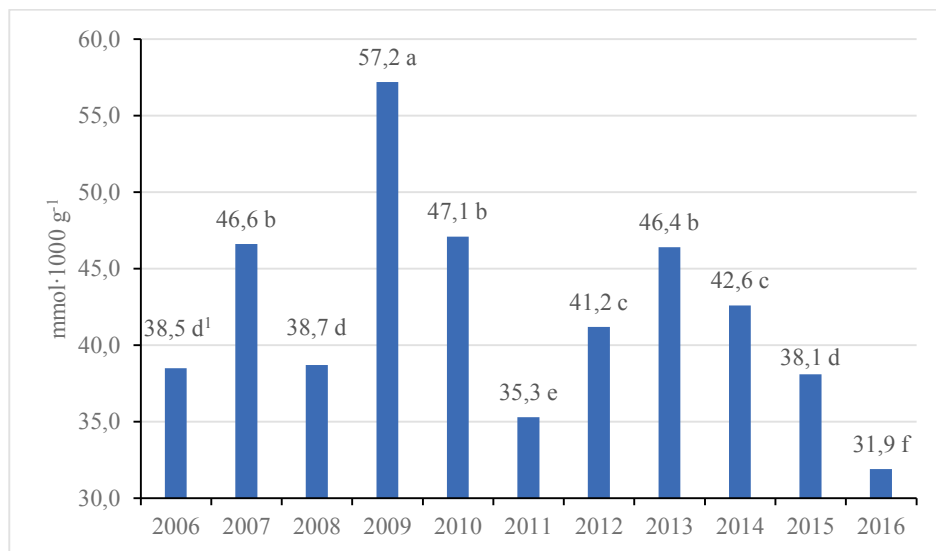
Rok	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebu-konazol	Epoksy-konazol	Epoksykonazol +tiofanat metylowy	Strobiluryna
2006	38,0 a <sup>1</sup>	38,9 a	38,3 a	38,9 a	37,6 a	39,2 a
2007	47,6 bc	44,8 a	46,4 abc	45,3 ab	46,8 abc	48,4 c
2008	39,7 b	37,3 a	39,4 ab	38,1 ab	39,0 ab	38,4 ab
2009	56,4 a	54,6 a	57,3 a	62,9 b	54,8 a	57,4 a
2010	46,4 a	47,8 a	46,4 a	47,4 a	48,2 a	46,5 a
2011	36,6 b	35,1 a	34,5 a	35,3 ab	34,8 a	35,3 ab
2012	40,7 ab	40,6 a	42,6 b	40,7 ab	40,6 a	42,0 ab
2013	46,9 a	47,5 a	46,0 a	45,3 a	46,4 a	46,2 a
2014	43,7 b	40,9 a	44,6 b	42,2 ab	42,4 ab	41,9 ab
2015	37,8 a	38,8 a	37,5 a	38,9 a	38,3 a	37,3 a
2016	32,1 a	32,2 a	31,8 a	30,8 a	32,4 a	32,1 a

<sup>1</sup> – różne litery w rzędach oznaczają różnice istotne statystycznie



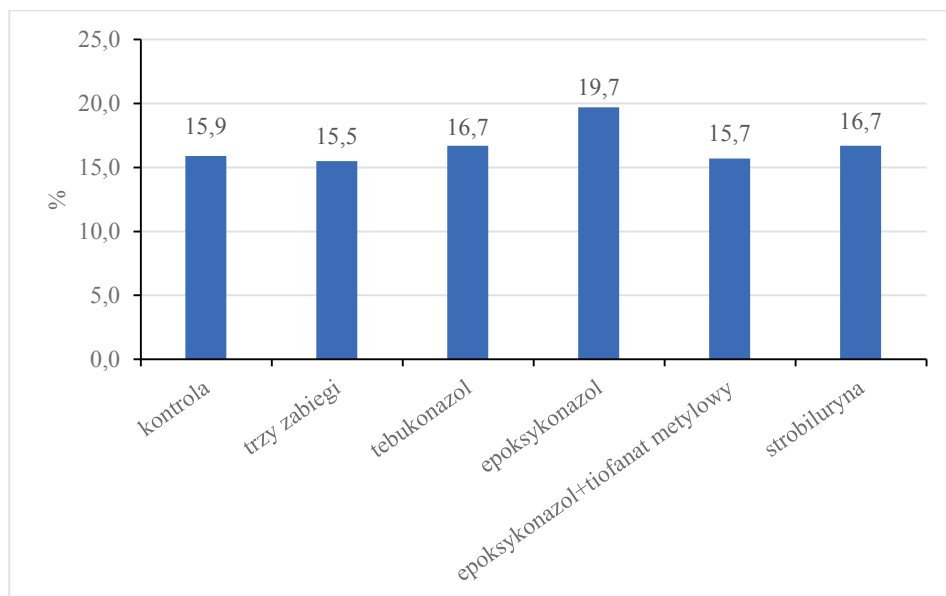
Rys. 12. Średnia zawartość potasu w korzeniach w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Jego zawartość była jednak silnie zróżnicowana w kolejnych latach (rys. 13). Najwięcej potasu zawierały korzenie w 2009 roku –  $57,2 \text{ mmol}\cdot 1000 \text{ g}^{-1}$ , istotnie mniej w latach 2007, 2010, 2013. Natomiast najmniej potasu zawierała miazga korzeni zebranych w 2016 roku –  $31,9 \text{ mmol}\cdot 1000 \text{ g}^{-1}$ .



Rys. 13. Średnia zawartość potasu w korzeniach w kolejnych latach badań (<sup>1</sup> – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie)

Ochrona fungicydowa nie zmniejszyła znacząco zmienności zawartości potasu w korzeniach (rys. 14). W przypadku stosowania epoksykonazolu współczynnik zmienności tej cechy w latach był nawet o blisko 4 punkty procentowe większy niż u roślin niechronionych.



Rys. 14. Współczynnik zmienności zawartości potasu w korzeniach w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Wraz z wydłużającym się okresem badań zmniejszała się zawartość potasu w miazdze korzeni buraka cukrowego. Spadek ten u roślin niechronionych fungicydami nalistnymi wynosił  $0,74 \text{ mmol} \cdot 1000 \text{ g}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ , choć zależność ta nie była statystycznie istotna (tab. 41). W warunkach ochrony fungicydowej trend zmniejszania się zawartości potasu w korzeniach był, w zależności od jej sposobu, większy lub mniejszy i wynosił od  $0,63 \text{ mmol} \cdot 1000 \text{ g}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ , w przypadku stosowania trzech zabiegów nalistnych, do  $0,87 \text{ mmol} \cdot 1000 \text{ g}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  przy jednokrotnej aplikacji epoksykonazolu i strobiluryny.

Tabela 41. Trend zmian zawartości potasu w korzeniach w latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Równanie regresji prostej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	${}^{\text{s}}y_4 = -0,74 \cdot x + 46,78$	0,364	0,133
Trzy zabiegi	$y_4 = -0,63x + 45,43$	0,320	0,102
Tebukonazol	$y_4 = -0,72x + 46,60$	0,339	0,115
Epoksykonazol	$y_4 = -0,87x + 47,55$	0,347	0,120
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y_4 = -0,67x + 45,96$	0,339	0,115
Strobiluryna	$y_4 = -0,87x + 47,48$	0,410	0,168

${}^{\text{s}}y_4$  – zawartość potasu w korzeniach ( $\text{mmol} \cdot 1000 \text{ g}^{-1}$ );  $x$  – rok badań (1–11)

Zawartość potasu w korzeniach nie była istotnie skorelowana ze średnią temperaturą powietrza któregośkolwiek miesiąca wegetacji buraka cukrowego (tab. 42). Była natomiast tym mniejsza, im wyższa panowała temperatura w całym okresie jego wegetacji, tj. (w zależności od roku) od kwietnia do października, czy też od maja, czerwca do końca wegetacji (tab. 43). Zależność ta występowała zarówno u roślin niechronionych, jak i chronionych przy użyciu fungicydów nalistnych. Jednak ochrona fungicydowa osłabiła zależność (korelacja nieistotna) zawartości potasu w korzeniach od temperatury powietrza w drugiej części okresu wegetacji buraka, tzn. od czerwca do października.

Tabela 42. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości potasu w korzeniach i średniej miesięcznej temperatury powietrza w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Kontrola	0,076	-0,279	-0,454	-0,017	0,130	-0,316	-0,319
Trzy zabiegi	-0,042	-0,289	-0,503	0,039	0,233	-0,237	-0,373
Tebukonazol	0,103	-0,278	-0,546	0,055	0,105	-0,327	-0,313
Epoksykonazol	0,135	-0,375	-0,581	0,027	0,173	-0,151	-0,400
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	-0,021	-0,293	-0,467	0,024	0,193	-0,316	-0,387
Strobiluryna	0,044	-0,257	-0,468	-0,004	0,110	-0,216	-0,334

Tabela 43. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości potasu w korzeniach i średniej temperatury powietrza w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Okres	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol + tiofanat metylowy	Strobiluryna
IV-V	-0,108	-0,208	-0,086	-0,119	-0,194	-0,120
IV-VI	-0,333	-0,436	-0,367	-0,411	-0,405	-0,350
IV-VII	-0,354	-0,423	-0,341	-0,406	-0,401	-0,363
IV-VIII	-0,361	-0,377	-0,363	-0,398	-0,377	-0,387
IV-IX	-0,521	-0,463	-0,531	-0,404	-0,532	-0,453
<b>IV-X</b>	<b>-0,656*</b>	<b>-0,629*</b>	<b>-0,662*</b>	<b>-0,587</b>	<b>-0,701*</b>	<b>-0,599</b>
V-VI	-0,426	-0,463	-0,484	-0,555	-0,442	-0,424
V-VII	-0,446	-0,441	-0,451	-0,544	-0,431	-0,434
V-VIII	-0,463	-0,378	-0,488	-0,555	-0,395	-0,464
V-IX	-0,569	-0,445	-0,594	-0,484	-0,526	-0,483
<b>V-X</b>	<b>-0,682*</b>	<b>-0,595</b>	<b>-0,702*</b>	<b>-0,644*</b>	<b>-0,676*</b>	<b>-0,610*</b>
VI-VII	-0,359	-0,347	-0,365	-0,417	-0,332	-0,359
VI-VIII	-0,302	-0,201	-0,329	-0,332	-0,218	-0,318
VI-IX	-0,474	-0,339	-0,501	-0,342	-0,422	-0,393
<b>VI-X</b>	<b>-0,609*</b>	<b>-0,513</b>	<b>-0,531</b>	<b>-0,530</b>	<b>-0,598</b>	<b>-0,542</b>
VII-VIII	0,082	0,210	0,129	0,153	0,167	0,079
VII-IX	-0,233	-0,071	-0,211	-0,032	-0,174	-0,144
VII-X	-0,404	-0,277	-0,378	-0,254	-0,385	-0,326
VIII-IX	-0,212	-0,091	-0,234	-0,046	-0,181	-0,135
VIII-X	-0,419	-0,320	-0,439	-0,288	-0,425	-0,344
IX-X	-0,479	-0,436	-0,485	-0,373	-0,519	-0,395

\*- współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Koncentracja tego melasotworu w miazdze korzeni zależała od sumy opadów we wrześniu. Zarówno u roślin niechronionych, jak i chronionych fungicydami, z wyjątkiem stosowania epoksykonazolu, zawartość potasu w korzeniach była tym mniejsza im mniej opadów występowało w tym miesiącu (tab. 44). Słaba tendencja spadku zawartości potasu w korzeniach miała miejsce również w przypadku małej ilości opadów w maju, czerwcu i lipcu.

Słaba dodatnia zależność zawartości potasu w miazdze korzeni od sumy opadów dotyczyła także dłuższych, kilkumiesięcznych okresów wegetacji buraka cukrowego (tab. 45). Współczynnik korelacji prostej tej zależności u roślin z obiektu kontrolnego i obiektów chronionych fungicydami nalistnymi nie przekroczył wartości  $r = 0,500$ .

Tabela 44. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości potasu w korzeniach i sumy miesięcznych opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Kontrola	-0,431	0,308	0,228	0,174	-0,105	<b>0,692*</b>	-0,330
Trzy zabiegi	-0,452	0,419	0,198	0,205	-0,161	<b>0,698*</b>	-0,366
Tebukonazol	-0,400	0,292	0,278	0,090	-0,168	<b>0,669*</b>	-0,311
Epoksykonazol	-0,477	0,270	0,258	0,144	-0,194	<b>0,587</b>	-0,271
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	-0,410	0,396	0,206	0,230	-0,113	<b>0,753*</b>	-0,331
Strobiluryna	-0,428	0,305	0,299	0,172	-0,103	<b>0,708*</b>	-0,314

\*- współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Tabela 45. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości potasu w korzeniach i sumy opadów w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Okres	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol + tiofanat metylowy	Strobiluryna
IV-V	0,104	0,199	0,102	0,048	0,195	0,102
IV-VI	0,316	0,386	0,360	0,286	0,389	0,379
IV-VII	0,281	0,338	0,247	0,245	0,356	0,312
IV-VIII	0,176	0,193	0,114	0,099	0,234	0,202
IV-IX	0,309	0,325	0,251	0,219	0,372	0,335
IV-X	0,181	0,184	0,131	0,115	0,243	0,213
V-VI	0,429	0,496	0,455	0,421	0,483	0,481
V-VII	0,337	0,392	0,300	0,315	0,400	0,364
V-VIII	0,249	0,270	0,184	0,183	0,302	0,274
V-IX	0,369	0,388	0,308	0,288	0,428	0,394
V-X	0,246	0,252	0,192	0,187	0,304	0,277
VI-VII	0,253	0,261	0,216	0,247	0,284	0,289
VI-VIII	0,157	0,128	0,083	0,093	0,178	0,189
VI-IX	0,320	0,298	0,253	0,239	0,355	0,352
VI-X	0,161	0,125	0,105	0,109	0,193	0,197
VII-VIII	0,052	0,036	-0,049	-0,029	0,085	0,051
VII-IX	0,239	0,228	0,148	0,142	0,284	0,243
VII-X	0,081	0,054	0,003	0,015	0,123	0,091
VIII-IX	0,200	0,157	0,139	0,083	0,218	0,208
VIII-X	-0,022	-0,081	-0,064	-0,089	-0,006	-0,005
IX-X	0,096	0,062	0,102	0,092	0,135	0,124

Współzależne oddziaływanie temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na zawartość potasu w korzeniach wystąpiło tylko, gdy stosowano trzy nalistne zabiegi fungicydowe (tab. 46). W takim przypadku zawartość potasu w miążdze korzeni była mała, gdy czerwiec i lipiec były ciepłe, a maj nie obfitował w opady.

Tabela 46. Współzależny wpływ temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na zawartość potasu w korzeniach

Sposób ochrony	Równanie regresji wielokrotnej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	$\tilde{y}_4 = \text{n.i.}$	n.i.	n.i.
Trzy zabiegi	$y_4 = -3,816t_{VI} - 2,514t_{VII} + 0,136oV + 146,325$	0,817	0,667
Tebukonazol	$y_4 = \text{n.i.}$	n.i.	n.i.
Epoksykonazol	$y_4 = \text{n.i.}$	n.i.	n.i.
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y_4 = \text{n.i.}$	n.i.	n.i.
Strobiluryna	$y_4 = \text{n.i.}$	n.i.	n.i.

~ – oznaczenia zmiennych – patrz rozdział Metodyka badań

Zawartość potasu w korzeniach była tym mniejsza, im gleba zawierała mniej piasku w uziarnieniu, a także większy był udział frakcji pyłu. Wielkość współczynników korelacji prostej Pearsona, choć nieistotnych statystycznie, wyniosła odpowiednio  $r = 0,519$  i  $r = -0,560$  (tab. 47). Ochrona fungicydowa nie zmieniała znacząco tych zależności, z wyjątkiem stosowania epoksykonazolu i strobiluryny. Pod ich wpływem korelacja była silniejsza, a nawet istotna.

Tabela 47. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości potasu w korzeniach i zawartości węgla organicznego oraz uziarnienia gleby w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Właściwość gleby					
	Corg	Piasek	Pył gruby	Pył drobny	Pył	Ił
Kontrola	0,147	<b>0,519</b>	-0,239	-0,397	<b>-0,560</b>	-0,272
Trzy zabiegi	0,091	<b>0,475</b>	-0,326	-0,298	<b>-0,537</b>	-0,165
Tebukonazol	0,113	<b>0,543</b>	-0,204	-0,443	<b>-0,576</b>	-0,316
Epoksykonazol	0,069	<b>0,652*</b>	-0,308	-0,475	<b>-0,687*</b>	-0,354
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	0,125	<b>0,459</b>	-0,283	-0,305	<b>-0,509</b>	-0,174
Strobiluryna	0,107	<b>0,568</b>	-0,312	-0,392	<b>-0,614*</b>	-0,267

\* – współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Istotnie na zawartość potasu w korzeniach buraka, zarówno niechronionego jak i chronionego fungicydami nalistnymi, wpływała zasobność gleby w przyswajalne formy tego makroskładnika (tab. 48). Mniejszej koncentracji potasu w miążdze korzeni sprzyjała również mniejsza zawartość azotu w glebie wczesną

wiosną, zwłaszcza w głębszych warstwach. W przypadku późniejszej ochrony roślin przy użyciu tebukonazolu, epoksykonazolu i mieszaniny epoksykonazol + tiofanat metylowy zależność ta była istotna statystycznie.

Tabela 48. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości potasu w korzeniach i pH oraz zawartości makroskładników w glebie

Sposób ochrony	pH <sub>KCl</sub>	Zawartość w glebie:						
		Azot w warstwie, cm:				Fosfor	Potas	Magnez
		0-30	30-60	60-90	0-90			
Kontrola	-0,462	0,384	0,295	0,535	<b>0,580</b>	0,286	<b>0,690*</b>	0,009
Trzy zabiegi	-0,434	0,365	0,361	0,515	<b>0,594</b>	0,264	<b>0,674*</b>	-0,125
Tebukonazol	-0,448	0,433	0,321	0,520	<b>0,609*</b>	0,288	<b>0,677*</b>	0,065
Epoksykonazol	-0,415	0,479	0,254	0,535	<b>0,605*</b>	0,291	<b>0,660*</b>	-0,097
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	-0,406	0,333	0,387	0,574	<b>0,621*</b>	0,277	<b>0,644*</b>	-0,027
Strobiluryna	-0,525	0,389	0,270	0,560	<b>0,583</b>	0,307	<b>0,628*</b>	-0,073

\*- współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Współzależny wpływ właściwości gleby na zawartość potasu w korzeniach wystąpił tylko przy stosowaniu epoksykonazolu (tab. 49). W takim przypadku zawartość melasotworu zmniejszała się wraz ze spadkiem zawartości przyswajalnego potasu oraz udziału frakcji piasku w uziarnieniu gleby.

Tabela 49. Współzależny wpływ właściwości gleby na zawartość potasu w korzeniach

Sposób ochrony	Równanie regresji wielokrotnej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	$\sim y_4 = \text{n.i.}$	n.i.	n.i.
Trzy zabiegi	$y_4 = \text{n.i.}$	n.i.	n.i.
Tebukonazol	$y_4 = \text{n.i.}$	n.i.	n.i.
Epoksykonazol	$y_4 = 0,117K + 1,500S - 62,315$	0,868	0,753
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y_4 = \text{n.i.}$	n.i.	n.i.
Strobiluryna	$y_4 = \text{n.i.}$	n.i.	n.i.

$\sim$  - oznaczenia zmiennych – patrz rozdział Metodologia badań

Z równań regresji wielokrotnej wynika, że mniejszej zawartości potasu w korzeniach buraka sprzyjała również jednocześnie mniejsza zawartość azotu mineralnego w glebie wiosną oraz wyższa temperatura powietrza na początku okresu wegetacji – kwiecień (tab. 50). Zależność taka występowała w przypadku ochrony roślin przy użyciu epoksykonazolu, mieszaniny epoksykonazol + tiofanat metylowy oraz stosowania trzech zabiegów nalistnych.

Tabela 50. Współzależny wpływ właściwości gleby, temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na zawartość potasu w korzeniach

Sposób ochrony	Równanie regresji wielokrotnej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	$\tilde{y}_4 = \text{n.i.}$	n.i.	n.i.
Trzy zabiegi	$y_4 = 0,094N_{0-90} + 0,086K + 0,951S - 2,875t_{IV} - 16,561$	0,976	0,952
Tebukonazol	$y_4 = \text{n.i.}$	n.i.	n.i.
Epoksykonazol	$y_4 = 0,102N_{0-90} + 0,099K + 1,605S - 2,612t_{IV} - 59,269$	0,977	0,954
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y_4 = 0,105N_{0-90} + 0,080K + 0,899S - 2,751t_{IV} - 14,904$	0,950	0,902
Strobiluryna	$y_4 = \text{n.i.}$	n.i.	n.i.

~ – oznaczenia zmiennych – patrz rozdział Metodyka badań

## 5.6. Zawartość sodu w korzeniach

Nalistna aplikacja fungicydów nie wpłynęła istotnie na zawartość sodu w korzeniach buraka cukrowego tylko w dwóch latach badań (tab. 51). W pięciu latach do obniżenia koncentracji tego melasotworu w miazdze korzeni wystarczył jeden zabieg fungicydowy. Działanie takie wystąpiło po zastosowaniu epoksykonazolu i mieszaniny epoksykonazol + tiofanat metylowy – 2007 rok, epoksykonazolu – 2008 rok, tebukonazolu, epoksykonazolu i strobiluryny – 2011 rok, strobiluryny – 2013 rok, epoksykonazolu z tiofanatem metylowym – 2015 rok. Choć trzy zabiegi, które w latach 2007, 2010 i 2015 spowodowały obniżenie zawartości sodu w miazdze, nie okazały się bardziej efektywne w tym oddziaływaniu niż jeden zabieg.

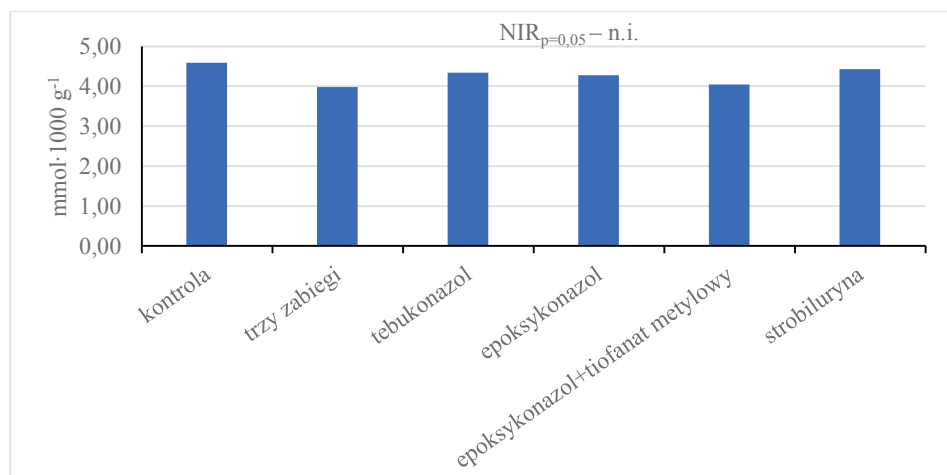
Tabela 51. Zawartość sodu ( $\text{mmol} \cdot 1000 \text{ g}^{-1}$ ) w korzeniach w kolejnych latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Rok	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol +tiofanat metylowy	Strobiluryna
2006	5,07a <sup>1</sup>	5,20a	4,56a	5,23a	5,11a	4,90a
2007	7,77 c	4,60 a	6,99 c	5,23 ab	4,40 a	6,38 bc
2008	6,07 b	5,48 ab	5,63 ab	5,32 a	5,85 ab	6,08 b
2009	3,55 a	3,32 a	3,26 a	3,82 a	3,33 a	3,28 a
2010	7,15 b	5,87 a	6,79 b	6,55 ab	6,57 ab	6,82 b
2011	2,55 b	2,50 b	2,24 a	2,14 a	2,50 b	2,18 a
2012	4,23 a	4,73 ab	4,51 a	4,34 a	5,17 b	4,73 ab
2013	2,83 bc	2,72 ab	2,86 bc	2,86 bc	3,00 c	2,50 a
2014	3,33 abc	2,85 a	3,05 ab	3,00 ab	2,86 a	3,60 c
2015	5,15 cd	4,02 ab	5,07 c	5,92 d	3,30 a	4,80 bc
2016	2,74 a	2,47 a	2,80 a	2,67 a	2,34 a	3,48 b

<sup>1</sup> – różne litery w rzędach oznaczają różnice istotne statystycznie

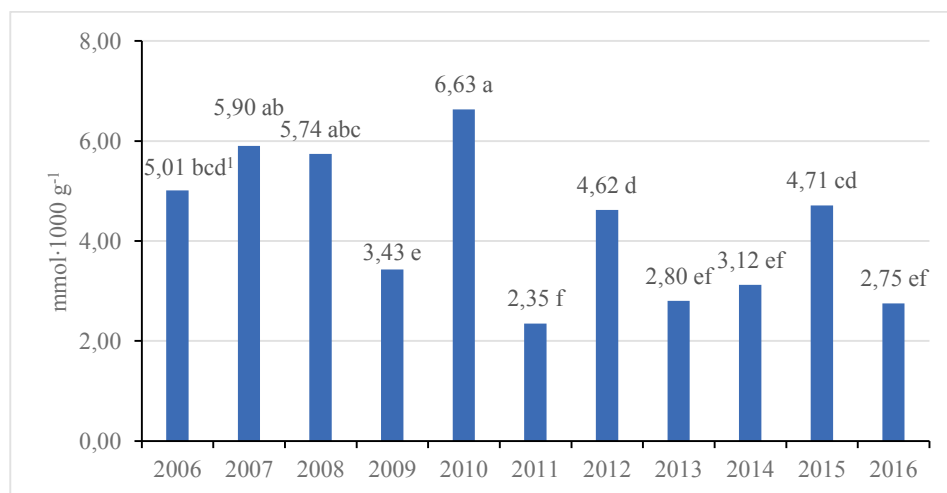


Stosowanie nalistne fungicydów nie spowodowało średnio w latach 2006–2016 istotnego zróżnicowania zawartość sodu w miążdze korzeni buraka cukrowego (rys. 15). Jednak każdy sposób ich aplikacji, a zwłaszcza trzy zabiegi w okresie wegetacji i jednokrotna aplikacja mieszaniny epoksykonazolu i tiofanatu metylowego, wywołały wyraźną tendencję mniejszej koncentracji tego malasotworu w korzeniach.



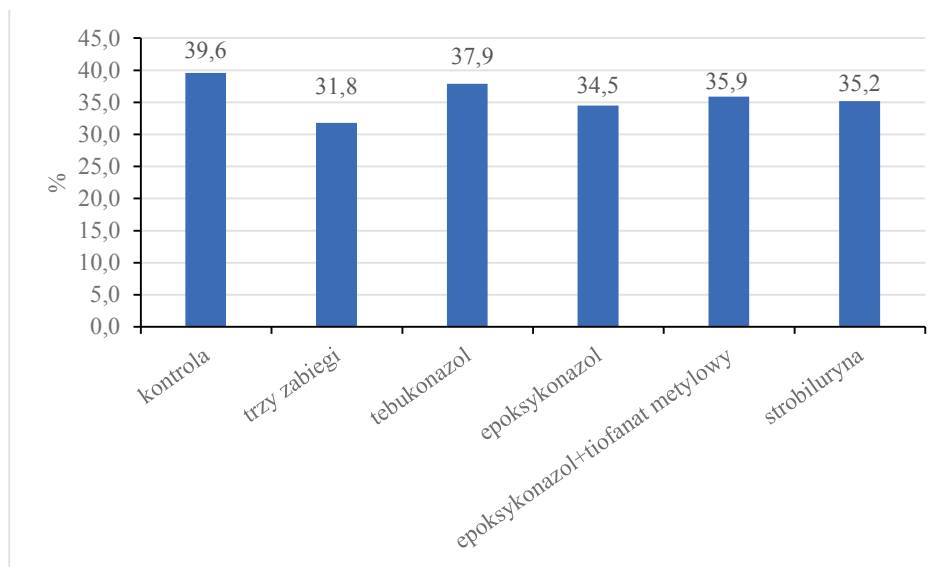
Rys. 15. Średnia zawartość sodu w korzeniach w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Najmniejsza zawartość sodu była w korzeniach buraka zebranych w latach 2011, 2016, 2013, 2014 i wynosiła wówczas od 2,35 do 3,12 mmol·1000 g<sup>-1</sup>. Najwięcej sodu, 6,63–5,74 mmol·1000 g<sup>-1</sup>, zawierały natomiast korzenie w latach 2010, 2007, 2008 (rys. 16).



Rys. 16. Średnia zawartość sodu w korzeniach w kolejnych latach badań (<sup>1</sup> – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie)

Zmienność zawartości sodu w korzeniach roślin niechronionych w 11. latach badań była stosunkowo duża – 39,6% (rys. 17). Stosowanie ochrony fungicydowej, niezależnie od sposobu, zmienność tę ograniczało. Pod wpływem trzech zabiegów w okresie wegetacji zmniejszyła się ona o 7,8 punktów procentowych, a w wyniku jednorazowej aplikacji tebukonazolu o 1,7 pkt. %.



Rys. 17. Współczynnik zmienności zawartości sodu w korzeniach w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Równania regresji prostej, choć nieistotne statystycznie, wskazują na wyraźny ujemny trend zmian zawartości sodu w korzeniach w latach badań (tab. 52). Spadek zawartości tego melasotworu w miążdze korzeni roślin niechronionych wynosił  $0,32 \text{ mmol} \cdot 1000 \text{ g}^{-1}$  rocznie, a chronionych fungicydami nalistnymi od  $0,19 \text{ mmol} \cdot 1000 \text{ g}^{-1}$  – epoksykonazol do  $0,27$  – epoksykonazol + tiofanat metylowy. W przypadku jednokrotnego stosowania mieszaniny dwóch substancji czynnych spadek zawartości sodu w korzeniach był istotny statystycznie.

Tabela 52. Trend zmian zawartości sodu w korzeniach w latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Równanie regresji prostej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	$y = -0,32x + 6,48$	0,578	0,334
Trzy zabiegi	$y = -0,24x + 5,41$	0,624*	0,389*
Tebukonazol	$y = -0,25x + 5,83$	0,500	0,250
Epoksykonazol	$y = -0,19x + 5,43$	0,431	0,186
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y = -0,27x + 5,64$	0,609*	0,370*
Strobiluryna	$y = -0,22x + 5,77$	0,472	0,223

$y$  – zawartość sodu w korzeniach ( $\text{mmol} \cdot 1000 \text{ g}^{-1}$ );  $x$  – rok badań (1–11)

\* – współczynnik istotny przy  $p = 0,05$

Pod wpływem wyższej temperatury powietrza na początku wegetacji buraka cukrowego, zwłaszcza w kwietniu występowała wyraźna tendencja mniejszej zawartości sodu w jego korzeniach (tab. 53). Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości tego melasotworu w miazdze korzeni ze wszystkich obiektów i średniej temperatury powietrza w kwietniu były podobne i wynosiły, w zależności od sposobu ochrony, od -0,536 – epoksykonazol + tiofanat metylowy do -0,581 – tebukonazol oraz epoksykonazol. Siła powyższego związku w odniesieniu do temperatury w maju była już nieco słabsza ( $r = -0,314 - -0,438$ ). Jedynie w przypadku stosowania epoksykonazolu współczynnik korelacji wyniósł  $r = -0,602$  i był statystycznie istotny.

Tabela 53. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości sodu w korzeniach i średniej miesięcznej temperatury powietrza w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Kontrola	<b>-0,556</b>	-0,438	-0,021	0,127	0,158	-0,081	-0,150
Trzy zabiegi	<b>-0,562</b>	-0,432	-0,274	0,297	0,021	0,038	-0,018
Tebukonazol	<b>-0,581</b>	-0,385	-0,063	0,103	0,220	-0,079	-0,201
Epoksykonazol	<b>-0,581</b>	-0,602*	-0,349	0,251	0,376	0,040	-0,209
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	<b>-0,536</b>	-0,314	-0,248	0,302	-0,080	-0,046	-0,035
Strobiluryna	<b>-0,556</b>	-0,379	-0,075	0,233	0,081	-0,092	-0,157

\* – współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Silny, ujemny związek zawartości sodu w korzeniach roślin niechronionych z temperaturą powietrza ujawnił się także dla dłuższych okresów początkowej wegetacji buraka cukrowego. Były to okresy kwiecień–czerwiec i kwiecień–sierpień ( $r$  około -0,500), a dla okresu kwiecień–maj współczynnik korelacji  $r = -0,709$  był istotny (tab. 54). Żaden sposób późniejszego nalistnego stosowania fungicydów nie zmienił znacząco korelacji zawartości sodu w korzeniach i średniej temperatury powietrza w okresie obejmującym dwa pierwsze miesiące wegetacji buraka.

Mniejszej zawartości sodu w korzeniach sprzyjała mała ilość opadów pod koniec wegetacji buraka cukrowego. Wskazuje na to dodatni, na ogół istotny, współczynnik korelacji prostej zawartości tego melasotworu w miazdze korzeniowej i sumy opadów we wrześniu (tab. 55).

Tabela 54. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości sodu w korzeniach i średniej temperatury powietrza w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Okres	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol + tiofanat metylowy	Strobiluryna
IV-V	<b>-0,709*</b>	<b>-0,710*</b>	<b>-0,696*</b>	<b>-0,828*</b>	<b>-0,618*</b>	<b>-0,673*</b>
IV-VI	-0,547	-0,687*	-0,560	-0,818*	-0,604*	-0,550
IV-VII	-0,478	-0,508	-0,508	-0,674*	-0,420	-0,410
IV-VIII	-0,500	-0,635*	-0,494	-0,597	-0,594	-0,467
IV-IX	-0,415	-0,406	-0,410	-0,378	-0,449	-0,401
IV-X	-0,468	-0,393	-0,490	-0,464	-0,443	-0,459
V-VI	-0,238	-0,393	-0,237	-0,527	-0,316	-0,241
V-VII	-0,147	-0,177	-0,164	-0,348	-0,096	-0,071
V-VIII	-0,063	-0,207	-0,036	-0,149	-0,184	-0,027
V-IX	-0,110	-0,098	-0,092	-0,060	-0,157	-0,097
V-X	-0,176	-0,099	-0,185	-0,160	-0,161	-0,167
VI-VII	0,098	0,058	0,044	-0,040	0,081	0,152
VI-VIII	0,245	0,084	0,236	0,269	0,026	0,241
VI-IX	0,077	0,087	0,073	0,203	-0,026	0,065
VI-X	-0,008	0,071	-0,039	0,076	-0,043	-0,023
VII-VIII	0,234	0,287	0,259	0,510	0,215	0,273
VII-IX	0,089	0,236	0,108	0,393	0,108	0,106
VII-X	0,002	0,217	-0,008	0,262	0,084	0,015
VIII-IX	0,008	0,044	0,040	0,222	-0,080	-0,040
VIII-X	-0,080	0,037	-0,076	0,115	-0,107	-0,136
IX-X	-0,162	0,025	-0,191	-0,085	-0,063	-0,176

\*- współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Tabela 55. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości sodu w korzeniach i sumy miesięcznych opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Kontrola	0,369	0,190	-0,180	0,275	0,460	<b>0,778*</b>	-0,208
Trzy zabiegi	0,506	0,134	-0,179	-0,053	0,449	<b>0,586</b>	-0,208
Tebukonazol	0,341	0,188	-0,119	0,275	0,382	<b>0,778*</b>	-0,190
Epoksykonazol	0,342	0,161	-0,231	0,107	0,197	<b>0,616*</b>	-0,207
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	0,473	0,236	-0,141	-0,037	0,493	<b>0,606*</b>	-0,216
Strobiluryna	0,485	0,177	-0,161	0,167	0,415	<b>0,672*</b>	-0,072

\*- współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Zależność ta potwierdziła się przy analizie wpływu ilości opadów w dłuższych okresach na zawartość sodu w korzeniach. Stwierdzono, że zawartość tego melasotworu u roślin niechronionych była tym mniejsza, im mniej opadów występowało w okresach lipiec–wrzesień i sierpień–wrzesień (tab. 56). Stosowanie fungicydów, w porównaniu z brakiem ochrony, nie miało wpływu na siłę tego istotnego związku dla warunków opadowych od sierpnia do września, z wyjątkiem stosowania epoksykonazolu. Natomiast w przypadku nalistnej ochrony fungicydowej nie stwierdzono istotnej korelacji zawartości sodu w korzeniach i sumy opadów w okresie lipiec–wrzesień.

Tabela 56. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości sodu w korzeniach i sumy opadów w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Okres	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol + tiofanat metylowy	Strobiluryna
IV-V	0,339	0,346	0,326	0,301	0,428	0,378
IV-VI	0,180	0,188	0,222	0,094	0,306	0,237
IV-VII	0,280	0,061	0,302	0,121	0,132	0,236
IV-VIII	0,477	0,291	0,454	0,205	0,373	0,417
IV-IX	0,586	0,383	0,566	0,317	0,458	0,510
IV-X	0,499	0,299	0,486	0,234	0,370	0,475
V-VI	0,014	-0,030	0,060	-0,049	0,082	0,019
V-VII	0,174	-0,048	0,199	0,039	0,022	0,112
V-VIII	0,396	0,190	0,378	0,137	0,276	0,316
V-IX	0,514	0,294	0,499	0,256	0,373	0,422
V-X	0,435	0,216	0,426	0,178	0,291	0,393
VI-VII	0,114	-0,135	0,147	-0,041	-0,103	0,042
VI-VIII	0,396	0,169	0,375	0,090	0,225	0,303
VI-IX	0,545	0,302	0,527	0,243	0,354	0,438
VI-X	0,422	0,195	0,413	0,141	0,240	0,379
VII-VIII	0,498	0,262	0,446	0,206	0,302	0,393
<b>VII-IX</b>	<b>0,639*</b>	<b>0,386</b>	<b>0,596</b>	<b>0,347</b>	<b>0,426</b>	<b>0,521</b>
VII-X	0,510	0,272	0,478	0,236	0,306	0,459
<b>VIII-IX</b>	<b>0,699*</b>	<b>0,611*</b>	<b>0,635*</b>	<b>0,416</b>	<b>0,655*</b>	<b>0,618*</b>
VIII-X	0,492	0,414	0,446	0,243	0,448	0,502
IX-X	0,282	0,158	0,302	0,178	0,163	0,359

\*- współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

U roślin niechronionych, ale także po zastosowaniu tebukonazolu, strobiluryny i wykonaniu trzech zabiegów, stwierdzono, że mała zawartość sodu w korzeniach występuje w przypadku wysokiej temperatury powietrza w maju i lipcu oraz jednocześnie małej ilości opadów w pierwszej połowie okresu wegetacji buraka, tj. kwietniu, maju i czerwcu (tab. 57). U roślin chronionych istotne znaczenie miały również: niska temperatura powietrza w sierpniu – epoksykonazol i wysoka temperatura w czerwcu – mieszanina epoksykonazol + tiofanat metylowy.

Tabela 57. Współzależny wpływ temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na zawartość sodu w korzeniach

Sposób ochrony	Równanie regresji wielokrotnej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	$\hat{y}_5 = -1,961tV - 1,467tVII + 0,160oIV + 0,052oV + 0,051oVI + 49,676$	0,951	0,904
Trzy zabiegi	$y_5 = -1,221tV - 0,711tVII + 0,110oIV + 0,029oV + 0,037oVI + 27,718$	0,926	0,857
Tebukonazol	$y_5 = -1,733tV - 1,335tVII + 0,146oIV + 0,048oV + 0,049oVI + 44,421$	0,939	0,881
Epoksykonazol	$y_5 = -1,237tV - 0,617tVII + 0,728tVIII + 0,127oIV + 0,029oV + 0,041oVI + 12,097$	0,989	0,977
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y_5 = -0,796tV - 0,620tVI - 1,095tVII + 0,141oIV + 0,045oV + 0,034oVI + 38,057$	0,952	0,906
Strobiluryna	$y_5 = -1,543tV - 1,082tVII + 0,147oIV + 0,0427V + 0,048oVI + 37,319$	0,961	0,923

~ – oznaczenia zmiennych – patrz rozdział Metodyka badań

Spośród właściwości gleby zawartość sodu w korzeniach była najsilniej skorelowana z udziałem pyłu grubego w uziarnieniu (tab. 58). W przypadku trzykrotnego stosowania fungicydów nalistnych ta ujemna zależność była nawet statystycznie istotna. Istotna ujemna korelacja dotyczyła również koncentracji sodu w miazdze korzeni roślin niechronionych i zawartości azotu mineralnego w wierzchniej warstwie gleby wiosną przed siewem buraka (tab 59). Zawartość tego melasotworu w korzeniach była tym mniejsza, im więcej występowało azotu w warstwie gleby 0–30 cm, również w przypadku późniejszego stosowania tebukonazolu i strobiluryny.

Tabela 58. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości sodu w korzeniach i zawartości węgla organicznego oraz uziarnienia gleby w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Właściwość gleby					
	Corg	Piasek	<b>Pył gruby</b>	Pył drobny	Pył	II
Kontrola	-0,232	-0,033	<b>-0,559</b>	0,478	0,004	0,441
Trzy zabiegi	-0,417	0,047	<b>-0,625*</b>	0,438	-0,086	0,391
Tebukonazol	-0,244	-0,051	<b>-0,546</b>	0,483	0,019	0,449
Epoksykonazol	-0,360	0,055	<b>-0,590</b>	0,407	-0,087	0,359
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	-0,383	0,003	<b>-0,592</b>	0,446	-0,053	0,430
Strobiluryna	-0,239	-0,096	<b>-0,454</b>	0,475	0,084	0,434

\* – współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Tabela 59. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości sodu w korzeniach i pH oraz zawartości makroskładników w glebie

Sposób ochrony	pH <sub>KCl</sub>	Zawartość w glebie:						
		Azot w warstwie, cm:				Fosfor	Potas	Magnez
		<b>0-30</b>	30-60	60-90	0-90			
Kontrola	-0,054	<b>-0,634*</b>	0,237	0,433	0,030	0,203	-0,492	-0,148
Trzy zabiegi	-0,055	<b>-0,559</b>	0,199	0,290	-0,023	0,205	-0,529	-0,192
Tebukonazol	-0,048	<b>-0,625*</b>	0,296	0,464	0,078	0,110	-0,536	-0,151
Epoksykonazol	0,075	<b>-0,557</b>	0,261	0,332	0,028	0,087	-0,504	-0,243
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	-0,069	<b>-0,475</b>	0,300	0,327	0,083	0,231	-0,423	-0,141
Strobiluryna	0,093	<b>-0,612*</b>	0,288	0,396	0,047	0,188	-0,539	-0,041

\* – współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Współzależny wpływ właściwości gleby, temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na zawartość sodu w korzeniach wystąpił tylko, gdy stosowano trzy nalistne zabiegi fungicydowe (tab. 60). W przypadku intensywnej ochrony zawartość tego melasotworu w korzeniach była tym mniejsza, im gleba zawierała mniej przyswajalnego magnezu i piasku w uziarnieniu a więcej węgla organicznego przy jednocześnie cieplejszym kwietniu.

Tabela 60. Współzależny wpływ właściwości gleby, temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na zawartość sodu w korzeniach

Sposób ochrony	Równanie regresji wielokrotnej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	$\tilde{y}_5 = n.i.$	n.i.	n.i.
Trzy zabiegi	$y_5 = 0,392Mg - 6,066C + 0,229S - 1,076tV + 4,377$	0,942	0,887
Tebukonazol	$y_5 = n.i.$	n.i.	n.i.
Epoksykonazol	$y_5 = n.i.$	n.i.	n.i.
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y_5 = n.i.$	n.i.	n.i.
Strobiluryna	$y_5 = n.i.$	n.i.	n.i.

~ – oznaczenia zmiennych – patrz rozdział Metodologia badań

## 5.7. Zawartość azotu alfa-aminowego

Sposób ochrony fungicydowej wpływał istotnie na zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach buraka w 9. z 11. lat badań (tab. 61). Wykonanie jednego zabiegu nalistnego z użyciem tebukonazolu spowodowało zmniejszenie koncentracji tego melasotworu w miążdże korzeni w porównaniu z roślinami niechronionymi w trzech latach, epoksykonazolu i strobiluryny w pięciu latach, a mieszaniny epoksykonazol + tiofanat metylowy w sześciu latach. Trzy zabiegi fungicydowe zmniejszyły zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach w 7. latach.

Tabela 61. Zawartość azotu alfa-aminowego ( $\text{mmol} \cdot 1000 \text{ g}^{-1}$ ) w korzeniach w kolejnych latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

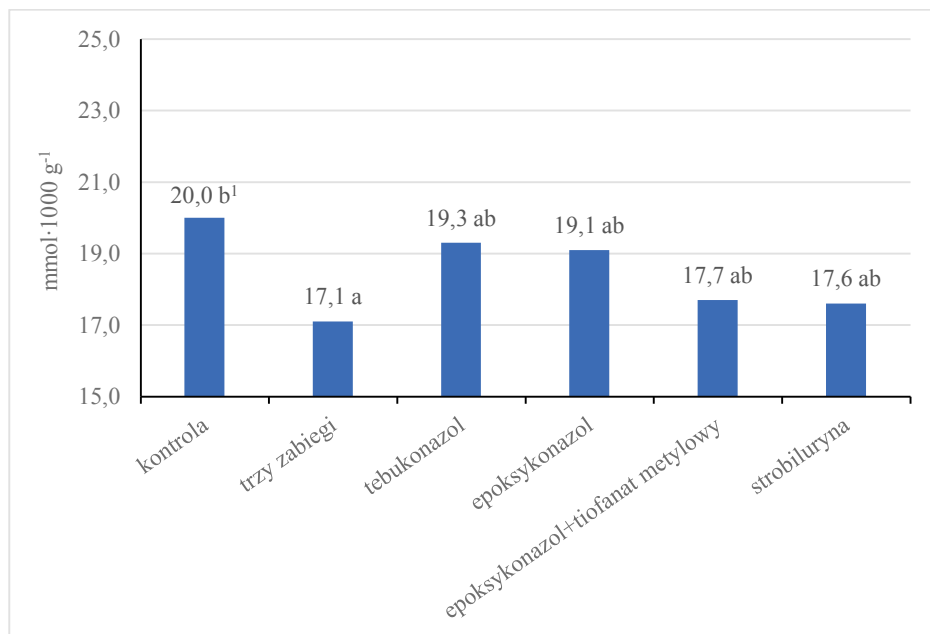
Rok	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebu- konazol	Epoksy- konazol	Epoksykonazol +tiofanat metylowy	Strobiluryna
2006	13,1 a <sup>1</sup>	14,4 a	13,4 a	14,4 a	13,3 a	13,6 a
2007	35,6 d	21,4 a	32,2 cd	26,0 ab	25,6 ab	29,5 bc
2008	15,0 c	12,3 a	16,0 c	13,0 ab	14,8 bc	15,2 c
2009	12,7 c	9,9 a	13,4 c	12,1 bc	10,9 ab	12,3bc
2010	17,6 c	17,1 bc	16,3 abc	15,5 ab	16,0 abc	15,0 a
2011	14,2 c	11,0 ab	11,3 ab	11,3 ab	12,8 bc	9,9 a
2012	13,1 a	14,6 a	14,1 a	14,2 a	14,0 a	13,8 a
2013	22,6 b	18,0 a	18,9 a	17,5 a	17,8 a	17,2 a
2014	25,2 c	22,9 a	23,4 ab	24,5 bc	23,6 ab	24,4 bc
2015	41,9 bc	39,2 ab	43,9 c	45,3 c	35,7 a	33,8 a
2016	9,4 c	7,2 a	9,8 c	9,2 c	8,3 b	9,3 c

<sup>1</sup> – różne litery w rzędach oznaczają różnice istotne statystycznie

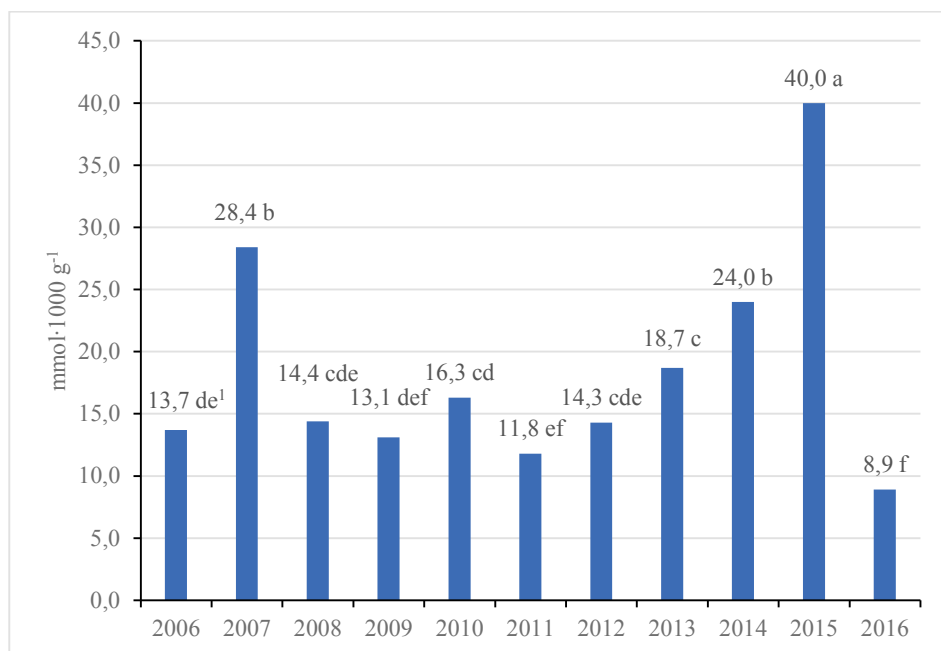
Średnio w całym okresie badań istotnie mniej azotu alfa-aminowego w korzeniach zawierały rośliny trzykrotnie chronione fungycydami w okresie wegetacji (rys. 18). Jeden zabieg nalistny, niezależnie od użytej substancji czynnej, spowodował również zmniejszenie zawartości tego melasotworu w miążdże korzeni, ale różnica w porównaniu z roślinami niechronionymi nie była istotna statystycznie.

Koncentracja azotu alfa-aminowego w korzeniach była silnie zróżnicowana w latach. W 2015 roku wyniosła  $40,0 \text{ mmol} \cdot 1000 \text{ g}^{-1}$ , w 2007 –  $28,4 \text{ mmol} \cdot 1000 \text{ g}^{-1}$ , a w 2016 roku tylko  $8,9 \text{ mmol} \cdot 1000 \text{ g}^{-1}$  (rys. 19).



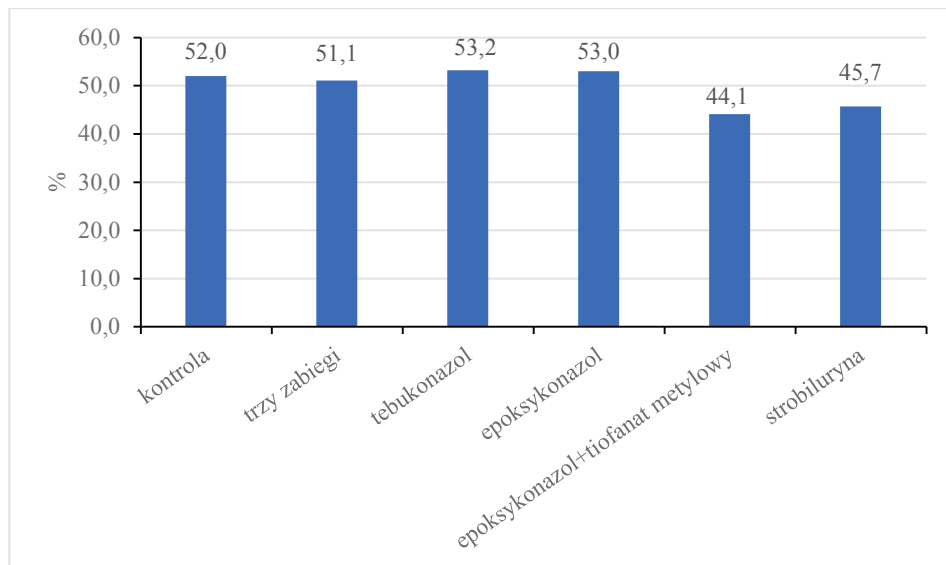


Rys. 18. Średnia zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej (<sup>1</sup> – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie)



Rys. 19. Średnia zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach w kolejnych latach badań (<sup>1</sup> – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie)

Współczynnik zmienności zawartości azotu alfa-aminowego w miazdze korzeni w latach 2006–2016 wyniósł około 50% (rys. 20). Znacząco mniejszy (44,1%–45,7%) był w przypadku nalistnego stosowania mieszanki epoksykonazol + tiofanat metylowy i strobiluryna.



Rys. 20. Współczynnik zmienności zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Trend zmian zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach w latach badań był dodatni, choć nieistotny (tab. 62). Z każdym rokiem zawartość tego melasotworu w korzeniach roślin niechronionych zwiększała się o 0,48 mmol·1000 g<sup>-1</sup>. Tylko stosowanie strobiluryny spowodowało osłabienie trendu wzrostu zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach buraka cukrowego. W przypadku pozostałych sposobów ochrony fungicydowej współczynnik regresji prostej był większy niż u roślin niechronionych i wynosił od 0,50 – aplikacja mieszanki epoksykonazol + tiofanat metylowy do 0,74 – ekoksykonazol.

Tabela 62. Trend zmian zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach w latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Równanie regresji prostej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	$y = 0,48x + 17,14$	0,153	0,023
Trzy zabiegi	$y = 0,73x + 12,76$	0,275	0,076
Tebukonazol	$y = 0,54x + 16,08$	0,175	0,031
Epoksykonazol	$y = 0,74x + 14,65$	0,243	0,059
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y = 0,50x + 14,68$	0,214	0,046
Strobiluryna	$y = 0,29x + 15,87$	0,120	0,014

<sup>s</sup>y<sub>6</sub> – zawartość azotu alfa-aminowego (mmol·1000 g<sup>-1</sup>); <sup>&</sup>x – rok badań (1–11)

Korzenie buraka gromadziły tym mniej azotu alfa-aminowego w korzeniach, im niższa była temperatura powietrza w sierpniu. Siła tego istotnego statystycznie związku w przypadku ochrony fungicydowej, z wyjątkiem stosowania strobiluryny, była nieco większa niż u roślin niechronionych (tab. 63).

Tabela 63. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach i średniej miesięcznej temperatury powietrza w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Kontrola	-0,161	-0,330	-0,071	-0,149	<b>0,700*</b>	-0,325	-0,035
Trzy zabiegi	-0,140	-0,440	-0,316	0,053	<b>0,786*</b>	-0,304	-0,002
Tebukonazol	-0,160	-0,394	-0,181	-0,130	<b>0,742*</b>	-0,251	-0,076
Epoksykonazol	-0,012	-0,500	-0,383	-0,052	<b>0,798*</b>	-0,196	-0,140
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	-0,100	-0,377	-0,228	-0,048	<b>0,721*</b>	-0,366	0,016
Strobiluryna	-0,138	-0,372	-0,164	-0,030	<b>0,614*</b>	-0,392	0,026

\* – współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$

Nie stwierdzono natomiast istotnej korelacji pomiędzy zawartością azotu alfa-aminowego w korzeniach roślin niechronionych i chronionych a średnią temperaturą powietrza w dłuższych, kilkumiesięcznych okresach wegetacji buraka. Wystąpiła nawet tendencja ujemnej korelacji tych cech (tab. 64). Tylko w przypadku temperatury w okresach czerwiec-sierpień i lipiec-sierpień tendencja korelacji była wyraźnie dodatnia. W przypadku trzykrotnego stosowanie fungicydów niska temperatura powietrza w miesiącach lipiec-sierpień powodowała nawet istotne zmniejszenie zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach.

Tabela 64. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach i średniej temperatury powietrza w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Okres	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol + tiofanat metylowy	Strobiluryna
IV-V	-0,328	-0,377	-0,366	-0,312	-0,307	-0,335
IV-VI	-0,287	-0,460	-0,376	-0,448	-0,358	-0,344
IV-VII	-0,395	-0,438	-0,475	-0,496	-0,402	-0,375
IV-VIII	-0,011	-0,005	-0,083	-0,071	-0,004	-0,046
IV-IX	-0,286	-0,264	-0,273	-0,218	-0,317	-0,368

cd. tabeli 64

IV-X	-0,288	-0,251	-0,297	-0,277	-0,292	-0,334
V-VI	-0,214	-0,423	-0,316	-0,496	-0,336	-0,294
V-VII	-0,328	-0,391	-0,418	-0,543	-0,378	-0,321
V-VIII	0,128	0,117	0,048	-0,068	0,082	0,070
V-IX	-0,200	-0,190	-0,187	-0,213	-0,266	-0,295
V-X	-0,201	-0,175	-0,210	-0,266	-0,236	-0,258
VI-VII	-0,187	-0,192	-0,253	-0,337	-0,216	-0,152
VI-VIII	0,374	0,440	0,333	0,284	0,358	0,342
VI-IX	-0,064	-0,005	-0,023	-0,003	-0,113	-0,146
VI-X	-0,078	-0,006	-0,061	-0,078	-0,096	-0,121
VII-VIII	0,388	0,637*	0,437	0,550	0,496	0,432
VII-IX	-0,027	0,165	0,075	0,204	0,010	-0,058
VII-X	-0,046	0,158	0,030	0,118	0,018	-0,042
VIII-IX	0,065	0,125	0,150	0,226	0,038	-0,037
VIII-X	0,049	0,134	0,116	0,159	0,051	-0,025
IX-X	-0,320	-0,282	-0,276	-0,263	-0,329	-0,347

\*– współczynnik istotny statystycznie przy  $p = 0,05$ 

Zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach nie była istotnie skorelowana z ilością opadów w poszczególnych miesiącach, jak i dłuższych okresach w trakcie wegetacji buraka cukrowego. Słaba tendencja spadku koncentracji tego melasotworu w miazdze korzeni wystąpiła, przy małej sumie opadów we wrześniu oraz dużej w sierpniu i październiku. Ochrona fungicydowa, zwłaszcza aplikacja epoksykonazolu oraz wykonanie trzech zabiegów, zwiększała siłę tej zależności – suma opadów w sierpniu lub ją zmniejszały – opady we wrześniu (tab. 65). Tendencja spadku zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach przy coraz większej sumie opadów w okresie od sierpnia do października była wyraźnie silniejsza w przypadku wykonywania trzech zabiegów fungicydowych oraz stosowania epoksykonazolu i jego mieszaniny z tiofanatem metylowym w pojedynczym zabiegu (tab. 66).

Tabela 65. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach i sumy miesięcznych opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Kontrola	-0,110	-0,075	-0,155	0,193	-0,295	0,353	-0,363
Trzy zabiegi	-0,052	-0,058	-0,218	0,005	-0,463	0,195	-0,423
Tebukonazol	-0,075	-0,162	-0,135	0,125	-0,362	0,298	-0,282
Epoksykonazol	-0,194	-0,165	-0,092	0,054	-0,542	0,192	-0,292
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	-0,052	-0,130	-0,146	0,042	-0,388	0,272	-0,414
Strobiluryna	0,007	-0,119	-0,143	0,057	-0,308	0,358	-0,327

Tabela 66. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach i sumy opadów w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Okres	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol + tiofanat metylowy	Strobiluryna
IV-V	-0,119	-0,078	-0,186	-0,240	-0,145	-0,109
IV-VI	-0,264	-0,280	-0,314	-0,329	-0,283	-0,244
IV-VII	-0,004	-0,141	-0,076	-0,132	-0,117	-0,087
IV-VIII	-0,161	-0,364	-0,257	-0,399	-0,304	-0,236
IV-IX	-0,056	-0,266	-0,150	-0,296	-0,197	-0,119
IV-X	-0,191	-0,419	-0,253	-0,400	-0,348	-0,239
V-VI	-0,182	-0,218	-0,238	-0,206	-0,220	-0,209
V-VII	0,019	-0,115	-0,053	-0,078	-0,093	-0,078
V-VIII	-0,137	-0,344	-0,236	-0,352	-0,286	-0,231
V-IX	-0,038	-0,251	-0,135	-0,259	-0,184	-0,117
V-X	-0,171	-0,405	-0,238	-0,365	-0,335	-0,237
VI-VII	0,065	-0,112	0,023	-0,007	-0,045	-0,033
VI-VIII	-0,132	-0,396	-0,211	-0,354	-0,289	-0,226
VI-IX	-0,015	-0,280	-0,097	-0,246	-0,169	-0,093
VI-X	-0,166	-0,439	-0,208	-0,351	-0,331	-0,223
VII-VIII	-0,061	-0,305	-0,154	-0,322	-0,229	-0,165
VII-IX	0,048	-0,202	-0,045	-0,217	-0,116	-0,038
VII-X	-0,114	-0,375	-0,166	-0,332	-0,290	-0,179
VIII-IX	-0,096	-0,299	-0,174	-0,365	-0,206	-0,104
VIII-X	-0,303	-0,518	-0,322	-0,497	-0,430	-0,288
IX-X	-0,159	-0,325	-0,108	-0,187	-0,265	-0,116

Zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach buraka cukrowego niechronionego była współzależnie kształtowana przez temperaturę powietrza w maju, czerwcu, sierpniu, wrześniu i październiku oraz opady w czerwcu (tab. 67). W przypadku stosowania mieszaniny epoksykonazol + tiofanat metylowy istotna była także suma opadów w czerwcu. Stosując trzy zabiegi fungicydowe zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach kształtowała tylko temperatura powietrza w sierpniu i październiku, a aplikując epoksykonazol istotny wpływ miała temperatura w lipcu i sierpniu oraz suma opadów w maju. Nie stwierdzono natomiast współzależnego oddziaływania temperatury powietrza i ilości opadów na zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach, gdy rośliny chroniono przy użyciu tebukonazolu i strobiluryny.

Tabela 67. Współzależny wpływ temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach

Sposób ochrony	Równanie regresji wielokrotnej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	$\hat{y}_6 = -7,729tV + 6,496tVI + 8,818tVIII - 2,042tIX + 4,791tX + 0,194oVI - 171,063$	0,954	0,911
Trzy zabiegi	$y_6 = 7,560tVIII + 3,304tX - 151,974$	0,899	0,809
Tebukonazol	$y_6 = n.i.$	n.i.	n.i.
Epoksykonazol	$y_6 = 2,987tVII + 7,903tVIII - 0,113oV - 179,069$	0,888	0,789
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y_6 = -5,172tV + 3,670tVI + 7,568tVIII - 1,590tIX + 3,368tX + 0,180oIV + 0,183oVI - 136,380$	0,988	0,977
Strobiluryna	$y_6 = n.i.$	n.i.	n.i.

~ – oznaczenia zmiennych – patrz rozdział Metodyka badań

Nieistotna i słaba była korelacja zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach i właściwości gleby, zarówno w odniesieniu do uziarnienia (tab. 68), jak również jej pH i zawartości przyswajalnych form makroskładników (tab. 69).

Tabela 68. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach i zawartości węgla organicznego oraz uziarnienia gleby w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Właściwość gleby					
	Corg	Piasek	Pył gruby	Pył drobny	Pył	II
Kontrola	-0,033	-0,167	0,046	0,144	0,171	0,092
Trzy zabiegi	-0,226	-0,196	0,063	0,165	0,204	0,103
Tebukonazol	-0,067	-0,090	0,036	0,083	0,106	0,014
Epoksykonazol	-0,122	0,058	0,050	-0,079	-0,034	-0,133
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	-0,178	-0,179	0,087	0,134	0,194	0,068
Strobiluryna	-0,038	-0,140	0,117	0,076	0,164	0,017

Tabela 69. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach i pH oraz zawartości makroskładników w glebie

Sposób ochrony	pH <sub>KCl</sub>	Zawartość w glebie:						
		Azot w warstwie, cm:				Fosfor	Potas	Magnez
		0-30	30-60	60-90	0-90			
Kontrola	0,001	-0,363	0,136	0,017	-0,094	-0,351	-0,207	0,111
Trzy zabiegi	0,153	-0,309	0,218	-0,147	-0,108	-0,418	-0,219	0,133
Tebukonazol	0,054	-0,360	0,105	0,034	-0,100	-0,391	-0,282	0,099
Epoksykonazol	0,085	-0,153	0,114	0,001	-0,015	-0,378	-0,133	0,084
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	0,065	-0,338	0,193	-0,067	-0,096	-0,431	-0,254	0,203
Strobiluryna	0,029	-0,352	0,129	-0,010	-0,105	-0,279	-0,209	0,249

## 5.8. Współczynnik alkaliczności

Ochrona fungicydowa tylko w jednym, 2006 roku nie różnicowała współczynnika alkaliczności soku buraka cukrowego (tab. 70). Pod wpływem jednego zabiegu przy użyciu epoksykonazolu współczynnik ten w dwóch latach był większy, a w jednym roku mniejszy niż u roślin niechronionych. Stosowanie mieszaniny epoksykonazol + tiofanat metylowy spowodowało w jednym roku zwiększenie, a w jednym zmniejszenie wartości tego współczynnika. Pod wpływem strobiluryny w trzech latach, a tebukonazolu w jednym roku współczynnik alkaliczności soku był większy niż u roślin kontrolnych, bez ochrony fungicydowej. Trzy nalistne zabiegi fungicydowe spowodowały zwiększenie współczynnika alkaliczności w pięciu latach badań, a w jednym roku jego zmniejszenie.

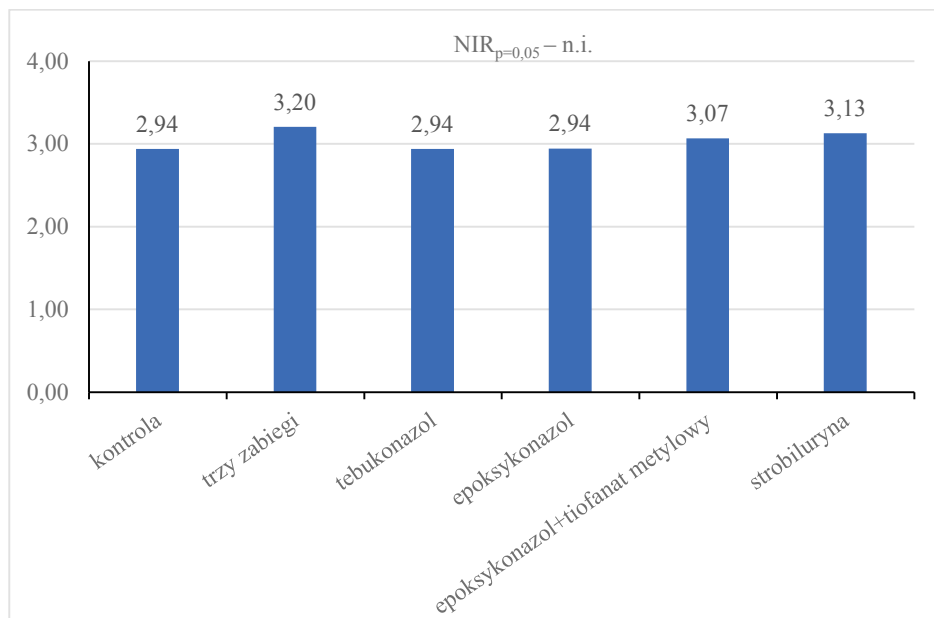
Tabela 70. Współczynnik alkaliczności soku korzeni buraka cukrowego w kolejnych latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Rok	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol +tiofanat metylowy	Strobiluryna
2006	3,58 a <sup>1</sup>	3,25 a	3,47 a	3,17 a	3,37 a	3,35 a
2007	1,58 a	2,38 d	1,72 ab	1,98 bc	2,08 cd	1,88 a
2008	3,10 ab	3,50 bc	2,83 a	3,43 bc	3,05 a	2,97 a
2009	5,10 bc	5,99 d	4,87 ab	4,14 a	5,69 c	5,36 bcd
2010	3,07 a	3,17 ab	3,30 ab	3,50 ab	3,44 ab	3,56 b
2011	2,86 a	3,44 b	3,43 b	3,41 b	2,92 a	3,96 c
2012	3,45 b	3,12 ab	3,41 b	3,24 ab	2,90 a	3,40 b
2013	2,82 b	2,22 a	2,64 b	2,86 b	2,85 b	2,92 b
2014	1,92 a	2,21 b	2,10 ab	1,97 a	2,02 ab	1,89 a
2015	1,07 ab	1,10 abc	0,98 a	1,00 ab	1,18 bc	1,26 c
2016	3,77 ab	4,87 c	3,56 a	3,69 a	4,24 b	3,86 ab

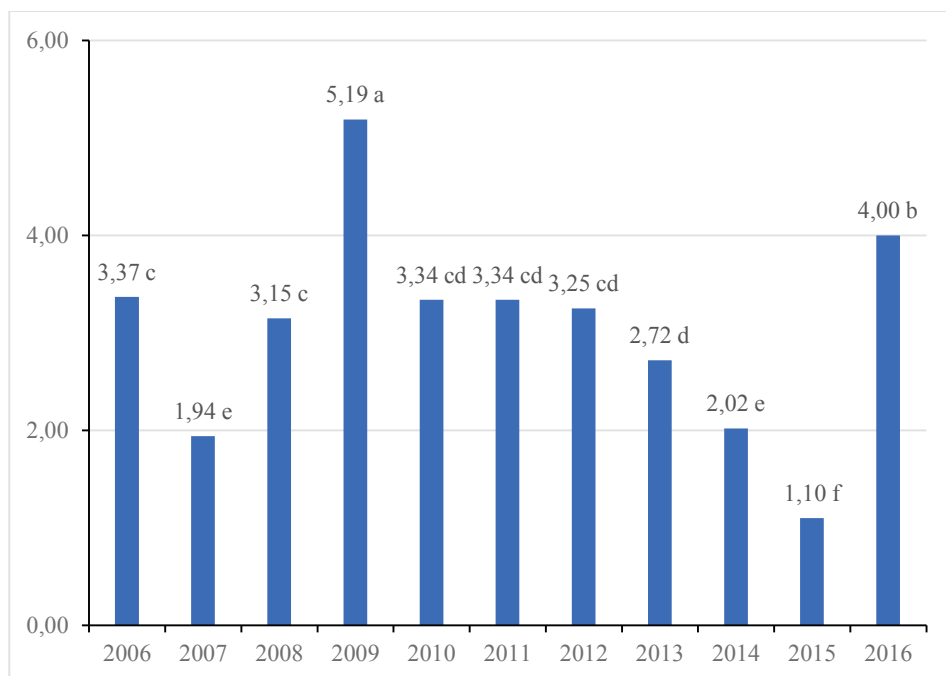
<sup>1</sup> – różne litery w rzędach oznaczają różnice istotne statystycznie

Trzykrotne stosowanie fungicydów w nieco większym stopniu, choć nieistotnie, zwiększyło współczynnik alkaliczności soku korzeni buraka średnio w okresie badań (rys. 21). Był on o 0,26 większy niż u roślin na obiekcie kontrolnym, niechronionym.

Sok o największym współczynniku alkaliczności występował w korzeniach zbieranych w 2009 roku – 5,19, a o najmniejszym w roku 2015 – 1,10 (rys. 22).



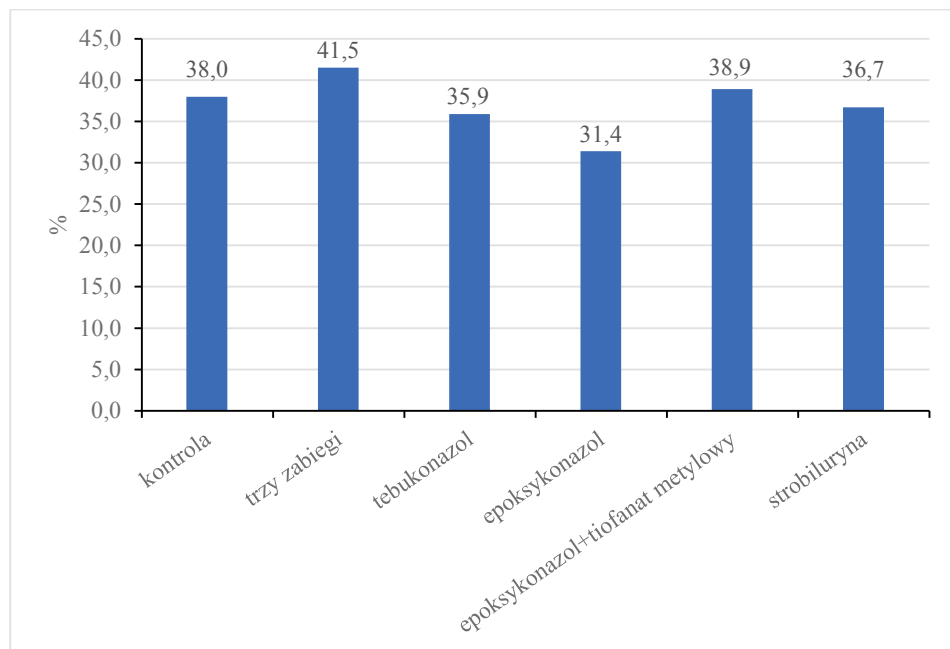
Rys. 21. Średnia wielkość współczynnika alkaliczności soku korzeni buraka w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej



Rys. 22. Średnia wielkość współczynnika alkaliczności soku korzeni buraka w kolejnych latach badań (<sup>1</sup> – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie)



Współczynnik zmienności alkaliczności soku roślin niechronionych w latach badań wyniósł 38,0%. Pod wpływem stosowania trzech zabiegów fungicydowych był o 3,5 punktów procentowych większy, a w wyniku jednorazowej aplikacji epoksykonazolu o 6,6 pkt. % mniejszy (rys. 23).



Rys. 23. Współczynnik zmienności alkaliczności soku korzeni buraka w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Alkaliczność soku korzeni buraka zmniejszała się wraz z upływającymi latami badań, choć nie w stopniu istotnym. Wskazują na to współczynniki regresji prostej i korelacji (tab. 71). Zmiany te były podobne u roślin niechronionych, jak i chronionych fungicydami nalistnymi.

Tabela 71. Trend zmian alkaliczności soku korzeni buraka w latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Równanie regresji prostej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	$y_7 = -0,080x + 3,42$	0,239	0,057
Trzy zabiegi	$y_7 = -0,077x + 3,67$	0,192	0,037
Tebukonazol	$y_7 = -0,082x + 3,43$	0,259	0,067
Epoksykonazol	$y_7 = -0,078x + 3,41$	0,279	0,078
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y_7 = -0,078x + 3,53$	0,216	0,047
Strobiluryna	$y_7 = -0,075x + 3,58$	0,215	0,046

§y<sub>7</sub> – wskaźnik alkaliczności soku; &x – rok badań (1–11)

Alkaliczność soku zarówno roślin niechronionych, jak i chronionych nie była istotnie skorelowana ani ze średnią temperaturą któregośkolwiek miesiąca, ani dłuższego okresu. Wystąpiła tylko tendencja ujemnej korelacji z temperaturą sierpnia i dodatniej zależności od temperatury września (tab. 72). Nieco silniejsza, ale nieistotna była korelacja ( $r = -0,519$ ) współczynnika alkaliczności soku roślin niechronionych i temperatury okresu czerwiec-sierpień. Stosowanie fungicydów w trzech oraz jednym zabiegu osłabiły siłę tej zależności (tab. 73).

Tabela 72. Współczynniki korelacji prostej Pearsona alkaliczności soku korzeni buraka i średniej miesięcznej temperatury powietrza w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Kontrola	0,150	0,154	-0,188	0,049	-0,484	0,431	-0,201
Trzy zabiegi	0,289	0,123	-0,008	-0,060	-0,500	0,443	-0,351
Tebukonazol	0,260	0,142	-0,132	0,077	-0,514	0,417	-0,214
Epoksykonazol	0,082	0,248	0,068	-0,017	-0,574	0,369	-0,203
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	0,152	0,090	-0,102	0,016	-0,422	0,406	-0,352
Strobiluryna	0,268	0,136	-0,084	-0,061	-0,402	0,475	-0,327

Tabela 73. Współczynniki korelacji prostej Pearsona alkaliczności soku korzeni buraka i średniej temperatury powietrza w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Okres	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol + tiofanat metylowy	Strobiluryna
IV-V	0,213	0,305	0,294	0,215	0,175	0,296
IV-VI	0,057	0,226	0,149	0,200	0,076	0,177
IV-VII	0,092	0,192	0,205	0,195	0,089	0,141
IV-VIII	-0,225	-0,107	-0,101	-0,156	-0,184	-0,103
IV-IX	0,214	0,306	0,288	0,209	0,222	0,336
IV-X	0,099	0,109	0,162	0,093	0,029	0,150
V-VI	-0,038	0,058	-0,009	0,170	-0,017	0,017
V-VII	-0,002	0,014	0,048	0,160	-0,005	-0,028
V-VIII	-0,379	-0,370	-0,338	-0,243	-0,334	-0,348
V-IX	0,133	0,149	0,147	0,166	0,140	0,191
V-X	0,021	-0,040	0,027	0,050	-0,049	0,011
VI-VII	-0,099	-0,060	-0,031	0,036	-0,063	-0,119

cd. tabeli 73

<b>VI-VIII</b>	<b>-0,519</b>	<b>-0,487</b>	<b>-0,467</b>	<b>-0,440</b>	<b>-0,426</b>	<b>-0,473</b>
VI-IX	0,071	0,102	0,091	0,065	0,107	0,141
VI-X	-0,041	-0,092	-0,030	-0,048	-0,088	-0,044
VII-VIII	-0,318	-0,429	-0,314	-0,445	-0,301	-0,357
VII-IX	0,174	0,107	0,163	0,029	0,163	0,187
VII-X	0,055	-0,093	0,038	-0,086	-0,040	-0,002
VIII-IX	0,136	0,139	0,109	0,037	0,146	0,216
VIII-X	0,026	-0,059	-0,011	-0,081	-0,053	0,037
IX-X	0,280	0,204	0,260	0,223	0,170	0,248

Opady atmosferyczne w poszczególnych miesiącach wegetacji buraka (tab. 74) jak również w dłuższych okresach (tab. 75) nie wpływały istotnie na alkaliczność soku. Słaba tendencja dodatniej korelacji wartości współczynnika alkaliczności wystąpiła tylko z sumą opadów czerwca i października. Ochrona fungicydowa nie miała dużego wpływu na siłę tej zależności. Wyjątkiem było stosowanie epoksykonazolu dla korelacji alkaliczności soku z ilością opadów w czerwcu (nastąpiło zmniejszenie siły związku) oraz wykonywanie trzech zabiegów dla zależności alkaliczności soku korzeni od sumy opadów w październiku (nastąpiło zwiększenie współczynnika korelacji do  $r > 0,500$ ).

Tabela 74. Współczynniki korelacji prostej Pearsona alkaliczności soku korzeni buraka i sumy miesięcznych opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Miesiąc						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Kontrola	-0,137	0,061	0,300	-0,114	0,098	-0,159	0,383
Trzy zabiegi	-0,191	-0,002	0,329	0,096	0,137	-0,172	0,552
Tebukonazol	-0,206	0,145	0,315	-0,020	0,145	-0,154	0,257
Epoksykonazol	-0,059	0,159	0,200	0,054	0,353	-0,111	0,362
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	-0,220	0,157	0,264	0,085	0,103	-0,072	0,443
Strobiluryna	-0,324	0,132	0,323	0,115	0,124	-0,152	0,279

Tabela 75. Współczynniki korelacji prostej Pearsona alkaliczności soku korzeni buraka i sumy opadów w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Okres	Sposób ochrony					
	Kontrola	Trzy zabiegi	Tebukonazol	Epoksykonazol	Epoksykonazol + tiofanat metylowy	Strobilurylna
IV-V	-0,002	-0,085	0,048	0,125	0,053	-0,016
IV-VI	0,274	0,217	0,339	0,311	0,298	0,281
IV-VII	0,063	0,177	0,161	0,197	0,211	0,223
IV-VIII	0,105	0,219	0,210	0,352	0,229	0,251
IV-IX	0,053	0,147	0,144	0,275	0,179	0,179
IV-X	0,194	0,350	0,237	0,405	0,341	0,280
V-VI	0,284	0,255	0,364	0,286	0,334	0,360
V-VII	0,084	0,196	0,185	0,187	0,232	0,264
V-VIII	0,127	0,247	0,242	0,352	0,263	0,303
V-IX	0,073	0,173	0,172	0,277	0,209	0,225
V-X	0,213	0,375	0,266	0,409	0,370	0,327
VI-VII	0,072	0,247	0,152	0,147	0,205	0,259
VI-VIII	0,127	0,306	0,227	0,357	0,247	0,308
VI-IX	0,063	0,211	0,149	0,270	0,188	0,218
VI-X	0,219	0,428	0,247	0,404	0,361	0,321
VII-VIII	-0,014	0,158	0,082	0,273	0,128	0,163
VII-IX	-0,057	0,084	0,026	0,199	0,087	0,094
VII-X	0,114	0,321	0,137	0,345	0,276	0,211
VIII-IX	0,015	0,041	0,055	0,244	0,054	0,039
VIII-X	0,243	0,368	0,203	0,433	0,314	0,202
IX-X	0,305	0,478	0,175	0,315	0,425	0,200

Alkaliczność soku roślin niechronionych była współzależnie kształtowana przez temperaturę i ilość opadów w wielu miesiącach wegetacji buraka cukrowego. Współczynnik alkaliczności był tym większy, im cieplejsze były maj i wrzesień, a chłodniejsze czerwiec, sierpień i październik oraz gdy jednocześnie mniej opadów występowało w kwietniu i czerwcu (tab. 76). W przypadku ochrony fungicydowej współzależny wpływ na alkaliczność soku miała tylko temperatura powietrza w sierpniu i październiku, a stosując tebukonazol, epoksykonazol i strobilurylnę nie stwierdzono współzależnego wpływu temperatury powietrza i opadów na alkaliczność soku.

Tabela 76. Współzależny wpływ temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na wielkość współczynnika alkaliczności soku

Sposób ochrony	Równanie regresji wielokrotnej	Współczynnik korelacji	Współczynnik determinacji
Kontrola	$\hat{y} = 0,714tV - 0,863tVI - 1,021tVIII + 0,274tIX - 0,525tX - 0,027tIV - 0,024tVI + 29,555$	0,988	0,976
Trzy zabiegi	$y = -0,983tVIII - 0,784tX + 28,219$	0,844	0,713
Tebukonazol	$y = n.i.$	n.i.	n.i.
Epoksykonazol	$y = n.i.$	n.i.	n.i.
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	$y = -0,780tVIII - 0,660tX + 23,246$	0,766	0,587
Strobiluryna	$y = n.i.$	n.i.	n.i.

~ – oznaczenia zmiennych – patrz rozdział Metodologia badań

Silna ( $|r| > 0,500$ ), ale nieistotna statystycznie była zależność alkaliczności soku korzeni roślin niechronionych od uziarnienia gleby (tab. 77). Wartość współczynnika alkaliczności była tym większa, im większy był udział frakcji piasku, a mniejszy pyłu w uziarnieniu gleby. Nalistne stosowanie fungicydów nie zmieniało w dużym stopniu tej zależności, z wyjątkiem aplikacji epoksykonazolu, w wyniku której nastąpiło zmniejszenie współczynnika korelacji prostej.

Tabela 77. Współczynniki korelacji prostej Pearsona alkaliczności soku korzeni buraka i zawartości węgla organicznego oraz uziarnienia gleby w zależności od sposobu ochrony fungicydowej

Sposób ochrony	Właściwość gleby					
	Corg	Piasek	Pył gruby	Pył drobny	Pył	II
Kontrola	0,149	<b>0,537</b>	-0,191	-0,428	<b>-0,551</b>	-0,347
Trzy zabiegi	0,250	<b>0,556</b>	-0,115	-0,476	<b>-0,535</b>	-0,401
Tebukonazol	0,015	<b>0,496</b>	-0,245	-0,343	<b>-0,515</b>	-0,250
Epoksykonazol	0,116	<b>0,326</b>	-0,245	-0,170	<b>-0,354</b>	-0,092
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	0,267	<b>0,538</b>	-0,183	-0,431	<b>-0,548</b>	-0,331
Strobiluryna	0,043	<b>0,526</b>	-0,294	-0,341	<b>-0,552</b>	-0,248

Podobne były zależności współczynnika alkaliczności soku od zawartości azotu mineralnego wiosną przed siewem buraka w wierzchniej warstwie gleby (0–30 cm) oraz oddziaływanie późniejszej nalistnej ochrony fungicydowej (tab. 78). Tylko jednokrotna aplikacja epoksykonazolu zmniejszyła wartość dodatniego współczynnika korelacji prostej z  $r = 0,528$  do  $r = 0,365$ .

Tabela 78. Współczynniki korelacji prostej Pearsona alkaliczności soku korzeni buraka i pH oraz zawartości makroskładników w glebie

Sposób ochrony	pH <sub>KCl</sub>	Zawartość w glebie:						
		Azot w warstwie, cm:				Fosfor	Potas	Magnez
		<b>0-30</b>	30-60	60-90	0-90			
Kontrola	-0,192	<b>0,528</b>	-0,170	0,239	0,278	0,388	0,340	-0,283
Trzy zabiegi	-0,064	<b>0,542</b>	-0,197	0,364	0,332	0,410	0,335	-0,216
Tebukonazol	-0,192	<b>0,581</b>	-0,084	0,225	0,338	0,408	0,390	-0,295
Epoksykonazol	-0,107	<b>0,365</b>	-0,073	0,280	0,270	0,375	0,245	-0,286
Epoksykonazol + tiofanat metylowy	-0,113	<b>0,546</b>	-0,122	0,351	0,364	0,463	0,431	-0,295
Strobiluryna	-0,186	<b>0,581</b>	-0,082	0,308	0,379	0,320	0,376	-0,392

## 6. DYSKUSJA WYNIKÓW

Obecnie trwa dyskusja dotycząca teoretycznych i praktycznych uwarunkowań oraz środowiskowych i produkcyjnych efektów ochrony roślin uprawnych. Dużą wagę przywiązuje się do występowania agrofagów oraz efektywności ekologicznej i ekonomicznej stosowania chemicznych środków ochrony w warunkach zmieniającego się klimatu (Kundzewicz i Kozyra 2011, Piwowar 2018). Januszewska-Kłapa (2015) analizując tendencje zmian ryzyka uprawy roślin w województwie kujawsko-pomorskim wynikające ze zmian klimatu stwierdza, że temperatura powietrza i suma opadów atmosferycznych cechują się dużą zmiennością. Według autorki, podobnie jak w badaniach własnych, najbardziej zmienne w latach były opady atmosferyczne w miesiącach letnich, a bardziej wyrównane na początku okresu wegetacji buraka cukrowego – w kwietniu. Jest to istotne, gdyż warunki opadowo-termiczne, zwłaszcza latem, mają silny wpływ na występowanie agrofagów w buraku cukrowym. Na przykładzie *Tetranychus urticae* Koch wykazali to we wstępie do opracowania własnego Jakubowska i in. (2018), a w przeprowadzonych badaniach stwierdzili, że obecność agrofagów mogła wpływać na plon, polaryzację i zawartość melasotworów.

Szczególnie silny jest związek występowania patogenów różnych gatunków roślin uprawnych z warunkami meteorologicznymi i zmieniającym się klimatem (Kurowski i in. 2005, Lipa 2008). Mimo to Sadowski i in. (2007) twierdzą, że burak i tak jest rośliną relatywnie odporną na choroby. Nawet burak ćwikłowy, będąc bardziej wrażliwym niż burak cukrowy na porażenie przez chwościka buraka, jest odporniejszy na patogeny niż wiele innych gatunków roślin. W badaniach własnych określano stopień porażenia liści buraka cukrowego łącznie przez wszystkie patogeny. Jednak w każdym roku dominowały zmiany spowodowane przez chwościka, choć porażenie blaszki liściowej w poszczególnych latach było zróżnicowane. Chociaż etiologia tej choroby wskazuje na wysoką temperaturę jako warunek sprzyjający rozwojowi, to nie stwierdzono istotnego związku stopnia porażenia liści z warunkami termicznymi w okresie wegetacji. Mogło to być spowodowane metodologią oceny zdrowotności liści – określanie wszystkich zmian chlorotycznych i nekrotycznych blaszki, a więc spowodowane przez liczne patogeny. Inne choroby rozwijają się natomiast dobrze w niższej temperaturze, np. brunatna plamistość liści. Silniejsza, dodatnia była natomiast korelacja z warunkami opadowymi, gdyż infekcji i rozwojowi różnych patogenów sprzyja duża wilgotność (Osińska i Jassem 1989, Piszczek 2012). Większa suma opadów zarówno w pierwszej części okresu wegetacji buraka (kwiecień–czerwiec), jak i w drugiej części (czerwiec–październik) powodowała u roślin niechronionych fungicydami zwiększenie porażenia blaszki liściowej. U roślin niechronionych w większości lat porażenie to było większe niż przeciętne. Wskazuje to na powszechność występowania chorób liści, choć o różnym nasileniu.

Bardzo ważne jest, że nalistna aplikacja fungicydów zmniejszyła zależność porażenia liści buraka od warunków opadowych w okresie jego wegetacji.

Porażenie liści było skutecznie ograniczane przez nalistne stosowanie fungicydów. Skutecznymi, choć w różnym stopniu, okazały się wszystkie używane substancje czynne oraz mieszanina epoksykonazol + tiofanat metylowy. Jeszcze bardziej skuteczne było wydłużenie okresu ochrony poprzez stosowanie trzech zabiegów fungicydowych. W takim przypadku rośliny miały zapewnioną ochronę przez około 6 tygodni w fazach intensywnego wzrostu liści i korzeni, ale również dużego prawdopodobieństwa infekcji. Długi okres ochrony oraz zastosowanie różnych substancji czynnych fungicydów zwiększało prawdopodobieństwo ochrony przed wieloma patogenami rozwijającymi się w zróżnicowanych warunkach siedliskowych. Podobne wyniki badań prezentują Kristek i in. (2015). Autorzy stosując jeden lub trzy zabiegi fungicydowe przeciwko chwościkowi buraka w warunkach agro-siedliskowych Chorwacji stwierdzili ich dużą skuteczność. W przypadku trzech zabiegów ograniczenie występowania patogena było istotnie większe niż po jednorazowej aplikacji. W ochronie buraka w okresie tych badań były używane różne substancje czynne fungicydów, zwłaszcza o systemicznym oddziaływaniu. Były to m.in. substancje należące do tych samych grup chemicznych, co preparaty stosowane w badaniach własnych, np.: triazoli, strobiluryn. Wesołowski i in. (2005) używając do ochrony buraka cukrowego fungicydu Dithane M-45 80 WP stwierdzili, że najskuteczniej występowanie chwościka ograniczało nawet 4–6-krotne stosowanie preparatu. Jednak substancja czynna występująca w tym preparacie działa powierzchniowo, kontaktowo a nie systemicznie. Dużą skuteczność epoksykonazolu, podobnie jak w badaniach własnych, przeciwko kompleksowi chorób liści buraka cukrowego potwierdzono na Litwie (Avižienytė i in. 2016). Wystarczył jeden zabieg, aby ograniczyć występowanie chwościka i brunatnej plamistość liści nawet w 90%.

Skuteczna ochrona blaszki liściowej przed skutkami występowania patogenów i zmniejszenia ich powierzchni asymilacyjnej wydaje się być ważna w kontekście gromadzenia plonu i odpowiedniej jego jakości. Takie założenie potwierdzają wyniki badań Moliszewskiej (2015). Autorka wykazała istotną korelację między plonem korzeni a liczbą liści młodych wytwarzanych przez rośliny w czerwcu, a następnie liści dojrzałych w lipcu i sierpniu. Liczba liści w pełni dojrzałych, starzejących się w końcu sierpnia istotnie dodatnio korelowała z plonem cukru technologicznego. Zatem liście tworzące się i aktywne fotosyntetycznie w drugiej połowie okresu wegetacji buraka cukrowego mogą mieć największe znaczenie w plonowaniu. Natomiast duża liczba młodych liści pojawiających się w późniejszym okresie oraz liście duże, szerokie pogorszą jakość technologiczną korzeni, poprzez zwiększenie zawartości melasotworów.

Od wielu lat trwają badania nad wpływem właściwości fizycznych i chemicznych gleby na zdrowotność buraka cukrowego. Wyniki nie są jednoznaczne, ale wskazują na możliwe związki takich właściwości gleby jak jej gęstość, tekstura, zawartość węgla organicznego i przyswajalnych form makroskładników,



pH a występowaniem chorób powodowanych przez wirusy, bakterie i grzyby (Yilmaz i in. 2004, Kühn i in. 2009). W literaturze naukowej szeroko jest dyskutowana rola składników pokarmowych w odporności i podatności roślin na stres, m.in. występowanie chorób. Jako przykład cytowany jest korzystny wpływ potasu czy negatywny nadmiaru azotu na zdrowotność roślin (Dordas 2008, Römheld i Kirkby 2010). Są to zatem podobne właściwości gleby jak w badaniach własnych, w których stwierdzono tylko tendencję korzystnego wpływu zawartości potasu w glebie oraz większego udziału pyłu, zwłaszcza grubego, w uziarnieniu na zdrowotność liści. Większa zawartość azotu w głębszych warstwach gleby, 60–90 cm zwiększała natomiast prawdopodobieństwo porażenia liści przez choroby. Szczególnie istotne jest to, że ochrona fungicydowa zmniejszyła siłę tego związku, czyli w warunkach nalistnego stosowania fungicydów porażenie liści przez patogeny pozostawało w jeszcze mniejszej zależności od przebiegu pogody i właściwości gleby. W analizie wpływu czynnika na cechy roślin trzeba zwrócić uwagę na zróżnicowanie, zmienność tego czynnika. W przeprowadzonych badaniach próba z punktu widzenia statystycznego nie była duża – 11 lat badań ( $n = 11$ ), a właściwości gleby, zwłaszcza fizyczne mało zróżnicowane. Specyfika wymagań buraka cukrowego i kultura rolna w rejonie badań – województwo kujawsko-pomorskie sprawiały, że rolnicy w poszczególnych latach przeznaczali bardzo dobre stanowiska pod jego uprawę. Dlatego współczynnik zmienności właściwości fizycznych gleby czy zawartości w niej węgla organicznego i fosforu przyswajalnego nie przekraczał 15%, maksymalnie 20%. W takich warunkach wykazanie wyraźnych tendencji związków pomiędzy właściwościami siedliska a cechami buraka cukrowego należy uznać za znaczące, warte podkreślenia i przedyskutowania na tle aktualnego stanu wiedzy.

Plon korzeni buraka cukrowego w latach badań był zróżnicowany. Współczynnik jego zmienności w przypadku braku ochrony fungicydowej roślin wyniósł 13,3%. Było to zapewne wynikiem wykazanej zmienności warunków termicznych, a zwłaszcza opadowych w kolejnych okresach wegetacji. Zmienność miesięcznych sum opadów wynosiła bowiem, z wyjątkiem lipca, ponad 50%, a w październiku przekroczyła nawet 100%. Plon korzeni jednak z roku na rok był coraz większy, a średnioroczny jego przyrost wyniósł  $1,27 \text{ t ha}^{-1}$ . Są to tendencje zrozumiałe i charakterystyczne dla dłuższych okresów analizy intensywnej polowej produkcji roślinnej. Dodatni trend plonów buraka cukrowego, podobnie jak innych roślin, jest skutkiem między innymi wdrażania rezultatów postępu hodowlanego, agrotechnicznego i technicznego w rolnictwie. Inni autorzy analizując czasowe zmiany plonowania buraka cukrowego w Polsce, mimo występowania rejonizacji geograficznej i gospodarczej produktywności tej rośliny (Bzowska-Bakalarz i Ostroga 2011), wykazali podobne zależności. Stępień (2009) analizując plonowanie buraka cukrowego w Polsce Północno-Wschodniej stwierdził, że współczynnik zmienności plonu korzeni również w okresie 11. lat, 1994–2004, był tylko trochę większy jak w badaniach własnych i wyniósł 16,7%. Z każdym rokiem plon w województwie warmińsko-mazurskim zwiększał się o  $1,60 \text{ t ha}^{-1}$ . Jak uważa autor, mimo dużej zmienności warunków termicznych

i opadowych oraz „surowego” klimatu w Polsce Północno-Wschodniej można uzyskiwać wysokie plony buraka cukrowego.

Wyniki przeprowadzonych badań, ale również wcześniejszych analiz plonowania buraka cukrowego w Polsce, wskazują na jego zależność od warunków siedliskowych i agrotechnicznych. W badaniach własnych wykazano, że plon korzeni roślin niechronionych fungicydami był istotnie lub silnie ( $r > 0,500$ ) skorelowany ze średnią miesięczną temperaturą powietrza w czerwcu, wrześniu, okresie maj–wrzesień, a także sumą opadów w czerwcu lub na początku okresu wegetacji, czyli kwiecień–maj. Z plonem dodatnio korelowały przede wszystkim udział pyłu w uziarnieniu gleby i wartość wskaźnika pH, a ujemnie udział frakcji piasku w składzie granulometrycznym. Z regresji wielokrotnej wynika ponadto, że dla uzyskania dużego plonu korzeni roślin niechronionych w okresie wegetacji fungicydami niezbędna jest wysoka zawartość potasu przyswajalnego w glebie przy ograniczonej ilości azotu mineralnego wiosną przed siewem buraka cukrowego. Dmowski i in. (2011) wskazują, że w południowo-zachodniej Polsce plonom korzeni buraków sprzyjają większe niż przeciętnie, a nawet duże opady w okresie wiosennym, kwiecień–czerwiec lub letnim, lipiec–wrzesień. Wniosek ten jest zatem tylko częściowo zgodny z uzyskanymi wynikami własnymi, w których plon korzeni nie korelował silnie z sumą opadów w miesiącach letnich. Natomiast według Wszyńskiego i in. (2004) oraz Tkaczyka i in. (2009) plon korzeni buraka cukrowego zależy od wielu czynników siedliskowych i agrotechnicznych. Autorzy stwierdzili jego istotną korelację z obsadą roślin, klasą bonitacyjną gleby, dawką azotu, terminem siewu, wskaźnikiem pH oraz zasobnością gleby w przyswajalne formy fosforu i potasu. W badaniach własnych korelacja plonu korzeni z zasobnością gleby w fosfor i potas była słaba. Jednak zawartość tych składników w glebie była na ogół wysoka i bardzo wysoka, co wpływało na dobre zaopatrzenie roślin w te składniki i zapewne słabą reakcją na ich większe zasoby w glebie.

Plony korzeni, jak pokazują wyniki przeprowadzonych badań, mogą być istotnie zwiększone poprzez nalistne stosowanie fungicydów. Mimo różnego oddziaływania poszczególnych preparatów w kolejnych latach, to wszystkie użyte w badaniach substancje czynne aplikowane jeden raz, w mieszaninie lub w trzech zabiegach, tzn. tebukonazol, epoksykonazol, epoksykonazol + tiofanat metylowy, strobiluryna powodowały znaczący przyrost plonów korzeni. Potwierdza to doniesienia naukowe o korzystnym oddziaływaniu ochrony fungicydowej na plonowanie buraka cukrowego w różnych rejonach świata. Na przykład El-Fiki i in. (2007) stwierdzili to w Egipcie stosując różne substancje czynne z grupy triazoli. Zwiększenie plonu było bardzo duże i wynosiło nawet 50%. Korzystny wpływ chlorotalonilu na plon korzeni buraka cukrowego potwierdzili Hamza i in. (2016), a substancji czynnych z grupy strobiluryn Stump i in. (2004).

Z badań Piszczka i in. (2015) wynika, że ochrona fungicydowa przynosi nie tylko wzrost plonu korzeni, ale jest również opłacalna ekonomicznie. Według

autorów 1 zł poniesiony na ochronę fungicydową przyniósł 3,4 zł wartości produkcji. Koszt zabiegu równoważyło 1,1 tony korzeni, co w warunkach doświadczenia stanowiło około 1,5% uzyskanego plonu korzeni.

Nalistne stosowanie fungicydów zmniejszyło zmienność, a zwiększyło stabilność plonowania buraka cukrowego w latach. Świadczą o tym mniejsza wartość współczynnika zmienności plonów korzeni i słabszy trend przyrostu plonów, z wyjątkiem aplikacji mieszaniny epoksykonazol + tiofanat metylowy. W przypadku ochrony fungicydowej plon korzeni był na ogół także zależny od większej liczby zmiennych opisujących warunki opadowo-termiczne w okresie wegetacji buraka niż plon roślin niechronionych. Stosowanie fungicydów osłabiło nieco także zależność plonu od uziarnienia i pH gleby, a zwłaszcza w połączeniu z zawartością potasu przyswajalnego w glebie. Natomiast w warunkach intensywnej ochrony (trzy zabiegi nalistne) korzystnie na plon korzeni wpływała duża ilość azotu mineralnego w glebie wiosną, przed siewem buraka. Być może było to spowodowane możliwością ujawnienia się dużej produktywności tego składnika w warunkach pełnej ochrony fungicydowej aparatu asymilacyjnego. Stwierdzenie takie potwierdzają wyniki badań nad wpływem zróżnicowanych dawek azotu przy jednoczesnym stosowaniu fungicydów na plon korzeni (Pytlarz-Kozicka 2005).

Ważniejszym niż plon korzeni wyróżnikiem produktywności buraka cukrowego jest plon technologiczny cukru. Zależy on od plonu korzeni, ale również od zawartości cukru i związków wpływających na jego pozyskanie w procesie technologicznym (Wojciechowski i in. 2002). Wszystkie te elementy są kształtowane genetycznie przy dużym udziale środowiska i agrotechniki (Al Jbawi i in. 2016, Jaskulska i in. 2017). Wpływ warunków siedliskowych i zabiegów agrotechnicznych na zawartość cukru wydaje się jednak mniejszy niż na plon korzeni. Cecha ta jest silnie determinowana genetycznie. Wskazuje na to mniejsza zmienność polaryzacji czy plonu technologicznego cukru w dłuższych okresach od zmienności plonu korzeni (Stępień 2009, Stępień i in. 2010). W przeprowadzonych badaniach zarówno plon technologiczny cukru, jak i biologiczna zawartość cukru w korzeniach oraz zawartość potasu, sodu i azotu w miazdze, a także współczynnik alkaliczności były istotnie zróżnicowane w latach badań. Różna była jednak zmienność tych cech. Współczynnik zmienności zawartości cukru w korzeniach roślin niechronionych fungicydami wyniósł 5,1%, ale zawartości azotu alfa-aminowego w miazdze ponad 50%. Wynikało to zapewne z odmiennego przebiegu pogody jak i zróżnicowanych warunków glebowych.

Według Dmowskiego i in. (2010) polaryzacji sprzyja mała ilość opadów na początku okresu wegetacji, kwiecień–czerwiec oraz w dalszych miesiącach, lipiec–wrzesień. Podobna zależność wystąpiła w badaniach własnych, w których zawartość cukru w korzeniach była ujemnie skorelowana z sumą opadów w okresie wegetacji buraka, a zwłaszcza we wrześniu. Korzystnie na tę cechę wpływała również wysoka temperatura powietrza, szczególnie w miesiącu siewu buraka, kwietniu. Ciepły i suchy kwiecień mógł wpływać na wczesne rozpoczęcie prac polowych i wczesny termin siewu, co z kolei wpływa korzystnie na długość

okresu wegetacji buraka, plon korzeni i cukru. Na takie zależności wskazują m.in. wyniki badań Petkeviciene (2009). Wpływ wczesnego terminu siewu buraka cukrowego na wzrost zawartości cukru w korzeniach i plon cukru w różnych rejonach świata, także w Europie jest dobrze udokumentowany (Alla 2016, Curcic i in. 2018). Niektóre wyniki wskazują jednak, że dla samej zawartości cukru w korzeniach korzystniejszym jest opóźniony termin siewu, jednak pod warunkiem późnego zbioru i długiego okresu wegetacji (Öztürk i in. 2008).

Chroniąc buraki fungicydami nalistnymi zależność zawartości cukru od przebiegu pogody, tj. temperatury powietrza i ilości opadów była znacznie słabsza. Ochrona fungicydowa pozwalała zatem na zwiększenie prawdopodobieństwa produkcji surowca o dobrej jakości niezależnie od warunków meteorologicznych w okresie wegetacji.

Uzyskane wyniki pozwalają jednak stwierdzić, że oddziaływanie ochrony fungicydowej na cechy jakości wewnętrznej korzeni oraz plon technologiczny cukru było słabsze niż warunków siedliskowych. Nalistne stosowanie fungicydów, średnio w badanym okresie, wpłynęło istotnie tylko na polaryzację, zawartość azotu alfa-aminowego i plon cukru, a nie miało takiego oddziaływania na zawartość potasu, sodu oraz alkaliczność soku. Jednak w większości lat, różniących się przebiegiem pogody, ochrona fungicydowa, w zależności od jej sposobu, wpływała istotnie zarówno na plon technologiczny cukru, jak i każdą cechę jakości wewnętrznej korzeni. Wyniki badań innych autorów potwierdzają korzystny wpływ stosowania fungicydów, zwłaszcza w warunkach siedliskowych sprzyjających rozwojowi patogenów i nasileniu występowania symptomów chorób, na zawartość cukru w korzeniach oraz plon cukru (Kristek i in. 2008).

Celem doskonalenia agrotechniki buraka cukrowego, oprócz zwiększania plonu korzeni oraz podwyższania polaryzacji jest zmniejszenie zawartości związków melasotwórczych i zwiększenie współczynnika alkaliczności soku powyżej wartości 1,8. Zawartość melasotworów w miążdze korzeni zależy od wielu czynników. Kształtowana jest genetycznie, a poza tym duży wpływ na nią mają czynniki klimatyczne i elementy agrotechniki, np. uprawa roli, siew, nawożenie, ochrona roślin czy poziom intensywności technologii (Ostrowska i Artyszak 2005, Bzowska-Bakalarz i Banach 2009). W badaniach własnych zawartość potasu, zmienna i zmniejszająca się w latach, zależała od temperatury powietrza w okresie wegetacji buraka oraz ilości opadów we wrześniu. Mniejszej ilości potasu w miążdze korzeni sprzyjała wyższa temperatura powietrza, zwłaszcza w późniejszych miesiącach wegetacji buraka oraz mniejsza suma opadów we wrześniu. Ponadto korzystnie oddziaływały niektóre właściwości gleby. Należały do nich: mniejszy udział frakcji piaskowej, a większy pyłastej w uziarnieniu oraz mniejsza zawartość przyswajalnego potasu i azotu mineralnego przed siewem. Podobnie wyższa temperatura powietrza, ale w pierwszych miesiącach wegetacji buraka i mniejsza ilość opadów pod jej koniec, a także większy udział pyłu grubego w uziarnieniu gleby i większa zawartość azotu w wierzchniej warstwie ograniczały zawartość sodu w korzeniach. Ochrona fungicydowa znacząco tych

zależności nie zmieniała, dlatego średnio w całym okresie badań nie stwierdzono istotnego wpływu sposobu nalistnego stosowania fungicydów na zawartość potasu i sodu w miazdze korzeni. Brak wpływu fungicydów na zawartość melasotworów, mimo korzystnych warunków do rozwoju patogenów w okresie wegetacji buraka, stwierdziła również Pytlarz-Kozicka (2005). Zależność występowania związków melasotwórczych od stosowania ochrony fungicydowej jest jednak bardziej złożona. W poszczególnych latach stwierdzano bowiem mniejszą ich zawartość w korzeniach, ale tylko pod wpływem niektórych sposobów nalistnej ochrony fungicydowej (liczba zabiegów, rodzaj substancji czynnej). Z kolei Dabagh i in. (2015) stwierdzili korzystny wpływ nalistnej aplikacji mankozebu na zawartość sodu i azotu alfa-aminowego. Nie ujawniło się natomiast w ich badaniach oddziaływanie tej substancji czynnej na zawartość potasu w korzeniach buraka cukrowego.

W przeprowadzonych i prezentowanych badaniach wieloletnich jedynym melasotworem, którego zawartość średnio w całym okresie w korzeniach roślin chronionych była istotnie mniejsza pod wpływem nalistnej ochrony fungicydowej niż w korzeniach roślin niechronionych, był azot alfa-aminowy. Istotnie mniejsza zawartość tego melasotworu w miazdze korzeni występowała tylko w przypadku intensywnej ochrony polegającej na stosowaniu trzech zabiegów nalistnych w okresie wegetacji buraka cukrowego. Jednak w poszczególnych latach istotnie obniżały zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach także pojedyncze zabiegi wykonywane przy użyciu różnych substancji czynnych czy mieszaniny epoksykonazol + tiofanat metylowy. Nie stwierdzono natomiast silnej korelacji zawartości tego melasotworu od temperatury powietrza (z wyjątkiem sierpnia), sumy opadów w okresie wegetacji czy właściwości gleby. Jest to składnik roślin, którego zawartość kształtowana jest przez wiele czynników, zmienny w czasie i labilny w glebie i roślinie. Na przykład zwiększone dawki azotu mogą zmniejszać zawartość azotu w korzeniach buraka cukrowego przy jednoczesnej tendencji jej wzrostu w liściach (Zimny i Kuc 2005). Nawożenie azotem może jednak również wpływać na zwiększenie jego zawartości, w tym azotu alfa-aminowego, w korzeniach (Borówczak i in. 2006, Kurus 2006).

## 7. WNIOSKI

1. Nalistne stosowanie fungicydów, w najmniejszym stopniu tebukonazolu a w największym trzech zabiegów nalistnych, zmniejszyło występowanie symptomów porażenia liści buraka cukrowego przez patogeny. Wskazuje to na zasadność ochrony fungicydowej buraka cukrowego w celu ograniczenia występowania chorób liści.
2. Ochrona fungicydowa osłabiła związek stopnia porażenia liści z dużą ilością opadów w okresie wegetacji buraka, sprzyjającej na ogół rozwojowi grzybów chorobotwórczych, a także z małym udziałem pyłu grubego w uziarnieniu gleby oraz małą zawartością przyswajalnego potasu w warstwie ornej.
3. Każdy sposób ochrony fungicydowej wpłynął korzystnie na plonowanie i jakość korzeni, czyli spowodował zwiększenie plonu korzeni, zawartości cukru i plonu technologicznego cukru, a trzy zabiegi w okresie wegetacji również zmniejszyły zawartość azotu alfa-aminowego. Ochrona fungicydowa nie miała natomiast istotnego wpływu na zawartość potasu i sodu w miążdze korzeni.
4. Oddziaływanie poszczególnych sposobów ochrony fungicydowej na plony korzeni i cukru oraz cechy wewnętrznej jakości technologicznej było zróżnicowane w latach. W większości lat przynajmniej jeden sposób nalistnej ochrony fungicydowej spowodował korzystne zmiany plonów i cech jakościowych korzeni.
5. Trzy zabiegi nalistne były bardziej skuteczne od jednokrotnej aplikacji każdej substancji czynnej lub mieszaniny epoksykonazol + tiofanat metylowy tylko w korzystnym oddziaływaniu na plon korzeni, a w pojedynczych latach na inne cechy – plon technologiczny cukru, zawartość azotu alfa-aminowego.
6. W wyniku na ogół mniejszej zmienności plonu korzeni i zawartości sodu w ich miążdze plon technologiczny cukru buraka chronionego fungicydami był bardziej stabilny w latach niż roślin niechronionych.
7. W przypadku stosowania fungicydów nalistnych, z wyjątkiem mieszaniny epoksykonazol + tiofanat metylowy, plon korzeni był istotnie determinowany przez większą liczbę zmiennych charakteryzujących warunki termiczno-opadowe okresu wegetacji buraka, natomiast nie zależał od zawartości przyswajalnego potasu w glebie.
8. Nalistna ochrona fungicydowa osłabiła istotną zależność zawartości cukru w korzeniach od temperatury powietrza oraz sumy opadów w niektórych miesiącach lub dłuższych okresach wegetacji buraka cukrowego.
9. Trudno stwierdzić ukierunkowany wpływ nalistnego stosowania fungicydów na zależność zawartości związków melasotwórczych w miążdze korzeni od warunków siedliskowych.

## LITERATURA

1. Agarwal P.C., Singh B., Dev U., Rani I., Chand D., Khetarpal R.K., 2006. Seedborne fungi detected in sugar beet seeds imported into India during last three decades. *Plant Health Prog.* doi:10.1094/PHP-2006-1211-01-RS.
2. Al Jbawi E., Al Raei A.F., Al Ali A., Al Zubi H., 2016. Genotype – environment interaction study in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Int. J. Environ.* 5(3): 74–86.
3. Alla H.E.A.N., 2016. Yield and quality of sugar beet as affected by sowing date, nitrogen level and foliar spraying with calcium. *J. Agric. Res. Kafr El-Sheikh Univ.* 42(1): 170–188.
4. Anyszka Z. (red.), 2013. *Metodyka integrowanej ochrony buraka ćwikłowego (materiały dla producentów)*. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice: 44 ss.
5. Arzanlou M., Mousavi S., Bakhshi M., Khakvar R., Bandehagh A., 2016. Inhibitory effects of antagonistic bacteria inhabiting the rhizosphere of the sugar beet plants on *Cercospora beticola* Sacc. The causal agent of Cercospora leaf spot disease on sugar beet. *J. Plant Prot. Res.* 56(1): 1–12.
6. Avižienytė D., Brazienė Z., Romaneckas K., Marcinkevičius A., 2016. Efficacy of fungicides in sugar beet crops. *Zemdirbyste-Agriculture* 103: 167–174.
7. Baltaduonytė M., Dabkevičius Z., Brazienė Z., Survilienė E., 2013. Dynamics of spread and control of cercospora (*Cercospora beticola* Sacc.) and ramularia (*Ramularia beticola* Fautrey & F. Lamb.) leaf spot in sugar beet crops. *Zemdirbyste-Agriculture* 100(4): 401–408.
8. Banaszak H., Gutmański I., Kostka-Gościński D., Nowakowski M., Szymczak-Nowak J., 1998. Wpływ udziału buraka cukrowego w płodozmianie, stosowania słomy i międzyplonu na plonowanie i zdrowotność roślin. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricultura* 66: 239–246.
9. Beet Disease Manual 2016. [http://ebooks.edocumentonline.com/bayer-crop-science/fodder\\_beet\\_disease\\_manual/files/assets/common/downloads/publication.pdf](http://ebooks.edocumentonline.com/bayer-crop-science/fodder_beet_disease_manual/files/assets/common/downloads/publication.pdf)
10. Bolton M.D., Panella L., Campbell L., Khan M.F.R., 2010. Temperature, moisture, and fungicide effects in managing Rhizoctonia root and crown rot of sugar beet. *Phytopathology* 100: 689–697.
11. Bonanomi G., Antignani V., Capodilupo M., Scala F., 2010. Identifying the characteristics of organic soil amendments that suppress soilborne plant diseases. *Soil Biol. Biochem.* 42: 136–144.
12. Borodynko N., Maliszewska E., Wiśniewski W., 2011. Choroby buraka cukrowego. *Biuletyn agrotechniczny KWS* (1), 22 ss.

13. Borodynyo N., Pospieszny H., 2007. Identyfikacja i występowanie odglebowych wirusów buraka cukrowego w Polsce. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 47(2): 55–61.
14. Borówczak F., Grobelny M., Kołata M., Zieliński T., 2006. Wpływ nawożenia azotem na plony i wartość technologiczną korzeni buraków cukrowych. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 51(3): 11–15.
15. Brar N.S., Dhillon B.S., Saini K.S., Sharma P.K., 2015. Agronomy of sugarbeet cultivation – A review. *Agricultural Reviews* 36(3): 184–197.
16. Buhre C., Kluth C., Bürck K., Märländer B., Varrelmann M., 2009. Integrated control of root and crown rot in sugar beet: Combined effects of cultivar, crop rotation, and soil tillage. *Plant Dis.* 93: 155–161.
17. Bzowska-Bakalarz M., Banach M., 2009. Właściwości technologiczne surowca buraczanego produkowanego w zmodyfikowanej technologii nawożenia. *Acta Agrophys.* 14(1): 31–40.
18. Bzowska-Bakalarz M., Ostroga K., 2011. Ocena plonów buraków cukrowych w aspekcie stosowanej technologii produkcji i lokalizacji gospodarstw. *Inż. Rol.* 4: 23–31.
19. Cakmakci R, Oral E., 2002. Root yield and quality of sugar beet in relation to sowing date, plant population and harvesting date interactions. *Turk. J. Agric. Forest.* 26: 133–139.
20. Campbell L.G., Klotz Fugate K., Smith L.J., 2012. Effect of pyraclostrobin on postharvest storage and quality of sugarbeet. *J. Sugar Beet Res.* 49,1–2: 1–25.
21. Cioni F., Collina M., Maines G., Khan M.F.R., Secor G.A., Rivera V.V., 2014. A new integrated pest management (IPM) model for cercospora leaf spot of sugar beets in the Po Valley, Italy. *Sugar Tech.* 16,1: 92–99.
22. Conn K.L., Lazarovits G., 1999. Impact of animal manures on verticillium wilt, potato scab, and soil microbial populations. *Can. J. Plant. Pathol.* 21: 81–92.
23. Curcic Z., Ciric M., Nagl N., Taski-Ajdukovic K., 2018. Effect of sugar beet genotype, planting and harvesting dates and their interaction on sugar yield. *Front. Plant Sci.* 9:1041. doi: 10.3389/fpls.2018.01041
24. Dabagh G., Rahmani H.R., Sharif H., Bagheri S.M., 2015. Effect of planting date and fungicide application on sugar beet leaf spot disease severity in Khuzestan province, Iran. *Jordan Journal of Agricultural Sciences (JJAS)* 11,2: 413–421.
25. Dalke L., 2004. Metody hodowli buraka cukrowego. *Biul. IHAR* 234: 15–20.
26. Davis J.R., Huisman O.C., Everson D.O., Schneider A.T., 2001. Verticillium wilt of potato: A model of key factors related to disease severity and tuber yield in southeastern Idaho. *Am. J. Potato Res.* 78: 291–300.
27. Dmowski Z., Dzieżyc H., Chmura K., 2010. Effect of precipitation on yield and sugar content of sugar beet in eastern Poland. W: *Agrometeorology Research pod redakcją Jacka Leśnego. Acta Agrophys. Rozprawy i Monografie* 6: 17–23.



28. Dmowski Z., Dzieżyc H., Chmura K., 2011. Porównanie potrzeb wodnych buraka cukrowego określonych przez sumę opadów oraz liczbę dni z opadem. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 5: 183–192.
29. Domoradzki M., Korpala W., Weiner W., Witek Z., 2007. Wpływ operacji szlifowania na jakość nasion buraka ćwikłowego. *Inż. Rol.* 5(93): 123–130.
30. Dordas C., 2008. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. *Agron Sustain Dev.* 28,1: 33–46.
31. Duraisam R., Salelgn K., Berekete A.K., 2017. Production of beet sugar and bio-ethanol from sugar beet and its bagasse: A review. *International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT)* 43(4): 222–233.
32. El-Fiki A.I.I., Mohamed F.G., El-Mansoub M.M.A., 2007. Studied on sugar beet rust disease in Egypt. (II): Management of disease under field conditions. Eleventh Congress of Phytopathology, Giza, Egypt, November 2007: 41–57.
33. El-Kholi M.A., Esh A.M.H., 2011. Comparative structural and biochemical study on calcium effects on cercospora leaf spot disease of sugar beet. *J. Plant Prot. Path., Mansoura Univ.* 2(1): 85–97.
34. El-Moghazy S.M., El-Kot G.A., Hamza A.M., 2011. Control of sugar beet leaf spot disease caused by the fungus *Cercospora beticola* (Sacc). *J. Plant Prot. and Path., Mansoura Univ.* 2(11): 1037–1047.
35. Evans E., Messerschmidt U., 2017. Review: Sugar beets as a substitute for grain for lactating dairy cattle. *J Anim. Sci. Biotechnol.* 8,25: 1–10.
36. FAO 2018. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (wywołano 18.08.2018)
37. Finkenstadt V.L., 2014. A Review on the complete utilization of the sugar-beet. *Sugar Tech.* 16: 339–346.
38. Gado E.A.M., 2007. Management of cercospora leaf spot disease of sugar beet plants by some fungicides and plant extracts. *Egypt. J. Phytopathol.* 35: 1–10.
39. Ganapati R.K., Rani R., Karim K.M.R., Roy R.K., Rahman M.M., Alam M.R., 2015. Variability, heritability and genetic advance of quantitative traits in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) by effect of mutation. *Int. J. Plant Biol. Res.* 3(4): 1046.
40. Gaurilčikienė I., Deveikytė I., Petraitienė E., 2006. Epidemic progress of *Cercospora beticola* Sacc. in *Beta vulgaris* L. under different conditions and cultivar resistance. *Biologija* 4: 54–59.
41. Gianessi L., 2013. Highest sugar beet yields ever in the UK thanks to new fungicides. [http://new.croplife.tsstaging.com/wp-content/uploads/pdf\\_files/Highest-Sugar-Beet-Yields-Ever-in-the-UK-Thanks-to-New-Fungicides.pdf](http://new.croplife.tsstaging.com/wp-content/uploads/pdf_files/Highest-Sugar-Beet-Yields-Ever-in-the-UK-Thanks-to-New-Fungicides.pdf)
42. Gleń-Karolczyk K., Boligłowa E., 2015. Estimation of plant extracts efficacy in vegetable protection against *Cercospora beticola* and *Erysiphe umbelliferarum*. *J. Res. Appl. Agric. Engng.* 60(3): 68–72.

43. Golinowska M., Zimny L., 2015. Profitability of chemical protection and production costs in selected systems of sugar beet cultivation. *Prog. Plant Prot.* 55(4): 391–398.
44. Gonzalez-Vazquez M., Ayala J., Garcia-Arenal F., Fraile A., 2009. Occurrence of beet black scorch virus infecting sugar beet in Europe. *Plant Dis.* 93: 21–24.
45. Górski D., Gaj R., Piszczek J., Ulatowska A., 2015. Wpływ użyźniacza glebowego UGmax na stopień porażenia liści przez chwościka buraka (*Cercospora beticola* Sacc.) oraz na plon i jakość korzeni buraka cukrowego. *Prog. Plant Prot.* 55(2): 195–201.
46. Górski D., Piszczek J., 2008. Wpływ skracania płodozmianu na zdrowotność roślin oraz plon i jakość korzeni buraków cukrowych. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 48(4): 1417–1420.
47. Górski D., Piszczek J., Ulatowska A., Gaj R., 2015. Analiza opłacalności ochrony chemicznej przed chwościkiem buraka (*Cercospora beticola* Sacc.) na odmianach odpornych. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego* 3: 94–102.
48. Graham E., Grandy S., Thelen M., 2009. Manure effects on soil organisms and soil quality. Michigan State University Extension. Emerging issues in animal agriculture. <http://msue.anr.msu.edu/uploads/files/aabi/manure%20effects%20on%20soil%20organisms.pdf> (wywołano 10-08-2017)
49. Hamza A., El-Mogazy S., Derbalah A., 2016. Fenton reagent and titanium dioxide nanoparticles as antifungal agents to control leaf spot of sugar beet under field conditions. *J. Plant Prot. Res.* 56,3: 270–278.
50. Harveson R.M., 2006. Identifying and distinguishing seedling and root rot diseases of sugar beets. Online. *Plant Health Progress* doi:10.1094/PHP-2006-0915-01-DG.
51. Harveson R.M., Rush C.M., 1993. A simple method for field and greenhouse inoculation of *Polymyxa betae* and beet necrotic yellow vein virus. *Phytopathology* 83: 1216–1219.
52. Jabnoun-Khiareddine H., Aydi Ben Abdallah R., Ayed F., Gueddes-Chahed M., Hajlaoui A., Ben Salem S., Ben Dhia W., Daami-Remadi M., 2016. Effect of fodder radish (*Raphanus sativus* L.) green manure on potato wilt, growth and yield parameters. *Adv. Crop Sci. Tech.* 4: 211. doi:10.4172/2329-8863.1000211
53. Jacobsen B., Kephart K., Zidack N., Johnston M., Ansley J., 2005. Effect of fungicide and fungicide application timing on reducing yield loss to *Rhizoctonia* crown and root rot. *Sugar beet Research and Extension Reports* 35: 224–226.
54. Jakubowska M., Fiedler Ż., Bocianowski J., Torzyński K., 2018. Wpływ występowania przędziorków (Acari: Tetranychidae) na plon buraka cukrowego w zależności od odmiany. *Agronomy Science* 73(1): 41–50.
55. Januszewska-Kłapa K., 2015. Tendencje zmian klimatycznego ryzyka uprawy roślin w wybranych miejscowościach województwa kujawsko-pomorskiego. Rozprawa doktorska. UTP Bydgoszcz: 1–125.

56. Jaskulska I., Jaskulski D., Gałęzewski L., Kotwica K., Doroszewski A., Józwicki T., 2017. Plony i jakość technologiczna korzeni odmian buraka cukrowego oraz ich zmienność w województwach wielkopolskim i kujawsko-pomorskim. *Fragm. Agron.* 34(2): 18–27.
57. Jaskulska I., Najdowski Ł., Gałęzewski L., Kotwica K., Lamparski R., Piekarczyk M., Wasilewski P., 2017. Wpływ cało powierzchniowej uprawy bezpłużnej i strip-till na zużycie paliwa, plony oraz jakość korzeni buraka cukrowego. *Fragm. Agron.* 34(3): 58–65.
58. Jozefyova L., Pulkrabek J., Urban J., 2003. The influence of harvest date and crop treatment on the production of two different sugar beet variety types. *Plant Soil Environ.* 49,11: 492–498.
59. Kapusta F., 2015. Zmiany strukturalne cukrownictwa polskiego. *Polityki Europejskie, Finanse i Marketing* 13(62): 53–62.
60. Karadimos D.A., Karaoglanidis G.S., 2006. Comparative efficacy, selection of effective partners, and application time of strobilurin fungicides for control of *Cercospora* leaf spot of sugar beet. *Plant Dis.* 90: 820–825.
61. Khan M.F.R., 2018. Success and limitations of using fungicides to control *Cercospora* leaf spot on sugar beet. *Agri. Res. Tech. Open Access J.* 14(2): 555909. DOI: 10.19080/ARTOAJ.2018.14.555909
62. Khan M.F.R., Carlson A.L., 2009. Effect of fungicides on sugar beet yield, quality, and postharvest respiration rates in the absence of disease. Online. *Plant Health Progress* doi:10.1094/PHP-2009-1019-01-RS.
63. Khan J., del Río L.E., Nelson R., Khan M.F.R., 2007a. Improving the *Cercospora* leaf spot management model for sugar beet in Minnesota and North Dakota. *Plant Dis.* 91: 1105–1108.
64. Khan J., del Río L.E., Nelson R., Rivera-Varas V., Secor G.A., Khan M.F.R., 2008. Survival, dispersal, and primary infection site for *Cercospora beticola* in sugar beet. *Plant Dis.* 92: 741–745.
65. Khan M.F.R., Richards G., Khan J., Harikrishnan R., Nelson R., Bradley C.A., 2007b. Effect of adjuvants on the performance of pyraclostrobin for controlling *Cercospora* leaf spot on sugarbeet. *J. Sugar Beet Res.* 44: 71–81.
66. Khan M.F.R., Smith L.J., 2005. Evaluating fungicides for controlling *Cercospora* leaf spot on sugar beet. *Crop Prot.* 24: 79–86.
67. Khan M.F.R., Windels C.E., Carl A. Bradley C.A., 2017. Comparison of *Cercospora* and bacterial leaf spots on sugar beet. <https://www.ag.ndsu.edu/publications/crops/comparison-of-cercospora-and-bacterial-leaf-spots-on-sugar-beet> (wywołano 9-08-2017)
68. Kirk W.W., Wharton P.S., Schafer R.L., Tumbalam P., Poindexter S., Guza C., Fogg R., Schlatter T., Stewart J., Hubbell L., Ruppel D., 2008. Optimizing fungicide timing for the control of *Rhizoctonia* crown and root rot of sugar beet using soil temperature and plant growth stages. *Plant Dis.* 92:1091–1098.

69. Kluth C., Buhre C., Varrelmann M., 2010. Susceptibility of intercrops to infection with *Rhizoctonia solani* AG 2-2 IIIB and influence on subsequently cultivated sugar beet. *Plant Pathol.* 59: 683–692.
70. Kristek A., Kristek S., Bažok R., Rešić I., Varga I., 2015. Sugar beet quality in dependence on the effectiveness of fungicides and genotype on *Cercospora beticola* Sacc. In: *Sugar Beets* Editor Lindsey Brooks: 133–149.
71. Kristek A., Kristek S., Galović S., 2008. Root yield and quality depending on sugar beet hybrids and protection against fungi *Cercospora beticola* Sacc. *Cereal Res. Commun.* 36: 375–78.
72. Kristoffersen R., Hansen A.L., Munk L., Cedergreen N., Jørgensen L.N., 2018. Management of beet rust in accordance with IPM principles. *Crop Prot.* 111: 6–16.
73. Kundzewicz Z., Kozyra J., 2011. Ograniczanie wpływu zagrożeń klimatycznych w odniesieniu do rolnictwa i obszarów wiejskich. *Pol. J. Agron.* 7: 68–81.
74. Kurowski T.P., Marks M., Kurowska A., Orzech K., 2005. Stan sanitarny i plonowanie jęczmienia jarego w zależności od sposobu uprawy roli. *Acta Agrobot.* 58(2): 335–346.
75. Kurus J., 2006. Zawartość niektórych składników pokarmowych i mineralnych w buraku cukrowym w zależności od nawożenia azotem i sposobów odchwaszczanie. *Acta Agrophys.* 8(3): 671–680.
76. Kühn J., Rippel R., Schmidhalter U., 2009. Abiotic soil properties and the occurrence of *Rhizoctonia* crown and root rot in sugar beet. *J. Plant Nutr. Soil Sci.-Z. Pflanzenernahr. Bodenkd.* 172: 661–668.
77. Kuźdowicz K., 2007. Kolekcja gatunków dzikich i form uprawnych rodzaju *Beta* gromadzenie, ocena i wykorzystanie w badaniach i hodowli. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 517: 63–72.
78. Leucker M., Wahabzada M., Kersting K., Peter M., Beyer W., Mahlein A-K., Oerke E-C., 2017. Hyperspectral imaging reveals the effect of sugar beet quantitative trait loci on *Cercospora* leaf spot resistance. *Funct. Plant Biol.* 44(1): 1–9.
79. Lennefors B.L., Savenkov E.I., Mukasa S.B., Valkonen J.P., 2005. Sequence divergence of four soilborne sugarbeet-infecting viruses. *Virus Genes* 31(1): 57–64.
80. Li Y.-G., Zhang L., Mang F.-M., 2011. Response of *Cercospora beticola* in sugar beet at different cultivars and fertilization level. *Afr. J. Microbiol. Res.* 5: 5985–5989.
81. Lipa J., 2018. Następstwa zmian klimatu dla kwarantanny i ochrony roślin. *Prog. Plant Prot.* 48(3): 777–791.
82. Liu Y., Khan M.F.R., 2016. Utility of fungicides for controlling *Rhizoctonia solani* on sugar beet. *J. Crop Prot.* 5(1): 33–38.
83. Majchrzak L., Jakubowska M., 2009. Wpływ systemu uprawy na stan zdrowotności i plonowanie buraków pastewnych. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 49(3): 1531–1536.

84. Malec J., 2004. Burak cukrowy – historia, aktualne problemy, przyszłość. Biul. IHAR 234: 5–13.
85. Marcuzzo L.L., Haveroth R., Nascimento A., 2016. Influence of temperature and leaf wetness duration on the severity of *Cercospora* leaf spot of beet. *Summa Phytopathol.* 42,1: 89–91.
86. Mikita J., Gutmański I., 2002. Wpływ warunków glebowo-klimatycznych wybranych plantacji nasiennych na wartość siewną nasion oraz plonowanie buraka cukrowego. Część II. Zależność jakości nasion od warunków glebowo-klimatycznych. Biul. IHAR 222: 185–193.
87. Millner P.D., Ringer C.E., Maas J.L., 2004. Suppression of strawberry root disease with animal manure composts. *Compost Sci Util.* 12: 298–307.
88. Moliszewska E., 2014. Objawy chorób buraka cukrowego obserwowane na liściach. Uniwersytet Opolski, Zamość, 10 ss.
89. Moliszewska E., 2015. Cechy morfologiczne buraka cukrowego a jakość plonu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 582: 43–51.
90. Noor A., Khan M.F.R., 2015. Efficacy and safety of mixing azoxystrobin and starter fertilizers for controlling *Rhizoctonia solani* in sugar beet. *Phytoparasitica* 43,1: 51–55.
91. Obuya J.O., Franc G.D., 2016. Molecular analysis of *Cercospora beticola* isolates from strobilurin resistance from the Central High Plains, USA. *Eur. J. Plant Pathol.* 146: 817–827.
92. Orzeszko-Rywka A., Rochalska M., 2007. Wstępna ocena skuteczności ekologicznych metod zaprawiania nasion buraka cukrowego. *J. Res. Appl. Agric. Engng.* 52(4): 10–13.
93. Osińska B., Jassem M., 1989. Choroby i szkodniki buraka cukrowego. PWRiL, Warszawa.
94. Ostrowska D., Artyszak A. (red.), 2005. Technologia produkcji buraka cukrowego. Wyd. Wieś Jutra.
95. Öztürk Ö., Topal A., Akinerdem F., Akgün N., 2008. Effects of sowing and harvesting dates on yield and some quality characteristics of crops in sugar beet/cereal rotation system. *J. Sci. Food Agric.* 88(1): 141–150.
96. Petkeviciene B., 2009. The effects of climate factors on sugar beet early sowing timing. *Agron. Res.*, 7: 436–443.
97. Pieczul K., Perek A., 2013. Odporność na fungicydy izolatów *Cercospora beticola* pochodzących z terenu Wielkopolski. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 53(4): 796–800.
98. Piszczek J., 2012. Choroby buraka cukrowego, Ochrona przed najważniejszymi szkodnikami. W: Buraki – nowe perspektywy. Agro Serwis Warszawa. Wyd. piąte.
99. Piszczek J., Czekalska A., 2006. Oporność chwościka buraka – grzyba *Cercospora beticola* Sacc. na fungicydy stosowane do jego zwalczania w Polsce. [Resistance of *Cercospora beticola* Sacc. to fungicides used against this pathogen in Poland]. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 46(1): 375–379.

100. Piszczek J., Górski D., Ulatowska A., Miziniak W., 2015. Late infection of sugar beet crops with leaf spot (*Cercospora beticola* Sacc.) and profitability of crop protection against it in central Poland. *Prog. Plant Prot.* 55(2): 207–210.
101. Piszczek J., Górski D., Ulatowska A., Nowakowski M., Miziniak W., 2016. The efficiency of triazole fungicides in sugar beet protection against *Cercospora beticola* Sacc. depending on the plant infection at the time of the protective treatment. *Prog. Plant Prot.* 56(4): 430–435.
102. Piszczek J., Mrówczyński M. (red.), 2012. *Metodyka integrowanej ochrony buraka cukrowego i pastewnego dla producentów*. Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, 54 ss.
103. Piszczek J., Pieczul K., Kiniec A., 2017. First report of G143A strobilurin resistance in *Cercospora beticola* in sugar beet (*Beta vulgaris*) in Poland. *J. Plant Dis. Prot.* DOI 10.1007/s41348-017-0119-3
104. Piwowar A., 2018. *Chemiczna ochrona roślin we współczesnym rolnictwie w perspektywie ekonomicznej i ekologicznej – korzyści, koszty oraz preferencje*. Monografie i Opracowania Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu 273: 340 ss.
105. Pringas C., Märlander B., 2004. Einfluss konservierender Bodenbearbeitung auf Ertrag, Qualität, Rentabilität und Cercosporabefall von Zuckerrüben – Ergebnisse einer Versuchsserie auf Großflächen. *Pflanzenbauwissenschaften* 8: 82–90.
106. Prośba-Białczyk U., Regiec P., 2006. Produkcyjność i wartość technologiczna buraka cukrowego w warunkach integrowanej ochrony i nawożenia. *Pam. Puł.* 142: 393–402.
107. Przybył J., Łoboda M., Dworecki Z., 2006. System informatyczny wspomagający zarządzanie procesem produkcji buraka cukrowego. *Inż. Roln.* 13: 393–401.
108. Pytlarz-Kozicka M., 2005. The effect of nitrogen fertilization and anti-fungal plant protection on sugar beet yielding. *Plant Soil Environ.* 50(5): 232–238.
109. Qi A.M., Dewar A.M., Harrington R., 2004. Decision making in controlling virus yellows of sugar beet in the UK. *Pest Manag. Sci.* 60: 727–732.
110. Römheld V., Kirkby E.A., 2010. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. *Plant Soil* 335, 1–2: 55–180.
111. Rothrock C.S., 1992. Tillage systems and plant disease. *Soil Sci.* 154: 308–314.
112. Ruppel E.G., 1985. Susceptibility of rotation crops to a root rot isolate of *Rhizoctonia solani* from sugar beet and survival of the pathogen in crop residues. *Plant Dis.* 69: 871–873.
113. Rychcik B., Zawislak K., 2002. Yield and root technological quality of sugar beet grown in crop rotation and long-term monoculture. *Rostlinná Výroba* 48(10): 458–462.

114. Sadowski C., Lenc L., Korpala W., 2007. Badania nad możliwością ochrony buraka ćwikłowego przed chorobami grzybowymi w uprawie ekologicznej. *J. Res. Appl. Agric. Eng.* 52: 38–44.
115. Scheuerell S.J., Sullivan D.M., Mahaffee W.F., 2005. Suppression of seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*, *P. irregulare*, and *Rhizoctonia solani* in container media amended with a diverse range of Pacific northwest compost sources. *Phytopathology* 95: 306–315.
116. Secor G.A., Rivera V.V., Khan M.F.R., Gudmestad N.C., 2010. Monitoring fungicide sensitivity of *Cercospora beticola* of sugar beet for disease management decisions. *Plant Dis.* 94: 1272–1282.
117. Scotti R., Bonanomi G., Scelza R., Zoina A., Rao M.A., 2015. Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 15: 333–352.
118. Skaracis G.N., Pavili O.I., Biancardi E., 2010. *Cercospora* leaf spot disease of sugar beet. *Sugar Tech.* 12(3–4): 220–228.
119. Skonieczek P., Nowakowski M., 2013. Występowanie sprawców zgorzeli siewek buraka na stanowiskach z uprawą buraka cukrowego. *Biul. IHAR* 267: 145–152.
120. Skonieczek P., Nowakowski M., Matyka Ł., Żurek M., Wąsacz E., 2014. Ocena podatności siewek odmian i rodów buraka cukrowego na porażenie przez izolaty *Rhizoctonia solani* AG 4. *Fragm. Agron.* 31(4): 92–99.
121. Stępień A., 2009. Możliwości uprawy buraka cukrowego oraz jego plonowanie w warunkach Polski północno-wschodniej na tle zachodzących zmian klimatycznych. *Ann. UMCS, sec. E* 64: 107–113.
122. Stępień A., Pawluczyk J., Adamiak J., Marks M., Buczyński G., 2010. Wpływ wybranych czynników klimatycznych Polski północno-wschodniej na jakość plonu korzeni buraka cukrowego. *Fragm. Agron.* 27(1): 170–176.
123. Strausbaugh C.A., Eujayl I., 2012. Influence of sugarbeet tillage systems on the *Rhizoctonia*-bacterial root rot complex. *J. Sugar Beet Res.* 49: 57–78.
124. Strausbaugh C.A., Eujayl I.A., Rearick E., Foote P., Elison D., 2009. Sugar beet cultivar evaluation for storability and rhizomania resistance. *Plant Dis.* 93: 632–638.
125. Stump W.L., Franc G.D., Harveson R.M., Wilson R.G., 2004. Strobilurin fungicide timing for *Rhizoctonia* root and crown rot suppression in sugarbeet. *J. Sugar Beet Res.* 41:17–37.
126. Szymczak-Nowak J., Kostka-Gościński D., Nowakowski M., Gutmański I., 2002. Systemy uprawy buraka cukrowego na różnych glebach. Część IV. Zdrowotność roślin. *Biul. IHAR* 222: 333–340.
127. Szymczak-Nowak J., Nowakowski M., 2005. Wpływ nawożenia obornikiem i słomą na zdrowotność czterech odmian buraka cukrowego. *Pam. Puł.* 139: 255–266.
128. Tkaczyk P., Bednarek W., Dresler S., 2009. Plonowanie buraka cukrowego w zależności od właściwości glebowych i nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 542(2): 559–568.

129. Vereijssen J., Schneider H.J.H.M., Termorshuizen A.J., 2005. Root infection of sugar beet by *Cercospora beticola* in a climate chamber and in the field. *Eur. J. Plant Pathol.* 112: 201–210.
130. Vogel J., Kenter C., Holst C., Märländer B., 2018. New generation of resistant sugar beet varieties for advanced integrated management of *Cercospora* Leaf Spot in Central Europe. *Front. Plant Sci.* 9:222. doi: 10.3389/fpls.2018.00222
131. Waclawowicz R., 2013. Siedliskowe i produkcyjne skutki polowego zagospodarowania liści buraka cukrowego. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, s. 134.
132. Walczak F., 2013. Metodyki ochrony ziemniaka i buraka przed mszycami (*Aphididae*). Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Poznań, s. 35.
133. Wesołowski M., Juszczak D., Boniek Z., 2005. Wpływ wybranych środków ochrony roślin na plonowanie, zachwaszczenie i porażenie liści buraka cukrowego. *Ann. UMCS, Sec. E* 60: 11–18.
134. Windels C.E., Brantner J.R., 2006. Sugarbeet following oilseed radish in fields infested with *Rhizoctonia solani* and *Aphanomyces cochlioides*. 2005 Sugarbeet Res. Ext. Rept. 36: 281–285.
135. Wojciechowski A., Szczepaniak W., Grzebisz W., 2002. Wpływ nawożenia potasem na plony i jakość technologiczną buraka cukrowego Część I. Plony korzeni i cukru. *Biul. IHAR* 222: 57–64.
136. Wolf P.F.J., Verreet J.A., 2005. Factors affecting the onset of *Cercospora* leaf spot epidemics in sugar beet and establishment of disease-monitoring thresholds. *Phytopathology* 95: 269–274.
137. Wyszukiwarka środków ochrony roślin 2017. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi. <http://www.minrol.gov.pl/pol/Informacje-branzowe/Wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin> (wywołano 7-10-2017)
138. Wyszynski Z., Kalinowska-Zdun B., Gozdowski D., Michalska B., 2004. Plonowanie buraka cukrowego na plantacjach produkcyjnych w rejonie Polski środkowej. *Biul. IHAR* 234: 29–56.
139. Yilmaz N.D.K., Yanar Y., Gunal H., Erkan S., 2004. Effects of soil properties on the occurrence of beet necrotic yellow vein virus and beet soilborne virus on sugar beet in tokat, Turkey. *Plant Pathol. J.* 3: 56–60.
140. Zimny L., Kuc P., 2005. Zawartość podstawowych składników pokarmowych w buraku cukrowym w różnych systemach nawożenia w drugiej rotacji płodozmianu. *Ann. UMCS, sec. E* 60: 185–194.
141. Zimny L., Nowakowski M., Skonieczek P., Zych A., 2017. Koszty i dochodowość produkcji buraka cukrowego w następstwie stosowania 16 systemów uprawy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 589: 131–143.
142. Zimny L., Zych A., Waclawowicz R., 2015. Systemy uprawy buraka cukrowego w Polsce w badaniach ankietowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 581: 135–145.



## Spis tabel

Tabela 1. Wykaz fungicydów zarejestrowanych do profesjonalnego stosowania w uprawie buraka cukrowego .....	16
Tabela 2. Charakterystyka zawartości węgla organicznego ( $\text{g kg}^{-1}$ gleby) i uziarnienia gleby (% udział frakcji) w latach 2006–2016.....	25
Tabela 3. Charakterystyka właściwości agrochemicznych gleby w latach 2006–2016.....	25
Tabela 4. Charakterystyka warunków termicznych (średnia miesięczna temperatura powietrza – °C) w okresie wegetacji buraka cukrowego w latach 2006–2016 i w wieloleciu.....	26
Tabela 5. Charakterystyka warunków opadowych (miesięczna suma opadów – mm) w okresie wegetacji buraka cukrowego w latach 2006–2016 i w wieloleciu.....	26
Tabela 6. Stopień porażenia liści przez choroby (ocena bonitacyjna <sup>#</sup> przed zbiorem).....	29
Tabela 7. Asymetria stopnia porażenia liści w latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	31
Tabela 8. Współczynniki korelacji stopnia porażenia liści i sumy opadów w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	31
Tabela 9. Współczynniki korelacji stopnia porażenia liści i pH oraz zawartości przyswajalnych makroskładników w glebie.....	32
Tabela 10. Współczynniki korelacji stopnia porażenia liści i zawartości węgla organicznego oraz uziarnienia gleby w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	33
Tabela 11. Plon korzeni ( $\text{t ha}^{-1}$ ) w kolejnych latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	33
Tabela 12. Trend zmian plonu korzeni w latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	36
Tabela 13. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu korzeni i średniej miesięcznej temperatury powietrza w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	36
Tabela 14. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu korzeni i średniej temperatury powietrza w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	37

Tabela 15. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu korzeni i sumy miesięcznych opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	38
Tabela 16. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu korzeni i sumy opadów w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	38
Tabela 17. Współzależny wpływ temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na plon korzeni.....	39
Tabela 18. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu korzeni i zawartości węgla organicznego oraz uziarnienia gleby w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	40
Tabela 19. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu korzeni i pH oraz zawartości makroskładników przyswajalnych w glebie.....	40
Tabela 20. Współzależny wpływ właściwości gleby na plon korzeni buraka cukrowego .....	41
Tabela 21. Zawartość cukru (%) w korzeniach buraka w kolejnych latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	42
Tabela 22. Trend zmian zawartości cukru w korzeniach w latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	44
Tabela 23. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości cukru w korzeniach i średniej miesięcznej temperatury powietrza w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	44
Tabela 24. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości cukru w korzeniach i średniej temperatury powietrza w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	45
Tabela 25. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości cukru w korzeniach i sumy miesięcznych opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	46
Tabela 26. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości cukru i sumy opadów w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	46
Tabela 27. Współzależny wpływ temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na zawartość cukru w korzeniach .....	47
Tabela 28. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości cukru i zawartości węgla organicznego oraz uziarnienia gleby w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	48

Tabela 29. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości cukru i pH oraz zawartości makroskładników w glebie.....	48
Tabela 30. Plon technologiczny cukru ( $t \cdot ha^{-1}$ ) w kolejnych latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	49
Tabela 31. Trend zmian plonu technologicznego cukru w latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	51
Tabela 32. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu technologicznego cukru i średniej miesięcznej temperatury powietrza w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	52
Tabela 33. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu technologicznego cukru i średniej temperatury powietrza w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	52
Tabela 34. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu technologicznego cukru i sumy miesięcznych opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	53
Tabela 35. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu technologicznego cukru i sumy opadów w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	54
Tabela 36. Współzależny wpływ temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na plon technologiczny cukru .....	55
Tabela 37. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu technologicznego cukru i zawartości węgla organicznego oraz uziarnienia gleby w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	55
Tabela 38. Współczynniki korelacji prostej Pearsona plonu technologicznego cukru i pH oraz zawartości makroskładników w glebie .....	56
Tabela 39. Współzależny wpływ właściwości gleby na plon technologiczny cukru .....	56
Tabela 40. Zawartość potasu ( $mmol \cdot 1000 g^{-1}$ ) w korzeniach w kolejnych latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	57
Tabela 41. Trend zmian zawartości potasu w korzeniach w latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	59
Tabela 42. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości potasu w korzeniach i średniej miesięcznej temperatury powietrza w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	59

Tabela 43. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości potasu w korzeniach i średniej temperatury powietrza w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	60
Tabela 44. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości potasu w korzeniach i sumy miesięcznych opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	61
Tabela 45. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości potasu w korzeniach i sumy opadów w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	61
Tabela 46. Współzależny wpływ temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na zawartość potasu w korzeniach .....	62
Tabela 47. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości potasu w korzeniach i zawartości węgla organicznego oraz uziarnienia gleby w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	62
Tabela 48. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości potasu w korzeniach i pH oraz zawartości makroskładników w glebie .....	63
Tabela 49. Współzależny wpływ właściwości gleby na zawartość potasu w korzeniach .....	63
Tabela 50. Współzależny wpływ właściwości gleby, temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na zawartość potasu w korzeniach .....	64
Tabela 51. Zawartość sodu ( $\text{mmol} \cdot 1000 \text{ g}^{-1}$ ) w korzeniach w kolejnych latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	64
Tabela 52. Trend zmian zawartości sodu w korzeniach w latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	66
Tabela 53. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości sodu w korzeniach i średniej miesięcznej temperatury powietrza w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	67
Tabela 54. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości sodu w korzeniach i średniej temperatury powietrza w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	68
Tabela 55. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości sodu w korzeniach i sumy miesięcznych opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	68

Tabela 56. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości sodu w korzeniach i sumy opadów w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	69
Tabela 57. Współzależny wpływ temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na zawartość sodu w korzeniach .....	70
Tabela 58. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości sodu w korzeniach i zawartości węgla organicznego oraz uziarnienia gleby w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	71
Tabela 59. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości sodu w korzeniach i pH oraz zawartości makroskładników w glebie .....	71
Tabela 60. Współzależny wpływ właściwości gleby, temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na zawartość sodu w korzeniach .....	71
Tabela 61. Zawartość azotu alfa-aminowego ( $\text{mmol} \cdot 1000 \text{ g}^{-1}$ ) w korzeniach w kolejnych latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	72
Tabela 62. Trend zmian zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach w latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	74
Tabela 63. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach i średniej miesięcznej temperatury powietrza w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	75
Tabela 64. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach i średniej temperatury powietrza w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	75
Tabela 65. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach i sumy miesięcznych opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	76
Tabela 66. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach i sumy opadów w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	77
Tabela 67. Współzależny wpływ temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach .....	78

Tabela 68. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach i zawartości węgla organicznego oraz uziarnienia gleby w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	78
Tabela 69. Współczynniki korelacji prostej Pearsona zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach i pH oraz zawartości makroskładników w glebie.....	78
Tabela 70. Współczynnik alkaliczności soku korzeni buraka cukrowego w kolejnych latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	79
Tabela 71. Trend zmian alkaliczności soku korzeni buraka w latach badań w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	81
Tabela 72. Współczynniki korelacji prostej Pearsona alkaliczności soku korzeni buraka i średniej miesięcznej temperatury powietrza w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	82
Tabela 73. Współczynniki korelacji prostej Pearsona alkaliczności soku korzeni buraka i średniej temperatury powietrza w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	82
Tabela 74. Współczynniki korelacji prostej Pearsona alkaliczności soku korzeni buraka i sumy miesięcznych opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	83
Tabela 75. Współczynniki korelacji prostej Pearsona alkaliczności soku korzeni buraka i sumy opadów w różnych okresach wegetacji buraka cukrowego w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	84
Tabela 76. Współzależny wpływ temperatury powietrza i opadów w okresie wegetacji buraka cukrowego na wielkość współczynnika alkaliczności soku.....	85
Tabela 77. Współczynniki korelacji prostej Pearsona alkaliczności soku korzeni buraka i zawartości węgla organicznego oraz uziarnienia gleby w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	85
Tabela 78. Współczynniki korelacji prostej Pearsona alkaliczności soku korzeni buraka i pH oraz zawartości makroskładników w glebie.....	86

## Spis rysunków

Rys. 1.	Średni stopień porażenia liści przez choroby w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej (#1 – brak porażenia; 9 – porażona cała blaszka liściowa).....	30
Rys. 2.	Średni stopień porażenia liści przez choroby w kolejnych latach badań (# 1 – brak porażenia; 9 – porażona cała blaszka liściowa).....	30
Rys. 3.	Średni plon korzeni w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej (1 – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie).....	34
Rys. 4.	Średni plon korzeni w kolejnych latach badań (1 – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie) .....	34
Rys. 5.	Współczynnik zmienności plonu korzeni w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	35
Rys. 6.	Średnia zawartość cukru w korzeniach w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej (1 – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie) .....	42
Rys. 7.	Średnia zawartość cukru w korzeniach w kolejnych latach badań (1 – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie) .....	43
Rys. 8.	Współczynnik zmienności zawartości cukru w korzeniach w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	43
Rys. 9.	Średni plon technologiczny cukru w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej (1 – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie) .....	50
Rys. 10.	Średni plon technologiczny cukru w kolejnych latach badań (1 – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie).....	50
Rys. 11.	Współczynnik zmienności plonu technologicznego cukru w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	51
Rys. 12.	Średnia zawartość potasu w korzeniach w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	57
Rys. 13.	Średnia zawartość potasu w korzeniach w kolejnych latach badań (1 – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie) .....	58
Rys. 14.	Współczynnik zmienności zawartości potasu w korzeniach w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	58
Rys. 15.	Średnia zawartość sodu w korzeniach w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej.....	65

Rys. 16. Średnia zawartość sodu w korzeniach w kolejnych latach badań ( <sup>1</sup> – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie) .....	65
Rys. 17. Współczynnik zmienności zawartości sodu w korzeniach w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	66
Rys. 18. Średnia zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej ( <sup>1</sup> – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie) .....	73
Rys. 19. Średnia zawartość azotu alfa-aminowego w korzeniach w kolejnych latach badań ( <sup>1</sup> – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie) .....	73
Rys. 20. Współczynnik zmienności zawartości azotu alfa-aminowego w korzeniach w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	74
Rys. 21. Średnia wielkość współczynnika alkaliczności soku korzeni buraka w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	80
Rys. 22. Średnia wielkość współczynnika alkaliczności soku korzeni buraka w kolejnych latach badań ( <sup>1</sup> – różne litery oznaczają różnice istotne statystycznie) .....	80
Rys. 23. Współczynnik zmienności alkaliczności soku korzeni buraka w latach 2006–2016 w zależności od sposobu ochrony fungicydowej .....	81



# EFEKTY NALISTNEJ OCHRONY FUNGICYDOWEJ BURAKA CUKROWEGO (*BETA VULGARIS* L.) W ZRÓŻNICOWANYCH WARUNKACH SIEDLISKOWYCH

## Streszczenie

Mimo że w strategii ochrony integrowanej główną rolę w utrzymaniu zdrowych roślin przypisuje się metodom hodowlanej, agrotechnicznej i biologicznej, to ważnym jej elementem jest także stosowanie fungicydów. Środki te na ogół skutecznie zmniejszają porażenie roślin przez patogeny, ale ich wpływ na plon korzeni i zawartość cukru w korzeniu buraka nie zawsze jest jednoznacznie określony.

W przeprowadzonych badaniach założono, że stosowanie fungicydów w okresie wegetacji buraka cukrowego i zmniejszenie przez to uszkodzeń jego liści nie musi być jednoznaczne ze wzrostem plonu i jakości technologicznej korzeni. Efekty produkcyjne ochrony fungicydowej zależą w dużym stopniu od warunków siedliskowych, w tym właściwości gleby i przebiegu pogody, oraz rodzaju substancji czynnej i liczby zabiegów. Większa liczba zabiegów nie jest jednak jednoznaczna ze wzrostem plonów i zmianą zawartości cukru w porównaniu z jednokrotną aplikacją fungicydu w sezonie wegetacji. Hipotezę zweryfikowano w oparciu o jednoczynnikowy wieloletni (11 lat) eksperyment wykonany w latach 2006–2016.

Badania wykonano w Jednostce Doświadczalnej spółki Nordzucker Polska S.A. w rejonie plantacyjnym Chełmża, województwo kujawsko-pomorskie. Doświadczenia polowe zlokalizowano w PW Farol Sp. z o.o. w Fałcinie – lata 2007–2008, 2010–2013, 2015–2016 oraz w gospodarstwach rolnych w Brąchnówku – 2006, 2009 i Sławkowie – 2014.

Celem głównym badań było określenie efektów produkcyjnych nalistnego stosowania fungicydów w uprawie buraka cukrowego w zależności od zróżnicowanych warunków siedliskowych w 11-letnich doświadczeniach polowych. Za cele szczegółowe przyjęto:

- ocenę wpływu ochrony fungicydowej na występowanie symptomów porażenia liści przez patogeny,
- określenie plonów i jakości technologicznej korzeni (zawartość cukru i związków melasotwórczych) roślin chronionych i niechronionych,
- porównanie wpływu różnych substancji czynnych oraz jedno- i trzykrotnego stosowania fungicydów w okresie wegetacji buraka cukrowego na plony i jakość surowca,
- określenie zależności między warunkami siedliskowymi (ilość i rozkład opadów, temperatura powietrza, właściwości gleby) a efektami produkcyjnymi stosowania fungicydów.

Czynnikiem doświadczalnym, którego obiekty rozlosowano 4-krotnie w układzie losowanych bloków, był sposób ochrony fungicydowej buraka cukrowego. Jego poziomy stanowiły substancje czynne fungicydów nalistnych i oraz liczba zabiegów w okresie wegetacji:

- 1) bez fungicydu – kontrola
- 2) trzy zabiegi (s. cz. z grupy: triazoli, benzimidazoli, strobiluryn)
- 3) jeden zabieg (tebukonazol)
- 4) jeden zabieg (epoksykonazol)
- 5) jeden zabieg (epoksykonazol + tiofanat metylowy)
- 6) jeden zabieg (strobiluryna).

Wyniki doświadczenia polowego oraz laboratoryjne analizy materiału roślinnego i glebowego pozwalają stwierdzić, że nalistne stosowanie fungicydów, w najmniejszym stopniu tebukonazolu a w największym trzech zabiegów nalistnych w sezonie wegetacji, zmniejszyło występowanie symptomów porażenia liści buraka cukrowego przez patogeny. Wskazuje to na zasadność ochrony fungicydowej buraka cukrowego w celu ograniczenia występowania chorób liści. Ochrona fungicydowa osłabiła związek stopnia porażenia liści z dużą ilością opadów w okresie wegetacji buraka, sprzyjającej na ogół rozwojowi grzybów chorobotwórczych, a także z małym udziałem pyłu grubego w uziarnieniu gleby oraz małą zawartością przyswajalnego potasu w warstwie ornej. Każdy sposób ochrony fungicydowej wpłynął korzystnie na plonowanie i jakość korzeni, czyli spowodował zwiększenie plonu korzeni, zawartości cukru i plonu technologicznego cukru, a trzy zabiegi w okresie wegetacji również na zmniejszenie zawartości azotu alfa-aminowego. Ochrona fungicydowa nie miała natomiast istotnego wpływu na zawartość potasu i sodu w miążdze korzeni. Oddziaływanie poszczególnych sposobów ochrony fungicydowej na plony korzeni i cukru oraz cechy wewnętrznej jakości technologicznej było zróżnicowane w latach. W większości lat przynajmniej jeden sposób nalistnej ochrony fungicydowej spowodował korzystne zmiany plonów i cech jakościowych korzeni. Trzy zabiegi nalistne były bardziej skuteczne od jednokrotnej aplikacji każdej substancji czynnej lub mieszaniny epoksykonazol + tiofanat metylowy tylko w korzystnym oddziaływaniu na plon korzeni, a w pojedynczych latach na inne cechy – plon technologiczny cukru, zawartość azotu alfa-aminowego. Nalistna ochrona fungicydowa osłabiła istotną zależność zawartości cukru od temperatury powietrza oraz sumy opadów w niektórych miesiącach lub dłuższych okresach wegetacji buraka cukrowego. Trudno natomiast stwierdzić ukierunkowany wpływ nalistnego stosowania fungicydów na zależność zawartości związków melasotwórczych w miążdze korzeni od warunków siedliskowych.

# EFFECTS OF FOLIAR FUNGICIDE PROTECTION IN SUGAR BEET (*BETA VULGARIS* L.) UNDER VARIED HABITAT CONDITIONS

## Summary

Although in the integrated protection strategy the key role in maintaining healthy plants is attributed to breeding, agrotechnical and biological methods, it is also important to apply fungicides. Those agents, in general, effectively decrease the plant infestation with pathogens, however their effect on the root yield and the content of sugar in beet root is not always unambiguously determined.

The study assumed that the use of fungicides over the sugar beet vegetation period, and thus reducing damage of its leaves, does not necessarily mean an increase in the yield and the technological quality of the roots. The production effects of the fungicides protection depend on habitat conditions considerably, including the soil properties and weather course, as well as the kind of active ingredients and the number of treatments. A higher number of treatments does not necessarily mean an increase in yields and a change in the content of sugar, as compared with a single application of fungicide in the vegetation period. The hypothesis was verified based on a single-factor multi-year (11-year) experiment performed in 2006–2016.

The research was performed at the Experiment Facility of Nordzucker Polska S.A. In the plantation region of Chełmża, the kujawsko-pomorskie province. Field experiments were located at PW Farol Sp. z o.o. in Falęcin, in 2007–2008, 2010–2013, 2015–2016 and on an agricultural farm at Brąchnówko, 2006, 2009 as well as at Sławkowo – 2014.

The primary objective of the research was to determine the production effects of the foliar application of fungicides in sugar beet depending on varied habitat conditions in 11-year field experiments. The specific objectives were assumed to be as follows:

- evaluating of the effect of fungicide protection on the occurrence of the symptoms of leaf infestation with pathogens,
- determining the yields and the technological quality of the roots (the content of sugar and molasses-forming compounds) in protected and non-protected plants,
- a comparison of the effect of various active ingredients and a single and three-time application of fungicides during the sugar beet vegetation period on the yields and the quality of the material,
- determining the dependence between the habitat conditions (rainfall amount and distribution, air temperature, soil properties) and production effects of the application of fungicides.

The experiment factor, the objects of which were randomized 4 times in the randomized block design was made up by the sugar beet fungicide protection

method. Its levels were made up by active ingredients of foliar fungicides as well as the number of treatments during the vegetation period:

- 1) without fungicide; the control
- 2) three treatments (active ingredients of the group of triazoles, benzimidazoles, strobilurins)
- 3) a single treatment (tebuconazole)
- 4) a single treatment (epoxiconazole)
- 5) a single treatment (epoxiconazole + thiophanate-methyl)
- 6) a single treatment (strobilurins).

The results of the field experiment and laboratory analyzes of the plant and soil material suggest that foliar application of fungicides, least considerably - tebuconazole and most considerably – three foliar treatments, decreased the occurrence of the symptoms of infestation of sugar beet leaves with pathogens. It justifies the fungicide protection of sugar beet to limit the occurrence of leaf diseases. The fungicide protection weakened the relation between the degree of leaf infestation with a high amount of rainfall during beet vegetation, in general favorable to the development of pathogenic fungi, as well as with a little share of coarse silt in soil grain composition as well as a low content of available potassium in the plow layer. Each fungicide protection method enhanced the yielding and the quality of roots, namely increased the root yield, sugar content and technological sugar yield and three treatments during the vegetation – it also decreased the content of alpha amino nitrogen. The fungicide protection did not show, however, a significant effect on the content of potassium and sodium in root pulp. The effect of respective methods of fungicide protection on the yields of roots and sugar as well as the features of the inner technological quality differed across the years. In most years at least one method of foliar fungicide protection resulted in favorable changes in the yields and the characteristics of root quality. Three foliar treatments were more effective than a single application of each active ingredient or a mixture of epoxiconazole + thiophanate-methyl only in terms of a favorable effect on the root yield and in single years on other characteristics; the technological yield of sugar, the content of alpha amino nitrogen. Foliar fungicide protection weakened a significant dependence of sugar on air temperature and the total rainfall in some months or longer sugar beet vegetation periods. It is difficult, however, to state a directed effect of foliar application of fungicides on the content of molasses-forming compounds in root pulp on habitat conditions.