



UNIwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wydział Przyrodniczo-Technologiczny

Instytut Agroekologii i Produkcji Roślinnej

mgr inż. Małgorzata Cieciora - Olczyk

Kształtowanie plonowania i cech jakości odmian ziemniaka jadalnego i skrobiowego pod wpływem nawożenia

Shaping the yield and quality characteristics of edible and starch potatoes under the
influence of fertilization

**Praca doktorska
wykonana pod kierunkiem
Promotor: prof. dr hab. Urszuli Prośby - Białczyk
w Instytucie Agroekologii i Produkcji Roślinnej
Promotor pomocniczy: dr inż. Cezary Trawczyński
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin**

Wrocław 2021

*Składam serdeczne podziękowania wszystkim osobom, które przyczyniły się
do powstania niniejszej rozprawy.*

*Szczególne podziękowania składam Pani prof. dr hab. Urszuli Prośbie-
Białczyk za okazaną pomoc i wsparcie w trakcie redagowania pracy.*

*Niniejszą rozprawę doktorską dedykuję moim rodzicom oraz mężowi w
podziękowaniu za pomoc, wyrozumiałość i słowa otuchy w trakcie jej pisania.*

Spis treści:

1.	Wstęp	4
2.	Przegląd literatury	6
3.	Cel i hipoteza robocza	11
	3.1. Cel badań	11
	3.2. Hipoteza robocza	11
4.	Zakres i metodyka oraz warunki badań	12
	4.1. Zakres i metodyka badań	12
	4.2. Statystyczne opracowanie wyników	13
	4.3. Sposób przedstawienia wyników	14
	4.4. Agrotechnika	14
	4.5. Warunki glebowe	16
	4.6. Warunki klimatyczne	17
5.	Wyniki badań	19
	5.1. Zawartość barwników fotosyntetycznych w liściach	19
	5.2. Plon	22
	5.2.1. Narastanie masy bulw podczas wegetacji	22
	5.2.2. Plon bulw	29
	5.2.3. Wydajność bulw poszczególnych frakcji w plonie	33
	5.3. Zawartość suchej masy i skrobi	36
	5.4. Zawartość makroelementów w bulwach	41
	5.5. Zawartość witaminy C w bulwach odmiany jadalnej Tajfun	43
6.	Podsumowanie i dyskusja	45
7.	Wnioski	53
8.	Bibliografia	54
	Spis tabel	75
	Spis rysunków	76

1. Wstęp

Nawożenie ziemniaka, od wprowadzenia tego gatunku do uprawy, było i nadal pozostaje jednym z najważniejszych elementów technologii produkcji, gdyż kształtuje wysokość plonu, a poprzez oddziaływanie na skład chemiczny bulw modyfikuje także jego jakość, w tym m.in. zawartość skrobi i składników odżywczych (Płaza i in. 2015, Roztropowicz 1989, Trawczyński 2016). Pod wpływem nawożenia kształtowana jest również wartość technologiczna i przechowalnicza bulw, a ponadto determinowana opłacalność produkcji tego gatunku (Rzekanowski i in. 2005).

W ujęciu historycznym ważną rolę w nawożeniu ziemniaka odegrał obornik, będący dobrze zbilansowanym nawozem naturalnym, zawierającym niezbędne do odżywiania roślin makro- i mikroskładniki. Pozytywna rola obornika została w literaturze przedmiotu opracowana szeroko w licznych publikacjach (Abdollahi i in. 2018, Ahmed i in. 2015, Balemi 2012, Baniuniene i Zakaite 2008, Blecharczyk i in. 2008, Calskan i in. 2004, Ceglarek i in. 2004, Černý i in. 2010, Cieciora-Olczyk i Prośba-Białczyk 2018, Dzieńka i in. 2004, Najm i in. 2012, Oliveira i in. 2010, Rasha i Sayed 2012, Roztropowicz 1989, Sidhu i in. 2007, Tsyganov i in. 2000, Wszelaczyńska i in. 2007), nie tylko w kontekście nawozowym, ale także w odniesieniu do korzystnego oddziaływania tego nawozu na środowisko glebowe (Roztropowicz 1992). W nawożeniu ziemniaka, a szczególnie w regionach, gdzie rozwinięta jest produkcja drobiarska, z dużym powodzeniem wykorzystuje się również pomiot kurzy. Jest on cennym nawozem, naturalnym bogatym w składniki mineralne. Pozytywny wpływ pomiotu badacze podkreślają nie tylko w żywieniu roślin, ale także w kształtowaniu żyzności gleby (Grzeškiewicz 2000).

Zmiany organizacyjne i ekonomiczne w rolnictwie, zarówno w produkcji roślinnej jak i zwierzęcej, spowodowały że od ponad 40 lat ziemniaki powszechnie uprawiane są na nawozach organicznych, których bazą są międzyplony ścierniskowe (Płaza i in. 2009). Wartość nawozowa masy organicznej międzyplonów ścierniskowych pozostaje zdaniem badaczy w ścisłej zależności od genotypu roślin oraz warunków wegetacji i jest zbliżona do obornika, pod względem oddziaływania na plonowanie i cechy jakości ziemniaka (Płaza 2004). Bezsporny jest również korzystny wpływ wieloletniego stosowania międzyplonów na właściwości fizyczne i chemiczne gleby oraz zachodzące w niej przemiany mikrobiologiczne (Wanic i in. 2013).

Dla pokrycia potrzeb pokarmowych i uzewnętrznienia potencjału plonotwórczego genotypu odmian ziemniaka, niezależnie od nawożenia naturalnego i organicznego, powszechnie stosowane jest, zwłaszcza w systemie rolnictwa konwencjonalnego, nawożenie mineralne. Najnowsze technologie uprawy ziemniaka zalecają stosowanie nawożenia mineralnego w sposób precyzyjny, uwzględniający nie tylko zasobność gleby w składniki mineralne i potrzeby pokarmowe genotypu odmian, ale także warunki klimatyczne i wymagania wodne roślin (Wierzbička i in. 2002).

W uprawie ziemniaka, podobnie jak i innych gatunków roślin, niejednokrotnie stosowane są preparaty stymulujące metabolizm roślin i aktywizujące przemiany biologiczne w glebie np. Asahi SL (Sawicka i Krochmal-Marczak 2009, Maciejewski i in. 2007), UGmax (Zarzecka i Gugała 2012) czy Rhizosum N (Dal Cortivo i in. 2018, 2020). Dotychczasowe badania nad wpływem tych preparatów w odniesieniu do ziemniaka nie dostarczają jednoznacznych wyników, lub dostarczają wyników fragmentarycznych i dlatego też wymagają prowadzenia dalszych doświadczeń.

Oddziaływanie różnych rodzajów nawożenia na wegetację roślin oraz plonowanie ziemniaka i cechy jakości pozyskiwanego surowca jest tematem otwartym, a z uwagi na wielowątkowość zagadnień związanych z nawożeniem wpisuje się ponadto w aktualną problematykę badawczą zrównoważonej intensyfikacji rolnictwa SI (Sustainable Intensification) (Głodowska i Gałązka 2018).

2. Przegląd literatury

Dla uzewnętrznienia potencjału produkcyjnego wszystkich roślin, a ziemniaka w szczególności, niezbędne jest nawożenie, które może być wprowadzane do gleby w formie nawozów naturalnych, organicznych i mineralnych. Nawożenie mineralne makro- i mikroelementami może być również aplikowane nalistnie (Fernandez i in. 2013, Singh i in. 2013).

Najstarszą formą nawożenia ziemniaka było nawożenie naturalne oparte przede wszystkim na oborniku, z którym wprowadzano do gleby składniki odżywcze, a jego rozkład uwalniał do kompleksu sorpcyjnego gleby makro- i mikropierwiastki (Andruszczak i in. 1988). Obornik wpływał, także korzystnie na właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby. Wyniki badań krajowych oraz zagranicznych wykazują korzystny wpływ tego nawozu na plonowanie i cechy jakości ziemniaka (Abdollahi i in. 2018, Ahmed i in. 2015, Balemi 2012, Baniuniene i Zakaite 2008, Blecharczyk i in. 2008, Calskan i in. 2004, Ceglarek i in. 2004, Černý i in. 2010, Cieciora-Olczyk i Prośba-Białczyk 2018, Dzienia i in. 2004, Najm i in. 2012, Oliveira i in. 2010, Rasha i Sayed 2012, Roztropowicz 1989, Sidhu i in. 2007, Tsyganov i in. 2000, Wszelaczyńska i in. 2007).

Przemiany organizacyjne i technologiczne w rolnictwie spowodowały zmniejszenie produkcji obornika i między innymi z tego powodu od przeszło 30 lat jego stosowanie zarezerwowane jest przede wszystkim w systemie rolnictwa ekologicznego. Z innych nawozów naturalnych w nawożeniu ziemniaka w niewielkim zakresie, stosowana była również gnojowica i gnojówka, lecz tylko w uprawie odmian skrobiowych, a w latach 50 i 60 ubiegłego wieku odmian paszowych. Obecnie nawozów tych nie stosuje się w nawożeniu ziemniaka, gdyż powodują one pogorszenie jakości bulw (Sądej i in. 2010).

Jednym z kierunków zmian organizacyjnych i technologicznych w polskim rolnictwie są duże ферmy drobiu, których produktem ubocznym jest pomiot kurzy. Bolan i in. 2010, Myszograj i Puchalska 2012 zgodnie stwierdzają, że nawóz ten cechuje się dużą zawartością substancji organicznej (6,2-34%) oraz składników pokarmowych tj. azotu ($16 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$), potasu ($8 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$), fosforu ($15 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$), magnezu ($7 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$) i wapnia ($24 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}$), a także żelaza, manganu, cynku i miedzi. Zdaniem Aboi-Hussein i in. 2002, Al.- Moshileh i Motawei 2007, Cieciora-Olczyk 2019a, b, El-Tantawy i in. 2009, Kandil i in. 2011,

Kantikowati i in. 2019, Oustani i in. 2015, Rees i in. 2014, Yengl i in. 2012 stosowanie pomiotu kurzego korzystnie wpływa na wysokość plonu oraz niektóre cechy jakości bulw.

Niedostatek obornika spowodował wprowadzenie do nawożenia nawozów organicznych bazujących przede wszystkim na międzyplonach ścierniskowych. Masa organiczna międzyplonów ścierniskowych wzbogaca kompleks sorpcyjny gleby, także zapobiega wymywaniu składników pokarmowych, a ponadto poprawia jej właściwości fizyczne (Harasimowicz-Herman i Herman 2006, Helander i Delin 2004, Jaskulski 2000, Jaskulski i Tomalak 2001, Kuś i Jończyk 2000, Wright i in. 2007). W aspekcie oddziaływania na plon ziemniaka badacze podkreślają korzystne oddziaływanie międzyplonów na poziom plonowania i jakość bulw (Dzienia i Szarek 2000, Dzienia i in. 2004, Gleń i in. 2002, Kołodziejczyk i in. 2007, Płaza i Ceglarek 2006, 2009, Płaza i Makarewicz 2014, Płaza i in. 2016, 2017). Międzyplony ścierniskowe mogą być przyorane jesienią lub pozostawione w formie mulczu na zimę, który pozytywnie oddziałuje na ochronę środowiska glebowego (Boliłłowa i Gleń 2003, Dzienia i Boliłłowa 1993, Dzienia i Szarek 2000, Dzienia i in. 2004, Hoyt i Hargrove 1986, Płaza 2007, Płaza i Kurkus 2007, Songin 1998, Spiertz i in. 1996, Stopes i in. 1996, Trawczyński 2008a). Liczne badania odnośnie uprawy ziemniaka na międzyplonach ścierniskowych wskazują na pozytywne ich oddziaływanie w porównaniu do uprawy na oborniku pod względem wysokości uzyskiwanych plonów oraz niektórych cech ich jakości (Makarewicz 2015, Płaza 2010, Płaza i Makarewicz 2014, Płaza i in. 2016).

Ze względu na wysokie wymagania pokarmowe ziemniaka oraz powolne uwalnianie składników z nawozów naturalnych i organicznych powszechnie stosowane są technologie oparte na połączeniu nawożenia naturalnego bądź organicznego z nawożeniem mineralnym. Taki sposób nawożenia w pełni pokrywa potrzeby pokarmowe ziemniaka i stwarza korzystne warunki do uzewnętrznienia potencjału produkcyjnego genotypu odmian (Blecharczyk i in. 2000, 2008, Cieciora-Olczyk 2019a, b, Marks i Krzysztofik 2002, Najm i in. 2012).

W systemie rolnictwa konwencjonalnego w uprawie ziemniaka stosuje się również technologie oparte tylko i wyłącznie na nawożeniu mineralnym, aplikowanym doglebowo w formie nawozów stałych i nalistnie w formie płynnej. Badania prowadzone nad nawożeniem ziemniaka przez (Blecharczyka i in. 2008, Körschensa 1999, Kruszewskiego i Łabętowicz 1992, Roztropowicz 1989, Sądeja i in. 2004, Wierzbicką 2012) wskazują jednak, że w uprawie ziemniaka opartej tylko na nawożeniu mineralnym uzyskuje się niższe plony niż na oborniku, a wykształcone bulwy cechują się mniejszą zawartością

suchej masy i skrobi. Badania przeprowadzone przez Jabłońskiego 2004b, Trawczyńskiego 2008, 2016, Wierzbicką 2006, wskazują, iż zwiększone dawki nawozów azotowych do 200 N kg·ha⁻¹, obniżały plon oraz zawartość skrobi.

Pierwiastkiem o największym znaczeniu plonotwórczym w uprawie wszystkich roślin, w tym także ziemniaka jest azot, którego stosowanie powinno być dostosowane do wymagań pokarmowych gatunków odmian oraz wpisywać się w normy ujęte w Dzienniku Ustaw (180 kg N·ha⁻¹ dla ziemniaka późnego) oraz muszą być zgodne z dyrektywą azotanową, której nadrzędnym celem jest ograniczenie wprowadzania tego pierwiastka do gleby i ochrona wód. Badacze zajmujący się nawożeniem ziemniaka (Bélanger i in. 2002, Bleharczyk i in. 2008, Dmowski i in. 2004, Jabłoński 2004a, 2006, Kalbarczyk 2003, Kołodziejczyk 2014, Maltas i in. 2018, Murawska i in. 2015, Nurmanov i in. 2019, Sawicka i in. 2011, Trawczyński 2004, 2008, Wierzbicka i Lis 2002, Zebarth i in. 2004, 2006) od wielu lat wskazują na zróżnicowane zapotrzebowanie odmian na ten pierwiastek z uwzględnieniem wczesności ich dojrzewania, kierunku użytkowania oraz biologicznego zapotrzebowania genotypu na azot. W uprawie ziemniaków jadalnych z przeznaczeniem na wczesne zaopatrzenie rynku dawka azotu waha się w przedziale 40-100 N kg·ha⁻¹, z tym że na zbiór bardzo wczesny, po upływie 60 dni od posadzenia 40-60 N kg·ha⁻¹, po 75 dniach wegetacji 60-100 N kg·ha⁻¹, natomiast dla odmian średnio późnych i późnych od 100 do 180 kg N·ha⁻¹. Nawożenie azotem powyżej 180 N kg·ha⁻¹ może być akceptowane po uwzględnieniu specyfiki warunków przyrodniczych uzasadniających wyższego poziomu nawożenia m.in. niskiej zasobności gleby w ten składnik i niekorzystnych warunków atmosferycznych, a przede wszystkim niedoborów wilgoci (Pińska i in. 2009, Trawczyński 2008, Wierzbicka i Lis 2002). Wojnowska i in. 2002 wskazują, że nawożenie mineralne w dawkach powyżej 150 kg N·ha⁻¹ korzystniej oddziałuje, gdy stosuje się je w dawkach dzielonych, niż w dawce pojedynczej, ponieważ nawożenie i dostarczanie roślinom składników pokarmowych można dostosować do tempa rozwoju odmian i przebiegu pogody. W stosowaniu nawożenia azotowego istotnym elementem jest dobór odpowiedniej formy azotu – saletrzana (szybkodziałająca) lub amidowa (wolnodziałająca). W praktyce rolniczej w uprawie ziemniaków na zbiór wczesny stosuje się nawozy azotowe w formie saletrzanej, natomiast na zbiór późny w formie amidowej. W badaniach Jabłońskiego 2002, 2008, Wojnowskiej i in. 2000, 2002, Wróbla i in. 2005 nad nawożeniem mineralnym azotem analizowano stosowanie tego pierwiastka na różne sposoby m.in. rzędowo w redliny i stwierdzono, że taki sposób aplikowania azotu powodował wzrost plonu w porównaniu do nawożenia konwencjonalnego (rzutowego).

Prowadzone są również badania nad nawożeniem ziemniaka, polegającym na umieszczaniu nawozów w pobliżu systemu korzeniowego, dzięki któremu uzyskuje się bardzo wysoką efektywność nawożenia, oszczędność w zużyciu nawozów mineralnych, a także obniżenie kosztów produkcji (Peters 2001).

Efektywne wykorzystanie azotu warunkowane jest nie tylko sposobem aplikacji, ale także warunkami przyrodniczymi między innymi wilgotnością gleby i dlatego też w praktyce rolniczej niektórych krajów od około 20 lat w uprawie ziemniaka stosuje się ferdygację, czyli połączenie nawadniania z nawożeniem. Ten sposób nawożenia jest rozpowszechniony w krajach cechujących się długotrwałymi okresami posuchy lub suszy – Liban, Syria, Egipt, Chiny, czego potwierdzeniem są doświadczenia przeprowadzone i. in. przez Darwish i in. 2003 (Liban), Mussaddak 2007 (Syria), Em Selim i in. 2009 (Egipt), Feng i in. 2018 (Chiny), Zhou i in. 2016, 2017, 2018, Zhiwen i in. 2017. Badania Trawczyńskiego (2009) przeprowadzone w Polsce (na Nizinie Mazowieckiej) wskazują, że plony wykształcone po zastosowaniu nawożenia azotem w połączeniu z nawadnianiem kropłowym były około 4-krotnie wyższe niż w warunkach nienawadnianych. Pozytywne oddziaływanie stosowania ferdygacji na plon i jakość ziemniaka udowodnili również (Mazurczyk i in. 2008, 2009, Trawczyński 2012, 2013).

Przy stosowaniu nawożenia mineralnego istotnym zagadnieniem jest zachowanie właściwych proporcji między azotem, fosforem i potasem. W zależności od kierunku użytkowania odmian oraz przy braku znajomości zasobności gleby, autorzy *Metodyki Integrowanej Produkcji Ziemniaków*, zalecają proporcje między NPK dla odmian jadalnych 1:1:1,5-2,0 a dla odmian skrobiowych 1:1:1,3-1,5.

Intensywność pobierania składników pokarmowych jest zróżnicowana w zależności od fazy rozwojowej oraz od wczesności odmian. W warunkach niekorzystnych do pobierania składników pokarmowych z gleby, istnieje możliwość dostarczania ich w formie nawożenia dolistnego (Spirka i in. 2016, Trawczyński 2013) w formach chelatowych gwarantujących dobre pobieranie ich przez rośliny (Trawczyński 2014). Zastosowanie nawożenia dolistnego makro- i mikroelementami według (Al-Jobori i Al.-Hadithy 2014, Bienia i in. 2018, Gaj i in. 2018, 2020a, b, c, Jabłońskiego 2009, Jakiene i in. 2008, Jawad i Fadhly 2016, Mousavai i in. 2007, Murawską i in. 2015, Rasool i in. 2010, Sawicką i Skibę 2009, Trawczyńskiego 2015, Villa i in. 2011), wpływało dodatnio na plon i jakość bulw.

W uprawie wielu gatunków roślin w tym również ziemniaka, o czym sygnalizowano we wstępie, niejednokrotnie stosuje się preparaty stymulujące metabolizm roślin i

aktywizujące przemiany chemiczne w glebie. Publikacje z tego zakresu wskazują na zastosowanie preparatów biostymulatorów (Maciejewski i in. 2007). Użycie takich preparatów w uprawie roślin było analizowane pod kątem rozwoju i plonowania roślin oraz wzrostu aktywności mikroflory glebowej i wskazuje na lepszy rozwój systemu korzeniowego, co sprzyja pobieraniu składników pokarmowych (Ertani i in. 2014). W innych badaniach Emitazi i in. (2004) analizowano wpływ szczepionek bakteryjnych, a także ekstraktów z alg morskich (Dobrzański i in. 2008), oraz aktywatorów wzrostu i ryzobakterii PGPR pobudzających wzrost roślin (Artyszak i Gozdowski 2020a, b) czy użyźniaczy glebowych (Bernat 2007, Chrabąszcz i Klusek 2008, Frąckowiak-Pawlak 2011, Trawczyński 2007, Zarzecka i in. 2011). Przykładem stosowania użyźniacza glebowego są badania Zarzeckiej i Gugały (2012), w których wykazano, że UGmax, aplikowany przed sadzeniem roślin i dwukrotnie podczas ich wegetacji, pozytywnie modyfikował wysokość plonu, a przede wszystkim wydajność frakcji bulw handlowych.

W ekologicznym systemie uprawy roślin, w którym wyklucza się stosowanie nawozów mineralnych produkowanych przemysłowo i chemicznych środków ochrony roślin, dużą rolę mogą odegrać efektywne mikroorganizmy EM (Boliłłowa 2007, Boliłłowa i Gleń 2008, Kaczmarek i in. 2008). Zastosowanie EM w produkcji roślinnej zwiększa dostępność składników pokarmowych w glebie z form niedostępnych, i tym samym stymuluje rozwój i metabolizm roślin (Hammes 2003, Higa 2000 i 2002, Mau 2002).

Wśród preparatów aktywizujących życie biologiczne gleby i metabolizm roślin jest Rhizosum N, bazujący na bakterii *Azotobacter vinelandii*, których głównym celem jest wiązanie azotu atmosferycznego N_2 niedostępnego dla roślin do amoniaku NH_3 , który w dalszych przemianach rośliny wykorzystują do tworzenia plonu. Pozytywne oddziaływanie tego preparatu odnotowano w uprawie pszenicy (Dal Cortivo i in. 2018), u której stwierdzono wzrost plonu oraz zawartości glutenu.

Ze względu na brak w literaturze przedmiotu wyników badań dotyczących oddziaływania preparatu Rhizosum N na przebieg wegetacji i plonowanie ziemniaka podjęto badania będące przedmiotem niniejszej rozprawy.

3. Cel badań i hipoteza robocza

3.1. Cel badań

Celem badań polowych i laboratoryjnych było wykazanie wpływu nawożenia ziemniaka nawozami organicznymi – międzyplonami rzepaku i gorczycy białej, naturalnymi – obornikiem i pomiotem kurzym oraz mineralnym azotem w pełnej dawce 127 N kg·ha⁻¹ i dawce zredukowanej do 42 N kg·ha⁻¹ w połączeniu z 25 g·ha⁻¹ preparatu Rhizosum N na rozwój roślin, narastanie masy bulw podczas wegetacji i kształtowanie plonu oraz niektórych cech u dwu odmian jadalnej i skrobiowej.

3.2. Hipoteza robocza

W hipotezie roboczej opartej na literaturze przedmiotu oraz wcześniejszych badaniach własnych (Cieciura i in. 2017) jako założenie przyjęto zróżnicowaną reakcję odmian ziemniaka - jadalnej i skrobiowej na różne rodzaje nawożenia.

W badaniach polowych i laboratoryjnych założono także, że zastosowane jako czynniki badawcze - różne rodzaje nawożenia organicznego – międzyplonem rzepaku i gorczycy białej, naturalnego obornikiem i pomiotem kurzym oraz mineralnego, pełną dawką azotu i dawką zredukowaną w połączeniu z preparatem Rhizosum N, będą wpływać na rozwój roślin, modyfikować narastanie masy bulw podczas wegetacji, wysokość plonu i jego strukturę, a także kształtować zawartość skrobi, suchej masy, witaminy C oraz makroskładników w bulwach. W nawożeniu mineralnym azotem przyjęto tezę, że preparat Rhizosum N pozwoli na obniżenie dawki azotu aplikowanego w pełnej dawce.

4. Zakres i metodyka oraz warunki badań

4.1. Zakres i metodyka badań

W celu zweryfikowania hipotez roboczych przeprowadzono badania polowe i laboratoryjne dotyczące stosowania różnych rodzajów nawożenia na przebieg wegetacji i plonowanie ziemniaka. W latach poprzedzających prowadzenie eksperymentów polowych, jesienią na wydzielone kwatery, stosowano nawożenie organiczne i naturalne, natomiast ściśle doświadczenia prowadzono w latach 2017-2019.

Trzyczynnikowy eksperyment polowy zakładano metodą split-split-plot (Ambroży-Deręgowska i Mejza 2014) w trzech powtórzeniach, w których czynnikiem pierwszego rzędu były dwie odmiany ziemniaka – jadalna Tajfun i skrobiowa Kuras, czynnikiem drugiego rzędu nawożenie organiczne masą międzyplonów ścierniskowych - rzepaku i gorczycy białej oraz naturalne obornikiem i pomiotem kurzym, jako czynnik trzeciego rzędu analizowano nawożenie mineralne pełną dawką $127 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ i dawką zredukowaną do $42 \text{ kgN}\cdot\text{ha}^{-1}$ w połączeniu z $25\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$ preparatu Rhizosum N, który według producenta w swoim składzie zawierał bakterie *Azotobacter vinelandii*, które mają zdolność wiązania azotu atmosferycznego N_2 , niedostępnego dla roślin uprawnych, do amoniaku NH_3 wykorzystywanego przez rośliny do tworzenia plonu. Na obiektach nawożonych mineralnie stosowano wyrównane nawożenie fosforem i potasem, a nawożenie organiczne porównywano z naturalnym oraz z obiektami bez nawożenia.

Przyjęta jako pełna dawka $127 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ została wyliczona zgodnie z planem nawożenia obowiązującym w Dzienniku Ustaw (Dziennik Ustaw Poz. 1339 z dnia 12 lipca 2018) po uwzględnieniu przewidywanego plonu ($45 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), opartego na kilkuletniej uprawie tych odmian, opisywanych w niniejszej rozprawie warunkach przyrodniczych, a także po uwzględnieniu wymagań nawozowych odmian, przedplonu oraz dostępności azotu z nawozów organicznych i naturalnym w pierwszym roku po ich zastosowaniu.

Doświadczenie obejmowało 20 obiektów (2 odmiany i dla każdej z nich, łącznie z kontrolą 10 rodzajów nawożenia). Całkowita powierzchnia poletka jednego obiektu doświadczalnego wynosiła 45 m^2 , a plon określono z 30 m^2 . Na każdym poletku doświadczenia wydzielono 4 rzędy, z wyłączeniem rzędów brzeżnych, z których w analizowanych fazach rozwoju pobierano rośliny do analiz botanicznych i chemicznych.

Podczas badań polowych przeprowadzono obserwacje rozwoju i zdrowotności roślin oraz pobierano próby do analiz botanicznych i chemicznych. W fazach BBCH 50, 55, 60 czyli od rozpoczęcia rozwoju kwiatostanu do pełni kwitnienia, analizowano w liściach wierzchołkowych zawartość barwników fotosyntetycznych – chlorofilów a, b oraz karotenoidów. Podczas dalszej wegetacji w fazach BBCH 60-61 (kalendarzowo w I dekadzie lipca), BBCH 70-71 (w I dekadzie sierpnia), BBCH 80-81 (w I dekadzie września), pobierano po 10 roślin z każdego poletka w celu określenia masy bulw pojedynczej rośliny. W wymienionych fazach i podczas zbioru BBCH 99 (w I dekadzie października) w bulwach analizowano zawartość suchej masy oraz makroskładników mineralnych. W plonie dodatkowo oznaczono strukturę wyodrębniając bulwy o wielkości <30mm, 30-40mm, 40-50mm, 50-60mm, >60mm oraz zawartość skrobi.

Sformułowane hipotezy badawcze weryfikowano również na podstawie analiz laboratoryjnych, które obejmowały koncentrację barwników fotosyntetycznych w liściach określaną metodą spektrofotometryczną wg. Lichtenthatera (1987), a także zawartość suchej masy, skrobi oraz składników mineralnych w bulwach. W zmineralizowanym materiale roślinnym określano zawartość azotu, fosforu, potasu, magnezu, wapnia i sodu. Do przeprowadzenia analiz chemicznych posługiwano się metodami powszechnie stosowanymi w doświadczalnictwie rolniczym. W miąższu bulw odmiany jadalnej oznaczono dodatkowo zawartość witaminy C.

4.2. Statystyczne opracowanie wyników

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie przeprowadzając analizę wariancji. Istotność różnic średnich arytmetycznych określono z wykorzystaniem testu HSD-Tukey'a przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Do obliczeń zastosowano pakiet statystyczny Statistica 10 (StatSoft 2011) oraz program Pakietu Microsoft Office – MS Excel. Na podstawie uzyskanych wyników obliczono współczynniki korelacji Spermmana pomiędzy badanymi cechami oraz zastosowano metodę regresji liniowej– dopasowanie liniowe, przedstawione na wykresach rozrzut, a także podano współczynniki determinacji R^2 . W opracowaniu wyników przedstawiono również wartości minimalne, maksymalne, odchylenia standardowe i współczynniki zmienności.

4.3. Sposób przedstawienia wyników

Wyniki przedstawiono graficznie na rysunkach (19) i w tabelach (11), których wykazy znajdują się w końcowej części pracy. Masę bulw wyrażano w gramach na jedną roślinę, plon w $t \cdot ha^{-1}$, suchą masę i skrobię w procentach masy bulw, zawartość składników mineralnych podano w wartościach względnych suchej masy, barwniki fotosyntetyczne w liściach – chlorofil a i b oraz karotenoidy w $mg \cdot g^{-1}$ świeżej masy. W miąższu odmiany jadalnej oznaczono witaminę C i jej zawartość podano w $mg \cdot 100g^{-1}$ świeżej masy bulw.

Ze względu na brak istotności wpływu warunków w latach w składzie chemicznym - zawartości barwników fotosyntetycznych, makro- pierwiastków w bulwach oraz witaminę C przedstawiono jako średnie dla 3 lat badań, natomiast pozostałe wyniki zaprezentowano oddzielnie dla każdego roku.

Objaśnienia skrótów zastosowanych w pracy:

- **J** – odmiana jadalna
- **S** – odmiana skrobiowa
- **K** – kontrola
- **RZ** – nawożenie międzyplonem rzepaku
- **G** – nawożenie międzyplonem gorczyicy białej
- **O** – nawożenie obornikiem
- **P** – nawożenie pomiotem kurzym
- **NM** – nawożenie pełną dawką $127 N kg \cdot ha^{-1}$
- **RH** – nawożenie zredukowaną do $42 N kg \cdot ha^{-1}$
- **NIR** – najmniejsza istotna różnica $\alpha = 0,05$
- **współczynnik K** – współczynnik hydrotermiczny Sielianiowa

4.4. Agrotechnika

We wszystkich latach badań międzyplony ścierniskowe wysiewano w II dekadzie sierpnia po zbiorze roślin zbożowych, a nawożenie naturalne stosowano jesienią w II dekadzie października. Po zbiorze roślin zbożowych słomę rozdrobniono i wymieszano z glebą. Doświadczenie polowe z ziemniakami w każdym roku zakładano w III dekadzie

marca, wysadzając kwalifikowane sadzeniaki o średnicy 35-45 mm, w stopniu unijnej klasy A. Sadzeniaki odmiany Tajfun pochodziły z Pomorsko Mazurskiej Hodowli Ziemniaka, a odmiany Kuras z Agrico Polska. Odmiana Tajfun - o średniej zawartości skrobi 15,8%, zaliczana do typu konsumpcyjnego B-BC charakteryzująca się miąższem średnio zwięzłym. Predysponowana do produkcji frytek, chipsów, produktów mrożonych, odmiana Kuras o średniej zawartości skrobi 19,2%, osiągająca wysokie plony i nadająca się do długiego przechowywania. We wszystkich latach badań obsada roślin wynosiła około 46 tys·ha⁻¹, rozstawa rzędów 75 cm, odległość w rzędzie 29 cm. Zastosowane nawożenie było dostosowane do założeń metodycznych pracy i zostało przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Zastosowane rodzaje i dawki nawożenia

nawóz	dawka	termin przyorania / stosowania
międzyplon rzepaku	25 t·ha ⁻¹ świeżej masy	przyorane III dekada października
międzyplon gorczycy	22 t·ha ⁻¹ świeżej masy	przyorane III dekada października
obornik	30 t·ha ⁻¹	przyorane III dekada października
pomiot kurzy	10 t·ha ⁻¹	przyorane III dekada października
sól potasowa 60%	200 kg·ha ⁻¹	II dekada lutego
saletra amonowa 32%	170 kg·ha ⁻¹ , 170 kg·ha ⁻¹	II dekada marca, III kwietnia
polifoska 6	300 kg·ha ⁻¹	II dekada marca
Rhizosum N	25 g·ha ⁻¹	II dekada maja

Po przeprowadzonych analizach chemicznych obornika, pomiotu kurzego, międzyplonów gorczycy białej oraz rzepaku w nawozach tych wprowadzono do gleby około 160 kg azotu, 100 kg fosforu oraz 130 kg potasu.

Na podstawie obserwacji rozwoju i zdrowotności roślin prowadzono zabiegi ochrony przed zarazą ziemniaka (*Phytophthora infestans* de Bary) oraz stonką ziemniaczaną (*Leptinotarsa decemlineata*) zwalczając chrząszcze i larwy w stadium L3 i L4.

4.5. Warunki glebowe

Doświadczenia polowe przeprowadzono na Nizinie Śląskiej w miejscowości Solniki Małe o współrzędnych geograficznych 51°13'N, 17° 53'E, na glebie płowej o składzie granulometrycznym gliny średniej, klasy bonitacyjnej IIIa, zaliczanej do kompleksu pszennego dobrego.

Bezpośrednio przed sadzeniem ziemniaków pobierano próby gleby laską Wagnera z warstwy 0-30 cm, w celu oznaczenia pH (w KCl) oraz zawartości makro- i mikroelementów (N, P, K, Mg, Cu, Zn, C_{org}) (Tab.2) metodami powszechnie stosowanymi w laboratorium Agroekologii i Produkcji Roślinnej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Zawartości składników pokarmowych w glebie określano w średnich próbach obiektowych, w możliwie jednakowych odstępach czasowych od ich pobierania w poszczególnych latach badań.

Tabela 2. Odczyn gleby i zawartość składników mineralnych

kg·ha ⁻¹		mg/100g gleby					
pH	N _{min}	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Cu	Zn	C _{org}
2017							
6,5	63	6,47	8,27	5,46	3,7	9,8	1,6
2018							
6,9	84	9,92	8,54	6,31	4,8	10,4	0,8
2019							
6,7	72	5,64	9,36	5,97	5,1	14,6	1,2

Wyniki z analiz glebowych wskazują, że nie wystąpiły wyraźne różnice w zawartości składników pokarmowych w glebie co świadczy o wyrównanym podłożu glebowym w latach prowadzenia doświadczeń. W roku 2017 odczyn gleby był lekko kwaśny, a w roku 2018 i 2019 obojętny. Najwyższą zawartość azotu mineralnego w glebie odnotowano w roku 2018 – 84 N kg·ha⁻¹, a najniższą w 2017 – 63 N kg·ha⁻¹. Gleba we wszystkich latach badań charakteryzowała się niską zawartością potasu i fosforu oraz średnią zawartością miedzi i cynku.

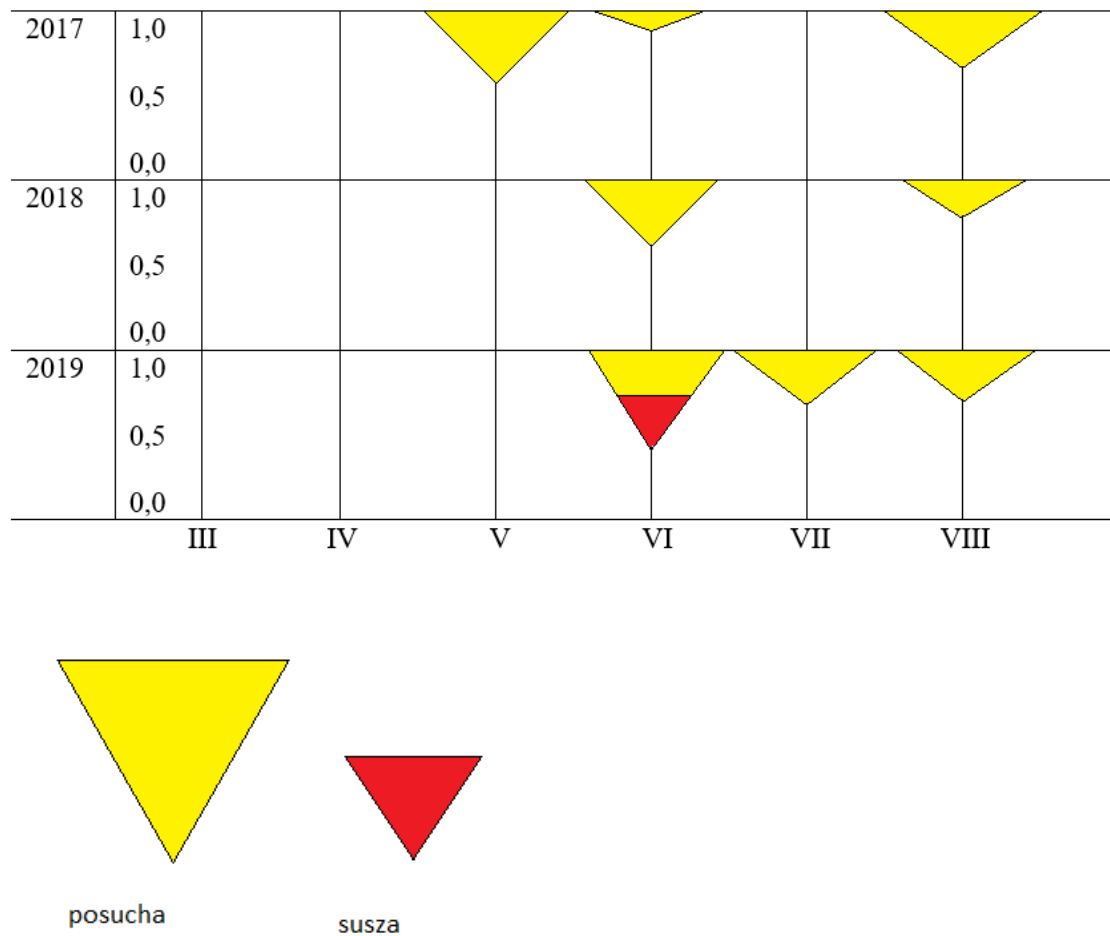
4.6. Warunki klimatyczne

Warunki klimatyczne Niziny Śląskiej są bardzo korzystne do uprawy wszystkich gatunków roślin, gdyż region cechuje się najdłuższym w Polsce okresem wegetacji (220 dni). Średnia temperatura w lipcu wynosi 18,8°C, a roczna temperatura 9°C, amplituda roczna temperatur wynosi 19,2°C. Wielkość opadów na terenie Niziny Śląskiej to około 450mm (Dubicki i in. 2002).

Tabela 3. Miesięczne sumy opadów atmosferycznych (mm) i średnie dobowe temperatury powietrza (°C) w latach badań oraz średnie dla wielolecia

miesiące	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
2017							
suma opadów	57,0	24,1	52,5	112,2	43,6	65,7	71,4
suma temperatur	7,9	14,2	18,4	18,9	19,4	13,2	12,1
współczynnik K		0,6	0,9	1,9	0,7	1,6	
2018							
suma opadów	19,0	54,3	36,6	75,2	46,4	54,1	60,9
suma temperatur	13,6	17,1	18,7	19,2	19,7	15,1	13,6
współczynnik K	0,5	1,0	0,6	1,3	0,8	1,2	
2019							
suma opadów	32,6	62,8	23,1	41,6	45,2	45,4	35,6
suma temperatur	9,9	12,3	22,5	19,9	20,5	14,3	10,4
współczynnik K		1,6	0,3	0,7	0,7	1,0	
1986-2015							
suma opadów	33,6	54,1	67,4	78,9	65,3	44,9	33,7
suma temperatur	8,9	14,4	17,3	19,6	18,6	13,7	9,1

Współczynnik K – współczynnik Sielanianowa określany wg. Bac i in. 1998



Rysunek 1. Okresy posuchy i suszy (współczynniki Sielianinowa) w okresie wegetacji ziemniaka w latach badań

W badanym trzyleciu wystąpiły okresy posuchy i suszy (rys. 1), podczas których stwierdzono szczególnie niekorzystne oddziaływanie przebiegu pogody na wegetację ziemniaka. Przebieg pogody w analizowanym trzyleciu w porównaniu do wielolecia od czerwca do sierpnia oznaczał się mniejszą sumą opadów. We wszystkich latach badań suma opadów od czerwca do września, czyli w okresie gromadzenia plonu wynosiła odpowiednio 2017 r. – 207,7mm; 2018 r.- 158,2 mm; 2019 r. – 109,9 mm. Najniższą sumę opadów w całym okresie wegetacyjnym odnotowano w roku 2019, a najwyższą w roku 2017.

Suma temperatur zanotowana w latach badań 2017-2019 w czerwcu oraz sierpniu była wyższa niż suma temperatur wieloletnich.

5. Wyniki badań

5.1. Zawartość barwników fotosyntetycznych w liściach

W trzyletnich badaniach nie stwierdzono wpływu warunków przyrodniczych na zawartość barwników w liściach ziemniaka, natomiast wyraźne różnice wystąpiły w zależności od genotypu odmiany i zastosowanego rodzaju nawożenia.

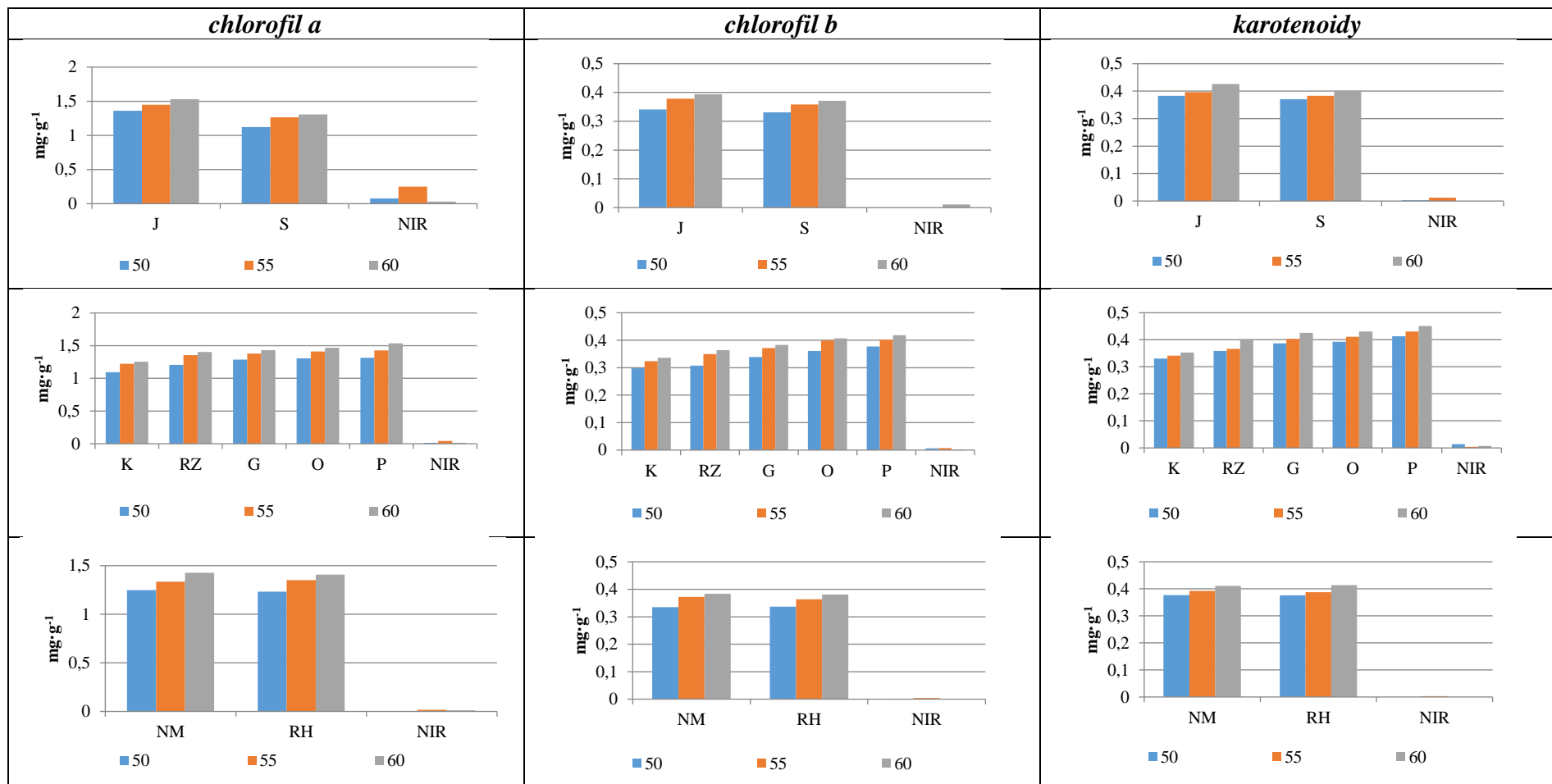
W badaniach własnych koncentrację barwników fotosyntetycznych w liściach określano trzykrotnie podczas wegetacji w fazach BBCH 50; 55; 60 (kalendarzowo w pierwszej, drugiej i trzeciej dekadzie czerwca) i była na zbliżonym poziomie.

Wyższą zawartością wszystkich barwników w analizowanych fazach rozwoju cechowała się odmiana jadalna (chlorofil a - 1,361 mg·g⁻¹; 1,451 mg·g⁻¹; 1,529 mg·g⁻¹, chlorofil b – 0,341 mg·g⁻¹; 0,378 mg·g⁻¹; 0,394 mg·g⁻¹, karotenoidy – 0,383 mg·g⁻¹; 0,397 mg·g⁻¹; 0,426 mg·g⁻¹), a niższą odmiana skrobiowa (chlorofil a – 1,121 mg·g⁻¹; 1,266 mg·g⁻¹; 1,307 mg·g⁻¹, chlorofil b – 0,331 mg·g⁻¹; 0,358 mg·g⁻¹; 0,371 mg·g⁻¹, karotenoidy – 0,371 mg·g⁻¹; 0,383 mg·g⁻¹; 0,401 mg·g⁻¹).

Różnica w zawartości chlorofilu a u analizowanych odmian wynosiła odpowiednio w fazach BBCH 50; 55; 60 - 0,240 mg·g⁻¹; 0,185 mg·g⁻¹; 0,222 mg·g⁻¹, a zawartość chlorofilu b między odmianami istotnie różniła się tylko w fazie BBCH 60 i wynosiła 0,023 mg·g⁻¹, zawartość karotenoidów była istotnie zróżnicowana w fazach BBCH 50 oraz 55 i wynosiła kolejno 0,012 mg·g⁻¹; 0,014 mg·g⁻¹ na korzyść odmiany jadalnej (rys. 2).

Ponadto, koncentracja analizowanych barwników była kształtowana przez zastosowane rodzaje nawożenia. Najwyższą zawartość chlorofilów a, b oraz karotenoidów odnotowano u roślin nawożonych pomiotem kurzym i była ona wyższa w stosunku do obornika o 0,089 mg·g⁻¹, do międzyplonu gorczyicy białej o 0,128 mg·g⁻¹, a międzyplonu rzepaku o 0,210 mg·g⁻¹ (rys. 2).

Ilość barwników w liściach była modyfikowana, także przez zastosowane nawożenie azotem mineralnym. Zawartość chlorofilu a była istotnie zróżnicowana we wszystkich analizowanych fazach rozwoju, natomiast zawartość chlorofilu b oraz karotenoidów istotnie się różniła w fazie BBCH 55. W liściach roślin nawożonych w pełnej dawce azotem mineralnym zawartość wszystkich barwników była wyższa w stosunku do ich zawartości u roślin nawożonych zredukowaną dawką azotu w połączeniu z preparatem Rhizosum N (rys. 2).



Rysunek 2. Zawartość barwników fotosyntetycznych w liściach w fazach BBCH 50; 55; 60

Tabela 4. Elementy analizy wariancji - zawartość chlorofilów a i b oraz karotenoidów w fazach BBCH 50; 55; 60

faza BBCH			
	50	55	60
<i>chlorofil a</i>			
minimum	1,000	1,103	1,007
maximum	1,522	1,650	1,696
średnia	1,240	1,359	1,418
odchylenie standardowe	0,17	0,15	0,18
współczynnik zmienności	13,80	11,07	13,01
<i>chlorofil b</i>			
minimum	0,250	0,272	0,285
maximum	0,430	0,480	0,496
średnia	0,337	0,368	0,382
odchylenie standardowe	0,051	0,053	0,054
współczynnik zmienności	15,17	14,38	14,08
<i>karotenoidy</i>			
minimum	0,288	0,316	0,324
maximum	0,467	0,477	0,491
średnia	0,377	0,390	0,412
odchylenie standardowe	0,045	0,048	0,049
współczynnik zmienności	12,06	12,25	11,96

5.2. Plon

5.2.1. Narastanie masy bulw podczas wegetacji

W analizowanych latach badań podczas wegetacji w fazach BBCH 60-61; 70-71; 80-81 stwierdzono wyraźny przyrost masy bulw. Najwyższą masą w kolejnych fazach rozwoju 554g, 774g, 986g cechowały się bulwy w roku 2017 odznaczającym się najbardziej korzystnym przebiegiem pogody, cechującym się najwyższą sumą opadów w okresie od kwietnia do września – 355,1mm, natomiast najmniejszą masą bulw w kolejnych fazach rozwoju 441g, 512g, 687g charakteryzował się rok 2019, w którym ilość opadów w analogicznym okresie wyniosła 250,7mm (rys. 3a).

Podczas wegetacji roślin bardzo wyraźnie uzewnętrzniał się genotyp analizowanych odmian. Od okresu tuberyzacji, aż do końca wegetacji wyższą masą bulw pojedynczej rośliny cechowała się odmiana jadalna, a mniejszą odmiana skrobiowa. Różnica w masie bulw w analizowanych fazach wynosiła kolejno około 80g; 140g; 200g (rys. 3b).

Narastanie masy bulw było ponadto wyraźnie różnicowane przez zastosowane rodzaje nawożenia. Najwyższą masą bulw pojedynczej rośliny cechowały się bulwy roślin nawożonych pomiotem kurzym. W fazach BBCH 60-61,70-71, 80-81 masa bulw pojedynczej rośliny nawożonej obornikiem wynosiła kolejno 558g; 707g; 919g, a pomiotem kurzym 585g; 740g; 927g. Na nawożeniu organicznym międzyplonem rzepaku i gorczycy białej w fazach BBCH 60-61 i 70-71 nie wykazano statystycznie istotnych różnic w masie bulw pojedynczej rośliny. Statystycznie istotną różnicę odnotowano w fazie BBCH 80-81 o 17 g na korzyść bulw nawożonych międzyplonem gorczycy białej (rys. 3c).

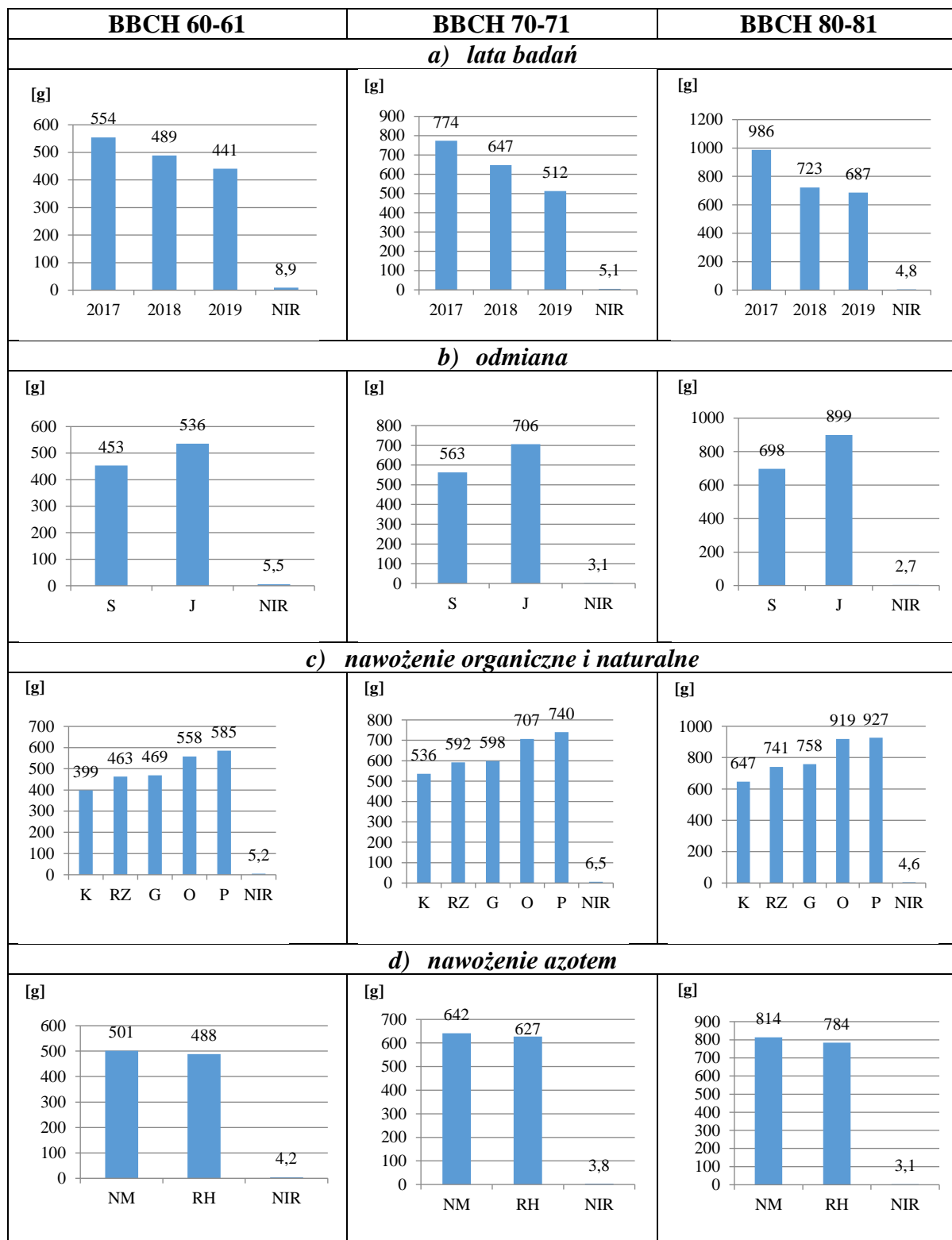
Masę bulw pojedynczej rośliny kształtowało również nawożenie azotem. W fazach BBCH 60-61; 70-71; 80-81 wyższa masa o około 20g cechowały się rośliny uprawiane na pełnej dawce azotu mineralnego w porównaniu do dawki azotu zredukowanej w połączeniu z preparatem Rhizosum N (rys. 3d).

W narastaniu masy bulw pojedynczej rośliny stwierdzono wyraźną interakcję między genotypem odmian, a rodzajami zastosowanego nawożenia. U odmiany jadalnej Tajfun na masę bulw pojedynczej rośliny wpływało korzystniej z zastosowanych nawozów organicznych nawożenie międzyplonem gorczycy białej, a z nawożenia naturalnego pomiotem kurzym, a u odmiany skrobiowej Kuras nawożenie międzyplonem rzepaku oraz obornikiem (rys. 7). Zarówno nawożenie organiczne międzyplonem gorczycy białej jak i zastosowanie pomiotu kurzego wpływały korzystniej na kształtowanie masy bulw pojedynczej rośliny z połączeniu ze zredukowaną dawką azotu w połączeniu z preparatem Rhizosum N u odmiany jadalnej, natomiast nawożenie obornikiem i międzyplonem rzepaku w połączeniu z pełną dawką azotu mineralnego (rys.4, rys. 6).

Zastosowane nawożenie azotem mineralnym oddziaływało na rośliny w połączeniu z przebiegiem pogody w latach badań. W roku 2017 i 2018 cechującymi się wyższymi opadami masa bulw pojedynczej rośliny była wyższa na nawożeniu pełną dawką azotu mineralnego, natomiast w roku 2019 cechującym się niższą sumą opadów i mniej korzystnym ich rozkładem korzystniejsze okazało zastosowanie dawki zredukowanej azotu mineralnego w połączeniu z preparatem Rhizosum N (rys. 5).

Tabela 5. Elementy analizy wariancji - narastanie masy bulw podczas wegetacji

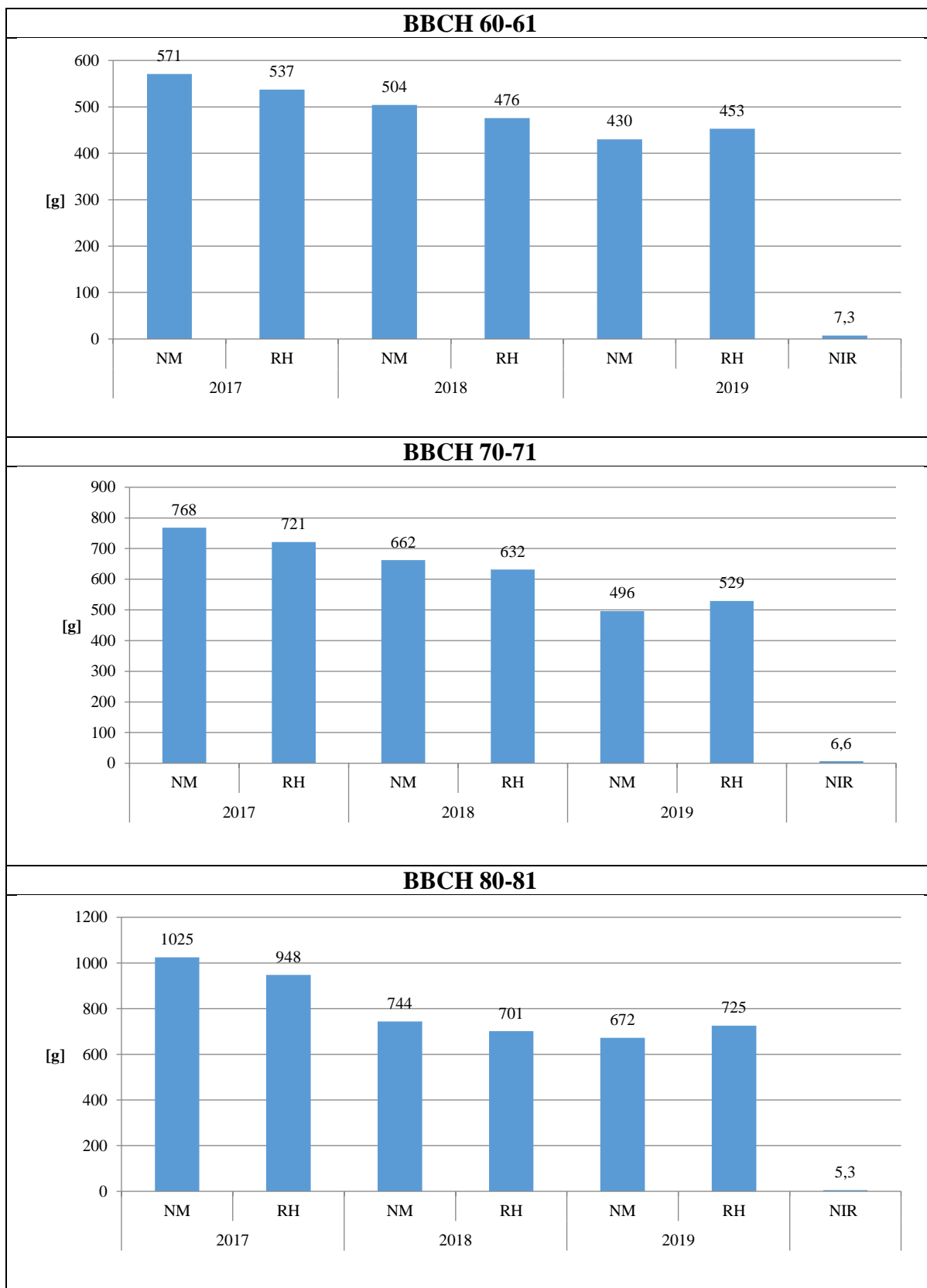
BBCH			
	60-61	70-71	80-81
średnia	495,3	633,3	798,5
minimum	290	386	483
maksimum	753	1053	1516
odchylenie standardowe	99,8	151,6	235,0
współczynnik zmienności	20,1	23,9	29,4



Rysunek 3. Masa bulw pojedynczej rośliny w zależności od analizowanych czynników w fazach BBCH 60-61; 70-71; 80-81



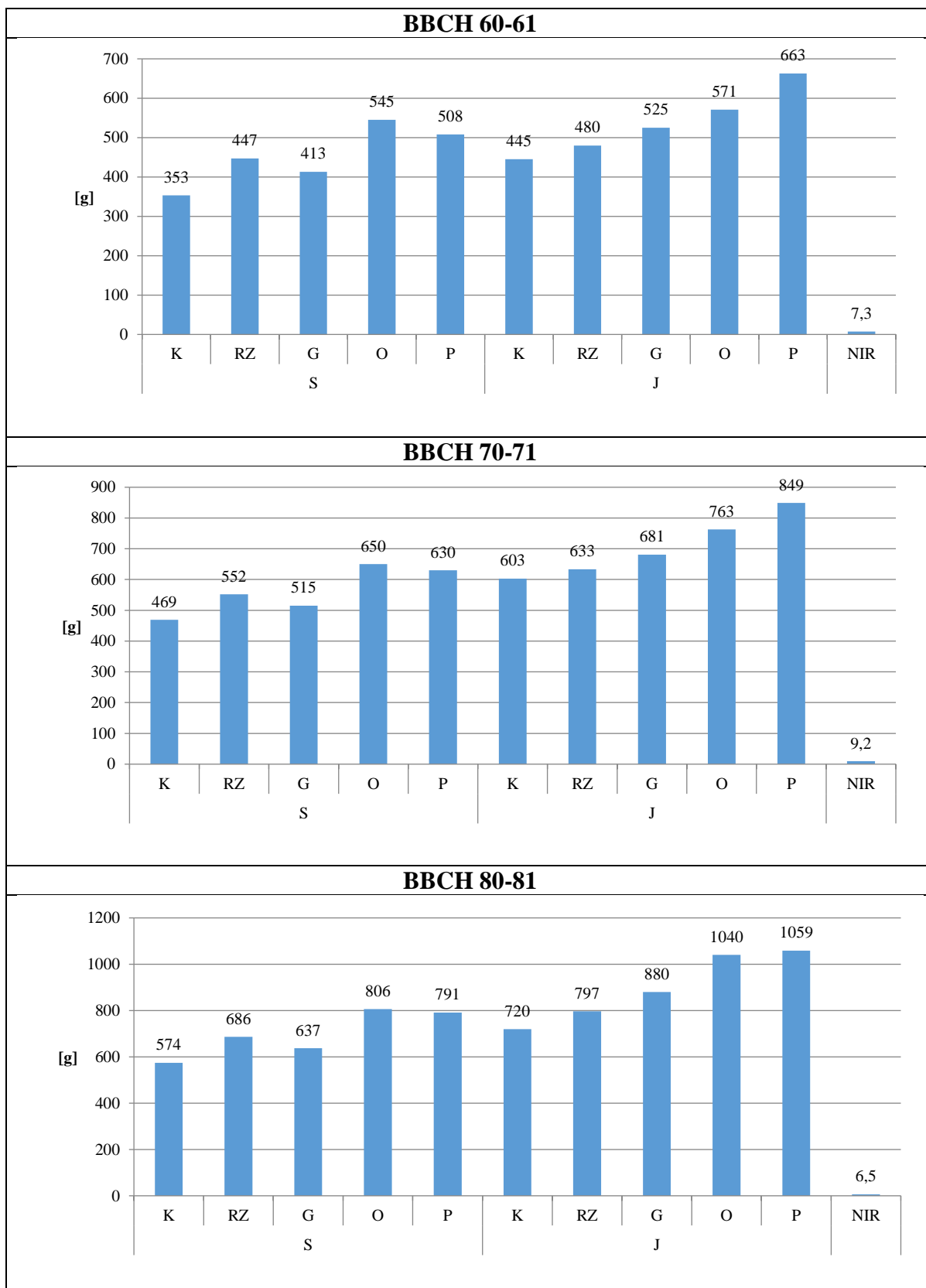
Rysunek 4. Współdziałanie odmian z nawożeniem organicznym, naturalnym i mineralnym azotem w fazach BBCH 60-61; 70-71; 80-81



Rysunek 5. Współdziałanie lat badań z nawożeniem azotem mineralnym w fazach BBCH 60-61; 70-71; 80-81



Rysunek 6. Współdziałanie nawożenia organicznego i naturalnego z nawożeniem azotem mineralnym w fazach BBCH 60-61; 70-71; 80-81



Rysunek 7. Współdziałanie odmiany z nawożeniem organicznym i naturalnym w fazach BBCH 60-61; 70-71; 80-81

5.2.2. Plon bulw

Warunki lat badań istotnie modyfikowały wysokość plonu. Najkorzystniejsze warunki gromadzenia plonu wystąpiły w roku 2017 ($41,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), niższe w roku 2018 ($34,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), a najniższe w roku 2019 ($28,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), podobnie jak kształtowała się masa bulw pojedynczej rośliny (rys. 8a).

Czynnikiem istotnie kształtującym poziom plonowania był także genotyp odmiany. Odmiana jadalna wykształciła wyższe plony o $10,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w porównaniu do odmiany skrobiowej (rys. 8b).

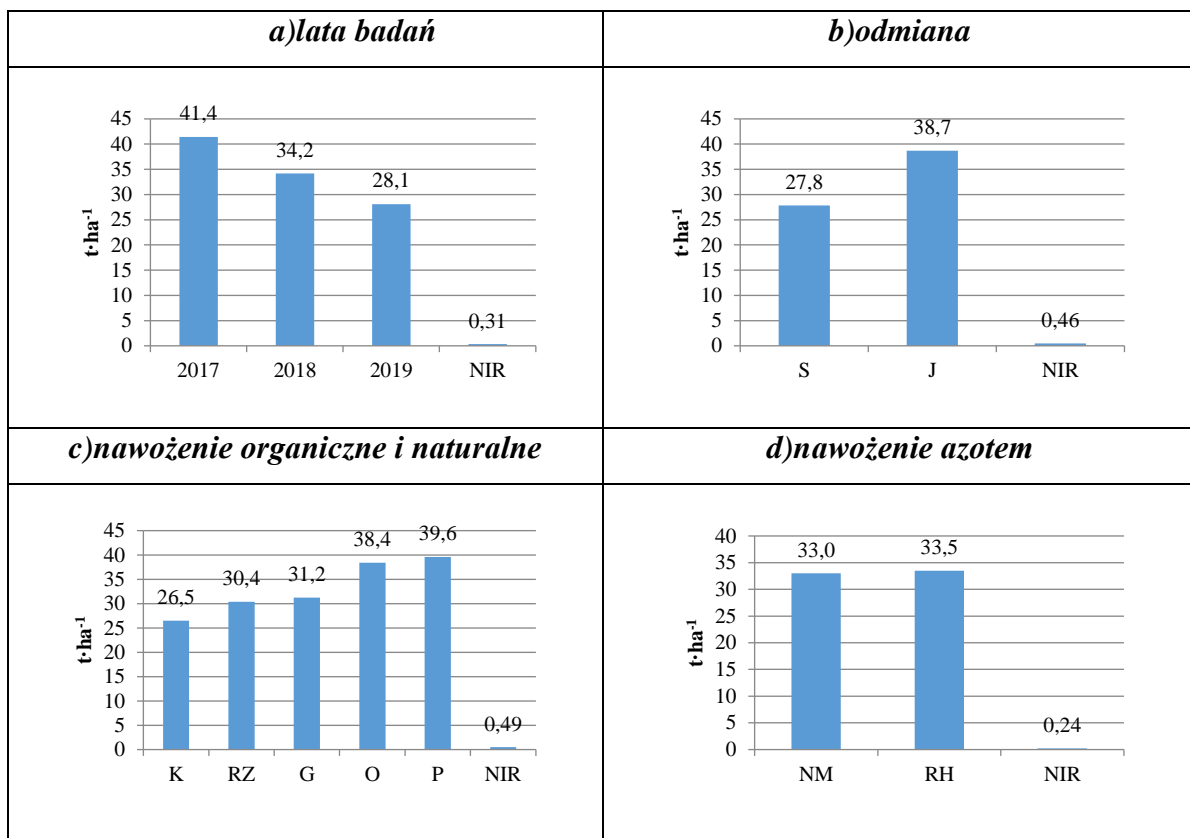
Na plonowanie roślin ziemniaka wpływało również zastosowane nawożenie organiczne i naturalne. W kolejności najwyższe plony uzyskano u roślin nawożonych pomiotem kurzym - $39,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, obornikiem - $38,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, międzyplonem gorczycy białej - $31,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, międzyplonem rzepaku - $30,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, bez nawożenia - $26,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (rys. 8c).

Poziom plonów był modyfikowany przez zastosowane nawożenie azotem mineralnym. Wyższe plony o $0,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ uzyskano u roślin nawożonych pełną dawką azotu mineralnego w porównaniu do dawki azotu zredukowanej w połączeniu z preparatem Rhizosum N. Różnica między rodzajami nawożenia azotem mineralnym była niewielka jednak statystycznie udowodniona (rys. 8d).

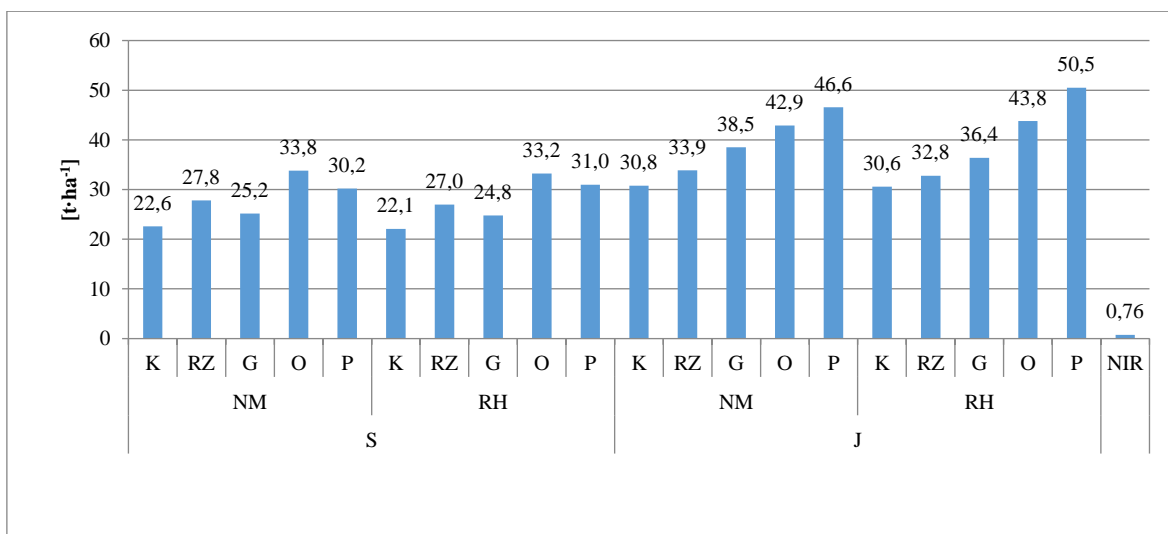
Wyniki badań wskazują ponadto na współdziałanie między odmianą, a zastosowanym nawożeniem naturalnym, organicznym i azotem. U odmiany skrobiowej wyższe plony wykształciły rośliny nawożone masą organiczną rzepaku i obornikiem z pełną azotu mineralnego, natomiast u odmiany jadalnej rośliny nawożone międzyplonem gorczycy białej oraz pomiotem ze zredukowaną dawką azotu w połączeniu z Rhizosum N (rys. 9, 11, 12).

Plon bulw był ściśle skorelowany z zawartością barwników fotosyntetycznych w liściach (chlorofil a; b oraz karotenoidy).

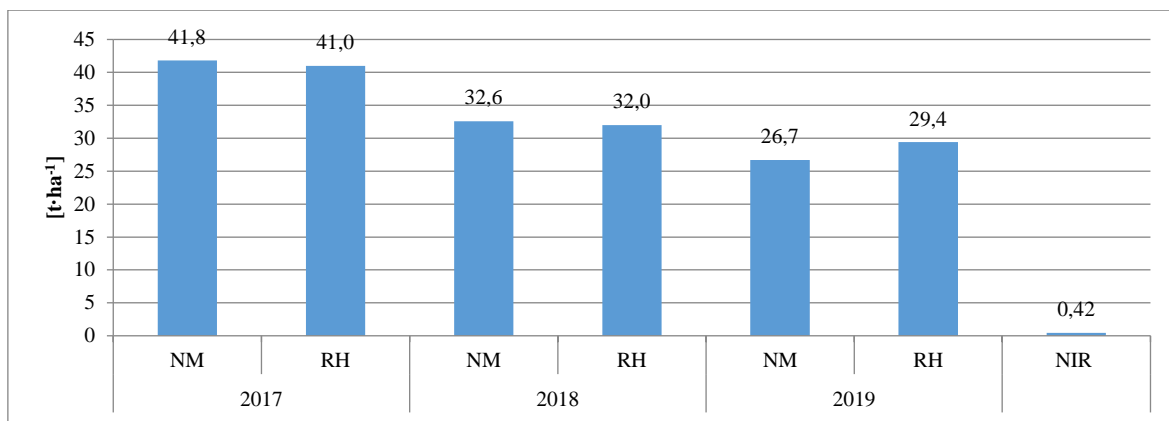
Wysokość plonu niezależnie od warunków przyrodniczych w latach badań dodatkowo korelowała z zawartością barwników fotosyntetycznych w liściach wierzchołkowych. Czego potwierdzeniem są wartości współczynników korelacji stwierdzonych we wszystkich analizowanych fazach rozwoju odpowiednio dla chlorofilu a i b w fazach BBCH 50 i 55 $R^2 = 0,88$, w fazie BBCH 60 $R^2 = 0,87$, a dla karotenoidów w BBCH 50 $R^2 = 0,63$, BBCH 55 $R^2 = 0,88$, BBCH 60 $R^2 = 0,83$ (rys. 13).



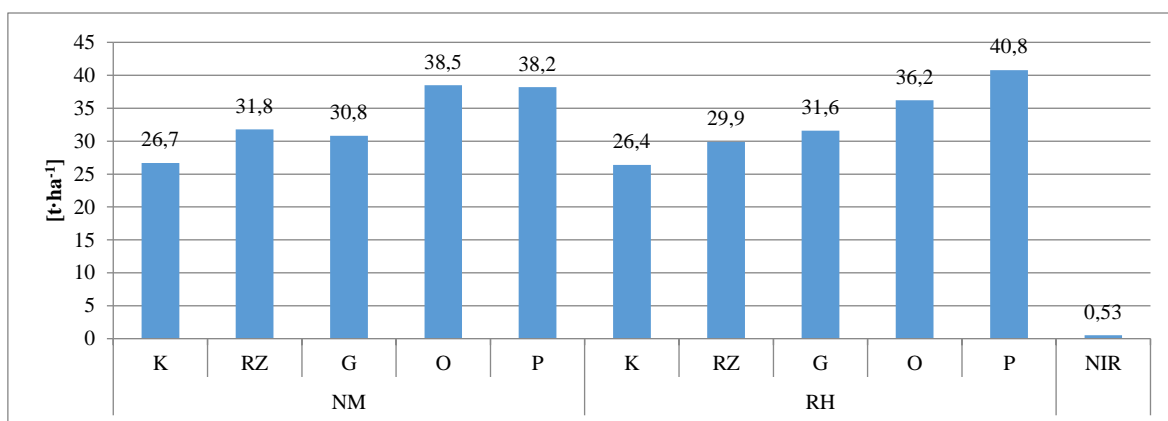
Rysunek 8. Plon bulw w zależności od analizowanych czynników



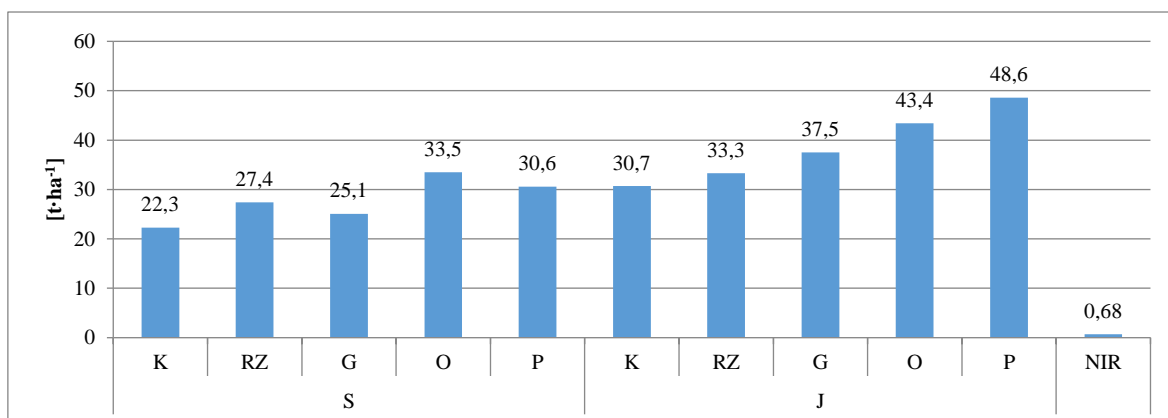
Rysunek 9. Współdziałanie odmian z nawożeniem organicznym, naturalnym i azotem mineralnym – plon bulw



Rysunek 10. Współdziałanie lat badań z nawożeniem azotem mineralnym – plon bulw



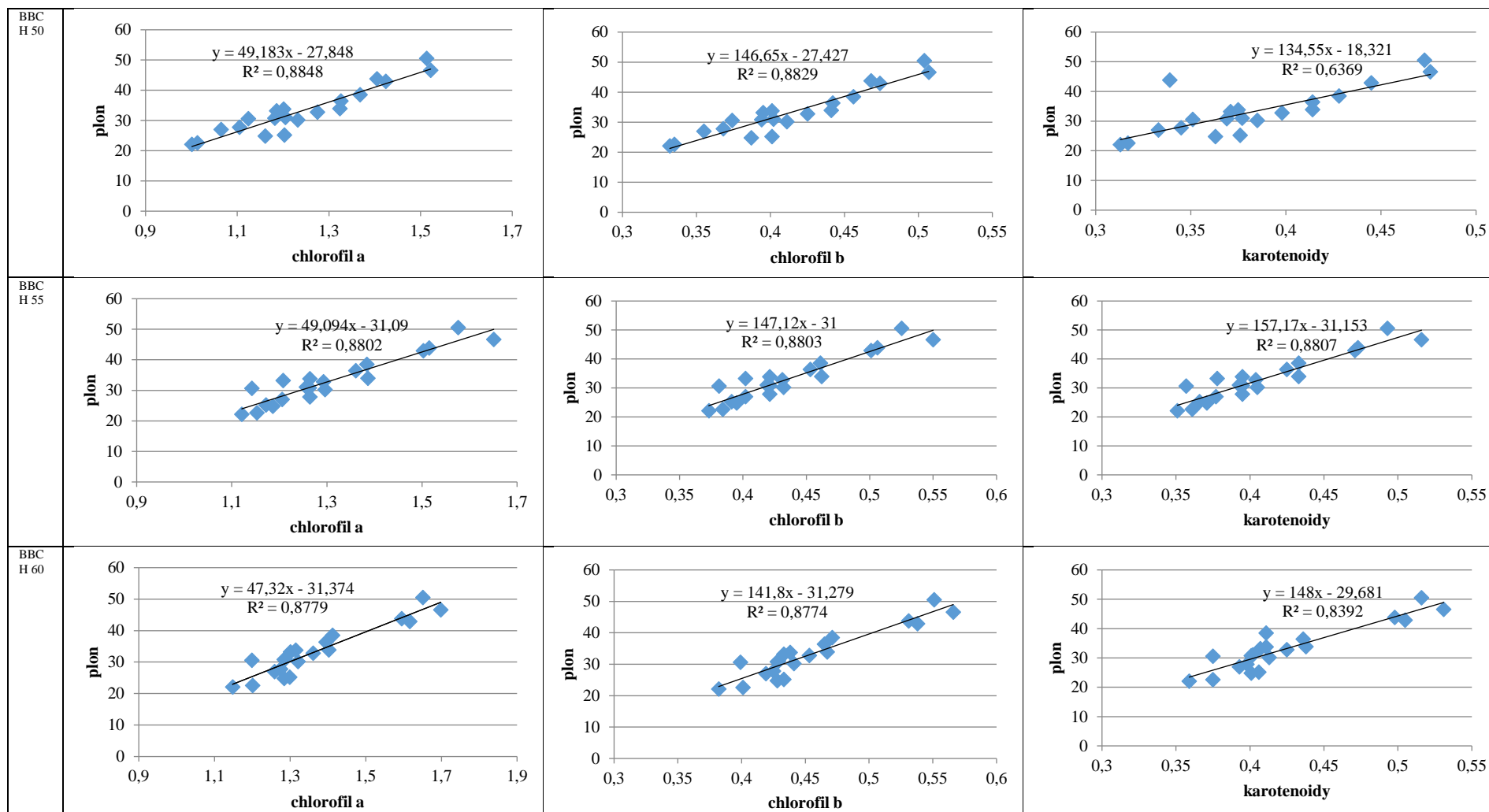
Rysunek 11. Współdziałanie nawożenia organicznego i naturalnego z nawożeniem azotem mineralnym – plon bulw



Rysunek 12. Współdziałanie odmian z nawożeniem organicznym i naturalnym – plon bulw

Tabela 6. Elementy analizy wariancji – plon bulw

minimum	17,6
maximum	59,6
średnia	33,3
odchylenie standardowe	10,07
współczynnik zmienności	30,25



Rysunek 13. Zależności pomiędzy zawartością barwników fotosyntetycznych w liściach, a plonem bulw

5.2.3. Wydajność bulw poszczególnych frakcji w plonie

Warunki badań, szczególnie przebieg pogody oraz analizowane rodzaje nawożenia, a także genotyp odmiany kształtowały wielkość bulw oraz wydajność poszczególnych frakcji, a w konsekwencji tego wydajność frakcji bulw handlowych. Podobnie jak w kształtowaniu masy bulw pojedynczej rośliny i plonu pod względem wielkości bulw najkorzystniejszy był rok 2017, a najmniej 2019 (rys. 14a, 15a).

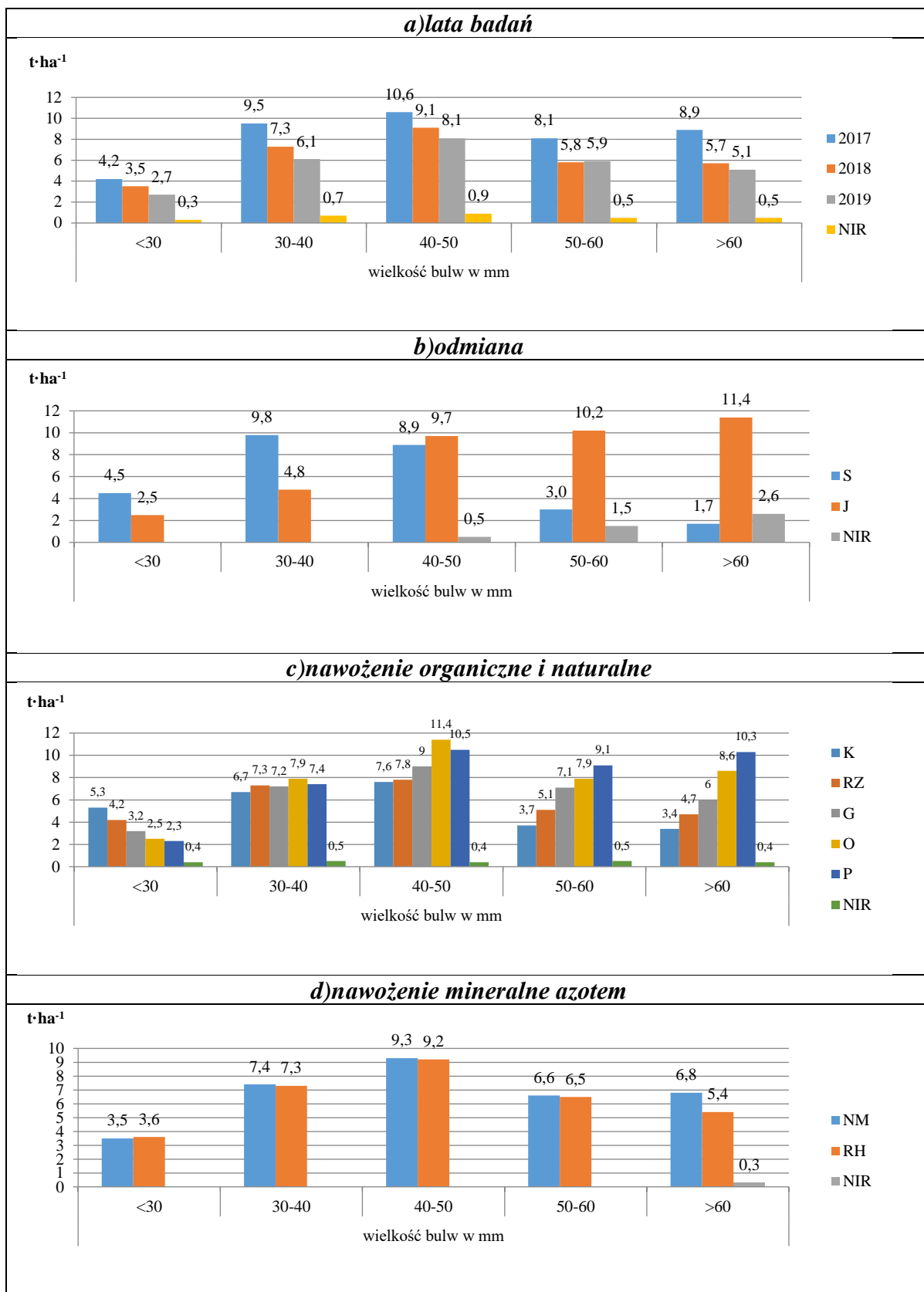
Całkowity plon wykształcony przez odmianę skrobiową spełniał kryteria wielkości bulw. U odmiany skrobiowej 95% plonu stanowiły bulwy, których wielkość zgodnie z polską normą spełniały wartości bulw handlowych. U odmiany jadalnej około 80% wykształconego plonu to bulwy handlowe przekraczające 40mm (rys. 14b, 15b).

Na wydajność bulw poszczególnych frakcji istotnie oddziaływało zastosowane nawożenie organiczne i naturalne. Najwięcej bulw o średnicy 40-50, 50-60 i >60mm wykształciły rośliny nawożone nawozami naturalnymi – obornikiem i pomiotem kurzym. Istotnie mniejszy udział bulw dużych w plonie stwierdzono u roślin nawożonych międzyplonami ścierniskowymi gorczycy białej i rzepaku. Na międzyplonach ścierniskowych przeważał udział bulw o średnicy <50mm (rys. 14c, 15c).

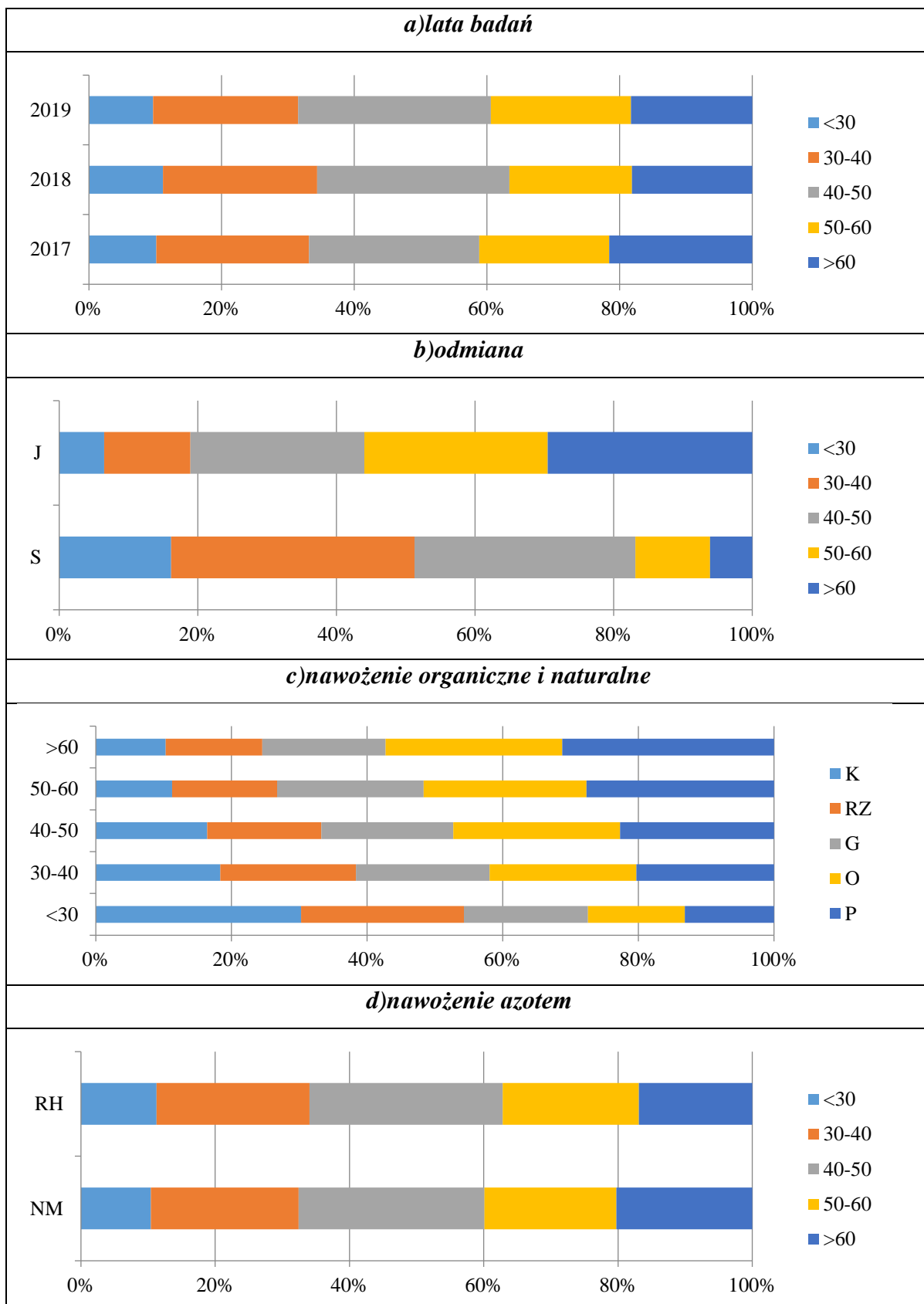
Wydajność bulw dużych była kształtowana również przez nawożenie azotem mineralnym. Większą wydajność bulw >60 mm odnotowano u roślin nawożonych pełną dawką azotu w porównaniu do dawki azotu zredukowanej w połączeniu z Rhizosum N (rys. 15d) i różnica wynosiła 1,4 t·ha⁻¹ (rys. 14d).

Tabela 7. Elementy analizy wariancji – struktura plonu

	<30	30-40	40-50	50-60	>60
minimum	1,2	3,2	4,3	1,1	0,8
maximum	7,6	15,6	14,8	16,3	28,1
średnia	3,51	7,32	9,27	6,59	6,56
odchylenie standardowe	1,66	3,41	2,62	4,51	6,58
współczynnik zmienności	47,45	46,64	28,25	68,45	100,29



Rysunek 14. Wydajność poszczególnych frakcji w zależności od analizowanych czynników



Rysunek 15. Procentowy udział bulw poszczególnych frakcji w plonie w zależności od analizowanych czynników

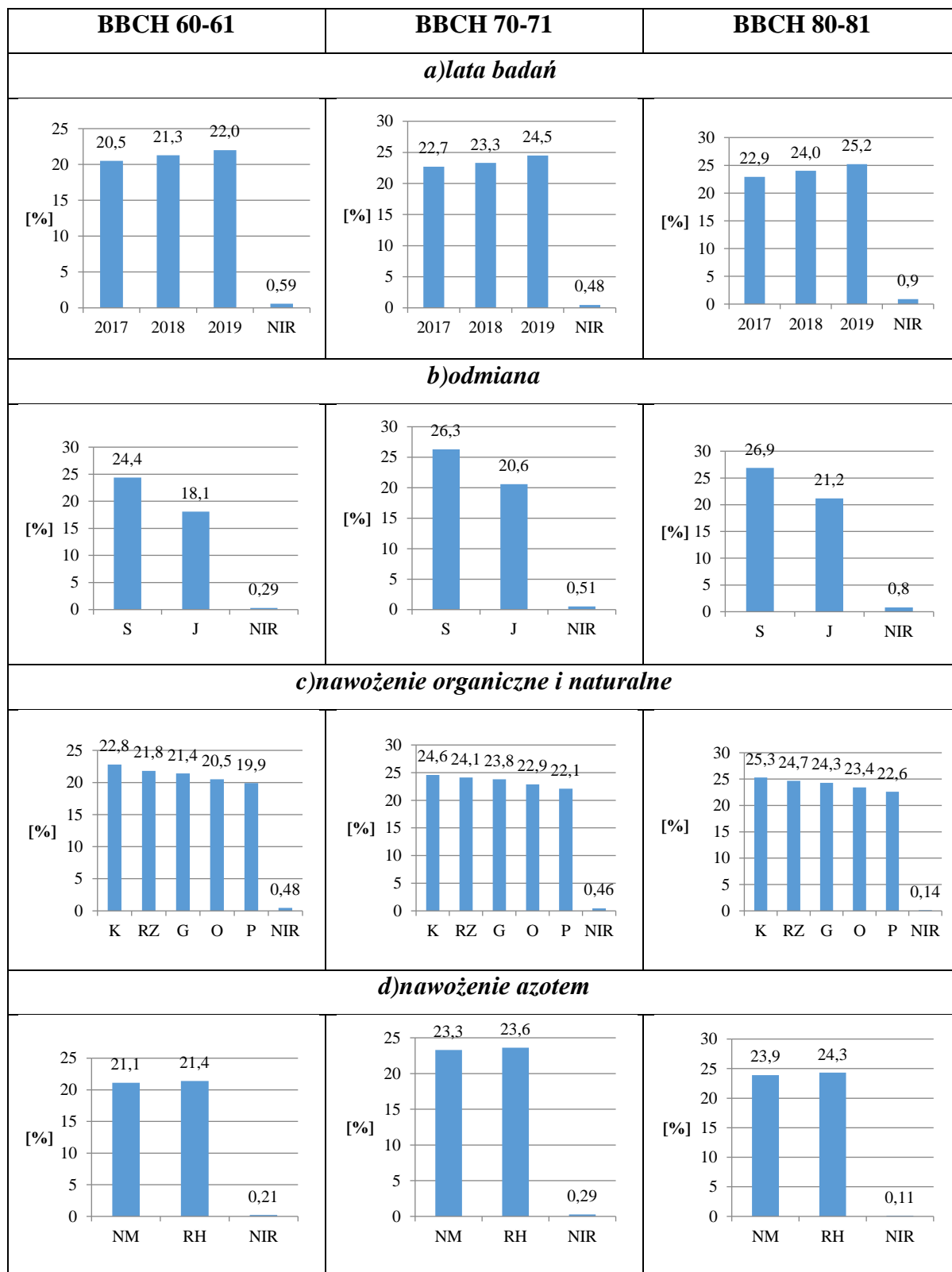
5.3. Zawartość suchej masy i skrobi

Przebieg pogody warunkował zawartość suchej masy i skrobi. Ilość i rozkład opadów w roku 2019 spowodował, że bulwy uprawiane w tym roku cechowały się wyższą zawartością suchej masy w fazach BBCH 60-61; 70-71; 80-81 i 99 kolejno o 0,7%, 1,2%, 1,2%, 1,3% w porównaniu do roku 2018, i o 1,5%, 1,8%, 2,3%, 2,1% w porównaniu do roku 2017. W roku 2019 podczas zbioru odnotowano również wyższą zawartość skrobi, o 0,2% w porównaniu do roku 2018 i 0,6% w porównaniu do roku 2017 (rys. 16a, 18a).

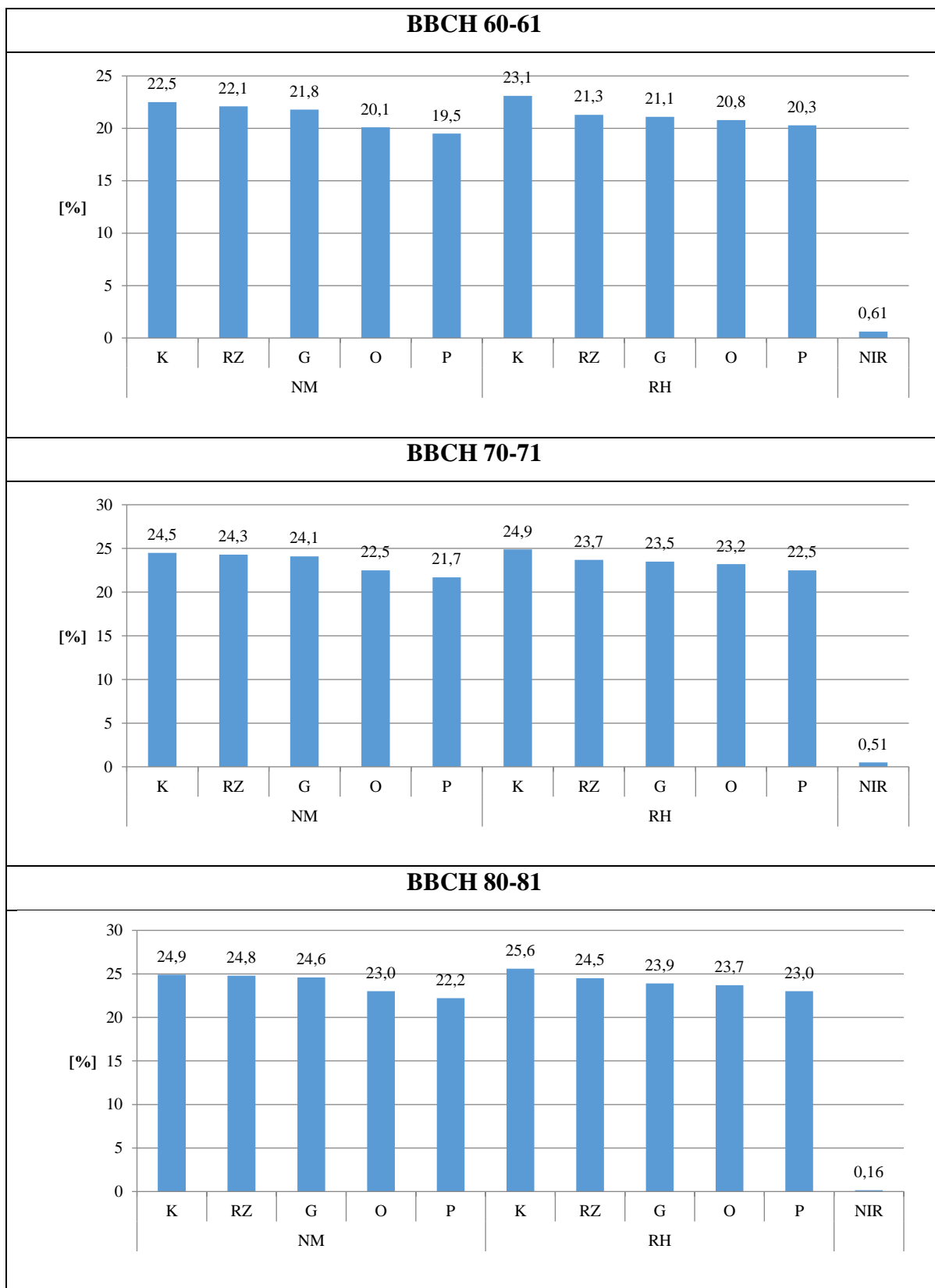
Ze względu na wyższą zawartość skrobi otrzymane wyniki potwierdzają przynależność odmiany Kuras do rejestru odmian skrobiowych. Odmiana Kuras przez całą wegetację we wszystkich latach badań cechowała się wyższą zawartością suchej masy o około 6% i skrobi podczas zbioru o około 4% (rys. 16b, 18b).

Analizowane sposoby nawożenia organicznego i naturalnego kształtowały zawartość suchej masy i skrobi w bulwach. Najwyższą zawartością suchej masy i skrobi cechowały się rośliny nienawożone. Zastosowanie nawozów organicznych obniżyło zawartość suchej masy o około 1,3% w stosunku do roślin nienawożonych, a zastosowanie nawozów organicznych o około 2,2% w stosunku do roślin nienawożonych. Zawartość skrobi u roślin nawożonych nawozami organicznymi była niższa o około 0,7%, a u roślin nawożonych nawozami naturalnymi o około 1,7% w stosunku do roślin bez nawożenia (rys. 16c, 18c).

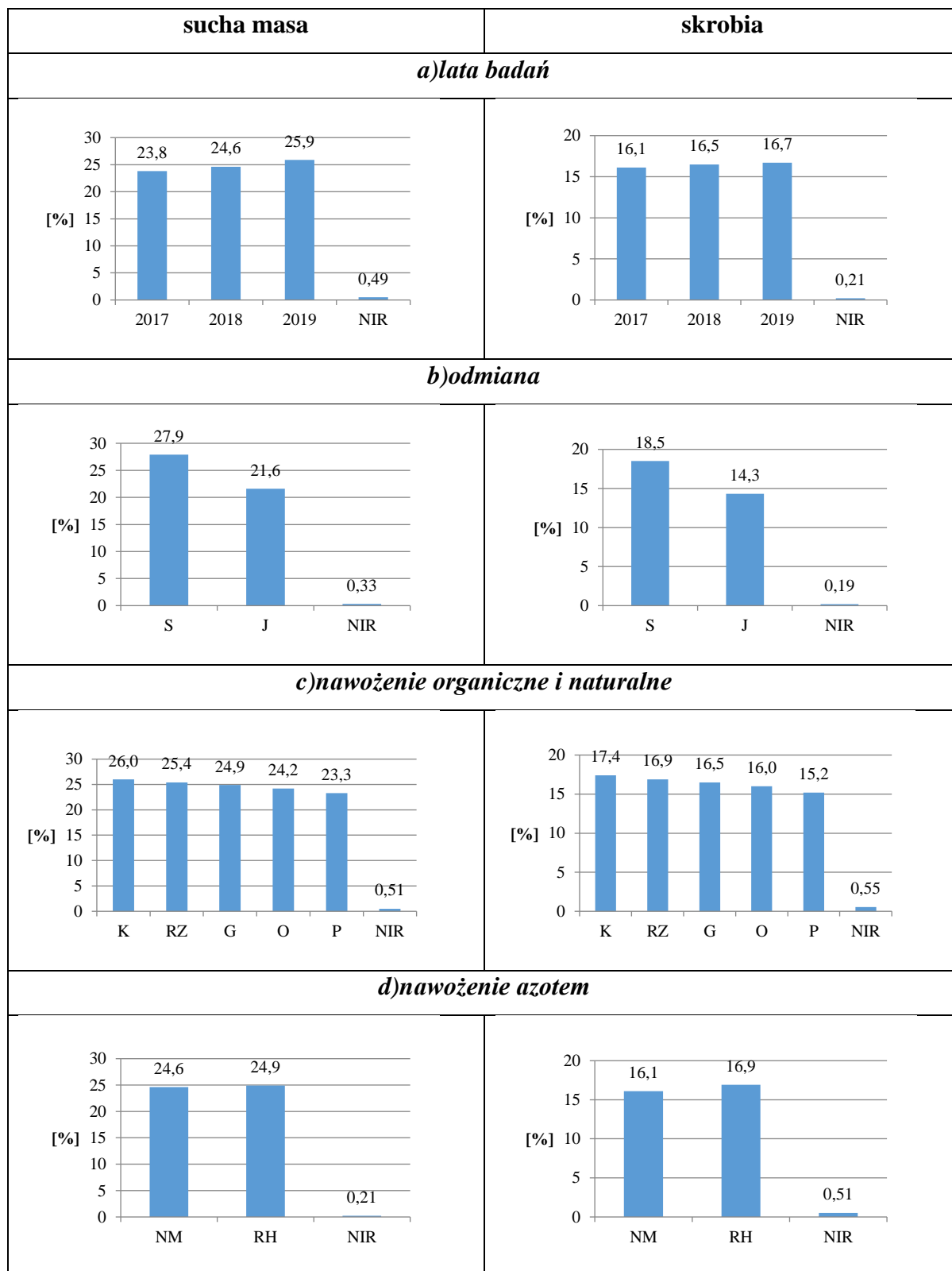
Zawartość suchej masy i skrobi była kształtowana przez nawożenie azotem mineralnym w pełnej dawce i dawce zredukowanej azotu mineralnego w połączeniu z preparatem Rhizosum N. Rośliny nawożone zredukowaną dawką azotu mineralnego w połączeniu z preparatem Rhizosum N zawierały więcej suchej masy o około 0,4% i skrobi o około 0,8% w stosunku do roślin nawożonych pełną dawką azotu mineralnego. W wartościach względnych wyższą zawartością w plonie suchej masy o 3% i skrobi o 5% charakteryzowały się bulwy roślin nawożonych zredukowaną dawką azotu mineralnego w połączeniu z preparatem Rhizosum N (rys. 14d, 18d).



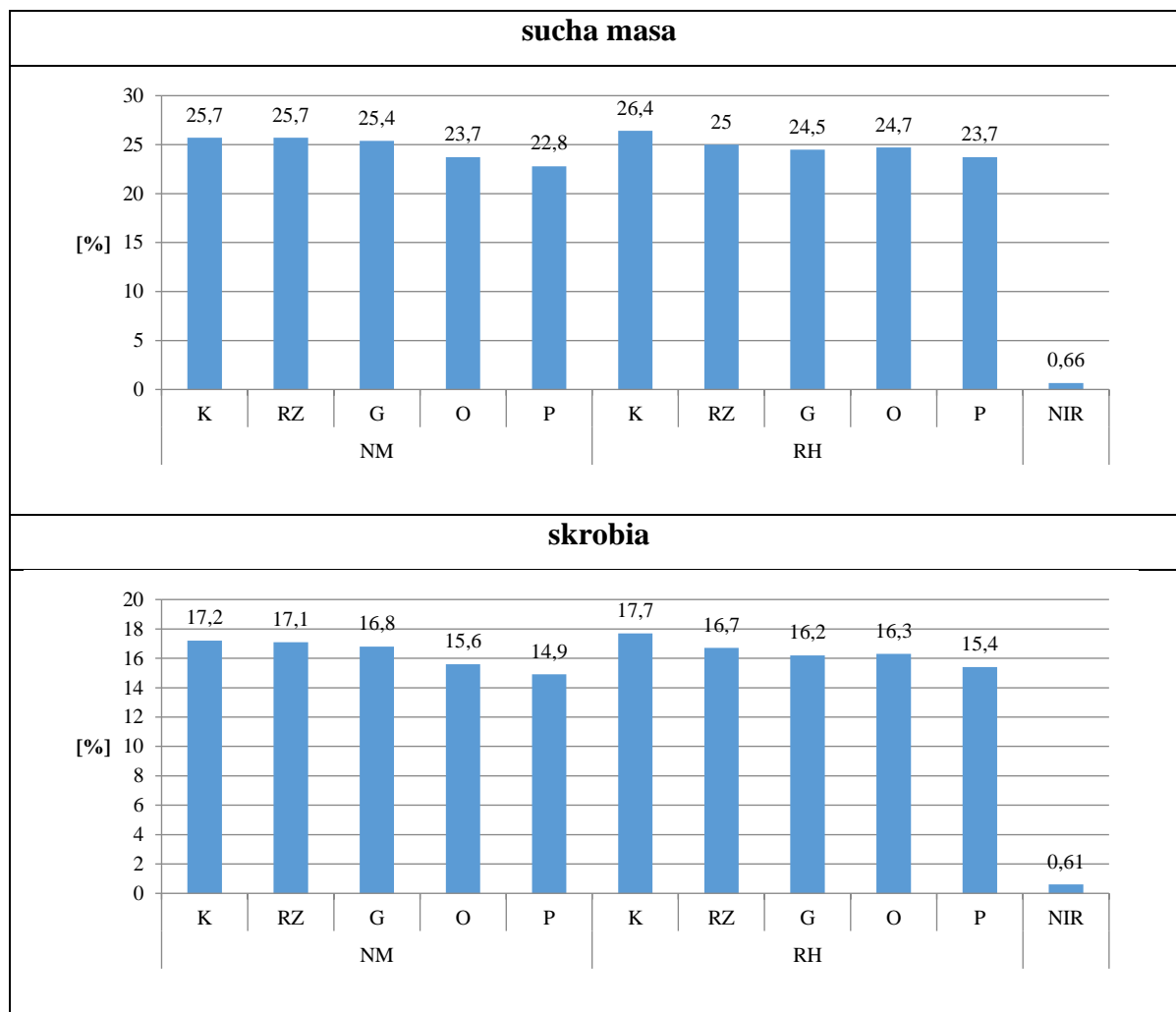
Rysunek 16. Zawartość suchej masy w bulwach w okresie wegetacji w fazach BBCH 60-61; 70-71; 80-81



Rysunek 17. Współdziałanie nawożenia organicznego i naturalnego z mineralnym azotem na zawartość suchej masy w bulwach w fazach BBCH 60-61; 70-71; 80-81



Rysunek 18. Zawartość suchej masy i skrobi w bulwach dojrzałych (BBCH 99)



Rysunek 19. Współdziałanie nawożenia organicznego i naturalnego z mineralnym azotem na zawartość suchej masy i skrobi w bulwach

Tabela 8. Elementy analizy wariancji – zawartość suchej masy i skrobi w bulwach

	sucha masa				skrobia
fazy BBCH					
	60-61	70-71	80-81	99	99
minimum	15,5	16,7	18,2	18,9	12,1
maximum	26,9	29,2	30,1	31,4	20,9
średnia	21,3	23,3	23,8	24,3	16,4
odchylenie standardowe	3,42	3,23	3,07	3,26	2,31
współczynnik zmienności	16,11	13,89	13,15	13,41	14,05

5.4. Zawartość makroelementów w bulwach podczas wegetacji i w bulwach dojrzałych

Przebieg pogody w latach badań nie wpływał na zawartość analizowanych składników mineralnych w bulwach określanych podczas wegetacji (BBCH 60-61; 70-71; 80-71) ani w bulwach dojrzałych (BBCH 99).

Genotyp odmiany we wszystkich analizowanych fazach BBCH istotnie modyfikował zawartość N oraz P. We wszystkich fazach wyższą zawartością w suchej masie N i P charakteryzowała się odmiana jadalna w porównaniu do odmiany skrobiowej. Zawartość azotu u odmiany jadalnej we wszystkich fazach rozwoju była o około 1,4%, fosforu 0,06 % wyższa w stosunku do odmiany skrobiowej (tab. 9).

Zastosowane nawożenie organiczne oraz naturalne istotnie modyfikowało zawartość wszystkich badanych makro- pierwiastków w bulwach w analizowanych fazach rozwoju. Najwyższą zawartością wszystkich badanych pierwiastków charakteryzowały się bulwy nawożone pomiotem oraz obornikiem, niższą międzyplonami gorczyicy oraz rzepaku, a najniższe zawartości składników mineralnych stwierdzono w bulwach roślin rosnących bez nawożenia (tab. 9).

Nawożenie mineralne azotem w pełnej dawce oraz zredukowanej nie wywierało wpływu istotnego na zawartość składników mineralnych w bulwach (tab. 9).

Tabela 9. Zawartość makropierwiastków w bulwach w fazach BBCH 60-61; 70-71; 80-81; 99

	N	P	K	Mg	Na	Ca
<i>BBCH 60-61</i>						
S	11,2	0,36	1,82	0,20	0,24	0,03
J	12,3	0,41	1,79	0,21	0,24	0,03
<i>NIR</i>	<i>0,40</i>	<i>0,03</i>	<i>r.n.</i>	<i>r.n.</i>	<i>r.n.</i>	<i>r.n.</i>
K	12,6	0,36	1,42	0,18	0,35	0,04
RZ	12,6	0,39	1,63	0,20	0,41	0,05
G	13,2	0,41	1,71	0,23	0,43	0,05
O	15,0	0,47	1,23	0,29	0,57	0,10
P	15,2	0,49	1,25	0,32	0,63	0,12
<i>NIR</i>	<i>0,35</i>	<i>0,03</i>	<i>0,31</i>	<i>0,03</i>	<i>0,05</i>	<i>0,03</i>
NM	13,6	0,38	1,18	0,21	0,28	0,03
RH	13,5	0,39	1,19	0,21	0,27	0,03
<i>NIR</i>	<i>r.n.</i>	<i>r.n.</i>	<i>r.n.</i>	<i>r.n.</i>	<i>r.n.</i>	<i>r.n.</i>

BBCH 70-71						
S	11,8	0,37	1,85	0,20	0,24	0,03
J	13,2	0,43	1,89	0,21	0,25	0,03
<u>NIR</u>	<u>0,50</u>	<u>0,04</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>
K	12,9	0,36	1,46	0,18	0,35	0,04
RZ	13,1	0,40	1,72	0,20	0,42	0,05
G	13,7	0,42	1,79	0,23	0,43	0,06
O	15,1	0,48	2,05	0,31	0,58	0,11
P	15,6	0,50	2,24	0,33	0,63	0,15
<u>NIR</u>	<u>0,81</u>	<u>0,04</u>	<u>0,31</u>	<u>0,03</u>	<u>0,05</u>	<u>0,06</u>
NM	13,7	0,38	1,85	0,21	0,27	0,04
RH	13,6	0,39	1,89	0,21	0,28	0,03
<u>NIR</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>
BBCH 80-81						
S	12,3	0,37	1,93	0,21	0,25	0,03
J	13,8	0,44	1,99	0,22	0,25	0,03
<u>NIR</u>	<u>0,26</u>	<u>0,04</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>
K	13,2	0,37	1,49	0,19	0,36	0,06
RZ	13,2	0,40	1,79	0,21	0,44	0,06
G	13,8	0,43	1,85	0,23	0,47	0,07
O	15,5	0,50	2,25	0,31	0,59	0,12
P	15,8	0,51	2,45	0,33	0,67	0,16
<u>NIR</u>	<u>0,63</u>	<u>0,04</u>	<u>0,42</u>	<u>0,05</u>	<u>0,06</u>	<u>0,04</u>
NM	13,8	0,39	1,89	0,22	0,29	0,04
RH	13,8	0,40	1,93	0,21	0,28	0,04
<u>NIR</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>
BBCH 99						
S	13,1	0,38	1,93	0,22	0,25	0,03
J	14,6	0,45	1,97	0,22	0,25	0,03
<u>NIR</u>	<u>0,93</u>	<u>0,03</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>
K	13,3	0,37	1,58	0,20	0,41	0,06
RZ	13,5	0,41	1,83	0,22	0,46	0,07
G	14,1	0,43	1,91	0,24	0,48	0,07
O	15,9	0,51	2,26	0,31	0,59	0,14
P	16,9	0,54	2,34	0,34	0,67	0,17
<u>NIR</u>	<u>0,91</u>	<u>0,05</u>	<u>0,49</u>	<u>0,04</u>	<u>0,05</u>	<u>0,04</u>
NM	14,1	0,41	19,2	0,23	0,28	0,04
RH	13,9	0,41	19,6	0,22	0,29	0,04
<u>NIR</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>	<u>r.n.</u>

5.5. Zawartość witaminy C w bulwach odmiany jadalnej Tajfun

Zawartość witaminy C oznaczano tylko w bulwach odmiany jadalnej. Nie stwierdzono wpływu oddziaływania warunków pogodowych w latach badań na zawartość tego składnika odżywczego, który był modyfikowany przez zastosowane nawożenie organiczne, naturalne i azotem mineralnym. W okresie od BBCH 60-61 do pełnej dojrzałości BBCH 99, w przeciągu 3 miesięcy wegetacji zawartość witaminy C zmniejszyła się o około 30%. Na poziom zawartości witaminy C istotnie wpływało nawożenie naturalne i organiczne. Najwyższą zawartością witaminy C w fazach rozwoju cechowały się bulwy roślin uprawiane na pomioście (24,6; 23,6; 19,0; 15,2 mg·100g⁻¹) nieco mniejszą na oborniku (24,4; 23,1; 18,1; 14,6 mg·100g⁻¹), następnie na międzyplonie gorczycy białej (21,0; 20,5; 17,7; 14,0 mg·100g⁻¹), międzyplonie rzepaku (21,1; 18,5; 15,9; 12,7 mg·100g⁻¹), a najniższą zawartością bulwy bez nawożenia (19,8; 17,1; 15,5; 10,5 mg·100g⁻¹) (tab. 10). Stwierdzono również istotne różnice w zawartości tego składnika pod wpływem azotu zastosowanego w pełnej dawce i dawce zredukowanej w połączeniu z preparatem Rhizosum N. W fazie BBCH 60-61 wyższą zawartością witaminy C odznaczały się bulwy roślin nawożonych pełną dawką azotu mineralnego, natomiast w pozostałych analizowanych fazach BBCH 70-71; 80-81 i 99 bulwy roślin nawożonych dawką zredukowaną azotu mineralnego w połączeniu z preparatem Rhizosum N. Ponadto, wykazano interakcję między nawożeniem organicznym, naturalnym i azotem mineralnym. Korzystnej na zawartości witaminy C przez całą wegetację wpływało połączenie nawożenia organicznego międzyplonem rzepaku oraz naturalnego obornikiem z pełną dawką azotu mineralnego, a organicznego międzyplonem gorczycy białej i naturalnego pomiościem kurzym z dawką azotu zredukowaną w połączeniu z preparatem z Rhizosum N (tab. 10).

Tabela 10. Zawartość witaminy C w bulwach

BBCH				
	60-61	70-71	80-81	99
K	19,8	17,1	15,5	10,5
RZ	21,1	18,5	15,9	12,7
G	21,1	20,5	17,7	14,0
O	24,4	23,1	18,1	14,6
P	24,6	23,6	19,0	15,2
<u>NIR</u>	<u>0,09</u>	<u>0,15</u>	<u>0,12</u>	<u>0,15</u>
NM	22,2	20,3	17,1	13,3
RH	22,1	20,8	17,3	13,5
<u>NIR</u>	<u>0,08</u>	<u>0,07</u>	<u>0,09</u>	<u>0,07</u>
KNM	19,6	16,7	15,0	10,2
KRH	20,1	17,4	15,9	10,9
RZNM	21,9	19,1	16,6	13,8
RZRH	20,2	17,9	15,2	11,6
GNM	20,5	19,4	17,1	13,2
GRH	21,7	21,6	18,2	14,8
ONM	25,3	23,8	18,9	15,2
ORH	23,5	22,4	17,3	14,1
PNM	23,9	22,7	18,2	14,5
PRH	25,3	24,6	19,7	15,9
<u>NIR</u>	<u>0,18</u>	<u>0,16</u>	<u>0,20</u>	<u>0,19</u>

Tabela 11. Elementy analizy wariancji - zawartość witaminy C

minimum	18,6	16,3	14,6	9,8
maksimum	26,3	25,8	21,5	16,4
średnia	22,2	20,6	17,2	13,4
odchylenie s.	1,97	2,54	1,39	1,71
współczynnik zmienności	8,91	12,36	8,07	12,78

6. Podsumowanie i dyskusja

W przeprowadzonych trzyletnich badaniach polowych i laboratoryjnych odnośnie wpływu różnych rodzajów nawożenia organicznego i naturalnego, a także mineralnego ziemniaka w kontekście jego poziomu plonowania i niektórych cech jakości wykształconego plonu, stwierdzono wyraźny wpływ analizowanych czynników w odniesieniu do wszystkich ocenianych parametrów. Uzyskane wyniki badań potwierdziły, podkreślane w literaturze przedmiotu spostrzeżenia, że warunki pogodowe, a szczególnie ilość i rozkład opadów, są czynnikiem nadrzędnym modyfikującym wysokość plonu oraz kształtującym niektóre cechy jego jakości między innymi zawartość suchej masy i skrobi oraz wielkość bulw (Banaszkiewicz i Grabowska 2001, Biniak i in. 2007, Bombik i in. 1999, Chmura 2001, Chmura i in. 2009, Chmura i in. 2013, Dmowski i in. 2002, 2004, 2008, Dmowski i Dzieżyc 2009, Dzieżyc 1989, Głuska 2000, 2002, Kalbarczyk 2004, 2005, Kalbarczyk i Kalbarczyk 2004, 2009, Ostrowski i in. 2008, Panasiewicz i Koziara 2007, Puła i Skowera 2004, Pytlarz-Kozicka 2002, Radzka i in. 2015, Roztropowicz 1986, 1989, Szwejkowski i in. 2005, Wierzbicka 2011).

Dowodem wpływu warunków pogodowych były wyraźnie różnice w wysokości plonów w latach badań. Najwyższe plony wykształciły rośliny w roku 2017, cechującym się, w stosunku do pozostałych lat, najwyższą sumą opadów w okresie narastania masy bulw. W okresie od kwietnia do września suma opadów wynosiła w kolejnych latach badań - w roku 2017 - 355,1 mm, w 2018 – 285,6 mm, a w 2019 – 250,7 mm. W analizowanych latach badań wystąpiły okresy posuchy i suszy. W roku 2017 posuchę zanotowano w maju, czerwcu oraz sierpniu, w 2018 w czerwcu i sierpniu, natomiast w 2019 w lipcu i sierpniu niedobór opadów spowodował posuchę, a w czerwcu suszę. W okresie intensywnego gromadzenia plonu – czerwiec – lipiec współczynnik Sielianiowa w 2017 roku w porównaniu do pozostałych lat był najwyższy i wynosił kolejno 0,95; 1,92; W wymienionym roku plony były wyższe o $9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w porównaniu do roku 2018 i o $12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w odniesieniu do roku 2019.

Oprócz warunków przyrodniczych istotnym czynnikiem kształtującym rozwój roślin i gromadzenie masy bulw był genotyp odmiany, modyfikujący między innymi tempo narastania plonu podczas wegetacji, wysokość plonu oraz wielkość bulw. W badaniach własnych podobnie jak w pracach innych autorów (Kołodziejczyk i in. 2013, Nowacki 2006, Pińska i in. 2009, Sawicka i in. 2011, Sawicka i Pszczołkowski 2004, Wierzbicka 2006, Wierzbicka i in. 2008) od genotypu odmiany zależał również skład

chemiczny bulw – zawartość suchej masy, skrobi i mineralnych makroelementów. W niniejszych badaniach genotyp odmiany modyfikował, także zawartość barwników fotosyntetycznych w liściach. W fazach BBCH 50, 55 i 60 w liściach odmiany jadalnej zawartość chlorofilów a i b oraz karotenoidów była wyższa niż w liściach odmiany skrobiowej. Na zróżnicowany poziom zawartości barwników w roślinach ziemniaka wskazują także badania (Demming i Björkman 1987, Griessa i Moll 1985, Michałka i in. 2000, Michałka i Sawickiej 2002, Puły i in. 1999, Sawickiej i Michałka 2003). Inni badacze zróżnicowany poziom zawartości barwników fotosyntetycznych stwierdzili, także w odmianach innych gatunków roślin, a mianowicie w burakach cukrowych (Ciećko i in. 2004), w kukurydzy (Szulc i in. 2008), w różyczkach brokuła (Gębczyński 2003), w liściach eukaliptusu (Coops i in. 2003), w szarłacie Sudhir Shukla i in. (2003), Skwaryło-Bednarz i Krzepiło (2009). Badacze zajmujący się tym zagadnieniem analizując zawartość barwników podkreślali, co wydaje się oczywiste, wyższy poziom ich koncentracji w liściach roślin młodych w stosunku do roślin dojrzałych. W badaniach własnych koncentrację barwników fotosyntetycznych w liściach określano trzykrotnie podczas wegetacji w fazach BBCH 50; 55; 60 (kalendarzowo w pierwszej, drugiej i trzeciej dekadzie czerwca) i była na zbliżonym poziomie.

Odmiany, jadalna Tajfun i skrobiowa Kuras, oprócz zróżnicowanej koncentracji barwników fotosyntetycznych w liściach, różniły się tempem narastania masy bulw podczas wegetacji. W kolejnych fazach rozwoju BBCH 60-61; 70-71; 80-81 wyższą masą bulw we wszystkich fazach cechowała się odmiana jadalna Tajfun, co zostało również uzewnętrznione w wysokości plonu końcowego tej odmiany ($38,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) o $10,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ wyższy do stosunku do odmiany Kuras. Potwierdzeniem różnego tempa narastania plonu w zależności od genotypu są również wcześniejsze badania (Cieciury-Olczyk 2019a, b, Kołodziejczyk i in. 2013, Nowackiego 2006, Pińskiej i in. 2009, Prośby-Białczyk 1992, Prośby-Białczyk i Tajner – Czopek 2006, Roztropowicz 1989, Sawickiej i in. 2011, Sawickiej i Pszczółkowskiego 2004, Trawczyńskiego 2004, Wierzbickiej 2006, Wierzbickiej i in. 2008).

W literaturze przedmiotu wszyscy autorzy zgodnie podkreślają, że jedną z cech genotypu odmian ziemniaka jest plenność (Jabłoński 2006, Kołodziejczyk i in. 2013, Trawczyński 2016, Wierzbicka 2006, Zarzyńska i Goliszewski 2006, Żołnowski 2013). Wyniki badań własnych i innych badaczy wskazują ponadto na współzależność między genotypem odmiany, a czynnikami siedliskowymi (Bogucka i in. 2010, Wróbel 2012) oraz na interakcję między cechami odmian warunkowanymi genetycznie, a stosowaną

agrotechniką (Bienia i in. 2018, Jabłoński 2009, Krochmal – Marczak i in. 2014, Żołnowski 2013).

Fundamentalną cechą genotypu odmian ziemniaka jest także skład chemiczny, z którego wynika między innymi kierunek użytkowania odmiany, wartość przetwórcza oraz zdolność do przechowywania. W badaniach własnych genotyp odmiany również warunkował skład chemiczny, a przede wszystkim zawartość suchej masy oraz skrobi. We wszystkich latach badań w analizowanych fazach BBCH (60-61, 70-71, 80-81, 99) odmiana skrobiowa cechowała się istotnie wyższą zawartością suchej masy podczas całej wegetacji oraz skrobi w plonie. Otrzymane wyniki potwierdzają zatem przynależność odmiany Kuras do grupy odmian skrobiowych w rejestrze odmian ziemniaka (COBORU). Potwierdzeniem roli genotypu odmiany na zawartość suchej masy i skrobi są wcześniejsze badania wielu Autorów (Bombik i in. 2008, Keutgen i in. 2014, Krzysztofik i Skonieczny 2010, Mystkowska 2019, Wierzbicka 2012, Wierzbicka i in. 2008, Zarzyńska i Goliszewski 2006, Zgórska i Gródzińska 2012, Wszelaczyńska i in. 2014).

O uzewnętrznieniu potencjału produkcyjnego ziemniaka, oprócz wspomnianych wyżej warunków przyrodniczych i genotypu odmiany, decyduje stosowana agrotechnika, a szczególnie nawożenie, które jest wiodącym zagadnieniem niniejszej rozprawy. Przeprowadzone badania zweryfikowały pozytywnie postawioną hipotezę roboczą, gdyż uzyskane wyniki wskazują, że zastosowane różne rodzaje nawożenia organicznego, naturalnego i mineralnego azotem wyraźnie oddziaływały na wszystkie analizowane parametry badań. Rodzaje zastosowanego nawożenia wpływały między innymi na koncentrację barwników fotosyntetycznych w liściach. Wyniki badań wskazują na istotnie wyższą zawartość wszystkich barwników fotosyntetycznych – chlorofilów a, b oraz karotenoidów w liściach roślin nawożonych nawozami naturalnymi – obornikiem i pomiosem kurzym, w porównaniu do zawartości w roślinach nawożonych nawozami organicznymi – międzyplonami rzepaku i gorczyicy białej. Pozytywny wpływ nawożenia organicznego w porównaniu do braku nawożenia na zawartość chlorofilu zbadali (Bokhtiar i Sakurai 2005, Ghosh i in. 2004, Peyvast i in. 2007). W badaniach własnych zawartość barwników była także modyfikowana przez nawożenie mineralne. Wyższą koncentrację wszystkich analizowanych barwników odnotowano u roślin nawożonych pełną dawką azotu mineralnego w porównaniu do nawożonych dawką zredukowaną w połączeniu z preparatem Rhizosum N we wszystkich analizowanych fazach rozwoju BBCH 50; 55; 60. Oddziaływanie nawożenia azotem na koncentrację chlorofilów a i b stwierdził również Güler 2009 wskazując, że zawartość barwników wzrasta wraz ze zwiększonymi dawkami

azotu. Natomiast Szulc i in. (2008) wykazali, że dawki azotu przekraczające $180 \text{ N kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ spowodowały zmniejszenie zawartości barwników w liściach kukurydzy. Ciećko i in. (2004) stwierdzili, iż burak cukrowy reaguje na wzrost nawożenia NPK istotnym wzrostem chlorofilu b w liściach. Najm i in. (2012) wykazali, że zawartość chlorofilów a oraz b była najwyższa przy zastosowaniu nawożenia obornikiem w połączeniu z nawożeniem mineralnym azotem w porównaniu do samego obornika bądź wyłącznie nawożenia mineralnego. Z badań przeprowadzonych przez autorów (Shaahan i in. 1999, Martin i in. 2007) wynika, że na poziom zawartości chlorofilu mogą również wpływać inne pierwiastki mineralne tj. Mg, Fe, Ca, Mn, Zn, a nawozem pokrywającym wszystkie potrzeby roślin jest obornik (Najm i in. 2012). W badaniach własnych stwierdzono również dodatnią korelację pomiędzy zawartością barwników w liściach, a plonem bulw. Współczynnik determinacji dla chlorofilu a i b $R^2=0,88$, a dla karotenoidów $R^2=0,63$ (BBCH 50), $R^2=0,88$ (BBCH 55), $R^2=0,83$ (BBCH 60). Zależność między koncentracją barwników, a plonem wskazuje na korelację liniową między tymi cechami, im wyższa zawartość barwników fotosyntetycznych w liściach tym wyższy plon bulw. Najwyższą zawartość barwników odnotowano u roślin nawożonych nawozami naturalnymi w połączeniu z mineralnymi i właśnie pod wpływem tego rodzaju nawożenia uzyskano najwyższe plony bulw. Na pomiole kurzym i oborniku w połączeniu z azotem mineralnym plon bulw wynosił około $38 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, natomiast na międzyplonach gorczycy białej i rzepaku w połączeniu z azotem mineralnym około $30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Tradycyjnym i powszechnie stosowanym przez minione stulecie nawozem naturalnym w uprawie ziemniaka był obornik. Nawóz ten nie tylko dostarczał roślinom składników pokarmowych, ale także kształtował pozytywnie środowisko glebowe. Między innymi dlatego też uprawa ziemniaka na oborniku najczęściej rozpoczynała zmianowanie zwłaszcza na glebach lżejszych. Wszyscy badacze analizujący wpływ obornika wykazali, że pozytywnie wpływał na wysokość plonów i korzystnie kształtował cechy jego jakości (Abdollahi i in. 2018, Ahmed i in. 2015, Balemi 2012, Baniuniene i in. 2008, Bleharczyk i in. 2008, Calskan i in. 2004, Ceglarek i in. 2004, Černý i in. 2010, Cieciora-Olczyk i Prośba-Białczyk 2018, Dzienia i in. 2004, Najm i in. 2012, Oliveira i in. 2010, Rasha i in. 2012, Roztropowicz 1989, Sidhu i in. 2007, Tsyganov i in. 2000, Wszelaczyńska i in. 2007) i dlatego też nawóz ten współcześnie stosuje się przede wszystkim w systemie rolnictwa ekologicznego. Wielu badaczy, a wśród nich (Kołodziejczyk i in. 2007, Murawska i in. 2015, Płaza 2004, Sayed i in. 2015, Trawczyński 2008, Zarzecka 2006), wskazało że na nawożeniu obornikiem uzyskane plony były wyższe o około 20% w

stosunku do nawożenia mineralnego. Potwierdzają to również badania własne, w których najwyższe plony uzyskano u roślin nawożonych nawozami naturalnymi, obornikiem oraz pomiotem kurzym i były one wyżej o około 16 % w stosunku do nawożenia mineralnego.

Innym nawozem naturalnym stosowanym również w nawożeniu ziemniaka, szczególnie w regionach w których jest rozwinięta produkcja drobiarska, jest pomiot, który zdaniem badaczy pozytywnie wpływa na poziom plonowania, wielkość bulw i dodatkowo kształtuje cechy jego jakości. W uprawie ziemniaka wielu badaczy (Aboi-Hussein i in. 2002, Al- Moshileh i in. 2007, Cieciora-Olczyk 2019a, b , El-Tantawy i in. 2009, Kandil i in. 2011, Kantikowati i in. 2019, Oustani i in. 2015, Rees i in. 2014, Yengl i in. 2012) podkreślają pozytywne oddziaływanie pomiotu na wysokość plonu, liczbę bulw jednej rośliny i wysokość plonu frakcji bulw handlowych.

Spadająca liczba zwierząt przyczyniła się w ostatnich dziesięcioleciach do znacznego zmniejszenia produkcji obornika. W tym kontekście coraz większego znaczenia w uprawie i nawożeniu wielu roślin odgrywają alternatywne źródła materii organicznej i składników pokarmowych dla roślin, między innymi międzyplony ścierniskowe oraz rozdrobniona słoma po zbiorze roślin zbożowych. Badacze zajmujący się tym zagadnieniem (Dzienia i Szarek 2000, Dzienia i in. 2004, Gleń i in. 2002, Kołodziejczyk i in. 2007, Płaza i in. 2009a, b, 2015, 2016, Płaza i Ceglarek 2006, 2009) podkreślają, że masa międzyplonów ścierniskowych wprowadzana do gleby korzystnie oddziałuje na jej właściwości fizyczne, wzbogaca kompleks sorpcyjny i właściwości buforowe gleby, a także ogranicza wypłukiwanie azotu, i stymuluje aktywność biologiczną gleby, co może powodować lepsze wykorzystanie składników mineralnych przez rośliny, a w konsekwencji wyższy plon bulw. Wyniki wieloletnich doświadczeń wskazują, że międzyplony ścierniskowe od kilkudziesięciu lat są powszechnie stosowane w nawożeniu wielu gatunków roślin w tym również ziemniaka (Boliłłowa i Gleń 2003, Dzienia i in. 2004, Płaza i Ceglarek 2009). Inni badacze (Trawczyński i Grześkiewicz 1999, Zarzecka 2006) oprócz międzyplonów ścierniskowych w nawożeniu ziemniaka wykorzystywali również rozdrobnioną słomę, a także węgiel brunatny i wykazali, że oba rodzaje nawożenia mogą być stosowane w zależności od warunków glebowych. Potwierdzeniem pozytywnego oddziaływania nawożenia organicznego masą roślinną międzyplonów ścierniskowych rzepaku i gorczyicy białej w badaniach własnych było uzyskanie plonów ziemniaka na tym rodzaju nawożenia wyższych o około $5\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w stosunku do roślin nienawożonych, lecz o około $8\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ niższych w stosunku do roślin nawożonych nawozami naturalnymi obornikiem i pomiotem kurzym.

Zastosowanie nawozów organicznych spowodowało, że bulwy roślin uprawianych na tych międzyplonach cechowały się, w stosunku do bulw roślin pozyskanych na nawożeniu naturalnym i mineralnym, wyższą zawartością suchej masy i skrobi. W badaniach Płaza 2004 stwierdziła, że nawożenie organiczne międzyplonami powodowało wzrost zawartości skrobi w bulwach ziemniaka o około 1% w porównaniu do bulw bez nawożenia. Niniejsze badania nie potwierdzają tego, ponieważ najwyższą zawartość skrobi i suchej masy w badaniach własnych odnotowano u roślin bez nawożenia.

Analizowane rodzaje nawożenia organicznego i naturalnego modyfikowały zawartość mikropierwiastków w bulwach ziemniaka. Najwyższą koncentracją wszystkich składników mineralnych cechowały się bulwy roślin rosnących na nawożeniu naturalnym pomiotem kurzym i obornikiem. Wyższą zawartością wszystkich składników azotu, fosforu potasu, magnezu, wapnia i sodu charakteryzowały się rośliny nawożone pomiotem, nieco niższą na oborniku. Z nawozów organicznych korzystniej na zawartość mikropierwiastków wpływało zastosowanie górczycy białej. Zróżnicowanie składu chemicznego w zawartości poszczególnych pierwiastków w zależności od różnego rodzaju nawożenia wykazali (Blecharczyk i in. 2008, Ceglarek i Płaza 2000, Gianquinto i Bona 2005, Kołodziejczyk i Szmigiel 2006, Majchrowska-Sefarin 2015, Pikki i in. 2007, Płaza 2004, Prośba-Białczyk i Tajner-Czopek 2006, Różyło i Pałys 2009).

W systemie rolnictwa konwencjonalnego niejednokrotnie łączy się nawożenie naturalne lub organiczne z nawożeniem mineralnym lub pomija nawożenie naturalne i organiczne bazując przede wszystkim na nawożeniu mineralnym, a badacze zgodnie podkreślają (Blecharczyk i in. 2000, Cieciora-Olczyk 2019a, b, Najm i in. 2012), że nawożenie mineralne jest niezbędnym elementem uzyskania wysokich plonów. Poziom wysokości nawożenia i aplikowanych dawek powinien bazować na zasobności gleby w składniki pokarmowe oraz uwzględniać wymagania biologiczne odmian szczególnie pod względem ilości azotu. Azot bowiem jest głównym pierwiastkiem plonotwórczym warunkującym nie tylko wysokość plonu, ale także kształtującym jego jakość. W uprawie ziemniaka w zależności od kierunku użytkowania zalecana dawka azotu zgodnie z Dziennikiem Ustaw w zależności od wczesności odmian i zasobności gleby dla ziemniaka późnego nie powinna przekraczać $180 \text{ N kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Przed wprowadzeniem Dyrektywy Azotanowej Unii Europejskiej 2010, niejednokrotnie stosowano dawki przekraczające $180 \text{ N kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ i wpływały one niekorzystnie na wysokość plonu i niektóre cechy jego jakości w tym między innymi zawartość azotanów w bulwach. Badania prowadzone przez (Jabłońskiego 2004b, Trawczyńskiego 2008, 2016 i Wierzbicką 2006) wskazują, że

zwiększone dawki nawozów azotowych obniżały zawartość suchej masy i skrobi, a zwiększały zawartość azotanów w bulwach. W badaniach własnych dawkę azotu obliczono w oparciu o ilość azotu wnoszonego do gleby w nawozach naturalnych i organicznych i wyliczono na 127 kg N·ha⁻¹. W celu zredukowania ilości azotu mineralnego w badaniach zastosowano azot mineralny w dawce 42 kg N·ha⁻¹ uzupełniając 25g·ha⁻¹ preparatu Rhizosum N zawierającego bakterie *Azotobacter vinelandii*. W wyniku zastosowania zredukowanej dawki azotu w połączeniu z preparatem Rhizosumu N uzyskano, średnio dla trzech lat badań, plony niższe o około 0,5 t·ha⁻¹, niż przy zastosowaniu pełnej dawki nawożenia mineralnego. Bulwy roślin pozyskanych na nawożeniu azotem w połączeniu z preparatem Rhizosum N cechowały się wyższą 0,3% zawartością suchej masy i 0,8% zawartością skrobi. Ten sam preparat zastosowany w uprawie pszenicy w badaniach włoskich (Dal Cortivo 2018, 2020) wpływał korzystnie na plon i zawartość glutenu. W badaniach własnych wykazano również istotną interakcję pomiędzy nawożeniem mineralnym w połączeniu z preparatem Rhizosum N, a przebiegiem pogody w latach badań. Preparat Rhizosum N w najmniej korzystnym roku 2019 cechującym się najniższą sumą i najmniej korzystnym rozkładem opadów wpłynął na uzyskanie wyższych plonów w stosunku do lat korzystniejszych 2017 i 2018. W tym też roku uzyskano plony wyższe o 2,7 t·ha⁻¹ w stosunku do nawożenia mineralnego azotem. Analizując współdziałanie między pełną dawką azotu mineralnego i zredukowaną dawką azotu w połączeniu z preparatem Rhizosum N, a nawożeniem organicznym międzyplonami rzepaku i gorzycy białej i naturalnym obornikiem oraz pomiotem kurzym stwierdzono korzystne oddziaływanie preparatu Rhizosum N w połączeniu z pomiotem kurzym lub gorzycą białą.

W uprawie ziemniaka w ostatnich dziesięcioleciach badacze stosowali też inne preparaty stymulujące metabolizm roślin i życie biologiczne gleby np. UGmax (Zarzecka i in. 2018), EUROFERTIL 33N-PROCESS (Trawczyński i Prokop 2016), Asahi SL (Sawicka i Skiba 2009) i stwierdzili pozytywne ich oddziaływanie na wysokość plonu i cechy jego jakości. Wpływ podobnych preparatów aktywizujących wzrost roślin, lecz w uprawie buraków cukrowych i kukurydzy, wykazał (Artyszak i Gozdowski 2020a, b), gdyż stwierdzili, że zredukowanie dawki azotu o 30% nie obniżyło plonu cukru w buraku, a w uprawie kukurydzy spowodowało zwiększenie plonu ziarna.

Zastosowane nawożenie organiczne międzyplonami rzepaku i gorzycy białej oraz naturalne obornikiem i pomiotem kurzym w badaniach własnych, istotnie modyfikowało zawartość witaminy C. Najwyższą zawartość tego związku odnotowano u roślin w fazie

BBCH 60 a najniższą w fazie BBCH 99. Wykazano również istotne różnice w zawartości witaminy C pod wpływem azotu zastosowanego w pełnej dawce azotu mineralnego i dawce zredukowanej w połączeniu z preparatem Rhizosum N. Ponadto, wykazano interakcję między nawożeniem organicznym, naturalnym i azotem mineralnym. Zastosowanie azotu w pełnej dawce $127 \text{ N kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ spowodowało wzrost zawartości witaminy C w połączeniu z nawożeniem obornikiem i międzyplonem rzepaku, natomiast azot zastosowany w dawce zredukowanej w połączeniu z preparatem Rhizosum N oddziaływał korzystnie na zawartość witaminy C w bulwach roślin uprawianych na pomiole kurzym i na międzyplonie gorczycy białej. Wpływ różnych rodzajów nawożenia na zawartość witaminy C analizowali również (Bolińska i Gleń 2003, Dzienia i in. 2004, Płaza 2004, Hamouz i in. 2005, 2007) w których podkreślono, że nawożenie organiczne obornikiem oraz międzyplonami oddziałuje korzystnie na zawartość tego związku. Zmiany zawartości witaminy C mogą być modyfikowane pod wpływem nawożenia, ale jak wykazały wcześniejsze badania Puły i Skowery (2004) również pod wpływem warunków klimatycznych, gdyż stwierdzono, że w latach ciepłych i suchych o dużym nasłonecznieniu był wzrost zawartości witaminy C w bulwach w porównaniu do lat chłodnych i mokrych. W badaniach własnych natomiast nie stwierdzono istotnego wpływu warunków pogodowych na zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka odmiany jadalnej.

W literaturze przedmiotu brakuje badań odnośnie wpływu preparatu Rhizosum N na kształtowanie cech jakości ziemniaka i dlatego też to zagadnienie powinno być nadal analizowane.

7. Wnioski

1. Przebieg wegetacji i plonowanie ziemniaka niezależnie od sposobów nawożenia jest modyfikowane przez warunki przyrodnicze, a przede wszystkim ilość i rozkład opadów w czasie wegetacji, a szczególnie tuberyzacji i narastania masy bulw.
2. W nawożeniu ziemniaka istotnym zagadnieniem jest uwzględnienie genotypu odmiany, gdyż jak wykazały badania odmiany różnie reagują na analizowane sposoby nawożenia. Odmiana jadalna wykształciła wyższą masę bulw i plon na nawożeniu naturalnym pomiotem kurzym i organicznym gorczycą białą, a odmiana skrobiowa na nawożeniu obornikiem, a z międzyplonów ścierniskowych rzepakiem.
3. Analizowane rodzaje nawożenia ziemniaka bardzo wyraźnie kształtowały rozwój roślin, narastanie masy plonu, wysokość plonu końcowego oraz cechy jego jakości.
4. Zastosowanie preparatu Rhizosum N w uprawie obu odmian ziemniaka pozwala na uzyskanie plonów zbliżonych do plonów otrzymanych na pełnym nawożeniu mineralnym azotem, a wykształcone bulwy przy zastosowaniu preparatu Rhizosum N cechowały się wyższą zawartością suchej masy, skrobi i witaminy C.
5. Szczególnie w niekorzystnych warunkach pogodowych preparat Rhizosum N pozytywnie wpływa na kształtowanie plonu i niektóre cechy jego jakości.
6. Analizowane rodzaje nawożenia kształtowały niektóre cechy jakości bulw. Nawożenie organiczne było korzystniejsze dla akumulacji skrobi i suchej masy, a zatem może być alternatywą dla nawożenia naturalnego w uprawie odmiany skrobiowej, natomiast nawożenie naturalne ze względu na korzystne oddziaływanie na zawartość mineralnych makroskładników oraz witaminy C jest predysponowane do nawożenia odmiany jadalnej.
7. Pozytywne oddziaływanie preparatu Rhizosum N może pozwolić na jego stosowanie w nawożeniu precyzyjnym lub w technologii cechującej się zrównoważoną intensyfikacją produkcji.

8. Bibliografia

1. Abdollahi M., Soleymani A., Shahrajabian M.H. 2018. Evaluation of yield and some of physiological indices of potato cultivars in relation to chemical, biologic and manure fertilizers. *Cercerári Agronomice in Moldova*, 2(174): 53-66.
2. Abou-Hyssein S.D., Abou-Hadid A.F., El-Shorbagy T. 2002. Effect of cattle and chicken manure with or with or without mineral fertilizers on vegetative growth, chemical composition and yield of potato crops. *ISHS Acta Horticulturae*, 608: 95-100.
3. Ahmed A.A., Zaki M.F., Shafeek M.R., Helmy Y.I. El-Baky M.M.H.A. 2015. Integrated use of farm yard manure and inorganic nitrogen fertilizer on growth, yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 4(10): 325-349.
4. Al-Jobori K.M.M., Al-Hadithy S.A. 2014. Response of potato (*Solanum tuberosum*) to foliar application of iron, manganese, copper and zinc. *Int. J. Agric. Crop Sci.*, 7: 358–363.
5. Al-Moshileh A.M., Motawei M.I. 2007. Effect of biofertilization (chicken and pigeon manures) on growth and yield of potato under Central Saudi Arabia Conditions. *Acta Hortic.*, 742: 169-173.
6. Ambroży-Deręgowska K., Mejza I. 2014. Niektóre aspekty statystyczne planowania doświadczeń nieortogonalnych typu split-split-plot. *Biul. IHAR.*, 274: 41-49.
7. Andruszczak E., Pietraś B., Szczegodzińska K. 1988. Skład chemiczny obornika stosowanego w tak zwanych gospodarstwach kontrolnych i jego udział w bilansie składników pokarmowych. *Roczniki Gleboznawcze.*, XXXIX (1): 87-97.
8. Artyszak A., Gozdowski D. 2020a. Is it possible to replace part of the mineral nitrogen dose in maize for grain by using growth activators and plant growth-promoting rhizobacteria? *Agronomy*, 10: 1647.
9. Artyszak A., Gozdowski D. 2020b. The effect of growth activators and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) on the soil properties, root yield, and technological quality of sugar beet. *Agronomy*, 10: 1262.
10. Bac S., Koźmiński C., Rojek M. 1998. *Agrometeorologia*. Wydanie 2 zm. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 32-33.

11. Balemi T. 2012. Effect of integrated use of cattle manure and inorganic fertilizers on tuber yield of potato in Ethiopia. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(2): 257-265.
12. Banaszekiewicz B., Grabowska K. 2001. Zmienność temperatury powietrza i opadów atmosferycznych i jej wpływ na plonowanie ziemniaków późnych w Polsce północnej. Cz. I., *Przegląd Naukowy Wydz. Inżynierii i Kształtowania Środowiska SGGW Warszawa*, 21: 25-30.
13. Baniuniene A., Zekaite V. 2008. The effect of mineral and organic fertilization of potato tuber yield and quality. *Latvian Journal of Agronomy*, 11(LLU): 202-206.
14. Bélanger G., Walsh J.R., Richards J.E., Milburn P.H., Ziadi N. 2002. Nitrogen fertilization and irrigation affects tuber characteristic of two potato cultivars. *American J. of Potato Res.*, 79: 269-279.
15. Bernat E. 2007. Wpływ stosowania użyźniacza glebowego na plonowanie i zdrowotność ziemniaków. *Mat. Konf. Nauk.-Szkol. nt. Nasiennictwo i ochrona ziemniaka. Kołobrzeg, 19–20 kwietnia*: 43–46.
16. Bienia B., Sawicka B., Krochmal-Marczak B. 2018. Oddziaływanie nawożenia dolistnego nawozami makro- i mikroelementowymi na plonowanie i strukturę plonu kilku odmian ziemniaka. *Fragm. Agron.*, 35(1): 17-28.
17. Biniak M., Kostrzewa S., Żyromski A. 2007. Uwarunkowania termiczne i opadowe potrzeb wodnych w rejonie Wrocławia na przykładzie ziemniaków średnio późnych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 519: 31-45.
18. Blecharczyk A., Małecka I. 2000. Reakcja ziemniaków na nawożenie organiczne i mineralne w doświadczeniu wieloletnim. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Szczecinie*, 84: 41-46.
19. Blecharczyk A., Małecka I., Piechota T., Sawińska Z. 2008. Wpływ następstwa roślin i nawożenia na plonowanie oraz skład chemiczny bulw ziemniaka odmiany Sante*. *Acta Scien. Pol. Agric.*, 7(3): 13-19.
20. Bogucka B., Cwalina-Ambroziak B., Zięba T. 2010. The effect of varied soil and foliar mineral fertilization levels in the production of high-starch potatoes. *Pol. J. Natural Sci.*, 25(3): 215-228.
21. Bokhtiar, S. M., and K. Sakurai. 2005. Integrated use of organic manure and chemical fertilizer on growth, yield, and quality of sugarcane in high Ganges River floodplain soils of Bangladesh. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36: 1823–1837.

22. Bolan N.S., Szogi A.A., Chuasavathi T., Seshadri B., Rothrock Jr. M.J., Panneerselvam P. 2010. Uses and management of poultry litter. *World's Poultry Science Journal*, 66(4): 673-698. DOI:10.1017/S0043933910000656.
23. Boligłowa E. 2007. Ochrona ziemniaka przy użyciu Efektywnych Mikroorganizmów (EM). *Magazyn Farmerski*, 4: 60–62.
24. Boligłowa E., Gleń K. 2003. Yielding and quality of potato tubers depending on the kind of organic fertilization and tillage method. *Elec. Jour. Pol. Agric. Univ., Top Agron.*, 1,6, www.ejpau.media.pl.
25. Boligłowa E., Gleń K. 2008. Assessment of effective microorganisms activity (EM) in winter wheat protection against fungal diseases. *Ecol. Chem. Eng.*, 15 (1–2): 23–27.
26. Bombik A., Markowska M., Starczewski J. 1999. Wpływ średnich miesięcznych temperatur powietrza i sum opadów na plonowanie ziemniaka w rejonie Siedlec. *Fol. Univ. Agric. Stetin. 202 Agricultura*, 79: 35–40.
27. Bombik A., Stankiewicz Cz., Starczewski J. 2008. Wpływ wybranych zabiegów agrotechnicznych na cechy jakościowe przechowywanych bulw ziemniaka. *Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie. Mat. Konf. Nauk., Szklarska Poręba, 12-15 maja 2008.*
28. Calskan M.E., S. Klc., E. Grunel, M. Mert. 2004. Effect of farmyard manure and mineral fertilization on growth and yield of Elary potato (*Solanum tuberosum* L.) under the Mediterranean conditions in Turkey. *Indian J. of Agron.*, 49(3): 198-200.
29. Ceglarek F., Płaza A. 2000. Wpływ nawożenia wsiewkami międzyplonowymi na jakość bulw ziemniaka jadalnego uprawianego w rejonie Siedlec. *Biul. IHAR.*, 2013: 109-116.
30. Ceglarek F., Płaza A., Buraczyńska D. 2004. Porównanie efektywności energetycznej nawożenia ziemniaka wsiewkami międzyplonowymi i obornikiem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 500: 263-270.
31. Centralny Ośrodek Badania odmian Roślin Uprawnych. Lista Opisowa odmian roślin rolniczych 2020. *Ziemniak. Słupia Wielka 2020*, 1-44.
32. Černý J., Balík J., Kulhánek M., Časová K., Nedvěd V. 2010. Mineral and organic fertilization efficiency in long-term stationary experiments. *Plant Soil Environ.*, 56: 28-36.

33. Chmura K. 2001. Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania uprawy ziemniaka w południowozachodniej Polsce. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rozprawy CLXXX, 410: 109.
34. Chmura K., Chylińska E., Dmowski Z., Nowak L. 2009. Rola czynnika wodnego w kształtowaniu plonu wybranych roślin polowych. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 9: 33-44.
35. Chmura K., Dzieżyc H., Piotrowski M. 2013. Reakcja ziemniaków średnio wczesnych oraz średnio późnych i późnych na czynnik wodny w warunkach gleb kompleksów pszennych i żytnich. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 2: 103-113.
36. Chrabąszcz K., Klusek G. 2008. Podnieśmy urodzajność gleby – Użyźniacz Glebowy UGmax. Aktualności Rolnicze, 4: 9–11.
37. Cieciora-Olczyk M. 2019a. Narastanie plonu ziemniaka pod wpływem nawożenia organicznego, naturalnego i azotem. *Fragm. Agron.*, 36(2): 7-17.
38. Cieciora-Olczyk M. 2019b. Wpływ nawożenia na plonowanie ziemniaka jadalnego. *Fragm. Agron.*, 36(3): 1-11.
39. Cieciora-Olczyk M., Prośba-Białczyk U. 2018. Naturalne i organiczne nawożenie ziemniaka jadalnego. *Ziemniak Polski*, 28(3): 19-24.
40. Cieciora-Olczyk M., Wilkosz M., Gołąb-Bogacz I., Kałuża M. 2017. The impact of fertilization on potato yield, w: *Rolnictwo XXI wieku - problemy i wyzwania 2017 / Łuczycka Deta (red.)*, Idea Knowledge Future, ISBN 978-83-945311-2-6, ss. 17-25
41. Ciećko Z., Grzegorzewski K., Żołnowski A., Naumowicz T. 2004. Oddziaływanie nawożenia mineralnego na plonowanie i zawartość cukru w korzeniach oraz zawartość chlorofilu w liściach buraka cukrowego. *Biul. IHAR.*, 234: 137-144.
42. Coops N.C., Stone C., Culvenor D.S., Chisholm L.A., Merton R.N. 2003. Chlorophyll content in eucalypt vegetation at the leaf and canopy scales as derived from high resolution spectral data. *Tree Physiol.*, 23(1): 23-31.
43. Dal Cortivo C., Ferrari M, Visioli G, Lauro M, Fornasier F, Barion G, Panozzo A and Vamerali T. 2020. Effects of seed-applied biofertilizers on rhizosphere biodiversity and growth of common wheat (*Triticum aestivum* L.) in the field. *Front. Plant Sci.*, 11: 72. doi: 10.3389/fpls.2020.00072.
44. Dal Cortivo, C., Barion, G., Ferrari, M., Visioli, G., Dramis, L., Panozzo, A., Vamerali T. 2018. Effects of field inoculation with VAM and bacteria consortia on

- root growth and nutrients uptake in common wheat, 10: 3286.
<https://doi.org/10.3390/su10093286>.
45. Darwish, T., Atallah, T., Hajhasan, S. et al. 2003. Management of nitrogen by fertigation of potato in Lebanon. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 67 (1): 1–11.
<https://doi.org/10.1023/A:1025107202143>.
 46. Demming B., Björkman O. 1987. Comparison of effect of excessive light on chlorophyll fluorescence and photon yield of O₂ evolution in leaves of higher plants. *Planta*, 171: 171-184.
 47. Dmowski L., Nowak L., Chmura K. 2004. Reakcja odmian ziemniaka o różnej długości wegetacji na zróżnicowane warunki wodno-nawozowe. *Biul. IHAR.*, 232: 141- 148.
 48. Dmowski Z., Dzieżyc H. 2009. Potrzeby opadowe pszenicy jarej na glebach kompleksów pszennego dobrego i żytniego bardzo dobrego w północno-wschodniej Polsce. *Acta Agroph.*, 166, 13(1): 39–48.
 49. Dmowski Z., Dzieżyc H., Nowak L. 2008. Ocena wpływu wybranych parametrów opadu i gleby na plonowanie pszenicy jarej w rejonie południowo-zachodnim Polski. *Acta Agroph.*, 158, 11(3): 613–623.
 50. Dmowski Z., Nowak L., Kruhlak A. 2002. Wpływ deszczowania, gęstości sadzenia i zróżnicowanego nawożenia mineralnego na wysokość i jakość plonu ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 489: 239–247.
 51. Dobrzański A., Anyszka Z., Elkner K. 2008. Reakcja marchwi na ekstrakty pochodzenia naturalnego z alg z rodzaju *Sargassum* – *AlgaminoPlant* i z leonardytu – *HumiPlant*. *J. Res. App. AgricEng.*, 53(3): 53–58.
 52. Dubicki A., Dubicka M., Szymanowski M. 2002. *Klimat Wrocławia. Środowisko Wrocławia – Informator*, Dolnośląska Fundacja Ekorozwoju, 9-25.
 53. Dzienia S., Boligłowa E. 1993. Rola mulczowania w podnoszeniu żyzności i urodzajności gleby. *Post. Nauk Rol.*, 1: 107–111.
 54. Dzienia S., Szarek P. 2000. Efektywność uprawy bezpłużnej oraz międzyplonów w produkcji ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 470: 145–152.
 55. Dzienia S., Szarek P., Pużyński S. 2004. Plonowanie i jakość ziemniaka w zależności od systemu uprawy roli i rodzaju nawożenia organicznego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 500: 235–242.
 56. *Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej*. Warszawa, dnia 12 lipca 2018 r. Poz. 1339, Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 5 czerwca 2018 r., 1-118.

57. Dzieżyc J. 1989. Potrzeby wodne roślin uprawnych, rodz. IV. Potrzeby wodne roślin okopowych pod red. Nowaka L., PWN Warszawa, 85-118.
58. E.M. Selim., A.A. Mosa., A.M. El-Ghamry. 2009. Evaluation of humic substances fertigation through surface and subsurface drip irrigation systems on potato grown under Egyptian sandy soil conditions. *Agricultural water management*, 96(8): 1218-1222.
59. El-Tantawy I.M., El-Ghamry A.M., Habib A.H. 2009. Effect of chicken manure and manure compost tea on potato field and soil fertility. *J. Agric. Sci. Mansoura Univ.*, 34(1): 659-668.
60. Emitazi G., Nader A., Etemadifar Z. 2004. Effect of nitrogen fixing bacteria on growth of potato tubers. *Advances in Food Sci.*, 26(2): 56–58.
61. Ertani A., Pizzeghello D., Francioso O., Sambo P., Sanchez-Cortes S., Nardi S. 2014. *Capsicum chinensis* L. growth and nutraceutical properties are enhanced by biostimulants in a long-term period: chemical and metabolomic approaches. *Front. Plant Sci.*, 5: 375.
62. Feng, Z., Kang, Y., Wan, S., & Liu, S. 2018. Effect of Drip Fertigation on Potato Productivity with Basal Application of Loss Control Fertilizer in Sandy Soil. *Irrigation and Drainage*, 67(2): 210–221. <https://doi.org/10.1002/ird.2183>.
63. Fernandez V., Sotiropoulos T., Brown P. 2013. Foliar fertilization. Scientific, principles and field practices. International Fertilizer Industry Association (IFA). Paris, France, 144.
64. Frąckowiak-Pawlak K. 2011. Wyniki wieloletnich doświadczeń z UGmax. *Poradnik Gospodarski*, 2: 11.
65. Gaj R., Chudzińska E, Borowski J., Spychalski W. 2020a. Effects of foliar fertilization with potassium and micronutrients on macronutrient content and accumulation by potato. *J. Elem.*, 25(3): 1213-1231 DOI: 10.5601/jelem.2020.25.1.1990.
66. Gaj R., Górski D., Majchrzak L. 2020b. The effect of potassium and micronutrient foliar fertilisation on the content and accumulation of microelements, yield and quality parameters of potato tubers. *Agriculture*, 10, 530.
67. Gaj R., Borowski-Beszta J. 2020c. Effects of foliar fertilization with potassium and micronutrients on potato yield and quality. *Eur. J. Hortic. Sci.*, 85(6): 394–400.
68. Gaj R., Murawska B., Fabisiak-Spychaj E., Budka A., Kozera W. 2018. The impact of intercrops and foliar application of micronutrients on the accumulation of

- macronutrients in potato tubers during the physiological maturity phase. *Eur. J. Hortic. Sci.*, 83(6): 345-355.
69. Gębczyński P. 2003. Zmiany ilościowe wybranych składników chemicznych w procesie mrożenia i zamrażalniczego składowania głównych i bocznych róż brokuła. *Acta Sci. Pol. – Technologia Alimentaria*, 2(1): 31-39.
70. Ghosh, P. K., Ajay, K. K. Bandyopadhyay, M. C. Manna, K. G.Mandal, A. K. Misra, and K.M. Hati. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost, and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid Tropics, II: Dry-matter yield, nodulation, chlorophyll content, and enzyme activity. *Bioresource Technology*, 95:85–93.
71. Gianquinto G., Bona S. 2000. The significance of trends in concentrations of total nitrogen and nitrogen ous compounds [in:] *Management of nitrogen and water in potato production*. Haverkort A.J., MacKerron D.K.L. (eds). Wageningen, 35-54.
72. Gleń K., Boligłowa E., Pisulewki P. 2002. Wpływ różnego rodzaju nawożenia organicznego na jakość bulw ziemniaka. *Mat. Konf. „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie. Perspektywy ekologicznej produkcji ziemniaka w Polsce”*. Polanica-Zdrój, 13–16 maja 2002: 100–101.
73. Głodowska M., Gałązka A. 2018. Intensyfikacja rolnictwa a środowisko naturalne. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 592: 3-13.
74. Głuska A. 2000. Nawadnianie jako czynnik kształtujący jakość plonów ziemniaka. *Biul. IHAR.*, 213: 179-184.
75. Głuska A. 2002. Wpływ warunków glebowych i rozkładu opadów na plon i niektóre cechy jakości bulw jako ograniczenia w produkcji ekologicznej ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 489: 113-121.
76. Griess H., Moll A. 1985. Vorschlag eines neuen Systems von Entwicklungsstadien der Kartoffel. *Arch. Acker-Pflanzenb. Bodenkd.*, Berlin, 29 (5): 303-310.
77. Grześkiewicz H. 2000. Pomiot kurzy jako nawóz pod ziemniaki. *Folia Agriculturae Stetinensis. Agricultura*, 84: 115-119.
78. Güler, S. 2009. Effects of nitrogen on yield and chlorophyll of potato (*Solanum tuberosum*) cultivars. *Bangladesh Journal of Botany*, 38:163–169.
79. Hammes E. 2003. EM e.V. Mitglieder reisen zu EM-Projekten. *EM Journal*, 3: 4-6.
80. Hamouz K., Lachman J., Dvořák P., Duškova O., Čížek M. 2007. Effect of conditions of locality, variety and fertilization on the content of ascorbic acid in potato tubers. *Plant Soil Environ.*, 53: 252–257.

81. Hamouz K., Lachman J., Dvořák P., Picev V. 2005. The effect of ecological growing on the potatoes yield and quality. *Plant Soil Environ.*, 51: 397–402.
82. Harasimowicz-Hermann G., Hermann J. 2006. Funkcja międzyplonów w ochronie zasobów mineralnych i materii organicznej gleb. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 512: 140–153.
83. Helander C.A., Delin K. 2004. Evaluation of farming systems according to valuation incides developed within a European network on integrated and ecological arable farming systems. *Eur. J. Agron.*, 21: 53–67.
84. Higa T. 2000: *Eine Revolution zur Rettung der Erde*. OLV Verlags: 44-46.
85. Higa T. 2002: *Die wiedergewonnene Zukunft*. OLV Verlags: 53-82.
86. Hoyt G.D., Hargrove W.L. 1986. Legume cover crops for improving crop and soil management in the Southern United States. *Hortic. Sci.*, 21: 397–402.
87. Jabłoński K. 2002. Agrotechniczne i jakościowe efekty precyzyjnego proekologicznego nawożenia ziemniaków. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 489: 183-193.
88. Jabłoński K. 2004a. Wpływ nawożenia azotowego na plon i jakość nowych odmian ziemniaka jadalnego uprawianych na glebach średnio zwięzłych. *Biul. IHAR.*, 232: 157-165.
89. Jabłoński K. 2004b. Efektywność nawożenia azotem nowych odmian ziemniaków skrobiowych. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 500: 253-262.
90. Jabłoński K. 2006. Wpływ poziomu nawożenia azotem na plon i zawartość skrobi oraz na jakość nowych odmian ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 512: 193-200.
91. Jabłoński K. 2008. Maszyny i urządzenia do precyzyjnego nawożenia ziemniaków i efekty produkcyjne. *Inżynieria Rolnicza*, 1(99): 119-126.
92. Jabłoński K. 2009. Produkcyjne i jakościowe efekty dolistnego nawożenia ziemniaków Sonatą Z i Alkalinem PK 10:20. *Ann. UMCS, Sect. E, Agricultura*, 64(1): 59–67.
93. Jakiene E., Venskutonis V., Mickevicius V. 2008. The effect of additional fertilization with liquid complex fertilizers and growth regulators on potato productivity. *Scientific Works of the Lithuanian Institute of Horticulture and Lithuanian University of Agriculture. Sodininkystre Ir Darzininkyste*, 27(2): 259–267.

94. Jaskulski D. 2000. Wpływ ilości i sposobu umieszczenia w glebie biomasy łubinu żółtego na wschody i początkowy wzrost pszenicy ozimej i jęczmienia jarego. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rolnictwo 45: 39-46.
95. Jaskulski D., Tomalak S. 2001. Wpływ głębokości i sposobu umieszczenia biomasy różnych gatunków roślin w glebie na wschody i masę siewki jęczmienia jarego. Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy, Rolnictwo, 47: 7-14.
96. Jawad T.M., Al-Fadhly. 2016. Response of potato (*Solanum tuberosum*) to foliar application of zinc and manganese which fertilized by organic fertilizer. IOSR. J. Agric. Vet. Sci., 9(4): 87-91.
97. Kaczmarek Z., Wolna-Maruwka A., Jakubis M. 2008. Zmiany liczebności wybranych grup drobnoustrojów glebowych oraz aktywności enzymatycznej w glebie inokulowanej Efektywnymi Mikroorganizmami (EM). J. Res. App. AgricEng., 53 (3): 122–125.
98. Kalbarczyk R. 2003. Warunki termiczno-opadowe a plonowanie ziemniaka w Polsce. Ann. UMCS, Sect. E Agricultura, 58: 35-44.
99. Kalbarczyk R. 2004. Czynniki agrometeorologiczne a plony ziemniaka w różnych rejonach Polski. Acta Agroph., 4 (2): 339 - 350.
100. Kalbarczyk R. 2005. Wpływ opadów atmosferycznych na plonowanie ziemniaka w Polsce. Biul. Nauk., 25(1): 133–145.
101. Kalbarczyk R., Kalbarczyk E. 2004. Czasowo-przestrzenna struktura opadów atmosferycznych w okresie wegetacji różnych grup wczesności ziemniaka w Polsce. Acta Agroph., 4(3): 687–697.
102. Kalbarczyk R., Kalbarczyk E. 2009. Potrzeby i niedobory opadów atmosferycznych w uprawie ziemniaka średnio późnego i późnego w Polsce. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 3: 129-140.
103. Kandil A.A., Attia A.N., Badawi M.A., Sharief A.E., Abido W.A.H. 2011. Effect of Water Stress and Fertilization with Inorganic Nitrogen and Organic Chicken Manure on Yield Components of Potato. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(9): 997-1005.
104. Kantikowati E., Karya Y Yusdian., Suryani C. 2019. Chicken manure and biofertilizer for increasing growth and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) of Granola varieties. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., 393: 012017.
105. Keutgen A.J., Pobereżny J., Wszelaczyńska E., Murawska B., Spychaj-Fabisiak E. 2014. Wpływ przechowywania na procesy ciemnienia bulw ziemniaka

- (*Solanum tuberosum* L.) i ich właściwości prozdrowotne. Inż. Ap. Chem. 53(2): 86–88.
106. Kołodziejczyk M. 2014. Effect of nitrogen fertilization and microbial preparations on potato yielding. *Plant Soil Environ.*, 60(8): 379-386.
 107. Kołodziejczyk M., Szmigiel A. 2005. Zawartość makroelementów w bulwach ziemniaka jadalnego w zależności od kompleksu glebowego, odmiany oraz nawożenia. *Fragm. Agron.*, 1(85): 436-445.
 108. Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Kielbasa S. 2007. Plonowanie oraz skład chemiczny bulw ziemniaka w warunkach zróżnicowanego nawożenia. *Fragm. Agron.*, 2 (94): 142–150.
 109. Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Kulig B., Oleksy A. 2013. Ocena plonowania, składu chemicznego i jakości bulw wybranych odmian ziemniaka skrobiowego*. *Inżynieria Rolnicza*, 3(146): 123-130.
 110. Körschens M., 1999. Yield and quality of products depending on different fertilization in the last 20 years in the static fertilization experiment at Bad Lauchstädt. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 465: 25-38.
 111. Krochmal-Marczak B., Sawicka B., Bienia B., Kiełtyka-Dadasiewicz A., Borkowska H. 2014. Plonowanie i jakość bulw odmian ziemniaka jadalnego w warunkach stosowania zróżnicowanego nawożenia azotowego w województwie podkarpackim. W: *Współczesne dylematy polskiego rolnictwo*. Zarzecka K., Kondracki S. (red.). Wyd. PSW JPII, Biała Podlaska. Cz. III: 345–352.
 112. Kruszelewski L., Łabętowicz J. 1992. Wpływ nawożenia mineralnego o różnym zrównoważeniu składników pokarmowych i trwałego stosowania obornika na plony roślin w zmianowaniu. Cz. I. Trwałe doświadczenie nawozowe w Łyczynie (1960-1985). *Rocz. Nauk Rol. A*, 109(3): 81-93.
 113. Krzysztofik B., Skonieczny P. 2010. Wpływ okresu przechowywania na zmiany właściwości fizycznych bulw ziemniaka. *Inż. Rol.*, 4(122): 135–140.
 114. Kuś J., Jończyk K. 2000. Regenerująca rola międzyplonów w zbożowych członach zmianowania. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 470: 59-65.
 115. Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic Biomembranes. In *Methods in Enzymology*. Academic Press, Orlando, Fl., USA. Vol., 148: 183-350.

116. Maciejewski T., Szukała J., Jarosz A. 2007. Wpływ biostymulatora Asahi SL na cechy jakościowe bulw ziemniaków. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 52(3): 109-112.
117. Majchrowska-Sefarin A. 2015. Wpływ zastosowania podłoża pieczarkowego na plon i zawartość wybranych makroelementów w bulwach ziemniaka i ziarnie pszenicy. *Fragm. Agron.*, 32(2): 63-70.
118. Makarewicz A. 2015. Jakość konsumpcyjna bulw ziemniaka nawożonego wsiewkami międzyplonowymi w integrowanym i ekologicznym systemie produkcji. *Biul. IHAR.*, 276: 105-114.
119. Maltas A., Dupuis B., Sinaj S. 2018. Yield and quality response of two potato cultivars to nitrogen fertilization. *Potato Res.*, 61: 97-114.
120. Marks N., Krzysztofik B. 2002. Ocena proekologicznego nawożenia ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 489: 213-219.
121. Martín I., N. Alonso, M.C. López, M. Prieto, C. Cadahía, and E. Eymar. 2007. Estimation of leaf, root, and sap nitrogen status using the SPAD-502 chlorophyll meter for ornamental shrubs. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38: 1785–1803.
122. Mau F.-P. 2002: *EM Anwenderbuch*. Verlag Goldmann: 121-123.
123. Mazurczyk W., Wierzbicka A., Wroniak J. 2009. Wpływ optymalizacji nawadniania i nawożenia azotem na wybrane parametry wzrostu roślin oraz plon wczesnej odmiany ziemniaka. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 3: 91-99.
124. Mazurczyk W., Wroniak J., Wierzbicka A. 2008. Wpływ nawadniania kropłowego i fertygacji na akumulację plonu białka i suchej masy w bulwach ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 530: 177-186.
125. *Metodyka Integrowanej Produkcji Ziemniaków*. Główny Inspektorat Ochrony Roślin i Nasiennictwa. Warszawa, luty 2020, 1-84.
126. Michałek W., Sawicka B. 2002. Chlorophyll fluorescence as physiological index of potato varieties. *Conf. EAPR, Hamburg*, 14-19.07, 266.
127. Michałek W., Sawicka B., Pszczółkowski P. 2000. Prediction early potato varieties yielding. *Proceedings of the 3RD International Conference on Predictive modelling in Foods*. 12-15.09, Leuven, 207-210.

128. Mousavi S.R., Galavi M., Ahmadvand G. 2007. Effect of zinc and manganese foliar application on yield, quality and enrichment on potato (*Solanum tuberosum* L.). *As. J. Plant Sci.*, 6: 1256–1260.
129. Murawska B., Spychaj-Fabisiak E., Majcherczak E., Kozera W., Gaj R., Różański S. 2015. Znaczenie międzyplonów i mikroelementów w uprawie ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.*, 580: 75-83.
130. Mussaddak J. 2007. Efficiency of Nitrogen Fertilizer for Potato under Fertigation Utilizing a Nitrogen Tracer Technique, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38:17-18, 2401-2422. DOI: 10.1080/00103620701588775.
131. Mystkowska I. 2019. Wpływ stosowania biostymulatorów na zawartość suchej masy i skrobi w bulwach ziemniaka jadalnego. *Fragm. Agron.*, 36(1): 45-53.
132. Myszograj S., Puchalska E. 2012. Odpady z chowu i uboju drobiu – zagrożenie dla środowiska czy surowiec do produkcji energii. *Medycyna Środowiskowa*, 15(3): 106-115.
133. Najm A.A., Hadi M.R.H.S., Fazeli F., Darzi M.T., Rahi A. 2012. Effect of integrated management of nitrogen fertilizer and cattle manure on the leaf chlorophyll, yield and tuber glycoalkaloids of *Agria* potato. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.*, 43: 912–923.
134. Nowacki W. 2006. Udział plonu handlowego w plonie ogólnym jadalnych odmian ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 511: 429-439.
135. Nurmanov Yerbol T., Chernenok Valentina G., Kuzdanova Roza S. 2019. Potato in response to nitrogen nutrition regime and nitrogen fertilization. *Field Crops Research*, 231: 115-121.
136. Oliveira, A. P., Santos, J. F., Cavalcante, L. F., Pereira, W.E., Santos, M. C. C. A; Oliveira, A. N. P.; Silva, N.V. 2010. Yield of sweet potato fertilized with cattle manure and biofertilizer. *Horticultura Brasileira*, v.28: 277-281.
137. Ostrowski J., Łabędzki L., Kowalik W., Kanecka-Geszke E., Kasperska-Wołowicz W., Smarzyńska K., Tusiński E. 2008. Atlas niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych w Polsce. *Falenty–Warszawa*, Wyd. IMUZ, 19–32.
138. Oustani M., Halilat M.T., Chenchoui H. 2015. Effect of poultry manure on the field and nutrients uptake of potato under saline conditions of arid regions. *Emir. J. Food Agric.*, 27(1): 10-120.

139. Panasiewicz K., Koziara W. 2007. Plonowanie i wartość siewna ziarna pszenicy ozimej w zależności od uwarunkowań wodnych i sposobu uprawy roli. *Fragm. Agronom.* XXIV, 4(96): 65–71.
140. Peters R. 2001. Trends in der Kartoffeltechnik. *Landtechnik* 6. s. 382-385.
141. Peyvast G.H., Sedghi Moghaddam M., Olfati J.A. 2007. Effect of municipal solid waste compost on weed control, yield and some quality indices of green pepper (*Capsicum annuum* L.). *Biosciences, Biotechnology Research Asia*, Vol. 4(2): 449-456.
142. Pikki K., Vorne V., Ojanpera K., Pleijel H. 2007. Impact of elevated O₂ and CO₂ exposure on potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Bintje) tuber macronutrients (N, P, K, Mg, Ca). *Agroc. Ecosyst. Environ.*, 118: 55-64.
143. Pińska M., Wojdyła T., Rolbiecki S., Rzekanowski C., Rolbiecki R. 2009. Wpływ nawadniania uzupełniającego i nawożenia azotem na jakość wczesnych odmian ziemniaka. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 6: 245-256.
144. Płaza A. 2004. Skład chemiczny bulw ziemniaka jadalnego w warunkach różnicowanego nawożenia organicznego. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, E Agric.*, 59 (3): 1327–1334.
145. Płaza A. 2007. Plonowanie a opłacalność uprawy ziemniaka nawożonego międzyplonami i słomą. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 6(1): 5–12.
146. Płaza A. 2010. Wartość konsumpcyjna bulw ziemniaka nawożonego międzyplonami w środkowo-wschodniej Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 557: 193-199.
147. Płaza A., Ceglarek F. 2006. Jakość bulw ziemniaka jadalnego nawożonego wsiewkami międzyplonowymi i słomą jęczmienia jarego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 511: 217–223.
148. Płaza A., Ceglarek F., Próchnicka M. 2009a. Wpływ międzyplonów ścierniskowych na plon i strukturę plonu bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.*, 26(3): 137-145.
149. Płaza A., Ceglarek F. 2009. Tuber quality of edible potato fertilized with catch crops and barley straw. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, E Agric.*, 64(3), 79–91.
150. Płaza A., Ceglarek F., Królikowska M. A. 2009b. Wpływ międzyplonów i słomy jęczmienia jarego na jakość bulw ziemniaka jadalnego. *Fragm. Agron.*, 26(4): 132-139.

151. Płaza A., Kurkus E. 2007. Międzyplon facelii zamiast obornika zwiększa opłacalność uprawy ziemniaka jadalnego. *Ziem. Pol.*, 3: 23–26
152. Płaza A., Makarewicz A. 2014. Wartość konsumpcyjna ziemniaków nawożonych wsiewkami międzyplonowymi w integrowanym i ekologicznym systemie produkcji. *Ziemniak Polski*, 4: 15-18.
153. Płaza A., Makarewicz A., Gąsiorowska B. 2015. Tuber yield and chemical composition of table potato fertilized of different organic manure in organic and integrated system. *Elec. Jour. of Pol. Agric. Univ., Ser. Agron.*, 18, 3, www.ejpau.media.pl
154. Płaza A., Makarewicz A., Gąsiorowska B., Cybulska A. 2016. Wpływ warunków pogodowych i nawożenia wsiewką międzyplonową na plon i skład chemiczny bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.*, 33(4): 87-96.
155. Płaza A., Makarewicz A., Gąsiorowska B., Cybulska A., Górski R., Rzążewska E. 2017. Macroelement content in potato tubers as affected by manuring with under sown Catach crop, and production system. *EJPAU*, 20(4): #16. <http://www.ejpau.media.pl/volume20/issue4/art-16.html>
156. Prośba-Białczyk U. 1992. Wpływ terminu sadzenia i nawożenia azotem na jakość plonu ziemniaka. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A*, 109(3): 134-141.
157. Prośba-Białczyk U., Tajner-Czopek A. 2006. Narastanie plonu i gromadzenie skrobi oraz składników mineralnych w bulwach czterech odmian ziemniaka w zależności od nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 511(1): 317-326.
158. Puła J., Skowera B. 2004. Zmienność cech jakościowych bulw ziemniaka odmiany Mila uprawianego na glebie lekkiej w zależności od warunków pogodowych. *Acta Agroph.*, 3(2): 359-366.
159. Puła J., Skrzypek E., Łabza T., Dubert F. 1999. Fluorescencja chlorofilu jako jeden ze wskaźników plonowania ziemniaka. *Mat. Konf. Nauk. nt.: Ziemniak jadalny dla przetwórstwa spożywczego – czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość. Radzików, 23-25.02*, 110-122.
160. Pytlarz-Kozicka M. 2002. Wpływ sposobów pielęgnowania na wysokość i jakość plonów ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 489: 147–155.
161. Radzka E., Rymuza K., Lenartowicz T. 2015. Wpływ opadów atmosferycznych na plonowanie średnio wczesnych odmian ziemniaka jadalnego w różnych rejonach Polski. *Acta Agroph.*, 22(4): 421-432.

162. Rasha R. Eid, S.F. EL-Sayed. 2012. Effect of organic and bio-fertilization on potato productivity. *Special Issue New Medit* 4: 66-68
163. Rasool A.I.J., Al-Jebory K.H., Al-Sahaf F.H. 2010. Effect of foliar application of unigreen and solu potash on yield and quality of potato tuber. *Jordan J. Agri. Sci.*, 6(1): 111–119.
164. Rees H.W., Chow T.L., Zebarth B., Xing Z., Toner P., Lavoie J., Daigle J.L. 2014. Impact of supplemental poultry manure application on potato field and soil properties on a loam soil in North-western New Brunswick. *Can. J. Soil Sci.*, 94: 49-65.
165. Roztropowicz S. 1986. Występowanie niedoboru wody w okresie wegetacji ziemniaka w Polsce. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 268: 305–323.
166. Roztropowicz S. 1989. Środowiskowe, odmianowe i nawozowe źródła zmienności składu chemicznego bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.*, 6(6): 33-75.
167. Roztropowicz S. 1992. Produkcyjne skutki zmniejszenia nakładów na agrotechnikę ziemniaka. *Mat. Konf. Nauk. „Produkcyjne skutki zmniejszania nakładów na agrotechnikę roślin uprawnych” ART.*, Olsztyn, 25-26 III 1992: 250-262.
168. Różyło K., Pałys E. 2009. Skład chemiczny bulw ziemniaka i jego korelacje z zachwaszczeniem w zależności od rodzaju nawożenia oraz kategorii agronomicznej gleby. *Ann. UMCS, Sec. E, Agric.*, 44(3): 110-119.
169. Rzekanowski C., Wojdyła T., Rolbiecki S., Rolbiecki R., Grzelak B. 2005. Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na plon oraz wartość technologiczną i przechowalniczą ziemniaka odmiany ‘Triada’. *Inż. Rol.*, 9(4): 217-225.
170. Sawicka B., Krochmal-Marczak B. 2009. Wpływ stosowania nawozu dolistnego Insol 7 i bioregulatora Asahi SL na zdrowotność bulw kilku odmian ziemniaka. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska. Sectio E. Agrocultura.*, 64(2): 29-38.
171. Sawicka B., Michałek M 2003. Zmiany aktywności fotosyntetycznej i plonowaniu odmian ziemniaka w warunkach środkowo-wschodniej Polski. *Konf. Nauk. „Znaczenie odmiany w agrotechnice i przechowalnictwie ziemniaka”.* Jadwisin, 26-27 marca, 39.
172. Sawicka B., Michałek W., Pszczołkowski P. 2011. Uwarunkowania potencjału plonowania średnio późnych i późnych odmian ziemniaka w warunkach środkowo-wschodniej Polski. *Biul. IHAR.*, 259: 219-228.

173. Sawicka B., Pszczółkowi P. 2004. Fenotypowa zmienność struktury plonu odmian ziemniaka w warunkach środkowo-wschodniej Polski. *Biul. IHAR.*, 232: 53-66.
174. Sawicka B., Skiba D. 2009. Wpływ dokarmiania dolistnego na zdrowotność roślin ziemniaka w okresie wegetacji. *Ann. UMCS, Sect. E, Agricultura*, 64(2): 39–51
175. Sayed F. El-Sayed, Hassan A. Hassan, Mohamed M., El-Mogy. 2015. Impact of Bio- and Organic Fertilizers on Potato Yield, Quality and Tuber Weight Loss After Harvest. *Potato Research*, 58: 61-81.
176. Sądej W., Przekwas K., Bartoszewicz J. 2004. Zmienność plonu i składu chemicznego bulw ziemniaka w warunkach zróżnicowanego wieloletniego nawożenia. *Ann. Univ. Mariae Curie- -Skłodowska, Sect. E, Agricultura*, 59(1): 83-92
177. Sądej W., Żołnowski A., Namiotko A. 2010. Kształtowanie wybranych elementów oceny jakości bulw ziemniaka pod wpływem różnych systemów nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 556(1): 259-270.
178. Shaahan M.M., A. A. El-Sayed, and E. A. A. Abou El-Nour. 1999. Predicting nitrogen, magnesium, and iron nutritional status in some perennial crops using portable chlorophyll meter. *Scie. Hortic.*, 82: 339–348.
179. Sidhu, A.S., Thind, S.S., Sekhon, N.K., Hira, G.S. 2007. Effect of Farmyard Manure and P application to potato on available P and Crop Yield of Potato-Sunflower Sequence. *Journal of Sustainable Agriculture*, 3: 5-15.
180. Singh J., Singh M., Jain A., Bhardwaj S., Singh A., Singh D.K., Bhushan B., Dubey S.K. 2013. An introduction of plant nutrients and foliar fertilization: a review. In: *Precision farming: a New approach*. Daya Publishing Company. New Delhi, 252-320.
181. Skwaryło-Bednarz B., Krzepiło A. 2009. Wpływ zróżnicowanego nawożenia NPK na zawartość chlorofilu w liściach dwóch odmian szarłatu (*Amaranthus cruentus* L.) uprawianego w siewie szeroko rzędowym. *Acta Agroph.*, 14(2): 469-477.
182. Songin W. 1998. Międzyplony w rolnictwie proekologicznym. *Post. Nauk Rol.*, 2: 43-51.

183. Spiertz J.H.J., Haverkort A.J., Vereijken P.H. 1996. Environmentally safe and consumer-friendly potato production in the Netherlands. 1. Development of ecologically sound production systems. *Potato Res.*, 39: 371–378.
184. Spyrka B., Prośba-Białczyk U., Cieciora M., Wilkosz M. 2016. Wpływ dolistnego nawożenia na plonowanie i skład chemiczny ziemniaka. *Zesz. Nauk. Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Rolnictwo*, 620: 73-81.
185. Stopes C., Milington S., Woolward L. 1996. Dry matter and nitrogen accumulation by three leguminous green manure species and the yield of a following wheat crop in an organic production system. *Agric. Ecos. Env.*, 57: 189–196.
186. Sudhir Shukla, Vibha Pandey, Pachauri G., Dixit B.S., Banerji R., Singh S.P. 2003. Nutritional contents of different foliage cuttings of vegetable amaranth. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58: 1-8.
187. Szulc P., Rybus-Zajac M., Waligóra H., Skrzypczak W. 2008. Wpływ *Fusarium culmorum* na zawartość chlorofilu w zależności od dawki azotu i sposobu nawożenia. *Acta Agroph.*, 11(2): 519-526.
188. Szwejkowski Z., Dragańska E., Banaszkiwicz B. 2005. Niedobory i nadmiary opadów w okresie wegetacji ziemniaka późnego i buraka cukrowego w Polsce północno-wschodniej, w wieloleciu 1971–2000. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 5(14): 315–326.
189. Trawczyński C. 2004. Zależność między dawką azotu a plonem odmian ziemniaka. *Biul. IHAR.*, 232: 131-140.
190. Trawczyński C. 2007. Wykorzystanie użyźniacza glebowego w uprawie ziemniaka. *Ziemniak Polski*, 3: 26–29.
191. Trawczyński C. 2008. Reakcja nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 530: 187-196.
192. Trawczyński C. 2008a. Znaczenie słomy i nawozów zielonych w nawożeniu ziemniaków. *Ziem. Pol.*, 2: 9–13.
193. Trawczyński C. 2009. Wpływ nawadniania kroplowego i fertygacji na plon i wybrane elementy jakości bulw ziemniaka. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 3: 55-67.
194. Trawczyński C. 2012. Precyzyjne nawadnianie i fertygacja ziemniaków. *Ziemniak Polski*, 22(3): 29-32.

195. Trawczyński C. 2013. Agrotechniczne aspekty nawadniania kroplowego i fertygacji azotem roślin ziemniaka. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 2: 201-213.
196. Trawczyński C. 2014. Zastosowanie makro- i mikroelementowych nawozów chelatowych w dolistnym dokarmianiu ziemniaka, *Biul. IHAR.*, 271: 65-77.
197. Trawczyński C. 2015. Kompleksowe odżywianie ziemniaka na bazie nawozów nowej generacji. *Ziemniak Polski*, 3: 14–18
198. Trawczyński C. 2016. Plon i jakość bulw nowych odmian ziemniaka w warunkach zróżnicowanego nawożenia mineralnego azotem. *Acta Agroph.*, 23(2): 261-273.
199. Trawczyński C., Grześkiewicz H. 2000. Wpływ odpadu węgla brunatnego na plon i jakość ziemniaka jadalnego. *Biul. IHAR.*, 213: 165-171
200. Trawczyński C., Prokop W. 2016. Plon i jakość bulw ziemniaka w zależności od zastosowanego nawożenia z wykorzystaniem doglebowych i dolistnych wieloskładnikowych preparatów nawozowych. *Polish Journal of Agronomy*, 24: 23-29.
201. Tsyganov A., Vildflush I., Persikowa T., Masterov A. 2000. Effect of organic and mineral fertilizers on field and quality of Winter rye and potatoes. *Folia Universitatis Agric, Stetinesis Agric.*, 84: 511-513.
202. Villa M.R., Rodriguez L.E., Gomez J.M. 2011. Effect of edaphic and foliar management of manganese on the field of the Criolla Colombia cultivar. *Agronomia Colombiana*, 29(3): 447–454.
203. Wanic M., Kostrzewska M.K., Myśliwiec M., Brzecz G.M. 2013. Wpływ wsiewek międzyplonowych i płodozmianu na niektóre fizyczne i chemiczne właściwości gleby. *Fragm. Agron.*, 30: 121-132.
204. Wierzbicka A. 2006. Zmienność wybranych cech jakości bulw wczesnych odmian ziemniaka w zależności od nawożenia azotem i terminu zbioru. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 511: 175-187.
205. Wierzbicka A. 2012. Wpływ odmiany, nawożenia azotem i terminu zbioru na zawartość suchej masy i skrobi w bulwach ziemniaków wczesnych. *Fragm. Agron.*, 29(2): 134-142.
206. Wierzbicka A., Lis B., Mazurczyk W. 2002. Deficyt wody w okresie wegetacji a plonowanie i wykorzystanie azotu przez wczesne odmiany ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 481: 341-347.

207. Wierzbicka A., Mazurczyk W., Wroniak J. 2008. Wpływ nawożenia azotem i terminu zbioru na plon i wybrane cechy jakości bulw wczesnych odmian ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 530: 207-216.
208. Wierzbicka, A. 2011. Wybrane cechy jakości bulw ziemniaków uprawianych w systemie ekologicznym w zależności od nawadniania. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 56(4): 203-207.
209. Wojnowska T., Sienkiewicz S., Gronowicz Z., Mozolewski W., Krzebietke S. 2000. Zmiany zawartości składników mineralnych w bulwach ziemniaka w zależności od techniki nawożenia polifoską. *Biul. Magnezologiczny*, 5(3): 205-213.
210. Wojnowska T., Wróbel E., Sienkiewicz S., Mozolewski W., Krzebietke S. 2002. Plon i zawartość związków organicznych w bulwach ziemniaka w zależności od dawki azotu i techniki nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 489: 195-202.
211. Wright A.L., Dou F., Hons F.M., 2007. Soil organic C and N distribution for wheat cropping systems after 20 years of conservation tillage in central Texas. *Agric. Ecosystems Environ.*, 121: 376–382.
212. Wróbel E., Bogucka B., Gronowicz Z., Sienkiewicz S. 2005. Reakcja wybranych odmian ziemniaka na technikę i wysokość nawożenia azotowego. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 507(2): 613-620.
213. Wróbel S. 2012. Wpływ nawożenia ziemniaka odmiany Jelly dolistnymi preparatami YaraVita Ziemniak oraz Actisil na plon i cechy jego jakości. *Biul. IHAR.*, 266: 295–306.
214. Wszelaczyńska E., Janowiak J., Spychaj-Fabisiak E., Pińska M. 2007. Wpływ nawożenia na wybrane cechy jakościowe bulw ziemniaka odmiany Bila. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 6(4): 91-96.
215. Wszelaczyńska E., Pobereżny J., Gruszczewski M. 2014. Trwałość przechowalnicza i stabilność cech jakościowych wybranych odmian ziemniaka o różnych kierunkach użytkowania. *Inż. Ap. Chem.*, 53(2): 127–129.
216. Yengl S.B., Agyarkol K., Dapaahl H.K., Adomakol W.J., Asare E. 2012. Growth and field of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) an influenced by integrated application of chicken manure and inorganic fertilizer. *African Journal of Agricultural Research*, 7(39): 5387-5395.
217. Zarzecka K. 2006. Uprawa ziemniaka w Polsce warunkująca właściwą jakość plonu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 511: 53-72

218. Zarzecka K., Gugąła M., Milewska A. 2011. Oddziaływanie użyźniacza glebowego UGmax na plonowanie ziemniaka i zdrowotność roślin. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 51(1): 153-157.
219. Zarzecka K., Gugąła M. 2012. Plonotwórcze działanie użyźniacza glebowego UGmax w uprawie ziemniaka. *Inż. Ekol.*, 28: 144-148.
220. Zarzecka K., Gugąła M., Sikorska, A., Mystkowska, I. 2018. The impact of the soil conditioner UGmax on selected qualitative characteristics of potato tubers. *Appl. Ecol. Envir. Res.*, 16(1): 39-50.
221. Zarzyńska K., Goliszewski W. 2006. Uprawa ziemniaka w systemie ekologicznym i integrowanym a jakość plonu bulw. *Pam. Puł.*, 142: 617–626.
222. Zebarth B.J., Arsenault W.J., Sanderson J.B. 2006. Effect of seedpiece spacing and nitrogen fertilization on tuber yield, yield components, and nitrogen use efficiency parameters of two potato cultivars. *American Journal of Potato Research*, 83: 289–296.
223. Zebarth B.J., Leclerc Y., Moreau G. 2004. Rate and timing of nitrogen fertilization of Russet Burbank potato: Nitrogen use efficiency. *Canadian Journal of Plant Science*, 84: 845–854.
224. Zgórska K., Grudzińska M. 2012. Zmiany wybranych cech jakości bulw ziemniaka w czasie przechowywania. *Acta Agroph.*, 19(1): 203–214.
225. Zhiwen F., Shuqin W., Yaohu K., Shiping L. 2017a. Drip fertigation regime for potato on sandy soil. *Emirates Journal of food and Agriculture*, 29(6): 476-484.
226. Zhou Z., Neumann Andersen M., Plauborg F. 2016. Radiation interception and radiation use efficiency of potato affected by different N fertigation and irrigation regimes. *European Journal of Agronomy*, 81: 129-137
227. Zhou Z., F. Plauborg, A.G. Thomsen, M.N. Andersen. 2017. A RVI/LAI-reference curve to detect N stress and guide N fertigation using combined information from spectral reflectance and leaf area measurements in potato. *Eur. J. Agron.*, 87: 1-7.
228. Zhou, Z., F. Plauborg, F. Liu, K. Kristensen, and M. N. Andersen. 2018. Yield and crop growth of table potato affected by different split-N fertigation regimes in sandy soil. *European Journal of Agronomy*, 92:41–50. doi: 10.1016/j.eja.2017.10.001.

229. Żołnowski A.C. 2013. Studia nad zmiennością plonowania i jakością ziemniaka jadalnego (*Solanum tuberosum* L.) w warunkach zróżnicowanego nawożenia mineralnego. Rozpr. Monogr. UWM Olsztyn 191, ss: 259.

Spis tabel :

Tabela 1. Zastosowane rodzaje i dawki nawożenia

Tabela 2. Odczyn gleby i zawartość składników mineralnych

Tabela 3. Miesięczne sumy opadów atmosferycznych (mm) i średnie dobowe temperatury (°C) w latach badań oraz średnie dla wielolecia

Tabela 4. Elementy analizy wariancji - zawartość chlorofilów a i b oraz karotenoidów w fazach BBCH 50; 55; 60

Tabela 5. Elementy analizy wariancji – narastanie masy bulw podczas wegetacji

Tabela 6. Elementy analizy wariancji – plon bulw

Tabela 7. Elementy analizy wariancji – struktura plonu

Tabela 8. Elementy analizy wariancji – zawartość suchej masy i skrobi w bulwach

Tabela 9. Zawartość makropierwiastków w bulwach w fazach BBCH 60-61; 70-71; 80-81; 99

Tabela 10. Zawartość witaminy C w bulwach

Tabela 11. Elementy analizy wariancji - zawartość witaminy C

Spis rysunków:

Rysunek 1. Okresy posuchy i suszy (współczynniki Sielianiowa) w okresie wegetacji ziemniaka w latach badań

Rysunek 2. Zawartość barwników fotosyntetycznych w liściach w fazach BBCH 50; 55; 60

Rysunek 3. Masa bulw pojedynczej rośliny w zależności od analizowanych czynników w fazach BBCH 60-61; 70-71; 80-81

Rysunek 4. Współdziałanie odmian z nawożeniem organicznym, naturalnym i mineralnym azotem w fazach BBCH 60-61, 70-71, 80-81

Rysunek 5. Współdziałanie lat badań z nawożeniem azotem mineralnym w fazach BBCH 60-61; 70-71; 80-81

Rysunek 6. Współdziałanie nawożenia organicznego i naturalnego z nawożeniem azotem mineralnym w fazach BBCH 60-61; 70-71; 80-81

Rysunek 7. Współdziałanie odmiany z nawożeniem organicznym i naturalnym w fazach BBCH 60-61; 70-71; 80-81

Rysunek 8. Plon bulw w zależności od analizowanych czynników

Rysunek 9. Współdziałanie odmian z nawożeniem organicznym, naturalnym i azotem mineralnym – plon bulw

Rysunek 10. Współdziałanie lat badań z nawożeniem azotem mineralnym – plon bulw

Rysunek 11. Współdziałanie nawożenia organicznego i naturalnego z nawożeniem azotem mineralnym – plon bulw

Rysunek 12. Współdziałanie odmian z nawożeniem organicznym i naturalnym – plon bulw

Rysunek 13. Zależność pomiędzy zawartością barwników fotosyntetycznych w liściach, a plonem bulw

Rysunek 14. Wydajność poszczególnych frakcji w zależności od analizowanych czynników

Rysunek 15. Procentowy udział bulw poszczególnych frakcji w plonie w zależności od analizowanych czynników

Rysunek 16. Zawartość suchej masy w bulwach w okresie wegetacji w fazach BBCH 60-61; 70-71; 80-81

Rysunek 17. Współdziałanie nawożenia organicznego i naturalnego z mineralnym azotem na zawartość suchej masy w bulwach w fazach BBCH 60-61; 70-71; 80-81

Rysunek 18. Zawartość suchej masy i skrobi w bulwach dojrzałych (BBCH 99)

Rysunek 19. Współdziałanie nawożenia organicznego i naturalnego z mineralnym azotem na zawartość suchej masy i skrobi w bulwach