

ANNA PŁAZA
ARTUR MAKAREWICZ
BARBARA GĄSIOROWSKA
ANNA CYBULSKA

Katedra Agrotechnologii
Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach

Wpływ nawozów organicznych na skład chemiczny bulw ziemniaka w integrowanym i ekologicznym systemie produkcji

The effect of organic fertilizers on the chemical composition of potato tubers in the integrated and organic production system

W pracy przedstawiono wyniki badań z lat 2008–2011 mające na celu określenie wpływu biomasy wsiewek międzyplonowych przyoranych jesienią lub pozostawionych do wiosny w formie mulczu na skład chemiczny bulw ziemniaka uprawianego w integrowanym i ekologicznym systemie produkcji. W doświadczeniu badano dwa czynniki. I — nawożenie organiczne, w tym wsiewką międzyplonową: obiekt kontrolny (bez nawożenia wsiewką międzyplonową i bez obornika), obornik, seradela; i życica westerwoldzka — na przyoranie jesienią, seradela — mulcz, życica westerwoldzka — mulcz. II — system produkcji: integrowany i ekologiczny. Bezpośrednio po zastosowaniu nawożenia wsiewkami międzyplonowymi uprawiano ziemniaki jadalne. W bulwach ziemniaka oznaczono zawartość: suchej masy, skrobi, witaminy C oraz cukrów redukujących i sumy cukrów. Koncentracja suchej masy, skrobi i witaminy C była wyższa, a zawartość cukrów redukujących i sumy cukrów niższa w bulwach ziemniaka nawożonego wsiewkami międzyplonowymi. Bulwy pochodzące z roślin ziemniaka nawożonego seradela zarówno przyoraną jesienią, jak i pozostawioną do wiosny w formie mulczu w integrowanym systemie produkcji zawierały więcej suchej masy i witaminy C, a istotnie mniej cukrów redukujących i sumy cukrów, niż bulwy z roślin ziemniaka nawożone obornikiem. Skład chemiczny bulw z roślin ziemniaka nawożonych obornikiem nie różnił się istotnie od składu chemicznego bulw z roślin ziemniaka nawożonych życią westerwoldzką niezależnie od formy jej stosowania.

Słowa kluczowe: mulcz, nawożenie organiczne, skład chemiczny bulw, system produkcji, wsiewka międzyplonowa, ziemniak

Results of research carried out in 2008–2011 are presented in this paper. The objective of the study was to determine the effect of undersown catch crops, which were either autumn-incorporated or left on the soil surface as mulch for spring incorporation, on the chemical composition of potato

tubers grown in the integrated and organic production system. The following two factors were studied: I — organic fertilization, including undersown catch crop: control (no undersown catch crop or farmyard manure application), farmyard manure, fertilization with serradella and Westerwolds ryegrass incorporated in autumn, serradella — mulch, Westerwolds ryegrass — mulch; II — production system — integrated and organic. Table potato followed undersown catch crops in the first year after their application. Dry matter, starch, vitamin C, reducing sugars and total sugars were determined in potato tubers. Dry matter, starch and vitamin C contents were higher whereas reducing sugars and total sugars were lower in the tubers of potato fertilized with undersown catch crops. Tubers of potato fertilized with serradella, either autumn or spring-incorporated as mulch in the integrated production system, contained more dry matter and vitamin C whereas their reducing sugars and total sugars were significantly lower compared with potato plants following farmyard manure. The tuber chemical composition of potato following farmyard manure did not differ significantly from potato manured with Westerwolds ryegrass, regardless of how the undersown catch crop had been applied.

Key words: chemical composition of tubers, mulch, organic manures, potato, production system

WSTĘP

Bulwy ziemniaka przeznaczone do bezpośredniego spożycia powinny charakteryzować się jak najlepszymi cechami jakościowymi. O jakości bulw decyduje ich skład chemiczny, który jest uwarunkowany genetycznie, lecz różnicowany przez warunki termiczno-opadowe i agrotechnikę (Kołodziejczyk i in., 2007; Płaza i Ceglarek, 2009). Czynniki te wpływają na wzrost i rozwój roślin, a przede wszystkim na plon i jego jakość. Spośród czynników agrotechnicznych korzystny wpływ na skład chemiczny bulw ziemniaka wykazuje nawożenie organiczne. Rozwój integrowanej i ekologicznej produkcji ziemniaka skłaniają do wysycenia płodozmianu międzyplonami, a zwłaszcza wsiewkami międzyplonowymi, które mogą być źródłem biomasy zastępującej obornik w nawożeniu ziemniaka. Zauważa się ich korzystne oddziaływanie na skład chemiczny bulw (Bolińska i Gleń, 2003; Dzienia i in., 2004; Smith, 2007; Płaza i Ceglarek, 2009; Kołodziejczyk i Szmigiel, 2012; Molina i in., 2014; Makarewicz, 2015). Konsumenci oczekują od producentów ziemniaka, zwłaszcza ekologicznego wyższej wartości odżywczej, podczas gdy nadal dotychczasowe wyniki badań są rozbieżne (Sawicka i Kuś, 2002; Zarzyńska i Goliński, 2006; Zarzyńska i Wroniak, 2008; Larkin i Tavantzis, 2013; Bernard i in., 2014; Makarewicz, 2015). Stąd wyłania się potrzeba prowadzenia tego typu badań. Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu biomasy wsiewek międzyplonowych przyoranych jesienią lub pozostawionych do wiosny w formie mulczu na skład chemiczny bulw ziemniaka uprawianego w integrowanym i ekologicznym systemie produkcji.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe przeprowadzono w latach 2008–2011 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Zawadach, należącej do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Eksperyment polowy przeprowadzono na glebie płowej wytworzonej z piasku gliniastego mocnego, o odczynie obojętnym, średniej zasobności w przyswajalny fosfor, potas i magnez. Zawartość próchnicy wynosiła 1,37%.

Doświadczenie założono w układzie split-blok, w trzech powtórzeniach. Badano dwa czynniki. I — nawożenie organiczne, w tym wsiewką międzyplonową, obiekt kontrolny (bez nawożenia wsiewką międzyplonową i bez obornika), obornik ($300 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$), seradela ($22,3 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$) i życica westerwoldzka ($35,4 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$) — na przyoranie jesienią, seradela — mulcz ($22,5 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$), życica westerwoldzka — mulcz ($35,5 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$). II — system produkcji: integrowany i ekologiczny.

Wsiewki międzyplonowe wsiewano w pszenżyto jare uprawiane na ziarno. Bezpośrednio po zastosowaniu wsiewek międzyplonowych uprawiano ziemniak jadalny odmiany Zeus. Sadzeniaki o dobrej wartości nasiennej (materiał kwalifikowany klasa A) pozyskiwano poprzez zakup w firmie nasiennej.

W integrowanym systemie produkcji ziemniaka, na powierzchni całego doświadczenia wczesną wiosną rozsiano nawozy mineralne, których ilość w przeliczeniu na 1 ha wynosiła: N: 90 kg, P: 36,9 kg i K: 99,6 kg. Dawki nawożenia mineralnego dostosowano do zasobności gleby i wielkości przewidywanego plonu. Na poletkach, na których jesienią wykonano orkę przedzimową, wiosną nawozy mineralne wymieszano z glebą za pomocą kultywatora zaagregowanego z broną. Na poletkach z mulczem stosowano z kolei bronę talerzową i kultywator.

W ekologicznym systemie produkcji, na powierzchni całego doświadczenia zamiast nawożenia mineralnego, stosowano obornik w dawce $30 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ pod pszenżyto jare uprawiane z wsiewkami międzyplonowymi. Bulwy ziemniaka wysadzano w 3. dekadzie kwietnia, a zbierano w 2. dekadzie września. W integrowanym systemie produkcji, na plantacji ziemniaka stosowano pielęgnację mechaniczno-chemiczną. Do wschodów co 7 dni ziemniaki obsypywano i bronowano, a tuż przed wschodami wykonano opryskiwanie mieszką herbicydową Afalon 50 WP + Reglone Turbo 200 SL ($1 \text{ kg} + 1 \text{ dm}^3\cdot\text{ha}^{-1}$). Stonkę ziemniaczaną zwalczano preparatem Fastac ($0,1 \text{ dm}^3\cdot\text{ha}^{-1}$), a zarazę ziemniaka fungicydem Ridomil 72 WP ($2 \text{ dm}^3\cdot\text{ha}^{-1}$). Natomiast w ekologicznym systemie produkcji chwasty zwalczano mechanicznie. Stonkę ziemniaczaną zwalczano dwukrotnie preparatem Novodor SC ($2,5 \text{ dm}^3\cdot\text{ha}^{-1}$), a zarazę ziemniaka trzykrotnie fungicydem Miedzian 50 WP ($4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Ziemniaki uprawiano w trzecim roku od uprawy konwencjonalnej. Pasy pól ekologicznych pod ziemniak dla 3 serii doświadczenia wydzielono z uprawy konwencjonalnej w latach 2007–2009. Wówczas w zmianowaniu uprawiano owies, w którym już nie stosowano chemicznych środków ochrony roślin.

Podczas zbioru ziemniaków, z każdego poletka pobrano próby bulw w celu wykonania analiz chemicznych. Zawartość suchej masy oznaczono metodą suszarkowo-wagową, zawartość skrobi metodą Reimanna-Parowa (Roztropowicz i in., 1999), zawartość witaminy C — metodą Pijanowskiego (Rutkowska, 1981) oraz zawartość cukrów redukujących i sumy cukrów metodą — Luffa-Schorla (Tanner i Brunner, 1989). Każdą z badanych cech poddano analizie wariancji zgodnie ze schematem układu split-blok. W przypadku istotnych źródeł zmienności dokonano szczegółowego porównania średnich testem Tukeya. Do obliczeń statystycznych użyto programu algorytmy własne pisane w Exel 7.0. (Trętowski i Wójcik, 1991).

Lata prowadzenia badań charakteryzowały się różnicowaniem warunków pogodowych (tab. 1). Największą sumę opadów odnotowano w 2010 roku. W tym też

roku średnia temperatura powietrza była wyższa o 0,9°C od średniej temperatury wieloletniej. W 2009 roku suma opadów była niższa niż w 2010 roku, ale wyższa od sumy wieloletniej. Średnia miesięczna temperatura powietrza była wyższa od średniej wieloletniej. W 2011 roku odnotowano najniższą sumę opadów przy temperaturze zbliżonej, jaka wystąpiła w 2010 roku.

Tabela 1
Warunki pogody podczas badań zgodnie z danymi ze Stacji Meteorologicznej w Zawadach
Weather conditions in the period of investigations, according to the data from the Meteorological Station at Zawady

Lata Years	Miesiąc Month						Średnie Means
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Temperatura (°C) — Temperature (°C)							
2009	10,3	12,9	15,7	19,4	17,7	14,6	15,1
2010	8,9	14,0	17,4	21,6	19,8	11,8	15,6
2011	10,1	13,4	18,1	18,3	18,0	14,4	15,4
1951–2000	7,8	13,8	17,1	18,7	18,0	13,0	14,7
Suma opadów (mm) — Rainfall sum (mm)							
2009	8,1	68,9	145,2	26,4	80,9	24,9	354,4
2010	10,7	93,2	62,6	77,0	106,3	109,9	459,7
2011	31,0	36,1	39,1	120,2	18,6	12,0	257,0
1951–2000	37,1	50,6	61,5	71,6	53,8	50,0	324,6

WYNIKI

Najwyższą zawartość suchej masy odnotowano w bulwach ziemniaka uprawianego w suchym 2011 roku, istotnie niższą w 2009 roku, a najniższą w 2010 roku o największej sumie opadów (tab. 2). Wykazano interakcję warunków pogodowych z nawożeniem organicznym, z której wynika, że najwyższą zawartość suchej masy odnotowano w bulwach ziemniaka zebranego w latach 2011 i 2009 z obiektu nawożonego seradela w formie mulczu, najniższą zaś w bulwach ziemniaka zebranego w 2010 roku z obiektu kontrolnego.

Tabela 2
Zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka w latach 2009–2011 (%)
Dry matter content in potato tubers in 2009–2011 (%)

Nawożenie organiczne Organic fertilization	2009	2010	2011
Obiekt kontrolny — Control treatment	20,1	19,5	20,4
Obornik — Farmyard manure	21,4	20,8	21,7
Seradela — Serradela	22,1	21,5	22,4
Życica westerwoldzka — Westerwolds ryegrass	21,0	20,6	21,4
Seradela – mulcz — Serradela – mulch	22,6	22,0	22,9
Życica westerwoldzka — mulcz — Westerwolds ryegrass — mulch	21,7	21,1	22,0
Średnie — Means	21,5	20,9	21,8
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			
Lata — years = 0,2			
Interakcja: lata × nawożenie organiczne = 0,6			
Interaction: years × organic fertilization			

W bulwach ziemniaka nawożonego wsiewkami międzyplonowymi odnotowano istotny wzrost zawartości suchej masy (średnio o 1,8%) w porównaniu do obiektu kontrolnego (tab. 3).

Tabela 3

Zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka (lata 2009–2011), (%)
Dry matter content in potato tubers (years 2009–2011), (%)

Nawożenie organiczne Organic fertilization	System produkcji Production system		Średnie Means
	integrowany integrated	ekologiczny organic	
Obiekt kontrolny — Control treatment	20,3	19,7	20,0
Obornik — Farmyard manure	21,6	20,9	21,3
Seradela — Serradella	22,6	21,4	22,0
Życica westerwoldzka — Westerwolds ryegrass	21,4	20,6	21,0
Seradela — mulcz — Serradella — mulch	22,9	22,0	22,5
Życica westerwoldzka — mulcz — Westerwolds ryegrass — mulch	22,0	21,2	21,6
Średnie — Means	21,8	21,0	-
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			
Nawożenie organiczne — Organic fertilization			0,3
System produkcji — Production system			0,2
Interakcja : nawożenie organiczne × system produkcji Interaction: organic fertilization × production system			0,5

Zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka nawożonego życicą westerwoldzką przyoraną jesienią oraz pozostawioną do wiosny w formie mulczu, kształtowała się na zbliżonym poziomie, jak w bulwach ziemniaka nawożonego obornikiem. Natomiast w bulwach ziemniaka nawożonego seradela, niezależnie od formy jej stosowania, zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka była istotnie wyższa niż na oborniku. Kolejnym czynnikiem modyfikującym zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka był system produkcji. W integrowanym systemie produkcji koncentracja suchej masy w bulwach ziemniaka była większa o 0,8% niż w bulwach ziemniaka z uprawy ekologicznej. Stwierdzono współdziałanie systemów produkcji i nawożenia organicznego. W systemie integrowanym, jak i ekologicznym najwyższą zawartość suchej masy w stosunku do obiektu kontrolnego odnotowano w bulwach ziemniaka nawożonego seradela pozostawioną do wiosny w formie mulczu. Jednorodnie oddziaływanie, w obu systemach uprawy, wywarło stosowanie seradeli na zielony nawóz na przyoranie jesienią. W systemie ekologicznym życica westerwoldzka pozostawiona do wiosny w formie mulczu wykazała homogeniczne oddziaływanie na zawartość suchej masy bulw, jak seradela przyorana jesienią na zielony nawóz.

W latach 2011 i 2009 odnotowano najwyższą zawartość skrobi w bulwach ziemniaka (tab. 4). Istotnie niższą w 2010 roku przy największej ilości opadów. Wykazano współdziałanie warunków termiczno-opadowych z nawożeniem organicznym, z którego wynika, że najwyższą zawartość skrobi odnotowano z bulw ziemniaka uprawianego na nawozach organicznych, z wyjątkiem seradeli przyoranej jesienią w 2011 roku, a najniższą z obiektu kontrolnego w 2010 roku.

Tabela 4

Zawartość skrobi w świeżej masie bulw ziemniaka w latach 2009–2011 (%)
Starch content in potato tuber fresh matter in 2009–2011 (%)

Nawożenie organiczne Organic fertilization	2009	2010	2011
Obiekt kontrolny — Control treatment	13,5	13,0	13,7
Obornik — Farmyard manure	14,4	13,9	14,6
Seradela — Serradella	13,8	13,3	14,0
Życica westerwoldzka — Westerwolds ryegrass	14,4	13,9	14,6
Seradela — mulcz — Serradella - mulch	14,3	13,8	14,5
Życica westerwoldzka — mulcz — Westerwolds ryegrass — mulch	14,8	14,3	15,0
Średnie — Means	14,2	13,7	14,4
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			
Lata — years = 0,2			
Interakcja: lata × nawożenie organiczne = 0,5			
Interaction: years × organic fertilization			

Koncentracja skrobi w bulwach ziemniaka nawożonego biomasą wsiewek międzyplonowych była istotnie wyższa (średnio o 0,8%) od odnotowanej w bulwach zebranych z obiektu kontrolnego (tab. 5). Najwięcej skrobi zawierały bulwy ziemniaka na obiekcie nawożonym życią westerwoldzką w formie mulczu. Na pozostałych obiektach nawożonych biomasą wsiewek międzyplonowych, z wyjątkiem seradeli przyoranej jesienią koncentracja skrobi w bulwach ziemniaka nie różniła się istotnie od odnotowanej w ziemniakach nawożonych obornikiem. System produkcji również istotnie modyfikował zawartość skrobi w bulwach ziemniaka. Ziemniak z uprawy integrowanej zawierał istotnie więcej skrobi (średnio o 0,5%) niż z ekologicznego systemu produkcji. W integrowanym systemie produkcji, najwyższą zawartością skrobi wyróżniały się bulwy ziemniaka nawożonego życią westerwoldzką pozostawioną do wiosny w formie mulczu oraz obornikiem, a w ekologicznym systemie produkcji — bulwy ziemniaka nawożone życią westerwoldzką w formie mulczu.

Tabela 5

Zawartość skrobi w świeżej masie bulw ziemniaka (lata 2009–2011), (%)
Starch content in potato tuber fresh matter (years 2009–2011), (%)

Nawożenie organiczne Organic fertilization	System produkcji Production system		Średnie Means
	integrowany integrated	ekologiczny organic	
Obiekt kontrolny — Control treatment	13,5	13,2	13,4
Obornik — Farmyard manure	14,6	14,0	14,3
Seradela — Serradella	14,1	13,3	13,7
Życica westerwoldzka — Westerwolds ryegrass	14,5	14,0	14,3
Seradela — mulcz — Serradella — mulch	14,4	14,0	14,2
Życica westerwoldzka — mulcz — Westerwolds ryegrass — mulch	14,9	14,5	14,7
Średnie — Means	14,3	13,8	-
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			
Nawożenie organiczne — Organic fertilization			0,3
System produkcji — Production system			0,2
Interakcja: nawożenie organiczne × system produkcji			0,4
Interaction: organic fertilization × production system			

Najwyższą zawartość witaminy C odnotowano w bulwach ziemniaka zebranego w latach korzystnych 2011 i 2009, a najniższą w wilgotnym 2010 roku (tab. 6). Ze współdziałania warunków pogodowych i nawożenia organicznego wynika, że najwyższą koncentrację witaminy C stwierdzono w bulwach z roślin ziemniaka nawożonego seradela w formie mulczu w latach 2011 i 2009, a najniższą z obiektu kontrolnego 2010 roku.

Tabela 6

Zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka w latach 2009–2011 (g·kg⁻¹ś.m.)
Vitamin C content in potato tuber in 2009–2011 (g·kg⁻¹ ś.m.)

Nawożenie organiczne Organic fertilization	2009	2010	2011
Obiekt kontrolny — Control treatment	167,6	163,2	168,1
Obornik — Farmyard manure	182,3	177,9	182,8
Seradela — Serradella	192,2	187,8	192,7
Życica westerwoldzka — Westerwolds ryegrass	181,6	177,2	182,1
Seradela — mulcz — Serradella — mulch	197,7	193,3	198,2
Życica westerwoldzka — mulcz — Westerwolds ryegrass — mulch	185,6	181,2	186,1
Średnie — Means	184,5	180,1	185,0
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			
Lata — years = 1,9			
Interakcja: lata × nawożenie organiczne = 3,0			
Interaction: years × organic fertilization			

Nawożenie biomasą wsiewek międzyplonowych zwiększało zawartość witaminy C w świeżej masie bulw ziemniaka (tab. 7).

Tabela 7

Zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka (lata 2009–2011), (g·kg⁻¹ ś. m.)
Vitamin C content in potato tuber (years 2009–2011), (g·kg⁻¹ f.m.)

Nawożenie organiczne Organic fertilization	System produkcji Production system		Średnie Means
	integrowany integrated	ekologiczny organic	
Obiekt kontrolny — Control treatment	169,6	162,9	166,3
Obornik — Farmyard manure	182,3	179,6	181,0
Seradela — Serradella	192,2	189,6	190,9
Życica westerwoldzka — Westerwolds ryegrass	182,4	178,2	180,3
Seradela — mulcz — Serradella — mulch	197,6	195,1	196,4
Życica westerwoldzka — mulcz — Westerwolds ryegrass — mulch	186,4	182,1	184,3
Średnie — Means	185,1	181,3	-
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			
Nawożenie organiczne — Organic manuring			2,5
System produkcji — Production system			1,7
Interakcja: nawożenie organiczne × system produkcji			
Interaction: organic fertilization × production system			2,8

Najwyższą jej koncentrację charakteryzowały się bulwy ziemniaka nawożone biomasą wsiewek międzyplonowych, z wyjątkiem życicy westerwoldzkiej przyoranej jesienią. Integrowany system produkcji sprzyjał większej akumulacji witaminy C w bulwach ziemniaka niż system ekologiczny. Najwyższą zawartość witaminy C odnotowano w

bulwach ziemniaka nawożonego seradela w formie mulczu w integrowanym systemie produkcji, a najniższą w bulwach ziemniaka zebranego z obiektu kontrolnego w ekologicznym systemie produkcji. Również w ekologicznym systemie produkcji najwyższą zawartość witaminy C odnotowano w bulwach ziemniaka nawożonego seradela w formie mulczu.

Najniższą zawartość cukrów redukujących odnotowano w bulwach ziemniaka uprawianego w 2011 roku, istotnie wyższą w 2009 roku, a najwyższą w wilgotnym 2010 roku (tab. 8). Ze współdziałania warunków meteorologicznych nawożeniem organicznym wynika, że najwyższą koncentrację cukrów redukujących stwierdzono w bulwach ziemniaka nawożonego seradela, niezależnie od formy jej stosowania w latach 2011 i 2009, a najwyższą w bulwach ziemniaka zebranego z obiektu kontrolnego w latach 2009–2010.

Tabela 8

Zawartość cukrów redukujących w świeżej masie bulw ziemniaka w latach 2009–2011 (%)
Reducing sugars content in potato tuber fresh matter in 2009–2011 (%)

Nawożenie organiczne Organic fertilization	2009	2010	2011
Obiekt kontrolny — Control treatment	0,33	0,38	0,31
Obornik — Farmyard manure	0,24	0,28	0,21
Seradela — Serradella	0,16	0,21	0,14
Życica westerwoldzka — Westerwolds ryegrass	0,23	0,28	0,20
Seradela — mulcz — Serradella — mulch	0,14	0,19	0,12
Życica westerwoldzka — mulcz — Westerwolds ryegrass — mulch	0,20	0,25	0,18
Średnie — Means	0,22	0,27	0,19
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			
Lata — years = 0,02			
Interakcja: lata × nawożenie organiczne = 0,06			
Interaction: years × organic fertilization			

Nawożenie biomasa wsiewek międzyplonowych obniżało zawartość cukrów redukujących (średnio o 0,15%) w bulwach ziemniaka w porównaniu z obiektem kontrolnym (tab. 9). Na szczególne podkreślenie zasługuje tu nawożenie seradela zarówno przyoraną jesienią, jak i pozostawioną do wiosny w formie mulczu. Po zastosowaniu tych form nawożenia bulwy ziemniaka zgromadziły istotnie mniej cukrów redukujących niż ziemniaki nawożone obornikiem. Na obiektach nawożonych życicą westerwoldzką, niezależnie od formy jej stosowania, zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka była homogeniczna pod względem wartości tej cechy, jak w ziemniakach nawożonych obornikiem. System produkcji istotnie modyfikował zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka. Bulwy ziemniaka z uprawy integrowanej charakteryzowały się istotnie niższą zawartością cukrów redukujących niż z ekologicznego systemu produkcji. Ze współdziałania badanych czynników wynika, że najniższą zawartość cukrów redukujących odnotowano w bulwach ziemniaka nawożonego seradela zarówno przyoraną jesienią, jak i pozostawioną do wiosny w formie mulczu w integrowanym systemie produkcji. Również w ekologicznym systemie produkcji

stosowanie tych form nawożenia zapewniło najniższą zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka.

Tabela 9
Zawartość cukrów redukujących w świeżej masie bulw ziemniaka (lata 2009–2011), (%)
Reducing sugars content in potato tuber fresh matter (years 2009-2011), (%)

Nawożenie organiczne Organic fertilization	System produkcji Production system		Średnie Means
	integrowany integrated	ekologiczny organic	
Obiekt kontrolny — Control treatment	0,32	0,35	0,34
Obornik — Farmyard manure	0,22	0,25	0,24
Seradela — Serradella	0,15	0,18	0,17
Życica westerwoldzka — Westerwolds ryegrass	0,22	0,25	0,24
Seradela — mulcz — Serradella — mulch	0,13	0,16	0,15
Życica westerwoldzka — mulcz — Westerwolds ryegrass — mulch	0,19	0,22	0,21
Średnie — Means	0,21	0,24	—
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			
Nawożenie organiczne — Organic fertilization			0,03
System produkcji — Production system			0,01
Interakcja: nawożenie organiczne × system produkcji Interaction: organic fertilization × production system			0,05

W suchym 2011 roku odnotowano najniższą zawartość sumy cukrów w bulwach ziemniaka, istotnie wyższą w 2009 roku a najwyższą w wilgotnym 2010 roku (tab. 10). Wykazano interakcję, z której wynika, że najniższą koncentrację sumy cukrów odnotowano w bulwach ziemniaka nawożonego seradela i życią westerwoldzką w formie mulczu w latach 2011 i 2009, a najwyższą w bulwach ziemniaka zebranego z obiektu kontrolnego w latach 2010 i 2009.

Tabela 10
Zawartość sumy cukrów w świeżej masie bulw ziemniaka w latach 2009–2011 (%)
Total sugars content in potato tuber fresh matter in 2009–2011 (%)

Nawożenie organiczne Organic fertilization	2009	2010	2011
Obiekt kontrolny — Control treatment	0,63	0,69	0,60
Obornik — Farmyard manure	0,52	0,58	0,49
Seradela — Serradella	0,53	0,59	0,51
Życica westerwoldzka — Westerwolds ryegrass	0,49	0,55	0,46
Seradela — mulcz — Serradella — mulch	0,50	0,56	0,47
Życica westerwoldzka — mulcz — Westerwolds ryegrass — mulch	0,47	0,53	0,44
Średnie — Means	0,52	0,58	0,50
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			
Lata — years = 0,01			
Interakcja: lata × nawożenie organiczne = 0,06 Interaction: years × organic fertilization			

Nawożenie biomasa wsiewek międzyplonowych obniżało zawartość sumy cukrów (średnio o 0,13%) w porównaniu z obiektem kontrolnym. (tab. 11). Istotnie najniższy poziom sumy cukrów odnotowano w bulwach ziemniaka nawożonego życią westerwoldzką stosowaną w formie mulczu. Na pozostałych obiektach nawożonych

biomasą wsiewek międzyplonowych koncentracja sumy cukrów w bulwach ziemniaka nie różniła się istotnie od jej zawartości w bulwach ziemniaka nawożonego obornikiem. Podobnie, jak zawartość cukrów redukujących niższą koncentrację sumy cukrów odnotowano w bulwach ziemniaka uprawianego w integrowanym niż w ekologicznym systemie produkcji.

Tabela 11

Zawartość sumy cukrów w świeżej masie bulw ziemniaka (lata 2009–2011), (%)
Total sugars content in potato tuber fresh matter (years 2009–2011), (%)

Nawożenie organiczne Organic fertilization	System produkcji Production system		Średnie Means
	integrowany integrated	ekologiczny organic	
Obiekt kontrolny — Control treatment	0,62	0,65	0,64
Obornik — Farmyard manure	0,51	0,54	0,53
Seradela — Serradella	0,52	0,55	0,54
Życica westerwoldzka — Westerwolds ryegrass	0,49	0,51	0,50
Seradela — mulcz — Serradella — mulch	0,50	0,52	0,51
Życica westerwoldzka — mulcz — Westerwolds ryegrass — mulch	0,46	0,50	0,48
Średnie — Means	0,52	0,55	—
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			
Nawożenie organiczne — Organic manuring			0,04
System produkcji — Production system			0,02
Interakcja: nawożenie organiczne × system produkcji Interaction: organic fertilization × production system			0,05

Z interakcji badanych czynników wynika, że najniższą zawartość sumy cukrów odnotowano w bulwach ziemniaka nawożonego życią westerwoldzką zarówno przyoraną jesienią, jak i pozostawioną do wiosny w formie mulczu oraz seradela w formie mulczu i obornikiem w integrowanym systemie produkcji. Najwyższą zaś w bulwach ziemniaka zebranego z obiektu kontrolnego w ekologicznym systemie produkcji.

DYSKUSJA

Nawożenie obornikiem i biomasą wsiewek międzyplonowych wpływa nie tylko na wielkość, ale i jakość plonu, a więc na ilość i wzajemny układ składników występujących w bulwach ziemniaka.

Badania Ceglarka i in. (1998), Leszczyńskiego (2002) oraz Boligłowy i Gleń (2003) dowodzą, że nawozy organiczne korzystnie oddziałują na zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka. W badaniach własnych nawożenie biomasą wsiewek międzyplonowych stymulowało zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka. Najwyższą koncentracją suchej masy charakteryzowały się bulwy ziemniaka nawożonego seradela, niezależnie od formy jej stosowania. Płaza (2004) najwyższą zawartość suchej masy odnotowała w bulwach ziemniaka nawożonego wsiewką mieszanki koniczyny białej z życią wielokwiatową przyoraną jesienią. Nawożenie ziemniaka międzyplonem ścierniskowym w formie mulczu zwiększało koncentrację suchej masy w bulwach

ziemniaka w porównaniu do tego międzyplonu przyoranego jesienią. W badaniach własnych stosowanie biomasy wsiewek międzyplonowych w formie mulczu również wpłynęło korzystniej na zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka niż przyoranie ich jesienią. W badaniach Kołodziejczyka i in. (2007) zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka nawożonego biomasą międzyplonu ścierniskowego z gorczycy białej i obornika nie różniła się istotnie.

W badaniach własnych, analogicznie jak u Sawickiej i Kusia (2002) większą zawartością suchej masy charakteryzowały się bulwy ziemniaka uprawianego w integrowanym niż w ekologicznym systemie produkcji. Grandstedt i in. (1997) w wieloletniej uprawie ekologicznej zanotowali większą zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka niż w uprawie konwencjonalnej. Należy tłumaczyć to tym, iż w uprawie konwencjonalnej stosowanie wysokich dawek nawożenia mineralnego zwiększa plon bulw ziemniaka, a zwiększa wody, co obniża koncentrację suchej masy w bulwach ziemniaka.

Głównym składnikiem suchej masy w bulwach ziemniaka jest skrobia. Badania Grześkiewicza i Trawczyńskiego (1997), Ceglarka i Płazy (2000), Leszczyńskiego (2002) oraz Boligłowy i Gleń (2003) wskazują na zwiększenie zawartości skrobi po nawożeniu organicznym. W przeprowadzonym doświadczeniu najwięcej skrobi zawierały ziemniaki nawożone życicą westerwoldzką w formie mulczu. W badaniach Płazy i Ceglarka (2009) nawożenie ziemniaka biomasą międzyplonu ścierniskowego w formie mulczu zwiększało zawartość skrobi w bulwach ziemniaka w porównaniu do tego międzyplonu przyoranego jesienią. Natomiast Boligłowa i Gleń (2003), Dziennia i in. (2004) oraz Kołodziejczyk i in. (2007) nie stwierdzili istotnych różnic pomiędzy zawartością skrobi w bulwach ziemniaka nawożonego obornikiem, a gorczycą białą zarówno przyoraną jesienią, jak i pozostawioną do wiosny w formie mulczu. W badaniach własnych zawartość skrobi w bulwach ziemniaka nawożonego biomasą wsiewek międzyplonowych przyoranych jesienią, z wyjątkiem seradeli, nie różniła się istotnie od zawartości skrobi odnotowanej w bulwach ziemniaka nawożonego obornikiem. Po zastosowaniu seradeli przyoranej jesienią zawartość skrobi w bulwach ziemniaka była istotnie mniejsza niż na oborniku. Odmienne poglądy prezentuje Makaraviciute (2003) twierdząc, że nawożenie rośliną bobowatą zwiększa zawartość skrobi w bulwach ziemniaka w porównaniu do nawożenia obornikiem.

W literaturze spotyka się wiele informacji wskazujących na mniejszą zawartość skrobi w bulwach ziemniaka pochodzących z upraw ekologicznych (Grandstedt i in., 1997). Jednak badania Zarzyńskiej i Goliszewskiego (2006) oraz Zarzyńskiej i Wroniak (2008) nie potwierdzają tych informacji. Natomiast w badaniach własnych odnotowano większą zawartość skrobi w bulwach ziemniaka uprawianego w integrowanym niż w ekologicznym systemie produkcji. Jest to zbieżne z wynikami badań Reust i in. (1999), Sawickiej i Kuś (2002), Redulla i in. (2005) oraz Smith (2007).

Kolejnym bardzo ważnym składnikiem z punktu widzenia żywieniowego jest zawarty w bulwach ziemniaka kwas askorbinowy, który razem z kwasem dehydroaskorbinowym stanowi witaminę C (Hamouz i in., 2005). Nawożenie organiczne stymuluje zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka (Weber i Putz, 1999; Leszczyński, 2002; Hamouz i in.,

2005, 2007). W badaniach własnych najwyższą zawartością witaminy C charakteryzowały się bulwy ziemniaka nawożone biomasą wsiewki międzyplonowej, z wyjątkiem zycicy westerwoldzkiej przyoranej jesienią. Badania Boligłowy i Gleń (2003) oraz Płazy i Ceglarka (2009) wykazały, że nawożenie ziemniaka biomasą międzyplonu ścierniskowego stosowanego w formie mulczu zwiększało zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka w porównaniu do międzyplonu przyoranego jesienią. W przeprowadzonym doświadczeniu zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka nawożonego biomasą wsiewek międzyplonowych w formie mulczu była również większa od odnotowanej w ziemniakach nawożonych biomasą wsiewek międzyplonowych przyoranych jesienią, z wyjątkiem seradeli. Najwyższą jej koncentrację odnotowano w bulwach ziemniaka nawożonego seradela stosowaną w formie mulczu i przyoraną jesienią.

W badaniach Warman i Havard (1998) oraz Sawickiej i Kusia (2002) odnotowano wyższą koncentrację witaminy C w bulwach ziemniaka uprawianego w integrowanym niż w ekologicznym systemie produkcji. Jest to zbieżne z wynikami badań własnych.

W bulwach ziemniaka przeznaczonego do bezpośredniego spożycia dużą rolę odgrywają cukry ogółem, natomiast w produkcji chipsów i frytek cukry redukujące. Zawartość cukrów redukujących w ziemniaku przeznaczonym do bezpośredniej konsumpcji powinna wynosić do 0,5%, a sumy cukrów do 1% w świeżej masie bulw (Głuska, 2002; Zgórska i Frydecka-Mazurczyk, 2002). Według Leszczyńskiego (2002), Makaraviciute (2003) oraz Płazy (2004) nawozy organiczne obniżają koncentrację cukrów w bulwach ziemniaka. W badaniach własnych bulwy ziemniaka nawożonego seradela zarówno przyoraną jesienią, jak i pozostawioną do wiosny w formie mulczu charakteryzowały się istotnie mniejszą zawartością cukrów redukujących niż ziemniaki nawożone obornikiem. Na obiektach nawożonych zycią westerwoldzką, niezależnie od formy jej stosowania zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka kształtowała się na zbliżonym poziomie, jak w ziemniakach nawożonych obornikiem. Natomiast Peskin i Singh (1999) wykazali wzrost zawartości cukrów w bulwach, przy zwiększonej ilości azotu w glebie.

Bulwy ziemniaka uprawianego w ekologicznym systemie produkcji charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością cukrów redukujących niż ziemniaki uprawiane w integrowanym systemie produkcji. Natomiast badania Sawickiej i Kuś (2002) wykazały, iż zawartość cukrów redukujących w bulwach ziemniaka nie różniła się istotnie między systemami uprawy.

WNIOSKI

1. Warunki termiczno-opadowe istotnie różnicowały skład chemiczny bulw ziemniaka.
2. Koncentracja suchej masy, skrobi i witaminy C była wyższa, a zawartość cukrów redukujących i sumy cukrów niższa w bulwach ziemniaka nawożonego wsiewkami międzyplonowymi.

3. Skład chemiczny bulw ziemniaka nawożonego obornikiem nie różnił się istotnie od składu chemicznego bulw nawożonych życią westerwoldzką niezależnie od form jej stosowania.
4. Ziemniaki uprawiane w integrowanym systemie produkcji charakteryzowały się wyższą zawartością suchej masy, skrobi i witaminy C, a niższą koncentracją cukrów redukujących i sumy cukrów niż bulwy uprawiane w ekologicznym systemie produkcji.
5. Bulwy pochodzące z roślin ziemniaka nawożonego seradela zarówno przyoraną jesienią, jak i pozostawioną do wiosny w formie mulczu w integrowanym systemie produkcji zawierały więcej suchej masy i witaminy C, a istotnie mniej cukrów redukujących i sumy cukrów niż bulwy ziemniaka nawożonego obornikiem.

LITERATURA

- Bernard E., Larkin R. P., Tavantz S., Erich M. S., Alyokhin A., Gross S. D. 2014. Rapeseed rotation, compost and biocontrol amendments reduce soil borne diseases and increase tuber yield in organic and conventional potato production systems. *Plant and Soil* 374 (1–1): 611 — 627.
- Boliłłowa E., Gleń K. 2003. Yielding and quality of potato tubers depending on the kind of organic fertilization and tillage method. *Elect. Jour. Pol. Agric. Univ. Top Agron.*, 1,6, www.ejpau.media.pl.
- Ceglarek F., Płaza A., Buraczyńska D., Jabłońska-Ceglarek R. 1998. Alternatywne nawożenie organiczne ziemniaka jadalnego w makroregionie środkowo-wschodnim. Cz. II. Wartość odżywcza i konsumpcyjna ziemniaka. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A*, T. 113, Z. 3–4: 189 — 201.
- Ceglarek F., Płaza A. 2000. Wpływ nawożenia wsiewkami międzyplonowymi na jakość bulw ziemniaka jadalnego w rejonie Siedlec. *Biul. IHAR* 213: 109 — 116.
- Dzienia S., Szarek P., Pużyński S. 2004. Plonowanie i jakość bulw ziemniaka w zależności od systemu uprawy roli i rodzaju nawożenia organicznego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 500: 235 — 241.
- 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.
- Grandstedt A., Kjellenberg L., Roźmilla P. 1997. Long-term field experiment in Sweden: Effects of organic and inorganic fertilizers on soil fertility and crop quality. *Agricultural Production and Nutrition. Proceeding of a Conference in Boston, MA, USA*, 19–21.03.1997: 79 — 90.
- Grzeškiewicz H., Trawczyński C. 1997. Poplony ścierniskowe jako nawóz organiczny w uprawie ziemniaków. *Biul. Inst. Ziemn.* 48: 73 — 82.
- Hamouz K., Lachman J., Dvořák P., Pivec V. 2005. The effect of ecological growing on the potatoes yield and quality. *Plant Soil Environ.*, 51: 397 — 402.
- 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.
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Kielbasa S. 2007. Plonowanie oraz skład chemiczny bulw ziemniaka w warunkach zróżnicowanego nawożenia. *Frag. Agron.* 2 (94): 142 — 150.
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A. 2012. Skład chemiczny oraz wybrane parametry jakości bulw ziemniaka w zależności od terminu i stopnia redukcji powierzchni asymilacyjnej liści. *Frag. Agron.* 29 (3): 88 — 94.
- Larkin R. P., Tavantz S. 2013. Use of biocontrol organisms and compost amendments for improved control of soilborne diseased potato production. *Am. J. of Pot. Res.* 90 (3): 261 — 270.
- Leszczyński W. 2002. Zależność jakości ziemniaka od stosowania w uprawie nawozów i pestycydów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 489: 47 — 64.
- Makaravcic A. 2003. Effect of organic and mineral fertilizers on the yield and quality of different of potato varieties. *Agron. Res.*, 1 (2): 197 — 209.
- Makarewicz A. 2015. Wybrane cechy jakości bulw ziemniaka nawożonego wsiewkami międzyplonowymi w integrowanym i ekologicznym systemie produkcji. *Biul. IHAR* 277: 87 — 98.

- Molina O.I., Tenuta M., Hadrami A., Buckley K., Cavers C., Daavf F. 2014. Potato early dying and yield responses to compost, green manure, seed meal and chemical treatments. *Am. J. of Pot. Res.* 91(4): 414 — 428.
- Peshin A., Singh B. 1999. Biochemical composition of potato tubers as influenced by higher nitrogen application. *J. Indian Potato Assoc.* 26 (3–4): 145 — 147.
- Płaza A. 2004. Skład chemiczny bulw ziemniaka jadalnego w warunkach zróżnicowanego nawożenia organicznego. *Annales UMCS, Sec. E*, 59 (3): 1327 — 1334.
- Płaza A., Ceglarek F. 2009. Tuber quality of edible potato fertilized with catch crops and barley straw. *Annales UMCS, Sec. E, LXIV* (3): 79 — 91.
- Redulla C. A., Davenport J. R., Evans R. G., Hattendorf M. J., Alva A. K., Boydston R. A. 2005. Relating potato yield and quality to field scale variability in soil characteristics. *Amer. J. Potato Res.* 79 (5): 317 — 323.
- Reust W., Neyroud J. A., Dutoid J. P. 1999. Potato fertilization in integrated farming system. 1th Triennial Conference of the EAPR. Sorrento, Italy, 02-07.05.1999: 259 — 260.
- Roztropowicz S., Czerko Z., Głuska A., Goliszewski W., Gruczek T., Lis B., Lutomirska B., Nowacki W., Rykaczewska K., Sowa-Niedziałkowska G., Szutkowska M., Wierzbicka Bujakowska B., Zarzyńska K., Zgórska K. 1999. *Metodyka obserwacji, pomiarów i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakiem*. Red. S. Roztropowicz. Wyd. IHAR Oddz. Jadwisin: 50.