

WPŁYW WARUNKÓW POGODOWYCH I WSIEWEK MIĘDZYPLONOWYCH
NA ZAWARTOŚĆ SUBSTANCJI SZKODLIWYCH W BULWACH ZIEMNIAKA
UPRAWIANEGO W INTEGROWANYM I EKOLOGICZNYCH SYSTEMACH
PRODUKCJI

Anna Płaza, Artur Makarewicz, Anna Cybulska, Emilia Rzążewska, Rafał Górski

Katedra Agrotechnologii
Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
ul. B. Prusa 14, 08-110 Siedlce
e-mail: plaza@uph.edu.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań z lat 2006-2009, mające na celu przeanalizowanie wpływu zmiennych warunków pogodowych w latach badań i nawożenia biomasą wsiewki międzyplonowej na zawartość substancji szkodliwych w bulwach ziemniaka uprawianego w integrowanym i ekologicznym systemie produkcji. Badano dwa czynniki. I. Nawożenie wsiewką międzyplonową: obiekt kontrolny (bez nawożenia wsiewką międzyplonową), obornik, koniczyna perska, koniczyna perska + życica westerwoldzka, życica westerwoldzka, koniczyna perska – mulcz, koniczyna perska + życica westerwoldzka – mulcz, życica westerwoldzka – mulcz. II. Systemy produkcji: integrowany i ekologiczny. Bezpośrednio po zastosowaniu wsiewek międzyplonowych uprawiano ziemniak jadalny. Podczas zbioru bulw ziemniaka pobrano ich próby do oznaczenia zawartości: azotanów (V) i glikoalkaloidów. Najniższą zawartość substancji szkodliwych odnotowano w bulwach ziemniaka zebranego w latach 2007 i 2009, o korzystnym rozkładzie opadów i temperatur. Najniższą zawartością azotanów (V) charakteryzowały się bulwy ziemniaka nawożonego koniczyną perską oraz mieszanką koniczyny perskiej z życicą westerwoldzką, niezależnie od formy ich stosowania w obu systemach produkcji, a glikoalkaloidów bulwy ziemniaka nawożonego koniczyną perską w formie mulczu w integrowanym systemie produkcji.

Słowa kluczowe: suma opadów, temperatura powietrza, ziemniak, zawartość azotanów (V), zawartość glikoalkaloidów, system produkcji, nawożenie wsiewką międzyplonową

WSTĘP

Obok składników stanowiących o wartości odżywczej i dietetycznej ziemniaka w bulwach występują substancje niepożądane. Do substancji niepożądanych m.in. zaliczamy azotany (V) i glikoalkaloidy (Mondy i Mush 1999, Bärtova i in. 2013,

Parmar i in. 2016). Zawartość tych związków w bulwach ziemniaka kształtują głównie: czynniki genetyczne, agrotechniczne i warunki klimatyczne (Koh i in. 2013, Ahmed i in. 2015). W badaniach Frydeckiej-Mazurczyk i Zgórskiej (1996), Abreu i in. (2007) oraz Parmar i in. (2016) odnotowano fluktuację substancji szkodliwych pod wpływem niekorzystnych warunków pogodowych podczas wegetacji.

Azotany (V) są naturalnymi składnikami produktów roślinnych. Same azotany (V) nie są toksyczne, ale istnieje możliwość zredukowania ich przez mikroflorę jelitową do azotanów (III), z udziałem których mogą się tworzyć rakotwórcze nitrozoaminy (Janowiak i in. 2009, Ahmed i in. 2015). Zdaniem Płazy i Ceglarka (2009) oraz Pobereżny i in. (2015) nawożenie międzyplonem istotnie obniża zawartość azotanów w bulwach ziemniaka w porównaniu do obiektu z nawożeniem mineralnym. Glikoalkaloidy (TGA) są naturalnymi substancjami toksycznymi występującymi w bulwach ziemniaka jako chakonina (około 60%) i solanina (około 40%). Badania Mondy i Mush (1999) oraz Płazy i Ceglarka (2009) wykazały, że ziemniaki nawożone biomasą międzyplonu zawierają mniej glikoalkaloidów. Hamouz i in. (2005), Zarzyńska i Goliszewski (2006), Sawicka (2003) oraz Wierzbicka (2011) udowodnili, że system produkcji także istotnie różnicuje zawartość substancji szkodliwych w bulwach ziemniaka. W dostępnym piśmiennictwie zauważa się niedobór publikacji z tego zakresu. Próbę częściowego wypełnienia tej luki stanowi niniejsza praca, mająca na celu przeanalizowanie wpływu zmiennych warunków pogodowych w latach badań i nawożenia biomasą wsiewki międzyplonowej na zawartość substancji szkodliwych w bulwach ziemniaka uprawianego w integrowanym i ekologicznym systemie produkcji.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe przeprowadzono w latach 2006-2009 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Zawadach należącej do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Doświadczenie założono w układzie split-blok, w trzech powtórzeniach na dwa czynniki zmienne, którymi były: I. Nawożenie wsiewką międzyplonową: obiekt kontrolny (bez nawożenia wsiewką międzyplonową), obornik ($30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), koniczyna perska ($27,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), koniczyna perska + życica westerwoldzka ($33,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), życica westerwoldzka ($36,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), koniczyna perska – mulcz ($27,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), koniczyna perska + życica westerwoldzka – mulcz ($33,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), życica westerwoldzka – mulcz ($35,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$). II. Systemy produkcji: integrowany i ekologiczny, które prowadzono na glebie płowej, o odczynie obojętnym, średniej zasobności w przyswajalny fosfor, potas i magnez. Zawartość próchnicy wynosiła 1,41%. Wsiewki międzyplonowe wsiewano w pszenżyto jare uprawiane na ziarno. W pierwszym roku po nawożeniu wsiewkami międzyplonowymi uprawiano ziemniak jadalny odmiany Zeus. W integrowanym systemie produkcji ziemniaka wczesną wiosną rozsiano nawozy mineralne, których ilość w przeliczeniu na 1 ha wynosiła: 90 kg N, 36,9 kg P i 99,6 kg K. Dawki nawożenia mineralnego

dostosowano do zasobności gleby i wielkości przewidywanego plonu. Na poletkach, na których jesienią wykonano orkę przedzimową, nawozy mineralne wymieszano z glebą za pomocą kultywatora agregowanego z broną. Natomiast na poletkach z mulczem stosowano bronę talerzową i kultywator. W ekologicznym systemie produkcji zamiast nawożenia mineralnego stosowano obornik w dawce $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ pod pszenżyto jare uprawiane z wsiewkami międzyplonowymi. Ziemiaki wysadzano w 3. dekadzie kwietnia, a zbierano w drugiej 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 MZ 72 WP ($2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$). Natomiast w ekologicznym systemie produkcji chwasty zwalczano mechanicznie. Od posadzenia do zawarcia rzędów, co 7 dni stosowano obsypnik i bronę. Stonkę ziemniaczaną zwalczano preparatem Novodor SC ($2,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), a zarazę ziemniaka fungicydem Miedzian 50 WP ($4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Podczas zbioru ziemniaka z każdego poletka pobrano próby bulw w celu oznaczenia zawartości: azotanów (V) jonoselektywną elektrodą azotanową oraz chlorosrebną elektrodą odniesień, a glikoalkaloidów metodą Bergersa. Każdą z badanych cech poddano analizie wariancji zgodnie ze schematem układu split-blok. W przypadku istotnych źródeł zmienności dokonano szczegółowego porównania średnich testem Tukey'a. Do obliczeń statystycznych użyto własne algorytmy pisane w MS Excel 7.0.

Lata prowadzenia badań charakteryzowały się znacznym zróżnicowaniem warunków pogodowych (tab. 1). W 2007 roku odnotowano najmniejszą sumę opadów, przy najwyższej temperaturze. W sierpniu odnotowano słabą posuchę. Największą sumę opadów odnotowano w 2008 roku. W tym też roku średnia temperatura była niższa o $0,4^\circ\text{C}$ od średniej temperatury wieloletniej. W sezonie wegetacyjnym 2008 roku, z największą ilością opadów, odnotowano słabą posuchę tylko w kwietniu. Natomiast w 2009 roku silna posucha wystąpiła w kwietniu, lipcu i we wrześniu. W 2009 roku suma opadów była niższa niż w 2008 roku, ale wyższa od sumy wieloletniej.

Tabela 1. Warunki termiczno-opadowe w latach 2007-2009 – dane Stacji Meteorologicznej w Zawadach
Table 1. Thermal conditions and precipitation in 2007-2009 – data of the Zawady Meteorological Station

Lata Years	Miesiąc / Month						Średnie Means
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
	Średnia temperatura powietrza ($^\circ\text{C}$) / Mean air temperature ($^\circ\text{C}$)						
2007	8,6	14,6	18,2	18,9	18,9	13,1	15,4
2008	9,1	12,7	17,4	18,4	18,5	12,2	14,7
2009	10,3	12,9	15,7	19,4	17,7	14,6	15,1
1951-2000	7,8	13,8	17,1	18,7	18,0	13,0	14,7
	Suma opadów (mm) / Rainfall sum (mm)						
2007	21,2	59,1	59,0	70,2	31,1	67,6	308,2
2008	28,1	85,6	49,0	69,8	75,4	63,4	371,2
2009	8,1	68,9	145,2	26,4	80,9	24,9	354,4
1951-2000	37,1	50,6	61,5	71,6	53,8	50,0	324,6

WYNIKI

Zawartość azotanów (V) w świeżej masie bulw ziemniaka była istotnie różnicowana przez warunki pogodowe, badane czynniki doświadczenia i ich współdziałanie. W latach 2007 i 2009 odnotowano istotnie niższą zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka niż w 2008 roku (tab. 2). Zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka nawożonego biomasą wsiewek międzyplonowych była niższa niż w bulwach zebranych z obiektu kontrolnego, bez nawożenia wsiewką międzyplonową. Istotnie najniższą zawartość azotanów (V) odnotowano w bulwach ziemniaka nawożonego koniczyną perską oraz mieszanką koniczyny perskiej z życią westerwoldzką, niezależnie od formy jej stosowania. Zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka nawożonego życią westerwoldzką zarówno przyoraną jesienią, jak i pozostawioną do wiosny w formie mulczu, nie różniła się istotnie od ich zawartości odnotowanej w bulwach nawożonych obornikiem. Wykazano współdziałanie warunków pogodowych z nawożeniem biomasą wsiewki międzyplonowej, z której wynika, że najniższą koncentrację azotanów (V) we wszystkich latach badań odnotowano w bulwach ziemniaka nawożonego koniczyną perską oraz mieszanką koniczyny perskiej z życią westerwoldzką, niezależnie od formy ich stosowania, a najniższą również we wszystkich latach badań w bulwach ziemniaka zebranego z obiektu kontrolnego, tylko z nawożeniem mineralnym.

Tabela 2. Zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka w zależności od nawożenia wsiewką międzyplonową w latach badań 2007-2009, mg·kg⁻¹ s.m.

Table 2. Nitrate (V) content (mg kg⁻¹ f.m.) in potato tubers as affected by fertilisation with undersown catch crops in the study years (2007-2009)

Nawożenie wsiewką międzyplonową / Undersown catch crop	2007	2008	2009	Średnie Means
Obiekt kontrolny / Control treatment	145,8	147,6	146,2	146,5
Obornik / Farmyard manure	114,8	116,6	115,2	115,5
Koniczyna perska / Persian clover	90,8	92,6	91,3	91,6
Koniczyna perska + życią westerwoldzka	95,8	97,6	96,3	96,6
Persian clover + Westerwold ryegrass	108,0	110,0	109,0	109,0
Życią westerwoldzka / Westerwolds ryegrass	86,8	88,6	87,3	87,4
Koniczyna perska – mulcz / Persian clover – mulch	91,8	91,8	92,3	92,0
Persian clover + Westerwold ryegrass – mulch	103,0	104,8	103,4	103,7
Życią westerwoldzka – mulcz / Westerwolds ryegrass – mulch	104,6	106,2	105,1	–
Średnie / Means				
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}				
Lata / years				1,2
Nawożenie wsiewką międzyplonową / undersown catch crop				11,7
Interakcja / interaction				15,5

Zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka była istotnie różnicowana przez system produkcji (tab. 3). Ziemniaki uprawiane w integrowanym systemie produkcji zawierały istotnie mniej azotanów (V) niż w ekologicznym systemie produkcji.

Wykazano współdziałanie badanych czynników, z którego wynika, że najniższą zawartość azotanów (V) odnotowano w bulwach ziemniaka nawożonego koniczyną perską oraz mieszanką koniczyny perskiej z życicą westerwoldzką zarówno w integrowanym, jak i ekologicznym systemie produkcji, a najwyższą, niezależnie od systemu produkcji, w bulwach ziemniaka z obiektu kontrolnego.

Tabela 3. Zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka w zależności od nawożenia wsiewką międzyplonową i systemu produkcji (średnie z lat 2007-2009), $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ś.m.}$

Table 3. Nitrate (V) content ($\text{mg kg}^{-1} \text{f.m.}$) in potato tubers as affected by fertilisation with undersown catch crop and production system (mean for the period of 2007-2009)

Nawożenie wsiewką międzyplonową / Undersown catch crop	System produkcji / production system	
	Integrowany Integrated	Ekologiczny Organic
Obiekt kontrolny / Control treatment	146,2	146,6
Obornik / Farmyard manure	108,0	123,1
Koniczyna perska / Persian clover	91,1	92,0
Koniczyna perska + życica westerwoldzka Persian clover + Westerwold ryegrass	95,9	97,2
Życica westerwoldzka / Westerwolds ryegrass	107,8	110,1
Koniczyna perska – mulcz / Persian clover – mulch	86,8	88,3
Koniczyna perska + życica westerwoldzka – mulcz Persian clover + Westerwold ryegrass – mulch	92,0	93,1
Życica westerwoldzka – mulcz / Westerwolds ryegrass – mulch	103,1	104,3
Średnie / Means	103,9	106,8
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}		
System produkcji / production system		1,0
Interakcja / interaction		12,7

Analiza statystyczna wykazała istotny wpływ warunków meteorologicznych badanych czynników doświadczenia i ich interakcji na zawartość glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka. Największą ich ilość odnotowano w bulwach zebranych w 2008 roku, o największej sumie opadów w ciągu całego sezonu wegetacyjnego ziemniaka (tab. 4). Istotnie niższą koncentrację glikoalkaloidów odnotowano w latach 2007 i 2009 o korzystnym rozkładzie opadów i temperatur. Nawożenie biomasą wsiewek międzyplonowych przyczyniło się do obniżenia zawartości glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka. Najniższą ich ilość odnotowano w bulwach ziemniaka zebranego z obiektów nawożonych koniczyną perską oraz mieszanką koniczyny perskiej z życicą westerwoldzką, niezależnie od formy ich stosowania. Zawartość glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka nawożonego życicą westerwoldzką zarówno przyoraną jesienią, jak i pozostawioną do wiosny w formie mulczu, nie różniła się istotnie od odnotowanej w bulwach nawożonych obornikiem. Tylko w obiekcie kontrolnym z samym nawożeniem mineralnym była istotnie niższa. Wykazano interakcję warunków okresu wegetacji z nawożeniem biomasą wsiewki międzyplonowej, z której wynika, że najniższą koncentracją glikoalkaloidów charakteryzowały się bulwy ziemniaka we wszystkich latach badań zebrane z obiektu

Tabela 4. Zawartość glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka w zależności od nawożenia wsiewką międzyplonową w latach badań 2007-2009, mg·kg⁻¹ ś.m.

Table 4. Glycoalkaloid content (mg kg⁻¹ f.m.) in potato tubers as affected by fertilisation with undersown catch crop in the study years (2007-2009)

Nawożenie wsiewką międzyplonową / Undersown catch crop	2007	2008	2009	Średnie Means
Obiekt kontrolny / Control treatment	73,6	74,9	73,9	74,1
Obornik / Farmyard manure	61,2	62,6	61,5	61,8
Koniczyna perska / Persian clover	54,3	55,7	55,1	55,0
Koniczyna perska + życica westerwoldzka	58,6	60,0	58,9	59,2
Persian clover + Westerwold ryegrass				
Życica westerwoldzka / Westerwolds ryegrass	60,5	62,2	61,2	61,3
Koniczyna perska – mulcz / Persian clover – mulch	52,7	54,1	53,0	53,3
Koniczyna perska + życica westerwoldzka – mulcz	56,6	58,0	56,9	57,2
Persian clover + Westerwold ryegrass – mulch				
Życica westerwoldzka – mulcz / Westerwolds ryegrass – mulch	59,2	60,6	59,5	59,8
Średnie / Means	59,6	61,0	60,0	–
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}				
Lata / years				0,6
Nawożenie wsiewką międzyplonową / undersown catch crop				1,6
Interakcja / interaction				1,9

nawożonego koniczyną perską w formie mulczu oraz w 2007 roku bulwy ziemniaka nawożonego koniczyną perską przyoraną jesienią, a najwyższą bulwy zebrane z obiektu kontrolnego we wszystkich latach badań. System produkcji także istotnie różnicował zawartość glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka (tab. 5). Niższą ich koncentrację odnotowano w bulwach ziemniaka uprawianego w integrowanym niż w ekologicznym systemie produkcji.

Tabela 5. Zawartość glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka w zależności od nawożenia wsiewką międzyplonową i system produkcji (średnie z lat 2007-2009), mg·kg⁻¹ ś.m.

Table 5. Glycoalkaloid content (mg kg⁻¹ f.m.) in potato tubers as affected by fertilisation with undersown catch crop and production system (means across 2007-2009)

Nawożenie wsiewką międzyplonową Undersown catch crop	System produkcji / production system	
	Integrowany Integrated	Ekologiczny Organic
Obiekt kontrolny / Control treatment	72,3	75,9
Obornik / Farmyard manure	61,2	62,3
Koniczyna perska / Persian clover	54,2	55,8
Koniczyna perska + życica westerwoldzka	58,4	59,9
Persian clover + Westerwold ryegrass		
Życica westerwoldzka / Westerwolds ryegrass	60,8	62,0
Koniczyna perska – mulcz / Persian clover – mulch	52,2	54,3
Koniczyna perska + życica westerwoldzka – mulcz	55,9	58,4
Persian clover + Westerwold ryegrass – mulch		
Życica westerwoldzka – mulcz / Westerwolds ryegrass – mulch	59,3	60,2
Średnie / Means	59,3	61,1
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}		
System produkcji / production system		0,4
Interakcja / interaction		1,6

Wykazano współdziałanie badanych czynników doświadczenia, z którego wynika, że najniższą zawartość glikoalkaloidów odnotowano w bulwach ziemniaka zebranego z obiektu nawożonego koniczyną perską w formie mulczu w integrowanym systemie produkcji, a najwyższą w bulwach ziemniaka zebranego z obiektu kontrolnego w ekologicznym systemie produkcji.

DYSKUSJA

Warunki termiczno-opadowe w okresie prowadzenia badań istotnie różnicowały zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka. Badania Frydeckiej-Mazurczyk i Zgórskiej (1996) oraz Lachman i in. (2005) wykazały, że warunki stresowe podczas wegetacji ziemniaka tzn. okresowy niedobór opadów oraz wysoka temperatura, jak również nadmiar opadów i niska temperatura powodowały zwiększenie zawartości azotanów (V) w bulwach. Natomiast badania Grudzińskiej i Zgórskiej (2008) wykazały, że przy średniej temperaturze powietrza (16-18°C) oraz optymalnej sumie opadów w czasie wegetacji bulwy charakteryzowały się najniższą koncentracją azotanów (V). Jest to zbieżne z wynikami badań własnych. Zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka nawożonego biomasą wsiewek międzyplonowych była niższa niż w bulwach zebranych z obiektu kontrolnego, bez nawożenia wsiewką międzyplonową. Zdaniem Rogozińskiej (2003) pod wpływem nawożenia mineralnego, a zwłaszcza azotowego, zwiększa się stężenie azotanów (V) w bulwach ziemniaka. W przeprowadzonym doświadczeniu istotnie najniższą zawartość azotanów (V) odnotowano w bulwach ziemniaka nawożonego koniczyną perską oraz mieszanką koniczyny perskiej z życią westerwoldzką, niezależnie od formy jej stosowania. Zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka nawożonego życią westerwoldzką zarówno przyoraną jesienią, jak i pozostawioną do wiosny w formie mulczu, nie różniła się istotnie od ich zawartości odnotowanej w bulwach nawożonych obornikiem. Jest to zbieżne z wynikami badań Płazy i Ceglarka (2009). Powyższą zależność należy tłumaczyć tym, iż biomasa roślin bobowatych i ich mieszanek z życią westerwoldzką oraz facelii poza wyższą zawartością azotu zawierała mało włókna, co zapewniło szybki jej rozkład. Dzięki temu składniki pokarmowe, w tym azot, udostępniane są roślinie ziemniaka równomiernie, umożliwiając całkowitą zamianę azotu mineralnego w azot białkowy. Zdaniem Bártovā i in. (2013) stosowanie obornika, którego skład chemiczny jest kontrolowany, może zwiększyć, m.in. zawartość azotu i innych składników w roślinie. Natomiast Boligłowa i Gleń (2003), Kołodziejczyk i in. (2007) oraz Smith (2007) wykazali, że zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka nawożonego gorczycą białą kształtowała się na zbliżonym poziomie, jak w ziemniakach nawożonych obornikiem. W badaniach własnych zawartość azotanów (V) różnicował także system produkcji. Niższą ich koncentrację odnotowano w bulwach ziemniaka uprawianego

w integrowanym niż w ekologicznym systemie produkcji. Jest to zbieżne z wynikami badań Sawickiej (2003). Natomiast Hamouz i in. (1999) udowodnili istotny wzrost zawartości azotanów (V) w bulwach zebranych z obiektów w systemie konwencjonalnym w stosunku do ekologicznego. Również Zarzyńska i Goliszewski (2006) udowodnili istotny wpływ systemu produkcji na zawartość azotanów (V). Coraz częściej pojawia się dyskusja na temat zawartości azotanów (V) w bulwach ziemniaka pochodzącego z systemu ekologicznego (Hamouz i in. 2005, Tkaczyk i in. 2006). Okazuje się, że ilość azotanów (V) w bulwach ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym może być bardzo wysoka (Sawicka 2003, Smith 2007). Wynika to z wielu czynników. Na glebach ciężkich w celu zbilansowania azotu w całym płodozmianie stosuje się na ogół duże wysycenie roślinami bobowatymi. Ziemniak jest tą rośliną, która w płodozmianie przychodzi zaraz po oborniku czy kompoście, a więc w takich przypadkach dawka azotu organicznego może okazać się zbyt duża dla tej rośliny i nie będzie ona w stanie przetworzyć go na azot białkowy. Pozostaje więc w bulwach w postaci azotanów (V).

W badaniach własnych najwyższą zawartość glikoalkaloidów odnotowano w 2008 roku, o największej ilości opadów w ciągu całego sezonu wegetacyjnego ziemniaka. Istotnie niższą koncentrację tego składnika odnotowano w latach 2007 i 2009, o korzystnym rozkładzie opadów i temperatur. Gregory (2008) wykazał, że na podwyższenie zawartości glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka wpływają stropy podczas wegetacji, tj. przedłużające się zimno, deszcze i pochmurny sezon podczas wzrostu roślin, ekstremalne ciepło, susza lub nadmiar wody oraz wysokie nasłonecznienie. Diviš (2008) wykazał, że najwyższy poziom glikoalkaloidów zawierały bulwy zebrane w sezonie wegetacyjnym charakteryzującym się wysoką temperaturą i niedostateczną ilością wody. Wpływ pogody na poziom omawianego składnika potwierdził również Hamouz i in. (1999). Nawożenie biomasą wsiewek międzyplonowych przyczyniło się do obniżenia zawartości glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka. Również badania Mondy i Munsh (1999) oraz Płazy i Ceglarka (2009) wykazały, że ziemniaki nawożone biomasą międzyplonów posiadały mniejszą zawartość glikoalkaloidów. W omawianym doświadczeniu na obiektach nawożonych wsiewkami międzyplonowymi odnotowano istotny spadek koncentracji glikoalkaloidów w porównaniu do ich ilości odnotowanej w ziemniakach zebranych z obiektu kontrolnego. Również w badaniach Mondy i Munsh (1999), Rogozińskiej (2003) oraz Smith (2007) nawożenie mineralne zwiększało zawartość glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka. W badaniach własnych system produkcji także istotnie różnicował zawartość glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka. Niższą ich koncentrację odnotowano w bulwach ziemniaka uprawianego w integrowanym niż w ekologicznym systemie produkcji. Jest to zbieżne z wynikami badań Sawickiej (2003), Hellanäs i in. (2005) oraz Zarzyńskiej i Wroniak (2008). Powyższą zależność należy tłumaczyć tym, iż w ekologicznym systemie

produkcji otrzymuje się mniejszy plon bulw ziemniaka, które są drobniejsze niż w integrowanym czy konwencjonalnym systemie produkcji. Udowodniono, że w małych bulwach ziemniaka (poniżej 50 g) jest więcej glikoalkaloidów niż w dużych (Wroniak i Mazurczyk 2006, Zarzyńska i Goliszewski 2006).

WNIOSKI

1. Najniższą zawartość substancji szkodliwych odnotowano w bulwach ziemniaka zebranego w latach 2007 i 2009, o korzystnym rozkładzie opadów i temperatur.
2. Najniższą zawartość azotanów (V) charakteryzowały się bulwy ziemniaka nawożonego koniczyną perską oraz mieszanką koniczyny perskiej z życią westerwoldzką, niezależnie od formy ich stosowania w obu systemach produkcji, a glikoalkaloidów bulwy ziemniaka nawożonego koniczyną perską w formie mulczu w integrowanym systemie produkcji.
3. Bulwy ziemniaka nawożonego koniczyną perską w formie mulczu uprawianego w integrowanym systemie produkcji zawierały najmniej azotanów (V) i glikoalkaloidów.

PIŚMIENNICTWO

- Abreu P., Relva A., Matthew S., Gomes Z., Morais Z., 2007. High-performance liquid chromatographic determination of glycoalkaloids in potatoes from conventional, integrated, and organic crop systems. *Food Cont.*, 18(1), 40-44.
- Ahmed A.A., Zaki M.F., Shafeek M.R., Helmy Y.I., Abd El-Baky M.M.H., 2015. Integrated use of farmyard manure and inorganic nitrogen fertilizer on growth, yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Intern. Jour. Curr. Microb. App. Sci.*, 4(10), 325-349.
- Bártová V., Diviš J., Bárta J., Brabcová A., Švajnerová M., 2013. Variation of nitrogenous components in potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers produced under organic and conventional crop management. *Eur. Jour. Agron.*, 49, 20-31.
- 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
- Diviš J., 2008. Effect of cultivation system on glycoalkaloids content in potato tubers. *Zesz. Nauk. UP Wrocław, Rol.*, XCII, 568, 7-11.
- Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K., 1996. Czynniki wpływające na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.*, 47, 111-124.
- Gregory P., 2008. Glycoalkaloid composition of potatoes: Diversity and biological implications. *Am. Jour. Pot. Res.*, 61(3), 115-122.
- Grudzińska M., Zgórska K., 2008. Wpływ warunków meteorologicznych na zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 5(60), 98-106.
- Hamouz K., Čepl J., Vokal B., Lachman J., 1999. Influence of locality and way of cultivation on the nitrate and glycoalkaloid content of potato tubers. *Rostl. Vyr.*, 45(11), 495-501.
- 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.

- Hellenäs K.E., Branzell C., Johnsson H., Slanina P., 2005. High of glycoalkaloids in the established Swedish potato variety Magnum Bonum. *Jour. Food Agric.*, 68(2), 249-255.
- Janowiak J., Spychaj-Fabisiak E., Wszelaczyńska E., Pińska M., Murawska B., 2009. Effect of many-year natural mineral fertilization in yielding and the content of nitrates (V) in potato tubers. *Jour. Cent. Eur. Agric.*, 10, 109-114.
- Koh E., Kaffka S., Mitchell A.E., 2013. A long-term comparison of the influence of organic and conventional crop management practices on the content of the glycoalkaloid *tomatine* in tomatoes. *Jour. of the Sci. of Food and Agric.*, 93(7), 1537-1542.
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Kielbasa S., 2007. Plonowanie oraz skład chemiczny bulw ziemniaka w warunkach zróżnicowanego nawożenia. *Frag. Agron.*, 2(94), 142-150.
- Lachman J., Hamouz K., Dvořák P., Orsák M., 2005. The effect of selected factors on the content of protein and nitrates in potato tubers. *Plant Soil Environ.*, 10, 431-438.
- Mondy N.I., Munsh C.B., 1999. Effect of nitrogen fertilization on glycoalkaloids and nitrate content of potatoes. *Jour. Agric. Food Chem.*, 38, 565-567.
- Parmar M., Nandre B., Pawar Y., 2016. Influence of foliar supplementation of zinc and manganese on yield and quality of potato, *Solanum tuberosum* L. *Inter. Jour. Farm Sci.*, 6(1), 69-73.
- 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.
- Pobereźny J., Wszelaczyńska E., Wichrowska D., Jaskulski D., 2015. Content of nitrates in potato tubers depending on the organic matter, soil fertilizer, cultivation simplifications applied and storage. *Chil. Jour. Agric. Res.*, 75(1), 42-49.
- Rogozińska L., 2003. Czynniki kształtujące zawartość azotanów w wybranych produktach pochodzenia roślinnego. *Inż. Masz.*, XX(1), 67-72.
- Sawicka B., 2003. Quality of potato cultivated under the ecological and integrated production system. *Hort. Veg. Grow.*, 22(4), 10-20.
- Smith O., 2007. Potato quality. *Am. Jour. Pot. Res.*, 28(10), 732-737.
- Tkaczyk P., Bednarek W., Dresler S., 2006. Zawartość azotanów (V) jako miernik wartości bulw ziemniaka i niektórych warzyw korzeniowych. *Inż. Ekol.*, 17, 143-144.
- Wierzbicka A., 2011. Some quality characteristics of potato tubers grown in the ecological system depending on irrigation. *Jour. Res. Appl. Agric. Eng.*, 56, 2003-2007.
- Wroniak J., Mazurczyk W., 2006. Odmianowe zróżnicowanie zawartości glikoalkaloidów w zależności od przeciętnej masy bulw ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 511, 189-195.
- Zarzyńska K., Goliszewski W., 2006. Uprawa ziemniaka w systemie ekologicznym i integrowanym a jakość plonu bulw. *Pam. Puł.*, 142, 617-626.
- Zarzyńska K., Wroniak J., 2008. Różnice w składzie chemicznym bulw ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym i integrowanym w zróżnicowanych warunkach klimatyczno-glebowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 530, 249-257.

THE EFFECT OF WEATHER CONDITIONS AND UNDERSOWN CROP
ON THE CONTENT OF HARMFUL SUBSTANCES IN POTATO TUBERS
CULTIVATED IN THE INTEGRATED AND ORGANIC PRODUCTION SYSTEMS

Anna Płaza, Artur Makarewicz, Anna Cybulska, Emilia Rządewska, Rafał Górski

Department of Agrotechnology
Siedlce University of Natural Sciences and Humanities
B. Prusa 14, 08-110 Siedlce, Poland
e-mail: plaza@uph.edu.pl

Abstract. The paper presents the results of a study from 2006-2009, the aim of which was to determine the influence of changing weather conditions in the years of the study and of fertilisation with the biomass of undersown catch crop on the content of harmful substances in the tubers of potato cultivated in the integrated and organic production systems. Two factors were examined: I. Undersown catch crop fertilisation: control (without undersown catch crop fertilisation), farmyard manure, Persian clover, Persian clover + Westerwold ryegrass, Westerwold ryegrass, Persian clover – mulch, Persian clover + Westerwold ryegrass – mulch, Westerwold ryegrass – mulch. II. Production system: integrated and organic. Edible potato was cultivated directly after the undersown catch crop. During the harvest of potato tubers, samples were taken to determine the content of nitrates (V) and glycoalkaloids. The lowest content of harmful substances was recorded in potato tubers harvested in 2007 and 2009, i.e. in years with a favourable distribution of precipitation and temperature. The lowest content of nitrates (V) was characteristic of potato tubers fertilised with Persian clover and the mixture of Persian clover with Westerwold ryegrass, irrespective of the form of their application in both production system, and of glycoalkaloids – of potato tubers fertilised with Persian clover in the form of mulch in the integrated production system.

Key words: precipitation sum, air temperature, potato, nitrate (V) content, glycoalkaloid content, production system, undersown catch crop fertilisation