

WPLYW NAWOŻENIA POTASEM, MAGNEZEM I SIARKĄ NA PŁONOWANIE, CIEMNIENIE BULW SUROWYCH ORAZ WYSTĘPOWANIE ALTERNARIOZY I OSPOWATOŚCI BULW ZIEMNIAKA

JERZY OSOWSKI¹, TOMASZ ERLICHOWSKI, JANUSZ URBANOWICZ

*Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin-PIB w Radzikowie, Zakład Nasiennictwa
i Ochrony Ziemiaka w Boninie, 76-009 Bonin*

Synopsis. W badaniach polowych realizowanych w latach 2012, 2014 i 2015 w IHAR-PIB w Boninie oceniano wpływ pięciu wariantów nawożenia potasem, magnezem i siarką na zdrowotność roślin ziemniaka oraz wielkość i wybrane parametry jakości uzyskanego plonu bulw. Na wszystkie badane parametry w dużej mierze miał wpływ przebieg warunków pogodowych w trakcie prowadzenia badań. Nie stwierdzono istotnych różnic w wielkości i jakości uzyskanego plonu pomiędzy poszczególnymi wariantami nawożenia, a tylko w porównaniu z obiektem kontrolnym. Wykazano wpływ nawożenia magnezem, potasem i siarką na kondycję i zdrowotność roślin ziemniaka, a tym samym wydłużenie okresu gromadzenia plonu (mniejsza redukcja powierzchni asymilacyjnej).

Słowa kluczowe: nawożenie potasem, magnezem i siarką, plon bulw, alternarioza, ciemnienie bulw, ospowatość bulw

WSTĘP

Rośliny uprawne do swojego rozwoju i formowania plonu użytkowego potrzebują 20 pierwiastków, z których każdy spełnia w roślinie określone funkcje. Niedobór składników pokarmowych prowadzi do ograniczenia rozwoju roślin wpływając na spowolnienie procesów życiowych, a w finale na wielkość i jakość plonu. W Polsce ok. 50% gleb zalicza się do ubogich w potas przyswajalny, czyli wymagających nawożenia uzupełniającego w celu poprawy ich zasobności w ten składnik [Stępień i in. 2009].

Ziemniak tak jak inne rośliny uprawne do swojego rozwoju potrzebuje odpowiedniej ilości składników pokarmowych. Do pierwiastków o dużym znaczeniu dla wielkości i jakości plonu bulw ziemniaka należą potas i magnez oraz siarka. Potas odgrywa kluczową rolę w procesach przemiany materii. Odpowiada między innymi za gospodarkę wodną, zwiększa odporność roślin na choroby i mrozoodporność, wpływa na trwałość przechowalniczą, a w przypadku ziemniaka polepsza akumulację skrobi w bulwach, zmniejsza podatność na ciemnienie mięszu przed i po ugotowaniu, a bulwy przeznaczone na frytki i chipsy uzyskują lepszą barwę po wysmażeniu [Grzebisz 2011]. Według najnowszych badań ponad 60 różnych reakcji enzymatycznych jest aktywowanych przez jon potasowy [Stępień i in. 2009].

Magnez jest centralnym atomem cząsteczki chlorofilu, przez co odgrywa ważną rolę w procesie fotosyntezy, a także w procesie transportu produktów fotosyntezy we floemie i jest współodpowiedzialny za trwałość ścian komórkowych. Ponadto odgrywa dużą rolę jako aktywator

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address*: osowski@ziemniak-bonin.pl

procesu przemiany skrobi, a także wpływa na polepszenie cech jakościowych przy przetwarzaniu bulw (zachowanie barwy produktów smażenia – frytki, chipsy). Siarka jest składnikiem ważnych aminokwasów (cysteina, cystyna, metionina), bierze udział w reakcjach enzymatycznych i oksydoredukcyjnych wpływając na wzrost zawartości cukrów, białek i tłuszczów w roślinie, zwiększa odporność roślin na suszę i mróz [Kaczor i Zuzańska 2009, Grześkowiak 2013]. Brak potasu, magnezu i siarki w roślinie powoduje zahamowanie ich wzrostu i rozwoju oraz ujemnie wpływa na jakość plonu i jego przydatność do przetwórstwa [Grzebiś 2011, Grześkowiak 2013].

Celem przeprowadzonych badań polowych była ocena wpływu różnych dawek oraz form potasu, magnezu i siarki na wielkość i jakość plonu bulw ziemniaka.

MATERIAŁ I METODY

Badania wpływu różnych form potasu oraz dawek magnezu i siarki przeprowadzono w latach 2012, 2014 i 2015 w IHAR-PIB, Zakładzie Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie na średnio wczesnej jadalnej odmianie Irga. Oceniano następujące warianty nawożenia potasem, magnezem i siarką:

- KS-1 kontrola – bez nawożenia
- KS-2 – N – 105 kg·ha⁻¹ (mocznik 46% N); P₂O₅ – 105 kg·ha⁻¹ (superfosfat 40% P₂O₅); K₂O – 160 kg·ha⁻¹ (sól potasowa 60% K₂O),
- KS-3 – N – 105 kg·ha⁻¹ (mocznik 46% N); P₂O₅ – 105 kg·ha⁻¹ (superfosfat 40% P₂O₅); K₂O – 160 kg·ha⁻¹ + SO₃ – 144 kg·ha⁻¹ (KALISOP 50% K₂O + 45% SO₃),
- KS-4 – N – 105 kg·ha⁻¹ (mocznik 46% N); P₂O₅ – 105 kg·ha⁻¹ (superfosfat 40% P₂O₅); K₂O – 160 kg·ha⁻¹ (sól potasowa 60% K₂O); MgO – 50 kg·ha⁻¹ + SO₃ – 100 kg·ha⁻¹ (ESTA Kieserit 25% MgO + 50% SO₃),
- KS-5 – N – 105 kg·ha⁻¹ (mocznik 46% N); P₂O₅ – 105 kg·ha⁻¹ (superfosfat 40% P₂O₅); K₂O – 160 kg·ha⁻¹ + SO₃ – 144 kg·ha⁻¹ (KALISOP 50% K₂O + 45% SO₃); MgO – 50 kg·ha⁻¹ + SO₃ – 100 kg·ha⁻¹ (ESTA Kieserit 25% MgO),

Każdego roku przed założeniem doświadczenia pobierano próbki gleby w celu określenia jej właściwości (tab. 1). Pola doświadczone w latach oceny charakteryzowały się odczynem od kwaśnego do lekko kwaśnego oraz średnią zawartością fosforu, niską do średniej zawartością potasu i niską zawartością magnezu. Przedplonem w każdym z lat badań była kukurydza.

W trakcie prowadzenia doświadczeń stosowano chemiczną ochronę przed chwastami (dwa zabiegi: przedwschodowo Plateen 41,5 WG w dawce 2,0 kg·ha⁻¹ i przed zwarciem międzyrzędzi Titus 25 WG w dawce 0,04–0,06 kg·ha⁻¹), stonką ziemniaczaną – 1 zabieg Actara 25 WG w dawce 0,08 kg·ha⁻¹ oraz zarazą ziemniaka 5 do 7 zabiegów w zależności od nasilenia choroby.

W sezonie wegetacyjnym prowadzono obserwacje rozwoju alternariozy ziemniaka notując w odstępach co 7–10 dni – procent zniszczenia powierzchni asymilacyjnej liści według skali 9-stopniowej, gdzie 9 oznacza brak objawów choroby, a 1 całkowite zniszczenie rośliny [Roztropowicz i in. 1999].

Po zbiorze oceniano wpływ zastosowanych wariantów nawożenia na wielkość otrzymanego plonu i jego strukturę wydzielając frakcje bulw: handlowych (o średnicy powyżej 35 mm) oraz dużych (o średnicy powyżej 55 mm).

Ocenę porażenia bulw ospowatością (*Rhizoctonia solani*) prowadzono po okresie 6 tygodni przechowywania. Nasilenie choroby wyrażono indeksem porażenia według wzoru Townsend-Heuberger [Püntener i in. 1981].

Dodatkowo oceniano zawartość skrobi w bulwach oraz ciemnienie miąższu bulw po 4 godzinach według skali 9-stopniowej, gdzie 9 oznacza brak ciemnienia, a 1 ciemnienie naj-

silniejsze [Roztropowicz i in. 1999]. Istotność różnic testowano testem Tukeya na poziomie istotności $\alpha=0,05$.

WYNIKI BADAŃ

Na rozwój roślin i ich plonowanie znaczący wpływ miał nie tylko rodzaj gleby (tab. 1) i nawożenie, ale także przebieg pogody w okresie wegetacji (tab. 2). W roku 2012 stwierdzono największą w trzyletnim cyklu badań ilość opadów w okresie wegetacji ziemniaka tj. od kwietnia do września (513 mm). Duża ilość opadów w czerwcu, lipcu i sierpniu miała korzystny wpływ na rozwój roślin i gromadzenie plonu. Najmniejszą ilość opadów w analogicznym okresie stwierdzono w roku 2014 (320,2 mm). Długie okresy suszy i mała ilość opadów w lipcu nie sprzyjała gromadzeniu plonu bulw.

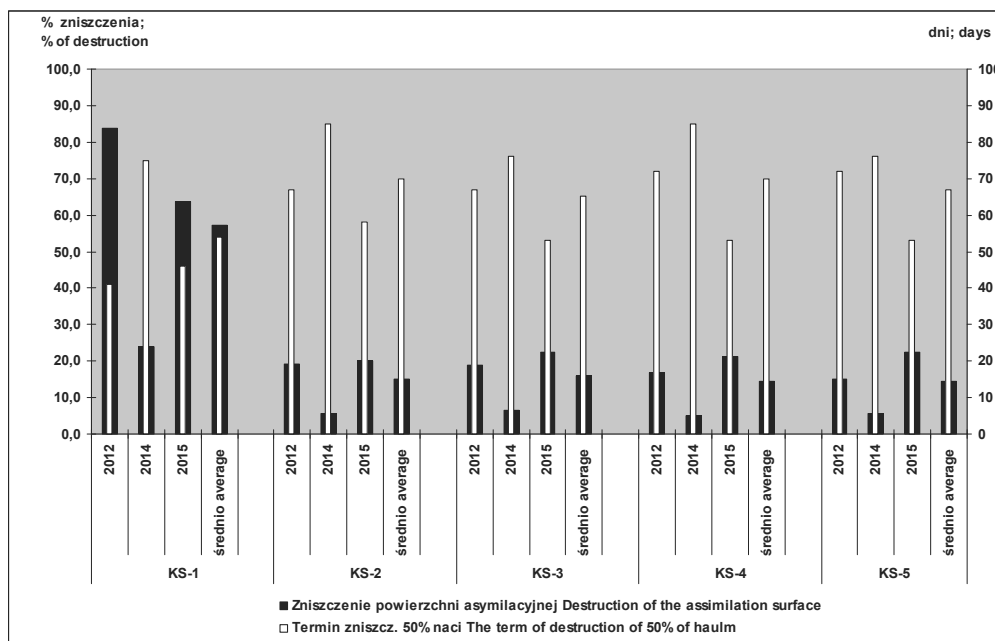
Tabela 1. Charakterystyka warunków glebowych
Table 1. Characteristics of soil conditions

Rok Year	pH _{KCl}	Zawartość – Content (mg·100 g)			Materia organiczna Organic matter (%)	Kategoria agronomiczna Agronomic category	Frakcja – Fraction (%)		
		P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO			2,0–0,05 mm	0,05–0,02 mm	< 0,02 mm
2012	5,75	14,9	7,0	3,4	1,0	głina piaszczysta loamy sand	76,7	9,2	14,1
2014	5,04	13,0	12,0	2,7	1,9	głina piaszczysta loamy sand	70,0	10,5	19,5
2015	5,47	16,2	7,0	3,3	1,4	piasek słabogliniasty sandy loam	83,1	6,9	10,0

Tabela 2. Warunki pogodowe w latach 2012–2015 w porównaniu do lat 1981–2010 (Bonin)
Table 2. Weather conditions in the years 2012–2015 compared to the results form 1981–2010 (Bonin)

Miesiąc Month	Temperatura – Temperature (°C)				Opady – Rainfall (mm)			
	2012	2014	2015	1981–2010	2012	2014	2015	1981–2010
IV	7,6	9,8	7,1	7,3	37,8	48,2	6,8	43,0
V	13,2	12,3	11,1	12,3	21,0	41,2	54,0	70,7
VI	14,8	15,1	13,9	15,1	118,6	69,2	142,6	96,6
VII	17,7	20,7	17,0	17,7	147,4	34,2	142,4	84,5
VIII	17,2	17,0	20,3	17,4	107,4	73,5	27,4	88,8
IX	13,9	14,7	13,6	13,1	80,8	53,9	98,8	87,7
Średnia/Suma Mean/Sum IV–IX	14,1	14,9	13,8	13,8	513,0	320,0	472,0	470,5

Chorobą, której występowanie nasila się w warunkach osłabienia roślin wywołanego między innymi niedoborem składników pokarmowych jest alternarioza ziemniaka (*Alternaria solani* i *A. alternata*). W prowadzonym doświadczeniu oceniano wpływ zastosowania różnych form nawożenia na możliwość ograniczenia rozwoju alternariozy na roślinach ziemniaka. Uzyskane w latach badań wyniki dowodzą, że rośliny dobrze odżywione były mniej podatne na rozwój tej choroby (rys. 1). Zniszczenie powierzchni asymilacyjnej roślin na obiekcie kontrolnym wahało się od 25 do ponad 80% w zależności od roku oceny. Poziom zniszczenia roślin na obiektach nawożonych nie przekraczał średnio 20% w poszczególnych latach badań. Dobre odżywienie roślin wpływało na polepszenie ich kondycji, mniejsze zniszczenie powierzchni asymilacyjnej, a także spowodowało opóźnienie zatrzymania gromadzenia plonu bulw. Teoretyczny termin zatrzymania gromadzenia plonu (zniszczenie powierzchni asymilacyjnej > 50%) na obiektach nawożonych w porównaniu do kontroli (bez nawożenia) był dłuższy średnio o 11 dni w wariantach KS-3 do 16 dni w wariantach KS-2 i KS-4.



Rys. 1. Średni poziom zniszczenia powierzchni asymilacyjnej przez alternariozę oraz termin zniszczenia 50% naci w zależności od wariantu nawożenia

Fig. 1. The average level of destruction of the surface of assimilation of early blight and the date of the destruction of 50% of haulm depending on the variant of fertilization

Nawożenie jest jednym z głównych czynników wpływającym na wielkość otrzymywanego plonu bulw. Oceniane w latach 2012 i 2014–2015 warianty nawożenia miały korzystny wpływ na wielkość plonu frakcji bulw handlowych (tab. 3). Stwierdzono wzrost plonu dla każdego z wariantów nawożenia w porównaniu do wariantu KS-1 (bez nawożenia). W roku 2014

Tabela 3. Plon frakcji bulw handlowych ($t \cdot ha^{-1}$) w zależności od roku i wariantu nawożenia
 Table 3. The yield of fraction marketable tubers ($t \cdot ha^{-1}$) depending on the year and the variant of fertilization

Rok Year	Wariant nawozowy – Variant of fertilization					Średnio Mean
	KS – 1*	KS - 2	KS - 3	KS - 4	KS - 5	
2012	29,4	47,2	56,4	57,5	63,0	50,7
2014	19,4	28,4	30,2	29,5	30,5	27,6
2015	11,2	37,5	33,7	35,5	31,9	29,9
Średnio – Mean	20,0	37,7	40,1	40,9	41,8	–
NIR _{0,05} –LSD _{0,05} dla – for: wariantów nawożenia/variants of fertilization = 8,7; lat/years = 5,7; warianty nawożenia x lata/variants of fertilization x years = 15,0; lata x warianty nawożenia/years x variants of fertilization = 12,8						

*objaśnienia w rozdziale „Materiał i Metody”/explanations in „Material and Methods”

zaobserwowane różnice były najmniejsze. Rok ten charakteryzował się także najmniej korzystnymi warunkami pogodowymi dla rozwoju roślin.

W produkcji frytek, a także chipsów oprócz jakości bulw duże znaczenie ma także ich wielkość. W przeprowadzonym doświadczeniu stwierdzono istotnie większe średnie plony frakcji bulw dużych dla każdego z badanych wariantów nawożenia w porównaniu z obiektem kontrolnym (tab. 4).

Tabela 4. Plon frakcji bulw dużych ($t \cdot ha^{-1}$) w zależności od roku i wariantu nawożenia
 Table 4. The yield of fraction large tubers ($t \cdot ha^{-1}$) depending on the year and the variant of fertilization

Rok Year	Wariant nawozowy – Variant of fertilization					Średnio Mean
	KS – 1*	KS - 2	KS - 3	KS - 4	KS - 5	
2012	2,3	29,8	37,0	34,5	38,6	28,4
2014	5,2	9,9	10,9	12,1	12,5	10,1
2015	2,3	17,6	12,5	21,6	17,1	14,2
Średnio – Mean	3,3	19,1	20,1	22,7	22,7	–
NIR _{0,05} –LSD _{0,05} dla – for: wariantów nawożenia/variants of fertilization = 7,6; lat/years = 5,0; warianty nawożenia x lata/variants of fertilization x years = 13,2; lata x warianty nawożenia/years x variants of fertilization = 11,3						

*objaśnienia w rozdziale „Materiał i Metody”/explanations in „Material and Methods”

W ocenie wielkości plonu skrobi stwierdzono jego wzrost dla każdego z badanych wariantów nawożenia w każdym z lat doświadczenia. Najwyższe średnie plony skrobi uzyskano dla wariantu KS-5 (tab. 5), nie różniły się jednak one istotnie od średnich plonów stwierdzonych dla pozostałych ocenianych wariantów.

Tabela 5. Plon skrobi ($t \cdot ha^{-1}$) w zależności od roku i wariantu nawożenia
 Table 5. The starch field ($t \cdot ha^{-1}$) depending on the year and the variant of fertilization

Rok Year	Wariant nawozowy – Variant of fertilization					Średnio Mean
	KS – 1*	KS - 2	KS - 3	KS - 4	KS - 5	
2012	4,46	5,77	6,99	6,72	8,20	6,43
2014	3,58	4,65	4,93	4,73	5,25	4,63
2015	2,13	5,63	5,43	5,30	4,93	4,68
Średnio – Mean	3,39	5,35	5,78	5,58	6,12	–
NIR _{0,05} –LSD _{0,05} dla – for: wariantu nawożenia/variants of fertilization = 1,07; lat/years = 0,71; warianty nawożenia x lata/variants x years = 1,86; lata x warianty nawożenia/years x variants of fertilization = 1,58						

*objaśnienia w rozdziale „Materiał i Metody”/explanations in „Material and Methods”

Wyniki ciemnienia enzymatycznego ocenianego po 4 godzinach od przekrojenia bulw przedstawiono w tabeli 6. W latach 2012 i 2014 stwierdzono istotnie mniejszą skłonność miąższu bulw do ciemnienia w kombinacjach KS-4 i KS-5 w porównaniu do kontroli. Ocena przeprowadzona w roku 2015 nie wykazała istotnych różnic w ciemnieniu miąższu bulw pomiędzy badanymi kombinacjami nawozowymi. Największą skłonność do ciemnienia bulw stwierdzono w roku 2014.

Tabela 6. Ciemnienie enzymatyczne bulw w zależności od roku i wariantu nawożenia (skala 1–9°)
 Table 6. Tuber enzymatic darkening depending on the year and the variant of fertilization (scale 1–9°)

Rok Year	Wariant nawozowy – Variant of fertilization					Średnio Mean
	KS – 1*	KS - 2	KS - 3	KS - 4	KS - 5	
2012	7,8	8,1	7,9	8,2	8,2	8,1
2014	7,7	8,0	7,7	8,2	8,2	7,9
2015	8,9	8,8	8,9	8,9	8,7	8,8
Średnio – Mean	8,1	8,3	8,2	8,4	8,4	–
NIR _{0,05} –LSD _{0,05} dla – for: wariantu nawozowego/variants of fertilization = 7,6; lat/years = 5,0						

*objaśnienia w rozdziale „Materiał i Metody”/explanations in „Material and Methods”

Ospowatość bulw jako jedna z form chorobowych skórki jest powodowana przez grzyba *Rhizoctonia solani*, i ma wpływ na jakość bulw przeznaczonych do produkcji frytek i chipsów. Silnie porażone bulwy są przyczyną większych strat podczas obierania. W tabeli 7 przedstawiono poziom porażenia bulw odmiany Irga ospowatością bulw. Indeks porażenia był zróżnicowany i zależał od zastosowanego wariantu nawożenia oraz roku oceny. Najmniejsze średnie porażenie stwierdzono w przypadku wariantów KS-3 i KS-5. Porażenie bulw ospowatością różniło się istotnie także w zależności od roku prowadzenia doświadczenia. Największe porażenie

Tabela 7. Indeks porażenia bulw ospowatością (%) w zależności od roku i wariantu nawożenia
 Table 7. The black scurf severity index (%) depending on the year and the variant of fertilization

Rok Year	Wariant nawozowy – Variant of fertilization					Średnio Mean
	KS - 1*	KS - 2	KS - 3	KS - 4	KS - 5	
2012	21,0	7,4	11,1	0,0	0,0	7,9
2014	6,1	2,6	3,8	5,4	6,3	4,8
2015	20,2	22,1	13,5	24,2	13,2	18,6
Średnio – Mean	15,8	10,7	9,5	9,8	6,5	–
NIR _{0,05} –LSD _{0,05} dla – for: wariantu nawożenia/variants of fertilization = r.n.; lat/years = 5,9; warianty nawożenia x lata/variants of fertilization x years = 15,6; lata x warianty nawożenia/years x variants of fertilization = 13,3						

*objaśnienia w rozdziale „Materiał i Metody”/explanations in „Material and Methods”
 r.n. – różnice nieistotne/non significant differences

stwierdzono w roku 2015, a najmniejsze w 2014, który charakteryzował się niesprzyjającymi do rozwoju warunkami meteorologicznymi.

DYSKUSJA

Warunki pogodowe w trakcie prowadzonych badań różniły się od średnich wieloletnich (lata 1981–2010). Kalbarczyk [2004] twierdzi, że warunki glebowe i agrometeorologiczne mają istotny wpływ na zmienność plonowania. Płaza [2010] oraz Wojciechowski i in. [2013] potwierdzają tezę o zależności plonowania ziemniaka od warunków pogodowych w kolejnych latach badań. Kołodziejczyk i in. [2007] uważają jednak, że najkorzystniejsze do plonowania ziemniaka są lata o mniejszej ilości opadów i wyższej temperaturze. W trzyletnim okresie badań najkorzystniejszy dla wielkości plonu był rok 2012 charakteryzujący się dużą ilością opadów w drugiej części okresu wegetacji co jest zgodne z doniesieniami Płazy (2010). Rok ten charakteryzował się umiarkowanymi opadami w początkowym okresie wzrostu i rozwoju roślin ziemniaka (kwiecień i maj) oraz dużymi opadami w czerwcu, lipcu i sierpniu (okres zawiązywania i rozwoju bulw). Opady w tym okresie były większe o około 19% dla czerwca i sierpnia oraz 42,7% dla lipca w porównaniu z analogicznym okresem w wieloleciu. Rok 2014 był najmniej korzystny dla rozwoju i gromadzenia plonu. Suma opadów od czerwca do sierpnia była o 92,2 mm mniejsza w porównaniu do sumy opadów z lat 1981–2010. Mała ilość opadów w tym krytycznym okresie dla możliwości zawiązywania i gromadzenia plonu według Borówcza [2012] ma wpływ nie tylko na wielkość plonu, ale także na jego przydatność do przerobu przemysłowego. Rok 2015 charakteryzował się warunkami pogodowymi zbliżonymi do wielolecia.

Wielkość powierzchni asymilacyjnej roślin ziemniaka ma istotny wpływ na intensywność fotosyntezy i produktywność roślin [Kołodziejczyk i Szmigiel 2012]. Zmniejszenie powierzchni asymilacyjnej wynikające z niekorzystnego układu warunków pogodowych, braku składników pokarmowych oraz szkodliwego działania agrofagów może prowadzić do redukcji plonu [Miller i Rosen 2005, Osowski 2014, Osowski i in. 2016, Wale i in. 2008]. Do najgroźniejszych czynników niszczących powierzchnię asymilacyjną oprócz niedoborów składników pokarmowych i stosowanych środków ochrony roślin zaliczyć można sprawców zarazy ziemniaka i alternariozy ziemniaka [Osowski i in. 2016].

W przeprowadzonym doświadczeniu zniszczenie powierzchni asymilacyjnej wywołane rozwojem alternariozy było zróżnicowane w zależności od roku badań. Poziom redukcji powierzchni asymilacyjnej roślin na obiekcie kontrolnym wahał się od 25 do ponad 80% i był istotnie większy w porównaniu do ocenianych wariantów nawożenia. Alternarioza jest groźną chorobą liści, która pojawia się w okresie istotnym dla rozwoju i gromadzenia plonu. W Polsce pierwsze objawy choroby najczęściej występują w czerwcu, głównie jego 2. i 3. dekadzie [Osowski 2007, 2014], czyli w fazie wiązania pąków kwiatowych. Doświadczenia Kapsy i Osowskiego [2004] oraz Kołodziejczyka [2012] wskazują na istotny wpływ powierzchni asymilacyjnej roślin na możliwość gromadzenia plonu. Kołodziejczyk [2012] stwierdza ponadto, że wczesna redukcja ulistnienia w fazie pąków kwiatowych może prowadzić do obniżenia plonu w skrajnych przypadkach sięgającego do $30,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wyniki uzyskane w przeprowadzonym doświadczeniu potwierdzają tezę autorów o ograniczeniu możliwości plonowania na skutek zmniejszenia powierzchni asymilacyjnej. Zastosowane w doświadczeniu nawożenie poprzez lepsze zaopatrzenie roślin w składniki pokarmowe wpłynęło istotnie na ograniczenie zniszczenia powierzchni asymilacyjnej. Średni poziom redukcji ulistnienia w badanych wariantach nawozowych nie przekraczał w każdym z lat oceny 20%. Ograniczenie zniszczenia powierzchni asymilacyjnej pozwoliło na wydłużenie okresu gromadzenia plonu.

Zastosowanie nawożenia miało korzystny wpływ na wielkość plonu frakcji bulw handlowych oraz dużych. W każdym z wariantów nawożenia odnotowano istotnie większe plony w porównaniu z obiektem kontrolnym, przy czym nie stwierdzono różnic pomiędzy ocenianymi wariantami nawożenia zarówno w plonie bulw handlowych, jak i bulw dużych. Pomimo braku istotnych różnic pomiędzy ocenianymi wariantami nawożenia, to jednak w wariantach KS-3, KS-4 oraz KS-5 uzyskano większe plony w porównaniu do wariantu KS-2, gdzie zastosowano wyłącznie nawożenie NPK. Zawartość przyswajalnych form potasu oraz dodatek magnezu korzystnie wpłynęły na wielkość plonu handlowego i udział bulw dużych. Przyrost plonu frakcji bulw handlowych na obiektach w których zastosowano siarczanową formę potasu (KS-3) oraz na obiektach, w których stosowano dodatkowo magnez (KS-4 i KS-5) w porównaniu do wariantu standardowego (KS-2) wahał się od 12,4 do ponad 23%. W przypadku oceny udziału bulw dużych także stwierdzono zwiększenie ich masy w plonie w porównaniu do nawożenia standardowego (KS-2). Przyrost ten wynosił od 6 do około 23%. Jak podają Grzebisz i Hårdter [2006], Grzebisz [2011] oraz Grześkowiak [2013] ziemniak reaguje przyrostem plonu na zrównoważone nawożenie potasem oraz magnezem. Największe przyrosty plonu stwierdzono dla wariantu KS-5, w którym potas oraz magnez aplikowano w formie siarczanowej. Wyniki uzyskane w tym doświadczeniu potwierdzają wcześniejsze doniesienia Grzebisza i Hårdtera [2006] oraz Trawczyńskiego [2012]. Istotny wpływ nawożenia potasem na plonowanie i jakość bulw ziemniaka potwierdzony został również w badaniach innych autorów [Stępień i in. 2005, 2009, Trawczyński 2005a]. Klikocka i Sachajko [2007] podkreślają także rolę siarki jako kolejnego czynnika korzystnie wpływającego na wielkość plonu bulw dużych. Podobnie wysokie plony bulw uzyskano w badaniu 3-letnim na kombinacjach z wykorzystaniem formy siarczanowej i chlorkowej nawozów potasowych.

Skrobia jest jednym z ważniejszych produktów przemysłowego przerobu ziemniaków znajdującym zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu [Sznajder i Tarant 2002]. W przeprowadzonych badaniach stwierdzono korzystny wpływ nawożenia na plon skrobi. Zastosowanie do nawożenia potasu i magnezu w formie siarczanowej korzystnie wpłynęło na wielkość plonu skrobi w porównaniu do wariantu z nawożeniem standardowym (KS-2), co jest zgodne z wynikami badań Trawczyńskiego [2012]. Według Jabłońskiego [2002] oraz Trawczyńskiego [2005b i 2012] forma chlorkowa potasu nie sprzyja gromadzeniu skrobi w bulwach. Plon skrobi był też zależny od warunków meteorologicznych. Puła i Skowera [2004] oraz Wojciechowski

i in. [2013] uważają, że duże ilości opadów w okresie formowania bulw korzystnie wpływają na zawartość skrobi. Wyniki uzyskane w tym doświadczeniu wydają się potwierdzać tę tezę. Największe plony skrobi uzyskano w roku 2012 charakteryzującym się największą ilością opadów w okresie wegetacji. Kołodziejczyk [2014] stwierdza, że oprócz ilości opadów istotny wpływ na gromadzenie się skrobi ma także rozkład opadów i temperatury w okresie wegetacji. Wierzbicka [2012] uzupełniając doniesienia o znaczeniu opadów i temperatury stwierdza, że na gromadzenie się skrobi wpływa temperatura w końcowym okresie wegetacji. W przeprowadzonych badaniach największe ilości skrobi uzyskano w roku 2015, kiedy temperatury w sierpniu były największe.

Ciemnienie miąższu jest jedną z cech, która decyduje o przydatności bulw do przetwórstwa. Według Leszczyńskiego [2000] ciemnienie miąższu następuje na skutek utleniania tyrozyny i kwasu chlorogenowego w obecności enzymu oksydazy polifenolowej. Kołodziejczyk [2014] uważa, że ciemnienie miąższu jest cechą wynikającą z właściwości odmianowej chociaż warunki środowiska także ogrywają istotną rolę. Ciećko i in. [2005] twierdzą, że na poziom ciemnienia bulw duży wpływ ma nawożenie potasowe. Z kolei Trawczyński [2012] uważa, że również forma potasu ma znaczenie. W przeprowadzonym doświadczeniu najmniejsze zmiany w ciemnieniu miąższu bulw stwierdzono w roku 2015 charakteryzującym się umiarkowaną ilością opadów i stosunkowo wysokimi temperaturami pod koniec wegetacji. Uzyskane wyniki wydają się potwierdzać doniesienia Sawickiej [2000] oraz Kołodziejczyka i in. [2005].

Istotnym czynnikiem wpływającym na wartość handlową bulw ziemniaka oraz ich przydatność do przerobu na frytki i chipsy jest poziom porażenia chorobami skórki. W przeprowadzonym doświadczeniu oceniano wpływ wariantów nawożenia na porażenie bulw ziemniaka ospowatością, jedną z form choroby powodowanej przez grzyba *Rhizoctonia solani* [Weber 2011]. Nie stwierdzono wpływu zastosowanych wariantów nawożenia na poziom porażenia bulw, a zaobserwowane różnice wynikały z wpływu warunków meteorologicznych, które w zależności od roku oceny sprzyjały lub nie osadzeniu się sklerot grzyba na bulwach. Osadzeniu się sklerot i powstawaniu ospowatości sprzyjają lata o dużej ilości opadów [Weber 2011].

WNIOSKI

1. Badany wpływ nawożenia potasem, magnezem i siarką na wielkość i jakość plonu bulw był w większym stopniu uzależniony od współdziałania warunków meteorologicznych (temperatura i ilość opadów) i nawożenia, niż samym nawożeniem.
2. Nawożenie siarką wpłynęło na wzrost plonu handlowego (bulwy o średnicy > 35 mm) i bulw o największym kalibrze (> 55 mm).
3. Zaopatrzenie roślin w potas i magnez ograniczyło zniszczenie powierzchni asymilacyjnej i wydłużyło czas gromadzenia plonu.
4. Zastosowane warianty nawożenia nie miały wpływu na porażenie się bulw ospowatością. Osadzenie się sklerot sprawcy choroby – grzyba *Rhizoctonia solani* było uzależnione od warunków meteorologicznych.
5. Badane warianty nawożenia korzystnie wpływały na parametry plonu i jego jakość w porównaniu do obiektu kontrolnego, przy czym nie można jednoznacznie wskazać najkorzystniejszego.
6. Plon skrobi w dużym stopniu uzależniony był od warunków meteorologicznych oraz formy zastosowanego nawożenia potasowego. Nie stwierdzono wpływu zastosowanych wariantów nawożenia na poziom ciemnienia miąższu bulw.

PIŚMIENNICTWO

- Ciećko Z., Rogozińska I., Żołnowski A.C., Wyszkowski M. 2005. Oddziaływanie nawożenia potasem przy zróżnicowanych dawkach N i P na cechy kulinarne bulw ziemniaka. Biul. IHAR 237/238: 151–159.
- Boróweczak F. 2012. Nawadnianie ziemniaków. W: Produkcja i rynek ziemniaka. Chotkowski J. (red). Wieś Jutra: 205–214.
- Grzebisz W. 2011. Potas – system nawożenia. Wyd. „Prodruk” Poznań, ss 29.
- Grzebisz W., Härdter R. 2006. Kizeryt w systemie nawożenia magnezem i siarką. W: ESTA® Kizeryt naturalny siarczan magnezu. K+S KALI GmbH, Agricultural Advisory Department: 61–107.
- Grześkowiak A. 2013. Vademecum nawożenia czyli zbiór podstawowych, praktycznych informacji o nawożeniu. Grupa Azoty SA: 16–40.
- Jabłoński K. 2002. Agrotechnika i mechanizacja produkcji ziemniaków skrobiowych. W: Produkcja i rynek ziemniaka. Chotkowski J. (red). Wieś Jutra: 97–111.
- Kaczor A., Zuzańska J. 2009. Znaczenie siarki w rolnictwie. Chemia Dydaktyka Ekologia Meteorologia, R 14(1–2): 69–77.
- Kalbarczyk R. 2004. Czynniki agrometeorologiczne a plony ziemniaka w różnych rejonach Polski. Acta Agrophys. 4(2): 339–350.
- Kapsa J., Osowski J. 2004. Occurrence of early blight (*Alternaria* ssp.) at potato crops and results of its chemical control in Polish experiments. Eighth Workshop an European Network for development of an Integrated Control Strategy of potato late blight. Jersey, England/France, 31 March – 4 April, 10: 101–107.
- Klikocka H., Sachajko J. 2007. Wpływ nawożenia ziemniaka siarką na plon bulw handlowych i sadzenia-ków. Acta Agrophys. 10(2): 383–396.
- Kołodziejczyk M. 2012. Wpływ stopnia oraz terminu symulowanej redukcji powierzchni asymilacyjnej roślin na plonowanie ziemniaka jadalnego. Fragm. Agron. 29(3): 81–87.
- Kołodziejczyk M. 2014. Wpływ warunków opadowo-termicznych na skład chemiczny oraz wybrane parametry jakości bulw średnio późnych i późnych odmian ziemniaka jadalnego. Ann. UMCS, Sec. E Agricultura 69(3): 2–10.
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A. 2012. Skład chemiczny oraz wybrane parametry jakości bulw ziemniaka w zależności od terminu i stopnia redukcji powierzchni asymilacyjnej roślin. Fragm. Agron. 29(3): 88–94
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Kielbasa S. 2007. Plonowanie oraz skład chemiczny bulw ziemniaka uprawianego w warunkach zróżnicowanego nawożenia. Fragm. Agron. 24(2): 142–150.
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Marks N., Krzysztofik B. 2005. Oddziaływanie rodzaju nawożenia i typu gleby na ciemnienie mięszu bulw średnio wczesnych odmian ziemniaka. Pam. Puł. 139: 65–74.
- Leszczyński W. 2000. Jakość ziemniaka konsumpcyjnego. Żywność Nauka Technologia Jakość, Supl. 4(25): 5–27.
- Miller J.S., Rosen C.J. 2005. Interactive effects of fungicide programs and nitrogen management on potato yield and quality. Am. J. Pot. Res. 82: 399–409.
- Osowski J. 2007. Termin wystąpienia pierwszych objawów alternariozy ziemniaka w zależności od roku i województwa. Prog. Plant Prot. 47(2): 216–223.
- Osowski J. 2014. Alternarioza (sucha i brunatna plamistość liści ziemniaka) – występowanie, objawy i zwalczanie. Ziemniak Pol. 2: 41–45.
- Osowski J., Gawińska-Urbanowicz H., Łozowska A. 2016. Plamistości liści ziemniaka spowodowane przez czynniki biotyczne. Ziemniak Polski 3: 34–41.
- Plaża A. 2010. Międzyplony ścierniskowe alternatywną formą nawożenia w integrowanej uprawie ziemniaka. Biul. IHAR 257/258: 129–136.
- Puła J., Skowera B. 2004. Zmienność cech jakościowych bulw ziemniaka odmiany Mila uprawianego na glebie lekkiej w zależności od warunków pogodowych. Acta Agrophys. 3(2): 359–366.
- Püntener W. (red.) 1981. Podręcznik doświadczalnictwa polowego w ochronie roślin. Agro-Division, Ciba Geigy AG, Bazylea: 36–46.
- Roztropowicz S. (red.) 1999. Metodyka obserwacji, pomiarów i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakiem. Wyd. IHAR, Oddział Jadwisin: ss. 50.

- Sawicka B. 2000. Wpływ technologii produkcji na jakość bulw ziemniaka. Pam. Puł. 120: 391–401.
- Stępień W., Rutkowska B., Szulc W. 2009. Wpływ stosowania różnych nawozów potasowych na plony i jakość roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 538: 251–256.
- Stępień W., Mercik S., Sosulski T. 2001. Ocena zależności między zawartością różnych form potasu w glebie a działaniem nawozów potasowych na plon roślin. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 480: 131–139.
- Stępień W., Mercik S., Sosulski T. 2005. Wpływ formy nawozu potasowego i sposobu nawożenia na plon i jakość roślin. Naw. Nawoż./Fert. Fertil. 3(24): 401–407.
- Sznajder M., Tarant S. 2002. Ekonomia i rynek. W: Ekonomia i technologia produkcji ziemniaków skrobiowych. Chotkowski J. (red). Wieś Jutra: 7–15.
- Trawczyński C. 2005a. Nawożenie – integrowana produkcja ziemniaków. Wyd. IHAR, Oddział Jadwisin.
- Trawczyński C. 2005b. Wykorzystanie potasu przez ziemniak w warunkach zróżnicowanego nawożenia. Fragm. Agron. 22(1): 591–599.
- Trawczyński C. 2012. Przygotowanie stanowiska i nawożenie ziemniaka. W: Produkcja i rynek ziemniaka. Chotkowski J. (red). Wieś Jutra: 183–197.
- Wale S., Platt H.W., Cattlin N. 2008. Fungal and fungal like diseases. W: Diseases, pests and disorders of potatoes. Manson Publishing Ltd: 28–70.
- Weber Z. 2011. Choroby powodowane przez grzyby z typu *Basidiomycota* (podstawczaki). W: Fitopatologia T. 2 Choroby roślin uprawnych. Kryczyński S., Weber Z. (red.). Wyd. PWRiL Poznań: 401–402.
- 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.
- Wojciechowski W., Lehmann A., Waclawowicz R. 2013. Reakcja ziemniaka na uproszczenia w zmianowaniu. Fragm. Agron. 30(4): 181–188.

J. OSOWSKI, T. ERLICHOWSKI, J. URBANOWICZ

**THE EFFECT OF POTASSIUM, MAGNESIUM AND SULPHUR FERTILIZATION
ON THE YIELD, RAW TUBER DARKENING AND OCCURRENCE OF BLACK SCURF
AND EARLY BLIGHT OF POTATO TUBERS**

Summary

Impact of five variants of fertilizing potassium and magnesium on the health of potato plants, size and quality of the yield (starch content and black scurf severity index) was studied in Bonin in field studies carried out in 2012 and from 2014 to 2015. Weather conditions highly impacted on all tested parameters. Size and yield quality did not differ significantly between control and tested variants of fertilization. Comparing to unfertilized control magnesium and potassium fertilization positively impacted health of potato plants. This resulted in prolongation of yield collection period due to lower reduction of assimilation surface. Investigated fertilization variants also positively impacted the yield quality, especially the share of large and marketable tubers.

Key words: potassium, magnesium and sulphur fertilization, tuber yield, black scurf, enzymatic darkening, early blight

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 22.12.2016

Do cytowania – *For citation*

Osowski J., Erlichowski T., Urbanowicz J. 2017. Wpływ nawożenia potasem, magnezem i siarką na plonowanie, ciemnienie bulw surowych oraz występowanie alternariozy i ospowatości bulw ziemniaka. Fragm. Agron. 34(1): 49–59.