

**CEZARY TRAWCZYŃSKI**

Zakład Agronomii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział Jadwisin

## Zastosowanie makro- i mikroelementowych nawozów chelatowych w dolistnym dokarmianiu ziemniaka

### The use of macro- and microelement chelating fertilizers in foliar application to potato

W pracy przedstawiono wyniki 3-letnich badań nad wpływem dolistnego dokarmiania makro- i mikroelementowymi nawozami chelatowymi typu Ekosole na plon i jakość bulw ziemniaka w warunkach zróżnicowanego nawożenia doglebowego azotem (50, 100 kg N·ha<sup>-1</sup>). Badania przeprowadzono na glebie lekkiej, na której przyorano słomę i międzyplon z gorczycy białej. W badaniach stosowano jednakową dawkę fosforu — 19,6 kg P·ha<sup>-1</sup> i potasu — 99,6 kg K·ha<sup>-1</sup>, wynikającą z zasobności gleby w te składniki. Nawożenie mineralne doglebowe, bez dolistnego dokarmiania stanowiło obiekt kontrolny. Badania wykazały istotny wzrost plonu bulw (średnio o 15%) pod wpływem zabiegów dolistnego dokarmiania Ekosolami przeprowadzonych 3-krotnie w okresie wegetacji w porównaniu do obiektu kontrolnego. Największy wzrost plonu bulw stwierdzono po zastosowaniu wieloskładnikowego nawozu Ekosol K (z makro- i mikroelementami), a najmniejszy w przypadku makroelementowego nawozu Ekosol PK. Plon po zastosowaniu dawki 100 kg N·ha<sup>-1</sup> bez dolistnego dokarmiania był zbliżony do uzyskanego pod wpływem dawki 50 kg N·ha<sup>-1</sup> uzupełnionym dolistnym dokarmianiem Ekosolem K. Pod wpływem dolistnego dokarmiania uzyskano wzrost udziału w plonie bulw dużych (powyżej 60 mm), zmniejszenie udziału w plonie bulw zdeformowanych i porażonych parchem zwykłym oraz większą zawartość skrobi i witaminy C w bulwach w porównaniu do obiektu kontrolnego.

**Słowa kluczowe:** dawki azotu, dolistne dokarmianie, jakość bulw, plon, warunki wegetacji, ziemniak

The results of three-year study on the influence of foliar application of Ekosol macro- and microelement chelating fertilizers, together with nitrogen soil fertilization at different doses (50, 100 kg N·ha<sup>-1</sup>) on the yield and tubers quality were presented. The experiment was carried out on light soil, to which straw and aftercrop of white mustard were ploughed in. In these experiments constant levels of phosphorus — 19.6 kg P·ha<sup>-1</sup> and potassium — 99.6 kg K·ha<sup>-1</sup> were applied on the basis of the evaluated soil fertility. The soil mineral fertilization without foliar application was a control object. Significant increasing of the yield (mean about 15%) was obtained in combination with triple foliar application of Ekosole in comparison to the control object. The highest increase in tuber yield was

observed after application of multicomponent fertilizer Ekosol K (with macro- and microelements) and the least - in case of macroelement fertilizer Ekosol PK. The yield obtained after application of dose of 100 kg N·ha<sup>-1</sup> without any foliar applications was similar to the yield obtained at dose of 50 kg N·ha<sup>-1</sup> supplemented by foliar application of Ekosol K. The foliar application effect on increasing share of big tubers (above 60 mm), decreasing share of tubers with deformations, common scab infestation and higher content of starch and vitamin C in comparison to control object was observed.

**Key words:** doses of nitrogen, foliar application, quantity of tubers, yield, vegetation conditions, potato

## WSTĘP

Nawożenie stosowane w produkcji ziemniaka wpływa na wysokość nakładów ponoszonych na jego uprawę. Szacuje się, że rolnik przeznaczą na nawozy około 20% środków przeznaczonych na produkcję, a udział nawozów w przyroście plonów, w zależności od poziomu dawek wynosi od 50 do 70% (Chotkowski, 2009). W ostatnim czasie notuje się dość szybki wzrost cen doglebowych nawozów mineralnych, a ziemniak należy do roślin o dużych potrzebach pokarmowych oraz mniejszym w porównaniu do innych gatunków uprawy polowej wykorzystaniem składników z gleby (Fotyma, 1997; GUS, 2011; Nowacki, 2009). Te aspekty ekonomiczno-przyrodnicze w określonych warunkach mogą się przyczyniać do zakłócania prawidłowego stanu odżywienia roślin, a w konsekwencji do obniżenia plonu. Ponadto w ostatnich latach zdarzają się niekorzystne warunki pogodowe w okresie wegetacji, co utrudniać może pobieranie przez rośliny składników pokarmowych z gleby. Objawiać to się może widocznym lub niewidocznym niedoborem składników na roślinach i przyczyniać do obniżenia plonu, co uzasadnia uzupełnienie ich poprzez aplikację dolistną (Urban, 1997; Szewczuk, Michałojć, 2003; Grzyś, 2004). W większości obecnie produkowanych nawozów dolistnych składniki pokarmowe są schelatowane, najczęściej związkami EDTA (kwas etylenodiaminotetraoctowy). Formy chelatowe związków są dobrze rozpuszczalne w wodzie oraz łatwo i szybko przyswajalne przez rośliny. Stosowanie dolistne powoduje, że efektywniejsze jest działanie składników i zużywa się niewielkie ilości nawozu w porównaniu z nawożeniem doglebowym. Ponadto nawozy stosowane dolistnie służą szybkemu uzupełnianiu niedoboru składników w okresie wegetacji roślin (Czuba, 2000). Efekty dolistnego dokarmiania kształtujące wielkość plonu i jakość bulw ziemniaka określa się dość różnie, na co zasadniczy wpływ mają warunki środowiska w czasie wegetacji (Roztropowicz, 1989; Boligłowa, 2003; Nowak i in., 2004; Szewczuk, 2009).

Celem badań było określenie wpływu nawozów dolistnych z zawartością makro- i mikroelementów stosowanych w formie chelatów na produktywność ziemniaka oraz wybrane cechy jakościowe bulw. Ponadto celem badań było również określenie możliwości zastępowania części podstawowego nawożenia mineralnego dokarmianiem dolistnym i wykazanie czy w przypadku redukcji podstawowej dawki azotu mineralnego można ją wyrównać dolistnie w czasie wegetacji.

## MATERIAŁ I METODY

W Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB Oddział w Jadwisinie w latach 2011–2013 przeprowadzono ścisłe badania polowe z zastosowaniem w uprawie ziemniaka nawozów dolistnych z grupy Ekosoli: Ekosol PK, Ekosol K, Ekosol Mn, Ekosol Zn. Zwarte w nawozach składniki schelatowane były przez EDTA i skompleksowane naturalnymi kwasami organicznymi.

Badania przeprowadzono na glebie lekkiej, o składzie mechanicznym piasku gliniastego mocnego. Gleba w poszczególnych latach badań miała kwaśny odczyn, wysoką zasobność w przyswajalny fosfor i magnez, średnią w potas oraz mangan, cynk i miedź, natomiast niski był poziom żelaza i boru (tab. 1). Zawartość próchnicy w glebie była niska i wynosiła poniżej 1%.

Tabela 1

**Zawartość przyswajalnych form makro- i mikroelementów w glebie ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) oraz odczyn gleby w latach 2011–2013**  
**Soil content of available forms of macro- and microelements in the soil ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) and soil pH in the years 2011–2013**

Rok Year	pH w KCl pH in KCl	Zawartość w glebie ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) Content in the soil ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )							
		P	K	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
2011	5,0	67	89	50	650	100	2,0	2,7	0,2
2012	5,5	78	108	70	700	151	3,5	2,9	0,3
2013	5,3	74	98	57	575	110	3,6	3,7	0,3

Doświadczenia zakładano w układzie losowanych bloków w trzech powtórzeniach. Wielkość poletka wynosiła  $14,85 \text{ m}^2$ . Badanymi czynnikami doświadczenia były dwa poziomy doglebowego nawożenia mineralnego azotem —  $50$  i  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ , na których stosowano zabiegi dolistnego dokarmiania w/w nawozami oraz warunki pogodowe okresów wegetacji w latach 2011, 2012, 2013. Kontrolę w badaniach stanowił obiekt bez dolistnego dokarmiania.

Warunki pogodowe w okresie wegetacji oceniono na podstawie sumy opadów i średniej temperatury powietrza (tab. 2). Analizowane lata zaliczały się do mokrych (sumy miesięcznych opadów za cały okres wegetacji, czyli od kwietnia do września włącznie, w każdym roku badań były większe od średniej z wielolecia) i chłodnych (średnia miesięczna temperatura powietrza za cały okres wegetacji była w poszczególnych latach mniejsza od średniej z wielolecia), ale rozkład zarówno opadów, jak i temperatury powietrza w poszczególnych miesiącach były zróżnicowane. W latach 2011 i 2013 w miesiącu lipcu zanotowano duże odchylenia od średniej z wielolecia opadów, bardzo niekorzystne dla rozwoju roślin ziemniaka i gromadzenia plonu bulw. W 2011 roku, w początkowym okresie wzrostu i rozwoju roślin ziemniaka było sucho i umiarkowanie ciepło (maj, czerwiec), w okresie gromadzenia plonu bulw wystąpiły obfite opady deszczu i było zimno (lipiec), a następnie do końca wegetacji roślin ziemniaka utrzymywał się okres posuchy (sierpień, wrzesień). W roku 2012 w okresie wzrostu i rozwoju roślin ziemniaka oraz gromadzenia plonu bulw (czerwiec, lipiec, sierpień) zanotowano dostateczną ilość

opadów (powyżej średniej z wielolecia) oraz było umiarkowanie chłodno (temperatury powietrza poniżej średniej z wielolecia). Z kolei rok 2013 był bardzo wilgotny do końca czerwca, lipiec suchy, a w kolejnych miesiącach wegetacji opady były powyżej średniej z wielolecia. Ponadto w miesiącach maj, czerwiec, lipiec i sierpień było ciepło (temperatura powietrza utrzymywała się powyżej średniej z wielolecia).

Tabela 2

**Opady i temperatury powietrza okresów wegetacji w latach 2011–2013**  
**Rainfalls and air temperatures of the vegetation periods in the years 2011–2013**

Rok Year	Miesiące — Months						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	IV-IX
Suma opadów (mm) — Sum of rainfalls (mm)							
<b>1967–2013</b>	<b>36,0</b>	<b>57,0</b>	<b>76,0</b>	<b>77,0</b>	<b>60,0</b>	<b>49,0</b>	<b>355,0</b>
2011	26,8	33,1	44,8	278,1	57,1	18,5	458,4
Odchylenie — Deviation	-9,2	-23,9	-31,2	+201,1	-2,9	-30,5	+103,4
2012	54,3	52,4	96,6	92,2	87,2	26,9	409,6
Odchylenie — Deviation	+18,3	-4,6	+20,6	+15,2	+27,2	-22,1	+54,6
2013	51,1	130,0	105,4	17,1	97,7	94,0	495,3
Odchylenie — Deviation	+15,1	+73,0	+29,4	-59,9	+37,7	+45,0	+140,3
Średnia temperatura powietrza (°C) — Mean of air temperature (°C)							
<b>1967–2013</b>	<b>7,8</b>	<b>13,6</b>	<b>16,5</b>	<b>18,4</b>	<b>17,7</b>	<b>13,1</b>	<b>14,5</b>
2011	9,7	13,2	17,5	17,0	15,3	13,7	14,4
Odchylenie — Deviation	+1,9	-0,4	+1,0	-1,4	-2,4	+0,6	-0,1
2012	7,9	13,9	15,6	15,2	17,4	12,8	13,8
Odchylenie — Deviation	+0,1	+0,3	-0,9	-3,2	-0,3	-0,3	-0,7
2013	6,3	15,7	17,2	18,7	18,2	10,3	14,4
Odchylenie — Deviation	-1,5	+2,1	+0,7	+0,3	+0,5	-2,7	-0,6

Nawożenie organiczne stanowiła pocięta i przyorywana po żniwach słoma pszenna w ilości około 5 t·ha<sup>-1</sup> z dodatkiem 1 kg N na 100 kg słomy oraz jesienią zielona masa międzyplonu ścierniskowego z gorczycy białej w ilości 15–20 t·ha<sup>-1</sup>. Nawożenie mineralne fosforem (superfosfat wzbogacony — 17,4% P) i potasem (sól potasowa — 49,8% K) w oparciu o zasobność gleby w przyswajalne formy tych składników stosowano jesienią przed wykonaniem orki przedzimowej w dawce 19,6 kg P·ha<sup>-1</sup> (wysoka zasobność) i 99,6 kg K·ha<sup>-1</sup> (średnia zasobność). Nawożenie mineralne azotem (saletra amonowa — 34% N) stosowano wiosną bezpośrednio przed sadzeniem bulw. Zabiegi dolistnego dokarmiania Ekosolami wykonywano trzykrotnie w okresie wegetacji. Pierwszy zabieg zastosowano w okresie zwarcia roślin ziemniaka w międzyrzędziach (faza BBCH 35), drugi w fazie tworzenia pąków kwiatowych (faza BBCH 50), natomiast trzeci po kwitnieniu (faza BBCH 70). Do każdego zabiegu stosowano dawkę 1 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup> nawozu Ekosol K, Ekosol Mn i Ekosol Zn oraz 6 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup> nawozu Ekosol PK rozpuszczanych w 300 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup> wody. Zawartości składników w zastosowanych nawozach dolistnych przedstawiono w tabeli 3.

Badania przeprowadzono na średnio wczesnej jadalnej, zalecanej do produkcji frytek odmianie Finezja. Bulwy sadzono ręcznie w III dekadzie kwietnia w rozstawie 75 × 33 cm, a zbierano w III dekadzie września. Liczba roślin na poletku do zbioru wynosiła 30. Podczas zbioru określono plon bulw z każdego poletka oraz pobierano 2 × 5-kilogramowe próby w celu określenia struktury plonu (wagowo frakcje bulw poniżej 3,5 cm; od 3,5 do

5,0 cm; od 5,0 do 6,0 cm i powyżej 6,0 cm), udziału bulw z wadami zewnętrznymi w plonie (procentowy udział bulw zdeformowanych, zazielenionych, porażonych parchem zwykłym) oraz zawartości skrobi, azotanów, witaminy C i suchej masy w bulwach.

Tabela 3

**Zawartość składników pokarmowych w badanych Ekosolach (% wagowe)**  
**The contents of nutrients in the investigated Ekosoles (% of weight)**

Składnik Nutrition	Ekosol PK	Ekosol K	Ekosol Mn	Ekosol Zn
Azot (N) — Nitrogen	—	15,0	—	—
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) — Phosphorus	10,0	—	—	—
Potas (K <sub>2</sub> O) — Potassium	20,0	—	—	—
Magnez (MgO) — Magnesium	—	2,0	—	—
Bor (B) — Boron	—	0,32	—	—
Miedź (Cu) — Copper	—	0,5	—	—
Żelazo (Fe) — Iron	—	0,5	—	—
Mangan (Mn) — Manganese	—	0,7	6,0	—
Cynk (Zn) — Zinc	—	1,0	—	7,6
Molibden (Mo) — Molybdenum	—	0,004	—	—

Zawartość skrobi oznaczono metodą hydrostatyczną na podstawie pomiaru gęstości bulw ważonych w powietrzu i pod wodą, posługując się wagą elektroniczną. Analizę zawartości azotanów (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) wykonywano reflektometrycznie przy użyciu urządzenia RQ Flex Merck według metodyki Merck. Zawartość witaminy C określono jako sumę kwasu L-askorbinowego i dehydroaskorbinowego metodą Tillmansa za pomocą miareczkowania roztworem 2,6-dwuchlorofenoloindofenolu. Suchą masę oznaczono metodą suszarkową, poprzez suszenie zmielonych próbek w temperaturze 60°C, a następnie dosuszanie w temperaturze 105°C.

Wyniki doświadczeń opracowano posługując się programem statystycznym SAS Enterprise Guide. Analizę porównania średnich przy poziomie  $p = 0,05$  przeprowadzono z wykorzystaniem testu Tukeya.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza statystyczna wykazała istotne zróżnicowanie plonu bulw w odniesieniu do warunków pogodowych w okresie wegetacji, dawki podstawowego nawożenia dogłębowego azotem oraz pomiędzy zastosowanymi nawozami dolistnymi, a także istotny przyrost plonu bulw pod wpływem stosowanych nawozów dolistnych w stosunku do kontroli, obiektu bez dolistnego dokarmiania (tab. 4).

Najbardziej sprzyjający gromadzeniu plonu bulw był rok 2012, w którym średni uzyskany plon bulw wyniósł 56 t·ha<sup>-1</sup>, w roku 2011 stanowił 37,9 t·ha<sup>-1</sup>, a najmniej korzystny był 2013 rok, w którym uzyskano plon bulw na poziomie 32,5 t·ha<sup>-1</sup> (tab. 4). Należy przy tym podkreślić, że średnio dla użytych nawozów efekt plonotwórczy dolistnego dokarmiania w roku sprzyjającym gromadzeniu plonu bulw stanowił około 13%, a w roku najbardziej niekorzystnym wyniósł około 20%, co potwierdziło zasadność dolistnego dokarmiania w warunkach wystąpienia niekorzystnego układu warunków

glebowo-klimatycznych w okresie wegetacji roślin ziemniaka jako szybkiego i efektywnego sposobu uzupełnienia składników (Kolbe, Stephan-Beckmann, 1997; Grześkiewicz, Trawczyński, 1998; Świerczewska, Sztuder, 2004; Szewczuk, 2009; Trawczyński, 2013).

Tabela 4

**Wpływ dawki azotu i rodzaju nawozu dolistnego na plon bulw ( $t \cdot ha^{-1}$ ) w latach 2011–2013**  
**The influence of nitrogen doses and kind of foliar fertilizer on the tuber yield ( $t \cdot ha^{-1}$ ) in the years 2011–2013**

Rodzaj nawozu Kind of foliar fertilizer	Dawka N $kg \cdot ha^{-1}$ Dose of N $kg \cdot ha^{-1}$		Lata Years			Średnia Mean
	50	100	2011	2012	2013	
Obiekt kontrolny* — Control object*	33,9	41,1	34,0	50,6	28,0	37,5
Ekosol PK	39,0	44,3	36,9	56,4	31,7	41,7
Ekosol K	42,5	48,0	39,3	60,2	36,3	45,2
Ekosol Mn	38,9	47,6	36,3	58,5	34,9	43,3
Ekosol Zn	38,9	47,0	43,0	54,5	31,4	43,0
Średnia — Mean	38,6	45,6	37,9	56,0	32,5	

NIR<sub>0,05</sub> dla dawki N; LSD<sub>0,05</sub> for nitrogen of N — 1,2

NIR<sub>0,05</sub> dla rodzaju nawozu; LSD<sub>0,05</sub> for kind of foliar fertilizer — 2,0

NIR<sub>0,05</sub> dla lat; LSD<sub>0,05</sub> for years — 1,8

\*-bez dolistnego dokarmiania

\*-without foliar application

Nawożenie dolistnie wpływało na plon dodatnio, zarówno przy nawożeniu podstawowym 50 jak i 100  $kg N \cdot ha^{-1}$ , ale większy przyrost plonu bulw pod wpływem dolistnego dokarmiania Ekosolem PK i Ekosolem K stwierdzono przy mniejszym poziomie doglebowej dawki azotu, niż przy 100  $kg N \cdot ha^{-1}$ . Podobną zależność uzyskał Jabłoński (2009) stosując dolistnie wieloskładnikowy nawóz Sonatę Z. Na niskim poziomie nawożenia doglebowego azotem 80  $kg N \cdot ha^{-1}$  stwierdził zwiększenie plonu bulw o 11%, a przy zwiększeniu nawożenia doglebowego o 50% wyższa plonu zmalała do 9,2%. Świadczyć to może w przypadku niektórych nawozów, o większym pobieraniu składników podawanych przez liście w warunkach niedożywienia roślin wynikającego z obniżenia podstawowej dawki azotu. Ponadto w niniejszych badaniach wykazano, że po zastosowaniu dawki 50  $kg N \cdot ha^{-1}$  w połączeniu z dolistnym dokarmianiem Ekosolami PK, Mn i Zn uzyskano mniejszy o około 2  $t \cdot ha^{-1}$  plon bulw, co stanowiło około 5% w stosunku do dawki 100  $kg N \cdot ha^{-1}$  nieuzupełnionej dolistnym dokarmianiem tymi nawozami. Natomiast po zastosowaniu dawki 50  $kg N \cdot ha^{-1}$  uzupełnionej dolistnym dokarmianiem Ekosolem K uzyskano plon większy niż na dawce 100  $kg N \cdot ha^{-1}$  bez stosowania dolistnego dokarmiania. Wskazuje to na możliwość częściowego obniżenia doglebowej dawki azotu w warunkach stosowania nawozów dolistnych, szczególnie Ekosolu K i jest potwierdzeniem wcześniejszych badań własnych odnośnie użycia różnego rodzaju nawozów dolistnych w warunkach zróżnicowanego poziomu nawożenia azotem (Grześkiewicz, Trawczyński, 1998; Grześkiewicz, Trawczyński, 1999; Trawczyński, 2004).

Średni wzrost plonu bulw w stosunku do obiektu kontrolnego w latach prowadzenia badań wahał się od 11% po zastosowaniu Ekosolu PK do 20% pod wpływem dolistnego dokarmiania Ekosolem K, który w składzie, oprócz dodatku podstawowych mikro-

elementów (manganu, cynku, miedzi, boru, żelaza i molibdenu) zawierał znaczny udział azotu, składnika w największym stopniu wpływającego na efektywność plonotwórczą bulw. Działanie azotu i Ekosolu K potwierdzają badania innych autorów (Roztropowicz, Wierzejska-Bujakowska, 1993; Jabłoński 2004; Trawczyński, 2007 i 2008; Trawczyński, Wierzbicka, 2011). Plon bulw po zastosowaniu nawozów zawierających pojedyncze mikroelementy, czyli Ekosolu Mn oraz Ekosolu Zn był większy o około 14–15% w porównaniu do wariantu bez dolistnego dokarmiania i nie różnił się istotnie w odniesieniu do plonu uzyskanego po zastosowaniu dolistnego nawozu fosforowo-potasowego, czyli Ekosolu PK. Nowak i in. (2004) wykazali wyższą plon bulw o ponad 8% w porównaniu do obiektu kontrolnego, opryskując rośliny ziemniaka cynkiem w formie roztworu siarczanu cynku oraz manganem w formie siarczanu manganu. W badaniach Jabłońskiego (2006), prowadzonych na glebie średniej, trzykrotne dolistne nawożenie Ekosolem K zwiększyło plon bulw o 11,5%. Podobny efekt plonowania Jabłoński (2007) uzyskał stosując dolistnie nawóz fosforowo-potasowy Alkalin PK. Również Szewczuk (2009) wykazał wysoce istotny wzrost plonu bulw po dolistnym zastosowaniu dolistnym nawozów fosforowo-potasowych. Natomiast Bogucka i in. (2010) oraz Wróbel (2012) stwierdzili, że dodatkowe nawożenie dolistne nie zawsze zwiększa plon bulw, co zależy od warunków glebowych stanowiska, na którym prowadzone są badania.

Poziom nawożenia azotem, rodzaj nawozu dolistnego oraz warunki termiczno-wodne okresu wegetacji roślin miały istotny wpływ na strukturę plonu bulw. Pod wpływem dawki  $100 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  uzyskano istotnie mniejszy udział bulw drobnych w plonie, o średnicy do 35 mm i bulw średnich od 35 do 50 mm oraz istotnie większy udział w plonie bulw dużych, o średnicy powyżej 60 mm w porównaniu do dawki  $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  (tab. 5).

Potwierdzają to dotychczasowe doniesienia o oddziaływaniu wzrastającego nawożenia azotem, szczególnie na udział bulw dużych w plonie (Trawczyński, 2007 i 2008). W odniesieniu do analizowanych okresów wegetacji uzyskano również istotne zróżnicowanie frakcji bulw do 35, 35–50 i powyżej 60 mm. W latach niesprzyjających gromadzeniu plonu bulw (2011 i 2013) uzyskano istotny wzrost udziału bulw w plonie do 35 i od 35 do 50 mm, natomiast w roku 2012 zanotowano istotny wzrost, o ponad 30% udziału bulw w plonie o średnicy powyżej 60 mm, niż w dwóch pozostałych latach (tab. 5). Pod wpływem nawozów dolistnych zawierających pojedyncze mikroelementy (Ekosol Mn i Ekosol Zn) uzyskano istotny wzrost udziału bulw dużych w plonie, kosztem zmniejszenia udziału bulw średnich w odniesieniu do obiektu kontrolnego. Natomiast struktura plonu bulw pomiędzy pozostałymi zastosowanymi nawozami dolistnymi, Ekosolem PK i Ekosolem K nie różniła się istotnie, chociaż stwierdzono podobne tendencje odnośnie wzrostu określonych frakcji bulw w plonie jak w przypadku Ekosoli Mn i Zn (tab. 5). Zwiększenie plonu bulw dużych (powyżej 60 mm) po zastosowaniu dolistnego dokarmiania różnymi nawozami wykazali Jabłoński (2007 i 2009) oraz Wróbel (2012).

**Wpływ dawki azotu i rodzaju nawozu dolistnego na strukturę plonu bulw (% wagowe) w latach 2011–2013**  
**The influence of nitrogen doses and kind of foliar fertilizer on the structure of tuber yield**  
**(% of weight) in the years 2011–2013**

Wyszczególnienie Specification	Procent bulw o średnicy Percent of tubers in diameter:			
	< 35 mm	35–50 mm	50–60 mm	> 60 mm
Dawka azotu (kg·ha <sup>-1</sup> ) — Dose of nitrogen (kg·ha <sup>-1</sup> )				
50	6,6	38,2	30,1	25,1
100	3,9	30,3	30,6	35,2
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	1,3	3,1	r.n.–n.s.	3,0
Rodzaj nawozu — Kind of fertilizers				
Obiekt kontrolny* — Control object*	5,6	39,3	30,5	24,6
Ekosol PK	5,1	35,4	32,0	27,5
Ekosol K	4,3	34,1	31,8	29,8
Ekosol Mn	4,9	32,7	30,0	32,4
Ekosol Zn	6,3	32,2	27,5	34,0
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	r.n.–n.s.	6,1	r.n.–n.s.	7,2
Lata — Years				
2011	6,3	45,2	29,6	18,9
2012	2,1	18,2	27,9	51,8
2013	8,2	40,9	33,3	17,6
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	2,1	4,2	r.n.–n.s.	5,3

\*-bez dolistnego dokarmiania

\*- without foliar application

Ocena występowania wad zewnętrznych bulw wykazała, że najczęściej było bulw zdeformowanych, a najmniej bulw porażonych parchem zwykłym (tab. 6). Największe różnice w występowaniu wad zewnętrznych bulw wynikały z przebiegu warunków pogodowych w analizowanych latach badań. Udział w plonie bulw zdeformowanych wahał się od 6% w 2011 roku, w którym kiedy miesiąc lipiec był bardzo wilgotny do około 16% w 2013 roku, gdy w lipcu zanotowano znaczny niedobór opadów. Lata 2011, 2012 z nadmiarem opadów w miesiącu lipcu przyczyniły się do zielenienia bulw, czego nie stwierdzono w 2013 roku, gdy lipiec był suchy. Ponadto przy niedoborze opadów w okresie tuberyzacji (w czerwcu 2011 roku) wystąpiło porażenie bulw parchem zwykłym. Z badań Głuskiej (2000) nad wpływem suszy na jakość bulw, występującej w różnych okresach wynikało, że nasilenie wad wiązało się z późniejszą suszą, z wyjątkiem porażenia parchem zwykłym, co potwierdzono w przeprowadzonych badaniach.

Wykazano, że zastosowane nawożenie mineralne azotem nie różnicowało istotnie udziału w plonie bulw z wadami zewnętrznymi, natomiast po zastosowaniu Ekosolu PK, Ekosolu K i Ekosolu Mn stwierdzono istotnie mniej bulw zdeformowanych oraz w przypadku Ekosolu K i Ekosolu Mn również istotnie mniejszy udział w plonie bulw porażonych parchem zwykłym niż na obiekcie kontrolnym. Wróbel (2012) stwierdził, że nawóz dolistny z zawartością makro- i mikroelementów nie miał istotnego wpływu na porażenie bulw parchem zwykłym. W przeprowadzonych badaniach własnych, pomimo udowodnionego statystycznie zróżnicowania pomiędzy zastosowanymi nawozami dolistnymi, porażenie bulw parchem zwykłym było niewielkie.



Tabela 6

**Wpływ dawki azotu i rodzaju nawozu dolistnego na wady zewnętrzne bulw (% wagowe) w latach 2011–2013**  
**The influence of nitrogen doses and kind of foliar fertilizer on the share in yield of tubers with outside faults (% of weight) in the years 2011–2013**

Wyszczególnienie Specification	Wady Faults			
	deformacje deformations	zazielenienia greens	parch zwykły common scab	suma sum
Dawka azotu (kg·ha <sup>-1</sup> ) — Dose of nitrogen (kg·ha <sup>-1</sup> )				
50	10,7	4,3	0,5	15,5
100	10,6	4,1	0,6	15,3
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	r.n.–n.s.	r.n.–n.s.	r.n.–n.s.	r.n.–n.s.
Rodzaj nawozu — Kind of fertilizers				
Obiekt kontrolny* — Control object*	11,7	4,3	0,8	16,8
Ekosol PK	10,0	3,7	0,8	14,5
Ekosol K	8,9	4,2	0,4	13,5
Ekosol Mn	9,1	4,5	0,2	13,8
Ekosol Zn	13,4	4,4	0,7	18,5
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	1,5	r.n.–n.s.	0,3	1,9
Lata — Years				
2011	6,0	4,3	1,7	12,0
2012	9,9	8,4	0,0	18,3
2013	15,9	0,0	0,0	15,9
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	1,0	0,6	0,2	1,3

\* - bez dolistnego dokarmiania

\* - without foliar application

Analiza jakości bulw pod kątem ich składu chemicznego wykazała istotne różnice zawartości skrobi, suchej masy, witaminy C i azotanów w bulwach. Istotne zróżnicowanie zawartości skrobi i witaminy C w bulwach odnosiło się do układu warunków pogodowych i badanych nawozów dolistnych (tab. 7, 9), zawartości azotanów dotyczyło poziomu nawożenia azotem i przebiegu pogody w okresie wegetacji (tab. 10), natomiast zawartości suchej masy tylko do badanych lat (tab. 8).

Tabela 7

**Wpływ dawki azotu i rodzaju nawozu dolistnego na zawartość skrobi w bulwach (%) w latach 2011–2013**  
**The influence of nitrogen doses and kind of foliar fertilizer on the content of starch in tubers (%) in the years 2011–2013**

Nawóz Fertilizer	Dawka N kg·ha <sup>-1</sup> Dose of N kg·ha <sup>-1</sup>		Lata Years			Średnio Mean
	50	100	2011	2012	2013	
Obiekt kontrolny* — Control object*	14,3	14,3	14,8	15,4	12,6	14,3
Ekosol PK	14,6	14,6	15,2	15,6	13,0	14,6
Ekosol K	14,7	14,6	15,0	16,1	12,9	14,7
Ekosol Mn	14,8	14,8	15,7	15,9	12,7	14,8
Ekosol Zn	14,7	14,8	14,8	16,4	13,1	14,8
Średnia — Mean	14,6	14,6	15,1	15,9	12,9	
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	r.n.–n.s.		0,2			0,2

\* - bez dolistnego dokarmiania

\* - without foliar application

Tabela 8

**Wpływ dawki azotu i rodzaju nawozu dolistnego na zawartość suchej masy w bulwach (%) w latach 2011–2013**

**The influence of nitrogen doses and kind of foliar fertilizer on the content of dry matter in tubers (%) in the years 2011–2013**

Nawóz Fertilizer	Dawka N kg·ha <sup>-1</sup> Dose of N kg·ha <sup>-1</sup>		Lata Years			Średnio Mean
	50	100	2011	2012	2013	
Obiekt kontrolny* — Control object*	23,1	23,0	23,6	24,9	20,7	23,0
Ekosol PK	23,4	23,7	23,8	25,7	21,2	23,5
Ekosol K	23,3	23,1	23,1	25,1	21,4	23,2
Ekosol Mn	23,4	23,0	23,2	25,2	21,4	23,2
Ekosol Zn	23,4	23,1	23,3	25,6	21,0	23,3
Średnia — Mean	23,3	23,2	23,4	25,3	21,1	
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	r.n.–n.s.		0,2			r.n.–n.s.

\* -bez dolistnego dokarmiania

\*- without foliar application

Tabela 9

**Wpływ dawki azotu i rodzaju nawozu dolistnego na zawartość witaminy C w bulwach (mg·kg<sup>-1</sup> świeżej masy) w latach 2011–2013**

**The influence of nitrogen doses and kind of foliar fertilizer on the content of vitamin C in tubers (mg·kg<sup>-1</sup> fresh mass) in the years 2011–2013**

Nawóz Fertilizer	Dawka N kg·ha <sup>-1</sup> Dose of N kg·ha <sup>-1</sup>		Lata Years			Średnio Mean
	50	100	2011	2012	2013	
Obiekt kontrolny* — Control object*	163	158	147	157	178	161
Ekosol PK	176	176	157	185	187	176
Ekosol K	170	175	149	186	182	172
Ekosol Mn	177	171	146	180	196	174
Ekosol Zn	176	177	177	171	182	176
Średnia — Mean	172	172	155	176	185	
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	r.n.–n.s.		3			4

\* -bez dolistnego dokarmiania

\*- without foliar application

Tabela 10

**Wpływ dawki azotu i rodzaju nawozu dolistnego na zawartość azotanów w bulwach (mg·kg<sup>-1</sup> świeżej masy) w latach 2011–2013**

**The influence of nitrogen doses and kind of foliar fertilizer on the content of nitrates in tubers (mg·kg<sup>-1</sup> fresh mass) in the years 2011–2013**

Nawóz Fertilizer	Dawka N kg·ha <sup>-1</sup> Dose of N kg·ha <sup>-1</sup>		Lata Years			Średnio Mean
	50	100	2011	2012	2013	
Obiekt kontrolny* — Control object*	40	61	7	89	56	50
Ekosol PK	33	56	11	64	60	45
Ekosol K	32	64	10	51	83	48
Ekosol Mn	39	63	13	59	83	51
Ekosol Zn	54	70	62	59	65	62
Średnia — Mean	39	63	20	64	69	
NIR <sub>0,05</sub> — LSD <sub>0,05</sub>	5		7			r.n.–n.s.

\* -bez dolistnego dokarmiania

\*- without foliar application

Dostateczna ilość opadów oraz niższa od średniej z wielolecia temperatura powietrza w okresie gromadzenia plonu bulw (czerwiec, lipiec, sierpień 2012 roku) wpłynęły korzystnie, szczególnie na zawartość skrobi, suchej masy i witaminy C w bulwach w porównaniu do lat zarówno ze znacznym nadmiarem jak i niedoborem opadów w tym okresie (2011 i 2013 rok). Ponadto w analizowanych latach wykazano niską kumulację azotanów w bulwach, a szczególnie w pierwszym roku badań przy wysokim nadmiarze opadów w miesiącu lipcu. W przypadku zawartości azotanów w bulwach zanotowano istotny ich przyrost pod wpływem wzrostu dawki azotu mineralnego, co było potwierdzeniem dotychczas przeprowadzonych badań (Reda, Łojkowska, 1993; Czuba, 1996; Lis, 1996; Leszczyński, 2002; Jabłoński, 2006; Wierzbicka, 2006; Wierzbicka i in., 2008). W odniesieniu do zastosowanych nawozów dolistnych wykazano zbliżoną zawartość skrobi i witaminy C w bulwach, ale istotnie wyższą niż na obiekcie kontrolnym (tab. 7, 9). Doniesienia literatury wskazują, że stosowanie dolistne nawozów makro- czy mikroelementowych nie modyfikuje znacząco zawartości skrobi i suchej masy w bulwach (Kozera, Cwojdzinski, 2002; Nowak i in., 2004). Na podstawie wcześniejszych badań własnych wykazano jednak istotny wzrost zawartości skrobi w bulwach w stosunku do kontroli pod wpływem dolistnego dokarmiania roślin Ekolistem S (Grześkiewicz, Trawczyński, 1998). Z kolei Świerczewska i Sztuder (2004) wykazały istotny wzrost zawartości skrobi w bulwach po zastosowaniu nawozu Insol 7, o około 2% w stosunku do obiektu kontrolnego. Natomiast Jabłoński (2006) pod wpływem stosowania wieloskładnikowych nawozów dolistnych stwierdził spadek zawartości azotanów w bulwach wahający się od około 5 do 50% w porównaniu do obiektu kontrolnego, a Wróbel (2012) o prawie 60% po zastosowaniu dolistnym preparatu krzemowego Actisil w połączeniu z nawozem YaraVita Ziemiak. Czuba (1996), Gorlach (1996) i Urban (1997) podają, że przyczyną obniżenia zawartości azotanów w bulwach może być działanie reduktazy azotanowej, szczególnie po zastosowaniu nawozów zawierających molibden i cynk wchodzących w jej skład.

#### WNIOSKI

1. Zastosowanie nawozów dolistnych zwiększyło plon bulw średnio o 15,5% w porównaniu do obiektu kontrolnego, bez dolistnego dokarmiania.
2. Niezależnie od wielkości zastosowanej dawki azotu największy przyrost plonu bulw (20,5%) uzyskano po zastosowaniu Ekosolu K, mniejszy pod wpływem Ekosolu Mn i Ekosolu Zn (odpowiednio 15,5 i 14,7%), a najmniejszy w przypadku Ekosolu PK (11,2%) w porównaniu do obiektu bez dokarmiania dolistnego.
3. Po zastosowaniu Ekosolu K wykazano możliwość redukcji doglebowej dawki azotu.
4. Pod wpływem Ekosolu Mn i Ekosolu Zn uzyskano istotny wzrost udziału w plonie bulw dużych, o średnicy powyżej 60 mm niż na obiekcie kontrolnym.
5. Zastosowane w badaniach nawozy dolistne (Ekosol PK, Ekosol K, Ekosol Mn) przyczyniły się do zmniejszenia udziału w plonie bulw zdeformowanych i porażenia

bulw parchem zwykłym (Ekosol K, Ekosol Mn) w porównaniu do obiektu bez dolistnego dokarmiania.

6. Nawozy dolistne zwiększyły istotnie zawartość skrobi i witaminy C w bulwach w odniesieniu do obiektu kontrolnego.

#### LITERATURA

- Bogucka B., Cwalina-Ambroziak B., Zięba T. 2010. The effects of varied soil and foliar mineral fertilization levels in the production of high-starch potatoes. *Pol. J. Natur. Sci.* 25 (3): 215 — 228.
- Boliłłowa E. 2003. Wpływ dolistnego dokarmiania ziemniaka (roztworem mocznika i nawozami wieloskładnikowymi) na plon, jego strukturę, zdrowotność i trwałość przechowalniczą bulw. *Acta Agroph.* 85: 99 — 106.
- Chotkowski J. 2009. Kierunki zmian w opłacalności produkcji ziemniaków. *Agroserwis* 6 (405): 8 — 9.
- Czuba R. 1996. Technika nawożenia mineralnego a zawartość azotanów w roślinach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 440: 65 — 75.
- Czuba R. 2000. Mikroelementy we współczesnych systemach nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 471: 161 — 170.
- Fotyma E. 1997. Efektywność nawożenia azotem podstawowych roślin uprawy polowej. *Fragm. Agron.* 1 (53): 46 — 66.
- Głuska A. 2000. Nawadnianie jako czynnik kształtujący jakość plonu ziemniaków. *Biul. IHAR* 213: 179 — 184.
- Gorlach E. 1996. Rola mikroelementów w redukcji azotanów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 440: 109 — 120.
- Grzeškiewicz H., Trawczyński C. 1998. Dolistne stosowanie nawozów wieloskładnikowych w uprawie ziemniaka. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 190 *Agricultura* (72): 75 — 80.
- Grzeškiewicz H., Trawczyński C. 1999. Dolistne dokarmianie ziemniaków jadalnych płynnymi nawozami wieloskładnikowymi. *Biul. IHAR* 209: 149 — 155.
- Grzyś E. 2004. Rola i znaczenie mikroelementów w żywieniu roślin. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 502: 89 — 99.
- GUS 2011. Uprawy rolne i wybrane elementy metod produkcji roślinnej. *Powszechny Spis Rolny 2010*, Warszawa: ss. 151.
- Jabłoński K. 2004. Wpływ nawożenia azotowego na plon i jakość nowych odmian ziemniaka jadalnego uprawianych na glebach średnio zwięzłych. *Biul. IHAR* 232: 157 — 165.
- Jabłoński K. 2006. Wpływ dawek i sposobów nawożenia azotem na plon ziemniaka i zawartość azotanów w bulwach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 513: 139 — 147.
- Jabłoński K. 2007. Wpływ dolistnego nawożenia ziemniaków Alkalinem PK 10:20 na plony, porażenie zarazą ziemniaka i niektóre cechy jakości bulw. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 47(2): 114 — 118.
- Jabłoński K. 2009. Produkcyjne i jakościowe efekty dolistnego nawożenia ziemniaków Sonatą Z i Alkalinem PK 10-20. *Annales UMCS, Agricultura* 64 (1): 59 — 67.
- Kolbe H., Stephan-Beckmann S. 1997. Development, growth and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum*). Cz. II. Tuber and whole plant. *Potato Res.* 40: 135 — 153.
- Kozera W., Cwojdzński W. 2002. Impact of fertilization with zinc and manganese on chemical content of potato tubers. *Chemia Inżynieria Ekologia* 11(9): 1397 — 1402.
- Leszczyński W. 2002. Zależność jakości ziemniaka od stosowania w uprawie nawozów i pestycydów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 489: 47 — 64.
- Lis B. 1996. Wpływ długości okresu wegetacji odmian i nawożenia azotowego na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 440: 217 — 222.
- Nowacki W. 2009. Stan aktualny i perspektywy produkcji ziemniaka w Polsce do 2020 roku. *Studia i Raporty IUNG — PIB*, z. 14: 71 — 94.
- Nowak K., Kozera W., Majcherczak E. 2004. Wpływ nawożenia mikroelementami na plon bulw ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 502: 247 — 251.

- Reda S., Łojkowska E. 1993. Wpływ nawożenia azotem na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.* 42: 29 — 37.
- Roztropowicz S. 1989. Środowiskowe, odmianowe i nawozowe źródła zmienności składu chemicznego bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.* 6(6): 33 — 75.
- Roztropowicz S., Wierzejska-Bujakowska A. 1993. Nitrogen fertilization of Polish potato cultivars. *Potato Res.* 4: 384.
- Szewczuk C. 2009. Wpływ dokarmiania dolistnego na plon bulw ziemniaka. *Annales UMCS, Agricultura* 64 (1): 7 — 12.
- Szewczuk C., Michałojć Z. 2003. Praktyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. *Acta Agroph.* 85: 19 — 29.
- Świerczewska M., Sztuder H. 2004. Dolistne stosowanie preparatów mikroelementowych zawierających tytan. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 502: 371 — 376.
- Trawczyński C. 2004. Wpływ dolistnego stosowania koncentratu mikroelementowego Plant Power 2003 na plon oraz zawartość cynku, manganu i miedzi w bulwach ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 502: 387 — 393.
- Trawczyński C. 2007. Reakcja kilku nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem. *Biul. IHAR* 246: 73 — 81.
- Trawczyński C. 2008. Reakcja nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 530: 187 — 196.
- Trawczyński C., Wierzbicka A. 2011. Reakcja nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem. *Biul. IHAR* 259: 193 — 201.
- Trawczyński C. 2013. Wpływ dolistnego nawożenia preparatem Herbageen na plonowanie ziemniaków. *Ziem. Polski* 2: 29 — 33.
- Urban H. 1997. Ertrage optimieren durch gezielte Blattdüngung. *Kartoffelbau* 4: 132 — 134.
- Wierzbicka A. 2006. Zmienność wybranych cech jakości bulw wczesnych odmian ziemniaka w zależności od nawożenia azotem i terminu zbioru. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 511: 175 — 187.
- Wierzbicka A., Mazurczyk W., Wroniak J. 2008. Wpływ nawożenia azotem i terminu zbioru na plon i wybrane cechy jakości bulw wczesnych odmian ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 530: 207 — 216.
- Wróbel S. 2012. Wpływ nawożenia ziemniaka odmiany Jelly dolistnymi preparatami YaraVita Ziemiak oraz Actisil na plon i cechy jego jakości. *Biul. IHAR* 266: 295 — 306.