

## WPŁYW NAWOŻENIA ZIEMNIAKA SIARKĄ NA PLON BULW HANDLOWYCH I SADZENIAKÓW

*Hanna Klikocka, Jarosław Sachajko*

Wydział Nauk Rolniczych, Akademia Rolnicza w Lublinie  
ul. Szczepieszka 102, 22-400 Zamość  
e-mail: hklikocka@wnr.edu.pl

**Streszczenie.** Działania proekologiczne, mające na celu ograniczenie emisji  $\text{SO}_2$  spowodowały, że począwszy od lat 80. XX wieku w Europie Zachodniej zaczęto zauważać ujemny bilans siarki w glebach, zwłaszcza lekkich. W aspekcie tym przyjęto hipotezę, że gleby lekkie nie pokrywają zapotrzebowania ziemniaka w siarkę. Weryfikacji hipotezy przeprowadzono w trzyletnim eksperymencie polowym (2001-2003) we wsi Malice k. Hrubieszowa na glebie brunatnej wylugowanej, wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego pylastego, zaliczonej do kompleksu żyniego dobrego, o odczynie lekko kwaśnym. Celem podjętych badań było sprawdzenie jak nawożenie siarką w formie siarczanu potasu ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) i elementarnej ( $\text{S}^0$ ) w dawce 0, 25 i 50  $\text{kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$  wpływa na plon bulw frakcji handlowej i sadzeniaków ziemniaka w warunkach glebowo-klimatycznych Zamojszczyzny. Wykazano, że nawożenie siarką (25  $\text{kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$  w formie  $\text{K}_2\text{SO}_4$  i 50  $\text{kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$  w formie  $\text{S}^0$ ) różnicowało udział masy poszczególnych frakcji bulw w plonie handlowym i sadzeniaków, przy czym nie miało wpływu na wielkość końcową tych plonów. Stwierdzono wystąpienie istotnej korelacji pomiędzy plonem handlowym i sadzeniakowym a masą 1 bulwy, zmienna ta wносиła ponadto istotny wkład w predykcję plonu handlowego i sadzeniakowego. Generalnie, wartości badanych cech ziemniaka były najsilniej modyfikowane czynnikiem pogodowym i współdziałaniem warunków klimatycznych z nawożeniem siarką, niż bezpośrednim wpływem nawożenia S.

**Słowa kluczowe:** ziemniak, nawożenie siarką, plon handlowy bulw, plon sadzeniaków

### WSTĘP

W większości gleb Polski, użytkowanych rolniczo ilość siarki siarczanowej (dostępnej roślinom) nie przekracza 25  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  gleby. Większość badanych gleb zawiera na powierzchni 1 ha w warstwie ornej nie więcej jak 50  $\text{kg S}\cdot\text{SO}_4^{2-}$ , a ponad 30% nie więcej jak 30  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Terelak i in. 2002). Dopływ siarki z atmosfery w formie mokrej i suchej waha się od 6,0 (woj. warmińsko-mazurskie) do 20  $\text{kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$  (woj. śląskie) (Grzebisz i Przygocka-Cyna 2003). W przypadku

ziemniaka pobranie siarki wynosi od 18 do 40 kg·ha<sup>-1</sup> (Bloem 1998, Klikocka 2004). Opisane zjawisko może powodować zatem ujemne saldo siarki, dlatego należy uwzględnić ten pierwiastek w bilansie składników nawozowych. W literaturze można znaleźć spostrzeżenia, że struktura plonu ziemniaka jest nie tylko związana z warunkami agrotechnicznymi, ale w dużej mierze zależy od genotypu (odmiany) i warunków środowiska (Sawicka 1989, Głuska 2002). Główne przyczyny zmienności środowiskowej to: jakość sadzeniaków, niejednorodność środowiska glebowego, różnorodność warunków meteorologicznych (Krzysztofik i in. 2004, Sawicka i Pszczółkowski 2004).

Celem podjętych badań było określenie wpływu nawożenia siarką (w formie siarczanu potasu i elementarnej) na plon handlowy bulw i sadzeniaków, oraz na strukturę plonu bulw ziemniaka w powiązaniu z rozkładem opadów i temperatury powietrza w okresie wegetacji ziemniaka w warunkach pola doświadczalnego zlokalizowanego na Zamojszczyźnie.

#### METODA BADAŃ

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2001-2003, metodą podbloków losowanych w układzie zależnym split-plot we wsi Malice k. Zamościa (50°42' N, 23°15' E), na glebie (wg PTG) autogenicznej brunatnej wyługowanej (IIB1d), wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego pylastego (części spławialne 13%), zaliczonej do kompleksu żytniego dobrego, o odczynie lekko kwaśnym (pH = 5,3). Zawartość węgla ogólnego wynosiła 7,5 g·kg<sup>-1</sup>, azotu ogólnego 0,7 g·kg<sup>-1</sup>, przyswajalnych form odpowiednio: P – 42,8 mg·kg<sup>-1</sup>, K – 79,6 mg·kg<sup>-1</sup>, Mg – 28,8 mg·kg<sup>-1</sup> i S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – 10,3 mg·kg<sup>-1</sup>. Ziemniaki średniowczesne 'Irga' uprawiano w stanowisku po pszenżycie jarym, przyorując słomę po zbiorze. Prace polowe i ochronę przed agrofagami prowadzono zgodnie z zasadami poprawnej agrotechniki i z zaleceniami IOR (Klikocka 2004).

Wiosną, przed sadzeniem ziemniaka zastosowano dwie formy siarki: siarczanową (siarczan potasowy – K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) i pierwiastkową (S<sup>0</sup>) w dawkach 25 i 50 kg S·ha<sup>-1</sup>. Siarkę pierwiastkową uzyskano z Kopalni Siarki "Jeziórko" i rozdrobniono do formy pylistej. Założono również wariant kontrolny – bez nawożenia siarką. Pod ziemniaki stosowano 100 kg N·ha<sup>-1</sup>, 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·ha<sup>-1</sup> i 140 kg K<sub>2</sub>O·ha<sup>-1</sup> (potas zbilansowano).

Sumy opadów atmosferycznych w sezonach wegetacyjnych 2001 i 2002 roku były wyższe od średniej sumy wieloletniej (1971-1988: 386 mm). Szczególnie duże opady obserwowano w lipcu (168 mm) i we wrześniu (135 mm) w 2001 r. oraz w czerwcu 2002 r. (132 mm). W sezonie 2003 r. suma opadów atmosferycznych była niższa od średniej sumy wieloletniej o 29 mm. Sumy temperatur powietrza w analizowanych sezonach wegetacyjnych były wyższe od sumy wieloletniej

(1971-1988: 2544°C). I tak, w sezonie 2001 – o 131°C, w sezonie 2002 – o 671°C, w sezonie 2003 – o 358°C. Rozkład opadów i temperatury powietrza przedstawiono w tabeli 1.

Zbiór bulw ziemniaka przeprowadzono ręcznie w okresie technologicznej dojrzałości roślin. W czasie zbiorów pobierano próby spod 10 krzaków ze wszystkich poletek doświadczenia celem oznaczenia struktury plonu. Ocenę cech badanych bulw ziemniaka wykonano zgodnie z metodyką przyjętą przez IHAR (Roztropowicz 1999).

W pracy dokonano analizy następujących cech:

- cecha 1 – plon handlowy bulw – masa frakcji bulw powyżej 40 mm ( $t\cdot ha^{-1}$ ),
- cecha 2 – plon bulw sadzeniaków – masa frakcji bulw od 30 do 60 mm ( $t\cdot ha^{-1}$ ),
- cecha 3 – plon bulw o średnicy < 30 mm ( $t\cdot ha^{-1}$ ),
- cecha 4 – procentowy udział w plonie masy bulw o średnicy do 30 mm (%),
- cecha 5 – plon bulw o średnicy 30-40 mm ( $t\cdot ha^{-1}$ ),
- cecha 6 – procentowy udział w plonie masy bulw o średnicy 30-40 mm (%),
- cecha 7 – plon bulw o średnicy 40-50 mm ( $t\cdot ha^{-1}$ ),
- cecha 8 – procentowy udział w plonie masy bulw o średnicy 40-50 mm (%),
- cecha 9 – plon bulw o średnicy 50-60 mm ( $t\cdot ha^{-1}$ ),
- cecha 10 – procentowy udział w plonie masy bulw o średnicy 50-60 mm (%),
- cecha 11 – plon bulw o średnicy powyżej 60 mm ( $t\cdot ha^{-1}$ ),
- cecha 12 – procentowy udział w plonie masy bulw o średnicy > 60 mm (%),
- cecha 13 – liczba bulw z 1 rośliny (szt.),
- cecha 14 – średnia masa 1 bulwy (g),
- cecha 15 – plon bulw z 1 rośliny (g).

**Tabela 1.** Suma opadów (w mm) i średnia temperatura powietrza (°C) w latach 2001-2003 i w wieloleciu 1971-1988 (Stacja Meteorologiczna w Zamościu)

**Table 1.** Sums of rainfalls (mm) and mean air temperature (°C) in the years 2001-2003 and in long-term period 1971-1988 (research station Zamość)

Lata Years	Miesiące – Months						Suma – Średnia Sum – Mean		
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	V-VI	VII-VIII	IV-IX
Opady – Precipitation (mm)									
2001	65,0	24,0	49,0	168,0	62,0	135,0	73,0	230,0	503,0
2002	24,9	87,9	132,0	76,1	15,4	75,0	219,9	91,5	411,3
2003	36,7	111,4	45,0	144,7	10,8	7,9	156,4	155,5	356,5
1971-88	39,0	62,0	90,0	80,0	60,0	55,0	152,0	140,0	386,0
Temperatura – Temperature (°C)									
2001	8,3	13,8	14,5	20,1	18,7	12,0	14,2	19,4	2675
2002	8,9	17,8	20,6	21,5	22,6	13,7	19,2	22,1	3215
2003	7,8	17,1	18,2	19,8	18,0	14,0	17,7	18,9	2902
1971-88	7,2	13,4	15,8	17,4	16,8	12,6	14,6	17,1	2544

Zebrane w doświadczeniu wyniki rozważono w układzie wierszowo-kolumnowym, przyjmując za wiersze poszczególne bloki (kontrolny 0S, 25 SO<sub>4</sub>, 25 S, 50 SO<sub>4</sub>, 50 S) i podwiersze – kolejne lata badań (2001, 2002, 2003), zaś za kolumny 4 powtórzenia. Tak zestawione wyniki poddano analizie statystycznej. Założono hipotezę zerową ( $H_0$ ), że nawożenie kontrolne (NPK + 0 S) oraz nawożenie siarką (NPK+S) mogą być ze sobą porównane, gdyż dają podobny efekt w odniesieniu do badanych cech w obserwacjach. Brak podobieństwa może być natomiast wyrażony w postaci hipotezy alternatywnej ( $H_1$ ) (wzór 1):

$$(1^0) H_0: \Lambda_{\text{NPK}} = \Lambda_{\text{NPKS}} \quad \text{przeciwko alternatywie} \quad (2^0) H_1: V_{\text{NPK}} \neq V_{\text{NPKS}} \quad (1)$$

$$F^0 \geq F\alpha \quad \quad \quad F^0 < F\alpha$$

gdzie:  $H_0$  – efekty obiektowe są zerowe,  $\Lambda$  – dla każdego,

$H_1$  – efekty obiektowe są różne,  $V$  – istnieje

$F^0$  – funkcja testowa F-Snedecora obliczona w analizie wariancji

$F\alpha$  – rozkład funkcji testowej F (\* $\alpha = 0,05$ , \*\* $\alpha = 0,01$ )

Do testowania hipotezy zerowej  $H_0$  wykorzystano analizę wariancji z funkcją testową F-Snedecora, a następnie obliczono jej rozkład (Hanusz i in. 2003). Istotność różnic wykonano testem Tukeya ( $\alpha = 0,05$ ,  $\alpha = 0,01$ ). Wyliczono także współczynnik zmienności (CV%) będący miarą rozrzutu wyników, jako iloraz standardowego odchylenia i średniej. W celu określenia zależności i związków między badanymi cechami posłużono się analizą korelacji, determinacji i regresji liniowej. W zestawieniu i statystycznym opracowaniu wyników wykorzystano arkusz kalkulacyjny Excel 7.0 oraz program Statistica (StatSoft Polska'97).

## WYNIKI BADAŃ

Przeprowadzona analiza wariancji wykazała, że różnice w wysokości plonu handlowego bulw (cecha 1), sadzeniaków (cecha 2) oraz plonu i liczby bulw z 1 rośliny (cecha 15 i 13), średniej masy 1 bulwy (cecha 14), ponadto plonu i procentu udziału w plonie wszystkich badanych frakcji bulw (cecha 3-6 i 10-12), z wyjątkiem frakcji od 40 do 50 mm (cecha 7 i 8) i od 50 do 60 mm (cecha 9) były statystycznie nieistotne. Wyniki zawarte w tabelach 2 i 3 pokazują, że dla analizowanych cech nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o podobnym działaniu nawożenia kontrolnego (NPK + 0 S) i nawożenia z dodatkiem siarki (NPK+S) na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Hipoteza alternatywna  $H_1: V_{\text{NPK}} \neq V_{\text{NPKS}}$  o różnym działaniu nawożenia kontrolnego (NPK + 0 S) i NPK+S zostanie przyjęta na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  jedynie dla plonu i procentowego udziału bulw frakcji od 40 do 50 mm (cecha 7 i 8) oraz plonu bulw frakcji od 50 do 60 mm (cecha 9). Stwierdzono w tym przypadku istotne prawdopodobieństwo rozkładu funkcji

testowej F przy  $\alpha = 0,05$  oraz udowodniono istotne różnice testem Tukeya. Spośród porównywalnych cech ziemniaka, w zależności od zastosowanej dawki i formy nawożenia siarką najbardziej stabilne okazały się: plon handlowy bulw i sadzeniaków (cechy 1 i 2), liczba bulw z 1 rośliny (cecha 13), średnia masa 1 bulwy (cecha 14), plon bulw z 1 rośliny (cecha 15) oraz frakcje bulw od 50 do 60 cm (cecha 9 i 10). Zmienność omawianych cech była niewielka, przy czym nawożenie siarką wpływało na większą zmienność plonu sadzeniaków (cecha 2) aniżeli handlowego bulw (cecha 1).

**Tabela 2.** Wyniki obliczeń statystycznych dla badanych cech

**Table 2.** Results of statistical computation for investigated features

Badana cecha Investigated features	Nr cechy Feature number	Zmienne Variable	BS SED	CV%	F obl. Estima- tion F	p-wartość p-value	NIR-LSD $\alpha = 0,05^*$ /0,01**
Plon handlowy bulw Commercial yield (t·ha <sup>-1</sup> )	1	D	0,21	1,10	0,09	0,914	r.n.
		F	0,41	2,13	0,30	0,743	r.n.
		DF	0,82	4,27	0,71	0,589	r.n.
		L	0,92	4,79	1,49	0,236	r.n.
Plon sadzeniaków Seed tuber yield (t·ha <sup>-1</sup> )	2	D	1,75	9,00	2,87	0,074	r.n.
		F	1,86	9,55	3,01	0,066	r.n.
		DF	1,93	9,91	1,76	0,154	r.n.
		L	0,58	2,98	0,27	0,764	r.n.
Liczba bulw z 1 rośliny Number of tubers of 1 plant (szt.-piece)	13	D	1,31	8,32	1,26	0,300	r.n.
		F	0,60	3,83	0,30	0,743	r.n.
		DF	1,68	10,65	1,91	0,125	r.n.
		L	1,85	11,76	3,87*	0,028	2,68
Średnia masa 1 bulwy Mean mass of 1 tuber (g)	14	D	5,57	10,81	2,51	0,100	r.n.
		F	4,51	8,75	1,35	0,276	r.n.
		DF	7,95	15,43	2,31	0,072	r.n.
		L	9,29	18,04	5,26**	0,009	11,54/15,4 1
Plon bulw z 1 rośliny Yield of tubers of 1 plant (g)	15	D	34,33	4,33	0,26	0,773	r.n.
		F	43,16	5,45	0,33	0,722	r.n.
		DF	40,27	5,09	0,21	0,931	r.n.
		L	149,8	18,91	4,88*	0,012	193,2

Zmienne – Variable: D dawka – rate ( $df_1 = 2, df_2 = 27$ ), F forma – form ( $df_1 = 2, df_2 = 27$ ), DF dawka x forma – rate x form ( $df_1 = 4, df_2 = 45$ ), L lata – years ( $df_1 = 2, df_2 = 45$ ): gdzie – where  $df_1$  – stopnie swobody zmiennej – degrees of variable freedom,  $df_2$  – stopnie swobody błędu – degrees of error freedom, BS–SED – błąd standardowy – standard error, CV% – współczynnik zmienności – coefficient of variation, F obl. z analizy wariancji – estimation F of variance analysis: istotne różnice na poziomie – significant difference at ( $*\alpha = 0,05, **\alpha = 0,01$ ), p – wartość rozkładu F – p-value of F-variance ratio, NIR – LSD – najmniejsza istotna różnica – least significant difference, r.n. – różnica nieistotna – not significant.

**Tabela 3.** Wyniki obliczeń statystycznych dla plonu bulw badanych frakcji ( $t \cdot ha^{-1}$ ) i procentowego udziału w plonie masy bulw (%)**Table 3.** Results of statistical computation for the yield of analysed tuber fractions ( $t \cdot ha^{-1}$ ) and tuber mass fraction (%)

Badana cecha Investigated features	Nr cechy Feature number	Zmienne Variable	BS SED	CV%	F obl. Estima- tion F	p- wartość p-value	NIR-LSD $\alpha = 0,05^*$ /0,01**
Plon bulw Yield of tubers < 30 mm ( $t \cdot ha^{-1}$ )	3	D	0,31	47,65	2,73	0,083	r.n.
		F	0,33	50,31	2,39	0,111	r.n.
		DF	0,30	44,70	1,03	0,402	r.n.
		L	0,32	48,65	2,04	0,142	r.n.
Udział bulw Share of tubers < 30 mm (%)	4	D	1,19	46,16	2,65	0,089	r.n.
		F	1,21	47,20	2,35	0,115	r.n.
		DF	1,09	42,53	1,01	0,412	r.n.
		L	1,18	45,92	1,96	0,153	r.n.
Plon bulw Yield of tubers 30-40 mm ( $t \cdot ha^{-1}$ )	5	D	0,65	16,57	1,14	0,335	r.n.
		F	0,83	21,07	1,55	0,241	r.n.
		DF	0,85	21,50	0,85	0,501	r.n.
		L	1,30	32,78	3,30*	0,046	2,02
Udział bulw Share of tubers 30-40 mm (%)	6	D	2,01	12,5	0,65	0,530	r.n.
		F	2,72	16,97	1,03	0,371	r.n.
		DF	3,08	19,24	0,77	0,550	r.n.
		L	4,59	28,63	2,83	0,069	r.n.
Plon bulw Yield of tubers 40-50 mm ( $t \cdot ha^{-1}$ )	7	D	1,62	22,26	4,48*	0,021	2,22
		F	1,55	21,25	3,98*	0,031	2,22
		DF	1,34	18,44	1,20	0,324	r.n.
		L	1,07	14,73	1,27	0,291	r.n.
Udział bulw Share of tubers 40-50 mm (%)	8	D	5,87	19,30	3,36*	0,049	9,29
		F	5,60	18,41	2,94	0,070	r.n.
		DF	5,20	17,08	1,07	0,382	r.n.
		L	2,24	7,37	0,33	0,721	r.n.
Plon bulw Yield of tubers 50-60 mm ( $t \cdot ha^{-1}$ )	9	D	0,43	5,19	0,26	0,773	r.n.
		F	0,43	5,16	0,21	0,812	r.n.
		DF	1,68	20,37	2,61*	0,048	2,97
		L	1,82	22,10	5,12**	0,010	2,30/3,07
Udział bulw Part of tubers 50-60 mm (%)	10	D	2,67	7,54	0,49	0,618	r.n.
		F	2,60	7,36	0,38	0,687	r.n.
		DF	5,80	16,41	1,54	0,207	r.n.
		L	10,30	29,13	8,07**	0,001	10,32/13,78
Udział bulw Share of tubers 60 mm ( $t \cdot ha^{-1}$ )	11	D	1,20	32,08	1,33	0,281	r.n.
		F	1,18	31,73	1,11	0,344	r.n.
		DF	1,25	33,55	0,71	0,589	r.n.
		L	1,30	34,84	1,28	0,288	r.n.
Udział bulw Share of tubers 60 mm (%)	12	D	5,52	35,32	1,51	0,239	r.n.
		F	5,71	36,50	1,40	0,264	r.n.
		DF	5,68	36,30	0,87	0,489	r.n.
		L	4,33	27,68	0,84	0,438	r.n.

Objaśnienia – explanations: jak w tabeli 2 – as in Table 2.

Największą zmiennością w zależności od zastosowanej dawki i formy nawożenia siarką charakteryzowały się w kolejności, frakcje bulw: do 30 mm (cecha 3 i 4), powyżej 60 mm (cechy 11 i 12), od 40 do 50 mm (cecha 7 i 8) i od 30 do 40 mm (cecha 5 i 6) ( $CV\%$  = od 12,51 do 47,65). Generalnie, wartość badanych właściwości ziemniaka była najsilniej zmieniana ( $CV\%$ ) i różnicowana (NIR) w poszczególnych latach badań czynnikiem pogodowym i współdziałaniem warunków klimatycznych z nawożeniem siarką, niż bezpośrednim wpływem nawożenia S (tab. 2, 3).

Analiza wyników badań wykazała korzystny wpływ (choć statystycznie nie potwierdzony) nawożenia siarką (zwłaszcza  $25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  w formie siarczanu i  $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  w formie elementarnej) na plon handlowy bulw i sadzeniaków (cechy 1 i 2). Nawożenie siarką w omawianych kombinacjach zwiększało istotnie plon frakcji od 50 do 60 mm (cecha 9) ( $\text{NIR} = 2,97^*$ ) (tab. 4). Natomiast plon i procentowy udział frakcji od 40 do 50 mm (cecha 7 i 8) wzrastał statystycznie istotnie po zastosowaniu nawożenia w dawce  $50 \text{ kg S}\cdot\text{ha}^{-1}$  ( $\text{NIR}_{\text{plon}} = 2,22^*$ ,  $\text{NIR}_{\text{udział}} = 9,29^*$ ). Zauważono tendencję wzrostu (nie potwierdzoną statystycznie) udziału frakcji drobniejszych, to jest: do 30 mm (cecha 3 i 4) i od 30 do 40 mm (cecha 5 i 6) na zastosowane nawożenie siarką, przy jednoczesnej tendencji spadku frakcji największej, powyżej 60 mm (cecha 11 i 12). Nawożenie siarką (z wyłączeniem  $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  w formie  $\text{S}^0$ ) wpłynęło korzystnie na tendencję wzrostu liczby bulw z 1 rośliny (cecha 13), jednakże równocześnie zaobserwowano tendencję zmniejszenia średniej masy 1 bulwy (cecha 14). Wynikiem omówionego zjawiska było wystąpienie istotnej korelacji pomiędzy wymienionymi cechami ( $r_{n=60} = -0,226$ ). Oznacza to, że nawożenie siarką wpływa korzystnie na polepszenie wiązania większej ilości bulw przy jednoczesnym ich drobnieniu. Wynik ten może zostać wykorzystany w praktyce, jako metoda zwiększania plonu bulw sadzeniaków.

Z plonem handlowym bulw (cecha 1) i plonem sadzeniaków (cecha 2) korelowała istotnie średnia masa 1 bulwy (cecha 14) (odpowiednio:  $r_{n=60} = 0,4269$  i  $r_{n=60} = -0,4776$ ), natomiast z liczbą bulw z 1 rośliny (cecha 13) nie stwierdzono statystycznie istotnego związku. Masa 1 bulwy wносиła istotny wkład w predykcję plonu handlowego ( $b = 0,43$ ) i sadzeniakowego ( $b = -0,48$ ) (tab. 5). Liczba bulw z 1 rośliny (cecha 13) okazała się predyktorem nieistotnym. Wynika z tego, że dla dokładniejszego oszacowania plonu handlowego i bulw frakcji sadzeniakowej ziemniaka można przyjąć średnią masę 1 bulwy. Uwzględniając w modelu równania oba składniki, zależności pomiędzy nimi a plonem handlowym bulw i bulw sadzeniaków stają się ściślejsze, gdyż wartość  $R^2$  przewyższa pojedyncze składowe plonu, szczególnie ze strony istotnego oddziaływania w tym równaniu średniej masy 1 bulwy.

**Tabela 4.** Wartości badanych cech (średnio w latach 2001-2003)  
**Table 4.** Value of investigated features (mean in years 2001-2003)

Zmienne Variables	Dawka i forma S S rate and S form (kg·ha <sup>-1</sup> )	Symbol	Cechy – Features														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Lata – Years																	
Kontrola Control	0 S	0	19,14	17,10	0,25	1,05	3,18	14,25	5,15	22,78	8,77	38,93	5,22	22,98	15,75	62,69	836,3
Dawka rate	25	D	19,50	20,42	0,85	3,40	3,77	14,94	8,32	34,35	8,34	35,05	2,84	12,25	17,08	45,71	768,3
	50		19,12	19,72	0,64	2,50	4,48	18,02	7,32	30,30	7,92	33,83	3,87	15,36	14,46	56,71	793,6
Forma form	SO <sub>4</sub>	F	18,91	20,79	0,90	3,47	4,75	18,88	7,70	31,34	8,34	34,63	2,87	11,68	16,38	46,78	751,9
	S		19,71	19,36	0,60	2,44	3,50	14,08	7,94	33,32	7,92	34,25	3,84	15,93	15,17	55,64	810,0
Dawka x forma Rate x form	25 SO <sub>4</sub>	DF	19,79	22,29	1,02	3,98	4,25	16,70	7,86	31,44	10,18	40,64	1,75	7,22	16,83	44,87	742,1
	25 S		19,21	18,56	0,69	2,83	3,28	13,18	8,78	37,27	6,50	29,47	3,93	17,28	17,33	46,54	794,6
	50 SO <sub>4</sub>		18,03	19,28	0,77	2,97	5,25	21,05	7,54	31,24	6,49	28,61	3,99	16,15	15,92	48,70	461,8
	50 S		20,21	20,16	0,51	2,04	3,72	14,98	7,11	29,37	9,34	39,04	3,76	14,58	13,00	64,73	825,4
Lata Years	2001	L	19,28	18,89	0,30	1,27	2,45	10,91	6,21	28,31	10,22	46,55	2,84	15,48	15,13	44,57	624,1
	2002		18,35	20,05	0,90	3,58	4,82	19,76	7,28	30,19	7,94	33,16	3,12	11,41	19,50	47,88	840,3
	2003		20,19	19,50	0,75	2,88	4,53	17,43	8,36	32,77	6,61	26,31	5,22	9,85	16,63	62,06	911,8
Średnio – Mean (n = 60)			19,27	19,48	0,65	2,57	3,93	16,03	7,28	30,42	8,26	35,34	3,73	15,64	15,77	51,51	792,0

Cechy – features: 1 – plon handlowy bulw – commercial tuber yield (t·ha<sup>-1</sup>), 2 – plon bulw sadzeniaków – seed tuber yield (t·ha<sup>-1</sup>), 3,5,7,9,11 – plon bulw – tuber yield < 30 mm, 30–40, 40–50, 50–60, >60 (t·ha<sup>-1</sup>), 4,6,8,10,12 – procentowy udział w plonie masy bulw – percentage of tubers mass fraction < 30 mm, 30–40, 40–50, 50–60, >60 (%), 13 – liczba bulw z 1 rośliny – number of tubers (szt. – piece), 14 – średnia masa 1 bulwy – mean mass of 1 tuber (g), 15 – plon bulw z 1 rośliny – yield of tubers from 1 plant (g).



Plon handlowy bulw i sadzeniaków opisują następujące równania regresji:

Plon handlowy bulw

$$(a) Y = 16,05 - 0,04x_1 (\text{liczba bulw}) + 0,07x_2 (\text{masa bulw}) \quad (2)$$

$$(b) Y = 16,05 - 0,04x_1 (\text{liczba bulw}) + 0,42x_2 (\text{masa bulw}) \quad (3)$$

Plon bulw sadzeniaków

$$(a) Y = 30,52 - 0,27x_1 (\text{liczba bulw}) - 0,13x_2 (\text{masa bulw}) \quad (4)$$

$$(b) Y = 30,52 - 0,23x_1 (\text{liczba bulw}) - 0,53x_2 (\text{masa bulw}) \quad (5)$$

gdzie: a – zwyczajne współczynniki regresji,

b – standaryzowane współczynniki regresji, określające wkład zmiennej niezależnej w predykcję zmiennej zależnej.

**Tabela 5.** Współczynniki regresji i determinacji R<sup>2</sup> w równaniu regresji wielokrotnej liniowej dla plonu handlowego i sadzeniakowego ziemniaka

**Table 5.** Regression and determination R<sup>2</sup> coefficients value in multiple regression equations for commercial tuber and tuber seeds yield of potato

Równanie regresji Regression equation (n = 60)	Plon handlowy bulw Commercial tuber yield			Plon sadzeniaków Yield of seed tubers				
	R <sup>2</sup>	Współczynniki – Coefficients			R <sup>2</sup>	Współczynniki – Coefficients		
		b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>		b <sub>0</sub>	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>
y = *b <sub>0</sub> + b <sub>1</sub> x <sub>1</sub>	0,02	21,03 <sup>a</sup>	-0,11	-	0,01	21,52	-0,13	-
		(1,76) <sup>c</sup>	(0,11)	-		(2,51)	(0,15)	-
		-	-0,14 <sup>b</sup>	-		-	-0,11	-
			(0,13) <sup>c</sup>			(0,13)		
y = b <sub>0</sub> + b <sub>2</sub> x <sub>2</sub>	0,18**	15,38	-	0,08	0,23**	25,60	-	-0,12
		(1,45)	-	(0,02)		(1,59)	-	(0,03)
		-	-	0,43*		-	-	-0,48**
			(0,12)			(0,11)		
y = b <sub>0</sub> + b <sub>1</sub> x <sub>1</sub> + b <sub>2</sub> x <sub>2</sub>	0,18**	16,05	-0,04	0,07	0,28**	30,52	-0,27	-0,13
		(2,18)	(0,10)	(0,02)		(2,93)	(0,14)	(0,03)
		-	-0,04	0,42*		-	-0,23	-0,53**
		(0,12)	(0,12)		(0,12)	(0,12)		

\*y – zmienna zależna (plon handlowy i sadzeniaków) jest funkcją wartości zmiennej niezależnej x (x<sub>1</sub> – liczba bulw z 1 rośliny, x<sub>2</sub> – średnia masa 1 bulwy, b<sub>0</sub> – wartość stała regresji, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> – współczynniki regresji (a – zwyczajny, b – standaryzowany, c – ( ) błąd standardowy współczynnika.

\*y – dependent variable (commercial yield and tuber seeds yield) is a function of independent variable x (x<sub>1</sub> – number of tubers form 1 plant, x<sub>2</sub> – mean mass of 1 tuber) b<sub>0</sub> – constant regression value, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub> – regression coefficients (a – usual, b – standardized, c – ( ) standard error of coefficient.

\*\*istotny – significant (α = 0.05).



Warunki meteorologiczne (opady i temperatura powietrza w okresie wegetacji ziemniaka) nie wpłynęły istotnie na wielkość plonu handlowego (cecha 1) i sadzeniakowego bulw (cecha 2) (tab. 6). Inne analizowane cechy były istotnie zmieniane czynnikiem pogodowym. Plon i procentowy udział masy w plonie bulw frakcji do 30 mm i od 30 do 40 mm korelował istotnie dodatnio ze średnią temperaturą powietrza i sumą opadów atmosferycznych w okresie od V do VI, natomiast ujemnie z sumą opadów okresu VII-VIII. Plon bulw o średnicy od 50 do 60 mm korelował dodatnio ze średnią temperaturą powietrza okresu V-VI i z sumą opadów okresu VII-VIII. Natomiast z sumą opadów atmosferycznych okresu V-VI odnotowano korelację ujemną. Liczba bulw z 1 rośliny korelowała istotnie ze średnią temperaturą powietrza (dodatnio) i sumą opadów (ujemnie) w okresach: V-VI i VII-VIII. Plon bulw z 1 rośliny zależał istotnie dodatnio od średniej temperatury i sumy opadów w okresie V-VI, natomiast ujemnie skorelowany był z sumą opadów w okresie VII-VIII. Tylko w przypadku plonu bulw frakcji od 40 do 50 mm i powyżej 60 mm statystycznie istotnych korelacji z rozkładem opadów i temperatury powietrza nie stwierdzono.

#### DYSKUSJA

W przeprowadzonych badaniach polowych wykazano, że większość badanych cech, w tym: plon handlowy bulw i sadzeniaków nie zależały istotnie od nawożenia siarką. Statystycznie istotny pozytywny wpływ nawożenia siarką odnotowano tylko w przypadku plonu i procentowego udziału bulw frakcji od 40-50 mm oraz plonu bulw frakcji 50-60 mm. Badane cechy w doświadczeniu w znacznym stopniu podlegały zmienności sezonowej, dlatego bezpośredni efekt działania siarki w warunkach polowych trudno udowodnić w sposób statystycznie istotny. Jednakże większość cech korzystnie reagowała na nawożenie tym pierwiastkiem. Pozytywny wpływ nawożenia siarką (w formie: siarczanu potasu, siarczanu amonu, sufranu plus, pojedynczego superfosfatu, gipsu, piryty i siarki pierwiastkowej) na plonowanie ziemniaka wykazało wielu autorów (Sud i in. 1996, Pickny i Grocholl 2002). Zalecają oni stosowanie siarki pierwiastkowej pod ziemniaki w ilości od 36 do 80 kg·ha<sup>-1</sup>. Dostępne są również badania, które wykazały obniżenie plonu bulw ziemniaka w wyniku jej stosowania (Eppendorfer i Eggum 2004).

Zdaniem Sawickiej i Pszczółkowskiego (2004) większość cech ziemniaka jest uwarunkowana genetycznie i równolegle podlega dużej zmienności fenotypowej w zależności od działania różnych czynników środowiska i genotypu. Jakość ziemniaków (zdrowotność, wielkość, sposób przechowywania) zależy w dużej mierze od typu gleby i niejednorodności środowiska glebowego (zmienność glebowa, zróżnicowane pH) oraz różnorodności wpływu warunków meteorologicz-

nych, takich jak: opady, temperatura, światło (Głuska 2002, Krzysztofik i in. 2004, Sawicka i Pszczółkowski 2004). Duże znaczenie ma rozkład opadów w okresie wegetacji. Opady maja (do 40 mm) i czerwca (od 40 do 80 mm – w zależności od klasy wczesności) decydują o liczbie bulw małych i średnich, natomiast lipca (80-90 mm) i sierpnia (powyżej 100 mm) o wielkości bulw dużych. Dostateczne zaopatrzenie w wodę łagodzi niekorzystny wpływ wysokich temperatur. Optymalna suma opadów w okresie od maja do września jest w latach chłodnych dość niska i wynosi około 250 mm, natomiast w sezonach ciepłych i słonecznych wzrasta powyżej 350 mm (Ceglarek i Zarzecka 1999). Temperatura i opady atmosferyczne okresu wegetacji oraz ich rozkład decydują zatem o średnicy bulw, zwłaszcza frakcji małych i dużych, a w konsekwencji o wielkości plonu handlowego bulw i sadzeniaków. W Polsce przeciętnie w dziesięcioleciu występują dwa lata o bardzo małej sumie opadów i rok bądź dwa o dużej. Jednocześnie niemal w każdym sezonie występują krótkie, około dwutygodniowe, okresy posuszne. Straty plonów ziemniaka wynikające z niedoboru wody sięgają około 20% (Ceglarek i Zarzecka 1999). W przeprowadzonym doświadczeniu z elementów struktury plonu najbardziej ustabilizowana była liczba i masa bulw frakcji od 40 do 50 mm i od 50 do 60 mm oraz udział bulw handlowych (powyżej 40 mm) i sadzeniaków (30-60 mm), zaś najmniejszą – udział bulw o średnicy powyżej 60 mm. Spośród czynników meteorologicznych największy wpływ na spadek plonu bulw i ograniczenie frakcji 50-60 i powyżej 60 mm wywiera wysoka temperatura powietrza okresu lipiec-sierpień (Sawicka i Pszczółkowski 2004). Opisane spostrzeżenia znalazły potwierdzenie w prezentowanym doświadczeniu, gdzie średnie temperatury dobowe okresu lipiec-sierpień (odpowiednio dla lat badań: 19,4, 22,1, 18,9°C) przekroczyły temperatury optymalne dla zawiązywania i wzrostu bulw wynoszące od 15 do 20°C, przy najkorzystniejszym rozkładzie: około 20°C w ciągu dnia i 14-15°C w nocy (Ceglarek i Zarzecka, 1999).

#### WNIOSKI

1. Nawożenie siarką nie różnicowało plonu handlowego bulw i plonu bulw sadzeniaków. W predykcję plonu handlowego bulw i sadzeniaków istotny wkład wносиła średnia masa 1 bulwy, dlatego tą zmienną można przyjąć dla dokładniejszego oszacowania plonu handlowego bulw i bulw frakcji sadzeniakowej.

2. Nawożenie siarką w dawce 50 kg S·ha<sup>-1</sup> podwyższało znacznie plon i procentowy udział bulw frakcji od 40-50 mm. Natomiast plon bulw frakcji 50-60 mm był najkorzystniejszy po zastosowaniu 25 kg S·ha<sup>-1</sup> w formie siarczanu potasu i 50 kg S·ha<sup>-1</sup> w formie elementarnej. Pozostałe frakcje bulw oraz elementy struktury plonu, takie jak: liczba bulw z 1 rośliny, średnia masa 1 bulwy i plon bulw z 1 rośliny nie zależały istotnie od nawożenia siarką.

3. Plon bulw handlowych korelował dodatnio ze średnią masą 1 bulwy, natomiast plon sadzeniaków z masą 1 bulwy korelował ujemnie. Pomiedzy liczbą bulw z 1 rośliny a masą 1 bulwy wystąpiła korelacja ujemna. Oznacza to, że nawożenie siarką wpływa korzystnie na polepszenie wiązania większej ilości bulw przy jednoczesnym ich drobnieniu. Wynik ten może zostać wykorzystany w praktyce, jako metoda zwiększania plonu bulw sadzeniaków. Pomiedzy elementami struktury plonu i frakcji bulw a warunkami meteorologicznymi (temperatura powietrza i suma opadów atmosferycznych w okresach: V-VI i VII-VIII) obserwowano liczne związki.

4. Generalnie, wartości badanych cech ziemniaka były najsilniej modyfikowane czynnikiem pogodowym i współdziałaniem warunków klimatycznych z nawożeniem siarką, niż bezpośrednim wpływem nawożenia S.

#### PIŚMIENNICTWO

- Bloem E., 1998. Schwefel-Bilanz von Agrar-Ökosystemen unter besonderer Beruecksichtigung hydrologischer und bodenphysikalischer Standorteigenschaften. Sonderheft Landbauforschung Vöelkenrode, ISBN 3-933140-13-7.
- Ceglarek F., Zarzecka K., 1999. Ziemniak. W: Szczegółowa uprawa roślin (Red. Jasińska Z., Kotecki A). Wyd. AR Wrocław, 315-373.
- Eppendorfer W.H., Eggum B.O. 2004. Sulphur deficiency of potatoes as reflected in chemical composition and in some measures of nutritive value. Norwegian J. Agric. Sci. Suppl., 15, 127– 134.
- Głuska A., 2002. Uprawa ziemniaków w warunkach nawadniania. W: Produkcja i rynek ziemniaków jadalnych. Red. Chotkowski J. Wieś Jutra, Warszawa: 169-182.
- Grzebisz W., Przygocka-Cyna K., 2003. Aktualne problemy gospodarowania siarką w rolnictwie polskim. Nawozy i Nawożenie. Fertilizers and Fertilization. 5, 4, 17, 64 -77.
- Hanusz Z., Kowalczyk-Juško A., Olejnik J., 2003. Estymacja względnej efektywności dwóch form nawozów azotowych stosowanych pod tytoń. *Fragm. Agron.*, 20,4, 32-42.
- Klikocka H., 2004. Nawożenie ziemniaka siarką. *Fragm. Agron.*, 21, 3, 80-94.
- Krzysztofik B., Szecówka P., Nawara P., 2004. Zmiany cech jakościowych bulw ziemniaka wynikające z czynników glebowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 500, 225-234.
- Pickny J., Grocholl J., 2002. Kartoffelschorf-Lässt sich der Befall durch eine Schwefeldüngung vermindern? – *Kartoffelbau* 3 (53), 76-78.
- Roztropowicz S. (red.), 1999. *Metodyka obserwacji, pomiarów i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakami. IHAR Jadwisin* 1-50.
- Sawicka B., 1989. Wpływ niektórych czynników siedliskowych i agrotechnicznych na kształtowanie się plonu ziemniaka. *Rocz. Nauk Roln.*, A-108 (2), 28-42.
- Sawicka B., Pszczółkowski P., 2004. Fenotypowa zmienność struktury plonu odmian ziemniaka w warunkach środkowo-wschodniej Polski. *Biul. IHAR*, 232, 53-66.
- Sud K.C., Sharma R.C., Verma B.C., 1996. Evaluation of levels and sources of sulphur on potato nutrition in Shimla hills. *Journal Indian Potato Association*, 23, 3-4, 134-138.
- Terelak H., Motowicka-Terelak T., Maliszewska-Kordybach B., Pietruch Cz., 2002. Monitoring chemicznego gleb ornych Polski. Program badań i wyniki 1995 i 2000. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.

## INFLUENCE OF SULPHUR FERTILIZATION ON COMMERCIAL AND SEED TUBER YIELD OF POTATO

*Hanna Klikocka, Jarosław Sachajko*

Faculty of Agricultural Sciences in Zamość, University of Agriculture in Lublin  
ul. Szczepińska 102, 22-400 Zamość  
e-mail: hklikocka@wnr.edu.pl

**Abstract.** The experiment was conducted in 2001-2003 on a leached brown earth with loamy, silty soil texture. The aim of the present investigation was to quantify the influence of sulphur on commercial and seed tuber yield and its structure. Sulphur was applied with different sulphur forms (elemental S and K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) and rates (0, 25 and 50 kg ha<sup>-1</sup> S). The application of sulphur and meteorological characteristic (rainfall and temperature) did not influence the commercial and seed tuber yield. An interrelation was observed between commercial and seed tuber yield of tubers and mean mass of 1 tuber. This features gave a significant prediction on commercial and seed tuber yield. Therefore, for precise estimation of commercial and seed tuber yield of potato, the mean mass of 1 tuber can be accepted, where a dependence was noticed. The application of with sulphur in dose of 50 kg ha<sup>-1</sup> significantly increased the yield and percentage share of tubers diameters of 4-5 cm. The yield tubers of 5-6 cm in diameter was the highest when 25 kg ha<sup>-1</sup> was applied in sulphate form and 50 kg ha<sup>-1</sup> S in elemental form. Other tuber diameters and studied elements of yield structure were not modified by sulphur fertilization. Variability of studied characteristics was more strongly determined by weather factors and by interaction of climatic conditions with sulphur fertilization than by direct influence of S.

**Key words:** potato, sulphur fertilization, commercial yield of tubers, seed yield of tubers