

System jesiennego i letniego formowania redlin pod ziemniaki został zapoczątkowany w latach sześćdziesiątych w Holandii [Galiën 1966]. Na dobrze przygotowanej i nawiezionej glebie wyznacza się obsypnikiem redliny o wysokości 20–25 cm. W tej technologii uprawy ziemniaka nie występują zbędne zabiegi agrotechniczne, skróceniu ulega czas ich wykonania oraz zmniejsza się zużycie energii i kosztów pracy maszyn i ludzi [Klikocka 2001]. W latach dwięćdziesiątych zalecono mulczowanie letnio-jesiennych redlin: gorczycą białą (*Sinapis alba*), rzepikiem ozimym (*Brassica campestris* L. var. *oleifera*), rzodkwią oleistą (*Raphanus sativus* L., var. *oleiferus*) lub facelią błękitną (*Phacelia tanacetifolia*) [Klikocka, Spiess 2002].

Jednakże w konsekwencji prowadzenia działań proekologicznych stwierdzono utajony niedobór siarki w glebach użytkowanych rolniczo [Marckmann 2000; Haneklaus i in. 2003]. Szereg badań wykazał natomiast, że ziemniaki nawożone siarką plonują wyżej oraz poprawia się ich jakość i zdrowotność [Mondal i in. 1993; Singh, Srivastava 1993; Sarkar i in. 1994; Pavlista 1995; Sud i in. 1996; Lalitha i in. 1997; El-Fayoumy, El-Gamal 1998].

Celem badań było porównanie wpływu konserwującej redlinowej uprawy roli (letniej, jesiennej i wiosennej) i nawożenia siarką na plon ogólny i handlowy bulw ziemniaka oraz efekty ekonomiczne.

METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2001–2003 metodą podbloków losowanych w układzie zależnym split-plot w czterech powtórzeniach we wsi Malice w pobliżu Zamościa (50°42' N, 23°15' E). Eksperyment założono na glebie brunatnej wylugowanej, wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego pylastego (13% cz. spław.), kompleksu żytniego dobrego, o odczynie lekko kwaśnym (pH 5,3). Zawartość węgla ogólnego wynosiła 7,5 g kg⁻¹, a azotu ogólnego 0,7 g kg⁻¹. Zawartość przyswajalnych form (mg kg⁻¹) wynosiła odpowiednio: P – 42,8, K – 79,6, Mg – 28,8 i S-SO₄ – 10,3. Analizy chemiczne przeprowadzono zgodnie z metodami opisanymi przez Ostrowską i in. [1991]. Przedplonem ziemniaka odmiany średniowczesnej Irga było pszenżyto jare. Po zbiorze pszenżyta jarego zastosowano mocznik (1 kg N na 100 kg słomy) i przyorano pociętą słomę za pomocą podorywki.

Zastosowano następujące metody konserwującej redlinowej uprawy roli: (A). Letnie formowanie redlin – podorywka, formowanie obsypnikiem redlin (25 cm), siew gorczycy białej (*Sinapis alba*). (B). Jesienne formowanie redlin – podorywka, siew gorczycy białej (*Sinapis alba*), kultywatorowanie, formowanie

obsypnikiem redlin o wysokości 25 cm. (C). Wiosenne formowanie redlin – podorywka, siew gorczycy białej (*Sinapis alba*).

Formy i dawki nawożenia siarką były następujące: 1. Kontrola – 0 kg S ha⁻¹. 2. 25 kg S ha⁻¹ (139 kg K₂SO₄). 3. 25 kg S ha⁻¹ (forma pierwiastkowa). 4. 50 kg S ha⁻¹ (278 kg K₂SO₄). 5. 50 kg S ha⁻¹ (forma pierwiastkowa).

Siarke pierwiastkową pobrano z Kopalni Siarki „Jeziórko” (wydobywanej metodą wytopu w „górotworze”). Została ona rozdrobniona do frakcji pylistej. Nawożenie mineralne (w kg ha⁻¹) było następujące: N – 100 (saletra amonowa), P₂O₅ – 100 (superfosfat potrójny granulowany), potas – K₂O – 140 (siarczan potasu bilansowany z solą potasową, w przypadku dawki siarki w formie siarczanowej – 25 kg S ha⁻¹). Powierzchnia poletek do zbioru wynosiła 19,5 m² (3 m × 6,5 m), zaś obsada roślin wynosiła 44 tys. szt. ha⁻¹. Ziemiaki uprawiano w rozstawie rzędów 67,5 cm.

Rozdrobnienie i przyoranie słomy podorywką, letnie formowanie redlin i wysiew międzyplonu *Sinapis alba* prowadzono w drugiej dekadzie sierpnia. Kultywatorowanie międzyplonu i jesienne formowanie redlin wykonano w trzeciej dekadzie października. Wiosenne prace polowe rozpoczynano w trzeciej dekadzie marca. Nawożenie mineralne stosowano bezpośrednio przed sadzeniem ziemniaka, które wykonano w drugiej dekadzie kwietnia. Bulwy zbierano w drugiej dekadzie września.

Łany ziemniaków pielęgnowano metodą mechaniczno-chemiczną: po posadzeniu bulw zastosowano bronowanie i obsypywanie (w miarę potrzeby opielanie). Tuż po wschodach ziemniaka (gdy rośliny osiągnęły 12 cm) zastosowano herbicyd Sencor 70 WP (metribuzin), w dawce 0,50 kg ha⁻¹. Przeciwno *Rhizoctonia solani* sadzeniaki zaprawiano wiosną preparatem Rizolex (tolchlofos metylowy) (200 g 100 kg⁻¹ bulw). W okresie zwierania się roślin w rzędach dokonano profilaktycznego oprysku przeciwko *Phytophthora infestans*, następnie prowadzono intensywną ochronę przed zarazą ziemniaka. Stosowano następujący układ fungicydów: 1. Sandofan Manco 64 WP (oksadiksyl, mancozeb) (2,0 kg ha⁻¹). 2. Miedzian 50 WP (miedź w postaci tlenochloru) (2,5 kg ha⁻¹). 3. Dithane 455 S.C. (mancozeb) (2,5 kg ha⁻¹), 4. Brestanid 502 SC (fentin w postaci wodorotlenku) (0,5 kg ha⁻¹). Przeciwno stoncy ziemniaczanej stosowano: 1. Nomolt 150 SC (teflunenzuron) (0,25 l ha⁻¹). 2. Decis 2,5 EC (deltametryna) – 0,2–0,3 l ha⁻¹. 3. Mospilan 20 SP (acetamipryd) w dawce 0,06–0,1 kg ha⁻¹. Zabiegi ochronne (odpowiednio: drugi i trzeci) przeciwko zarazie ziemniaka i stoncy ziemniaczanej wykonywano łącznie, celem ograniczania przejazdów przez pole (mieszano preparaty: Miedzian 50 WP z Decis 2,5 EC i Dithane 455 SC z Mospilan 20 SP). Zabieg ochronny łączony (czwarty) wykonano na trzy tygodnie przed zbiorem ziemniaków. Mieszano Brestanid 502 SC (w celu

ochrony bulw przed zarodnikami zarazy ziemniaka) z desykantem Reglone Turbo 200 SL (dikwat w postaci jonu) (3 l ha^{-1}).

Sumy opadów atmosferycznych w sezonach wegetacyjnych lat 2001 i 2002 roku były wyższe od średniej sumy wieloletniej (1971–1988: 386 mm). Szczególnie duże opady obserwowano w lipcu (144 mm) i we wrześniu (99 mm) w r. 2001, oraz w czerwcu 2002 r. (132 mm). W sezonie w r. 2003 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): w sezonie 2001 – o 302°C , w sezonie 2002 – o 671°C , w sezonie 2003 – o 358°C . Nie zauważono jednakże, aby rozkład opadów i temperatur wpływał znacząco na różnicowanie faz rozwojowych ziemniaka.

W opracowaniu przedstawiono efekty technologiczne oraz ekonomiczne:

1. Plon ogólny i handlowy bulw – bulwy o frakcji powyżej 40 mm (t ha^{-1}). Wyniki opracowano statystycznie, stosując analizę wariancji. Wartość półprzebieżności ufności wyliczono testem Tukeya. Wyniki oceniano przy prawdopodobieństwie 95%.

2. Nadwyżkę bezpośrednią wyliczono jako różnicę pomiędzy wartością produkcji (średni plon handlowy z trzech lat) a kosztami bezpośrednimi [Klepacki i Gołębiowska 2002]. Do wyliczenia nakładów ekonomicznych wzięto koszty eksploatacji maszyn, podane przez Muzalewskiego [2003]. Ceny materiałów i środków produkcji pochodzą z Analiz Rynkowych, podanych przez IERiGŻ [Zalewski 2003]. Przyjęte koszty i ceny odnoszą się do I półrocza 2003 roku, do przeciętnych warunków występujących w gospodarstwach indywidualnych w Polsce.

3. Wskaźnik efektywności ekonomicznej wyrażony procentowo wyliczono jako iloraz wartości produkcji do wysokości nakładów.

WYNIKI

Najwyższy plon ogólny i handlowy bulw ziemniaka zapewniało stosowanie uprawy konserwującej z jesiennym (B) i letnim formowaniem redlin (A) – tab. 1. Podobne wyniki otrzymali Neubauer [1994] i Spiess i in. [1999]. Uprawa konserwująca redlinowa wiosenna spowodowała obniżenie plonu ogólnego i handlowego bulw przeciętnie o 3 i 7% w stosunku do uprawy A + B. Zbliżoną reakcję obserwowali Ekeberg i Riley [1996]. Nieco odmienne wyniki otrzymał natomiast Jabłoński i Bernat [2002]. Zastosowanie nawożenia siarką w formie siarczanu potasu w ilości 25 kg S ha^{-1} oraz siarki pierwiastkowej w ilości 50 kg ha^{-1} podwyższało plon ogólny i handlowy bulw ziemniaka przeciętnie

o 8 i 9% w stosunku do wariantu kontrolnego. Nie stwierdzono współdziałania pomiędzy uprawą roli a nawożeniem siarką. Korzystny wpływ nawożenia siarką (w formie pojedynczego superfosfatu, gipsu, pirytu, siarki pierwiastkowej) na plonowanie ziemniaka wykazało wielu autorów [Mondal i in. 1993; Singh, Srivastava 1993; Sarkar i in. 1994; Sud i in. 1996; Lalitha i in. 1997; El-Fayoumy, El-Gamal 1998]. Zalecane dawki siarki pierwiastkowej wynoszą od 36–40 kg ha⁻¹ [Sud i in. 1996] do 40–80 kg ha⁻¹ [Pickny, Grocholl 2002]. Jednakże Eppendorfer i Eggum [1994] wykazali obniżenie plonu bulw ziemniaka w wyniku stosowania siarki pierwiastkowej.

Tabela 1. Plon ogólny i handlowy bulw (t ha⁻¹)
Table 1. The biological and comercial yield of potato tubers (t ha⁻¹)

Dawka siarki Rate of sulphur	Plon ogólny bulw The total yield of potato tubers				Plon handlowy bulw The comercial yield of potato tubers			
	metoda uprawy roli method of soil tillage			średnio mean	metoda uprawy roli method of soil tillage			średnio mean
	A	B	C		A	B	C	
Kontrola Control	23,47	24,06	22,56	23,36	19,40	20,05	19,08	19,51
25 SO ₄ ²⁻	24,98	25,88	25,06	25,30	21,59	21,83	19,85	21,09
25 S	23,87	23,42	23,17	23,49	19,61	20,44	19,39	19,81
50 SO ₄ ²⁻	24,25	25,07	24,05	24,46	20,74	22,12	18,39	20,42
50 S	24,74	26,29	24,43	25,15	21,45	22,18	20,77	21,47
Średnio Mean	24,26	24,94	23,85	24,35	20,56	21,32	19,50	20,46
NIR LSD α=0,05	Między between uprawami (U) soil tillage (ST) 0,57; siarką (S) sulphur (S) 0,74; współdziałanie interaction U x S (ST x S) ni ns				Między between uprawami (U) - soil tillage (ST) 0,87; siarką (S) sulphur (S) 1,12; współdziałanie interaction U x S (ST x S) ni ns			

Objaśnienia Explanations: Konserwująca redlinowa uprawa roli Conservation method of ridge soil tillage: A - letnia summer, B - jesienna autumn, C - wiosenna spring
ni ns - różnica nieistotna not significant difference

Najwyższym kosztem produkcji ziemniaków cechowała się uprawa konserwująca z jesiennym formowaniem redlin (B) – 130,1 zł (tab. 2). Uprawa z letnim formowaniem redlin (A) zmniejszyła go o 15,9 zł, a uprawa z wiosennym formowaniem redlin (C) o 33,7 zł. Koszty uprawy roli w wymienionych technologiach stanowiły przeciętnie 2,4 %. Podobny sposób wyliczenia kosztów przyjmuje Chotkowski [2002], który twierdzi, że na ich zróżnicowanie w największym stopniu wpływa stosowana technologia uprawy. Nawożenie mineralne (NPK) wymagało 507,3 zł nakładów (około 10,6%), a wniesienie siarki w for

Tabela 2. Koszty i opłacalność uprawy 1 ha ziemniaka (zł ha⁻¹)
 Table 2. Costs and profitability in potato cultivation for an area of 1 ha (zł ha⁻¹)

Wyszczególnienie Specification	Konszerwująca redlinowa metoda uprawy roli – Conservation ridge methods of soil tillage														
	A*					B					C				
	0	25 SO ₄ ²⁻	25 S	50 SO ₄ ²⁻	50 S	0	25 SO ₄ ²⁻	25 S	50 SO ₄ ²⁻	50 S	0	25 SO ₄ ²⁻	25 S	50 SO ₄ ²⁻	50 S
Koszt uprawy Costs of tillage	114,2	114,2	114,2	114,2	114,2	130,1	130,1	130,1	130,1	130,1	96,4	96,4	96,4	96,4	96,4
Koszt nawożenia mineralnego Costs of mineral fertilization	507,3	574,7	507,3	688,6	507,3	507,3	574,7	507,3	688,6	507,3	507,3	574,7	507,3	688,6	507,3
Pozostałe koszty bezpośrednie Other direct costs**	4115,1	4115,1	4115,1	4115,1	4115,1	4115,1	4115,1	4115,1	4115,1	4115,1	4115,1	4115,1	4115,1	4115,1	4115,1
Razem koszty Total costs	4736,6	4804,0	4736,6	4917,9	4736,6	4756,5	4823,9	4756,5	4937,8	4756,5	4714,7	4782,1	4714,7	4896,0	4714,7
Wartość plonu handlowego Value of commercial yield	7760,0	8636,0	7844,0	8296,0	8580,0	8020,0	8732,0	8176,0	8848,0	8872,0	7632,0	7940,0	7756,0	7356,0	8308,0
Nadwyżka bezpośrednia Surplus	3023,4	3832,0	3107,4	3378,1	3823,5	3263,5	3908,1	3419,5	3910,2	4115,5	2917,3	3157,9	3041,3	2460,0	3593,3
Wskaźnik efektywności ekonomicznej Economic effectiveness indices	163,8	179,8	165,6	168,7	181,1	168,6	181,0	171,9	179,2	186,5	161,9	166,0	164,5	150,2	176,2
Koszt produkcji 1 tony bulw Production costs of 1 ton of tubers	244,1	222,5	241,5	237,1	220,8	237,2	221,0	232,7	223,2	214,4	247,1	240,9	243,1	266,2	227,0
Różnica w nadwyżce bezpośredniej w stosunku do wariantu A-0 Difference in surplus to variant A-0	odnie- szenie refe- rence	808,6	84,0	354,7	800,1	240,1	884,7	396,1	886,8	1092,1	-106,1	134,5	17,9	-563,4	569,9

Objaśnienia jak w tabeli 1 Explanations like in table 1*

Pozostałe koszty bezpośrednie Other direct costs**: Koszt nawożenia organicznego (słoma + mocznik) Costs of organic manure (straw + urea) (204,8 zł) +
 Koszt sadzenia i sadzenia Costs of seed potatoes and planting (2111,2 zł) + Koszt pielęgnacji i ochrony chemicznej Costs of chemical cultivation
 (497,5 zł) + Koszt zbioru Costs of harvesting (331,2 zł) + Koszt pracy ludzkiej Costs of human labour (970,4 zł)

mie siarczanu, w ilości 25 i 50 kg S ha⁻¹, zwiększyło nakłady do 574,7 zł (12,0%) i 688,6 zł (14,4%). Rembeza [2002] podaje, że do najważniejszych nakładów wpływających zarówno na plon, jak i opłacalność należą nawozy mineralne i środki ochrony roślin. Pozostałe koszty bezpośrednie stanowiły aż 86% (z tego sadzeniaki 40,7%).

Biorąc pod uwagę efekty ekonomiczne, należy podkreślić, że każda z zastosowanych technologii uprawy roli wykazywała się dodatnią nadwyżką bezpośrednią. Najwyższą nadwyżką bezpośrednią stwierdzono w przypadku uprawy konserwującej z jesiennym formowaniem redlin (B) połączonej z nawożeniem siarką (bez względu na formę) w ilości 50 kg S ha⁻¹ oraz siarką siarczanową w ilości 25 kg S ha⁻¹, a najniższą otrzymano w przypadku uprawy z wiosennym formowaniem redlin (C) połączonej z nawożeniem siarką w postaci K₂SO₄ w ilości 50 kg S ha⁻¹.

Najkorzystniejszy wskaźnik efektywności ekonomicznej i najniższy koszt produkcji 1 tony ziemniaków charakteryzował uprawę redlinową jesienną (B) i redlinową letnią (A) w połączeniu z nawożeniem siarką pierwiastkową w ilości 50 kg ha⁻¹ i siarką SO₄²⁻ w ilości 25 kg S ha⁻¹. Nieuzasadnione ekonomicznie jest natomiast łączenie uprawy redlinowej wiosennej (C) z nawożeniem siarką w postaci siarczanu potasu w ilości 50 kg S ha⁻¹ (najniższy wskaźnik efektywności ekonomicznej, najwyższy koszt produkcji 1 tony ziemniaków, najwyższa ujemna różnica w odniesieniu do obiektu kontrolnego).

Juszczuk i Klepacki [1996] podają, że stosowanie w międzyplonie gorczycy białej pod ziemniaki pozytywnie wpływa na efektywność produkcji. Rembeza [2002] podkreśla także istotne znaczenie wszelkich beznakładowych czynników, pozwalających zwiększyć opłacalność produkcji.

WNIOSKI

Badania przeprowadzone w warunkach klimatycznych Zamojszczyzny na glebie brunatnej wylugowanej wytworzonej z piasku gliniastego lekkiego pylastego pozwalają stwierdzić, że:

1. Najwyższy plon ogólny i handlowy bulw ziemniaka otrzymano w wyniku stosowania uprawy konserwującej z jesiennym i letnim formowaniem redlin oraz przy nawożeniu siarczanem potasu w ilości 25 kg S ha⁻¹ lub siarką pierwiastkową w ilości 50 kg S ha⁻¹.

2. Najbardziej ekonomicznie uzasadnione jest stosowanie uprawy zachowawczej z jesiennym i letnim formowaniem redlin w połączeniu z nawożeniem siarką pierwiastkową w ilości 50 kg S ha⁻¹ lub siarczanem potasu w ilości 25 kg S ha⁻¹.

PIŚMIENICTWO

- Chotkowski J. 2002. Kalkulacje kosztów produkcji ziemniaków skrobiowych. W: *Ekonomika i technologia produkcji ziemniaków skrobiowych*. Wieś Jutra. Warszawa, 47–53.
- Ekeberg E., Riley H. C. F. 1996. Effects of mouldboard ploughing and direct planting on yield and nutrient uptake of potatoes in Norway. *Soil Till. Res.* 39, 131–142.
- El-Fayoumy M.E., El-Gamal A.M. 1998. Effects of sulphur application rates on nutrients availability, uptake and potato quality and yield in calcaerous soil. *Egyptian J. Soil Sci.* 38, 1/4, 271–286.
- Eppendorfer W.H., Eggum B.O. 1994. Sulphur deficiency of potatoes as reflected in chemical composition and in some measures of nutritive value. *Norwegian J. Agric. Sci., Suppl.* 15, 127–134.
- Galiën M. 1966. Aardappelruggen maken in de herfst. *Meded. N.A.K.* 23, 4, 26–28.
- Haneklaus S., Bloem E, Schnug E. 2003. The global sulphur cycle and its links to plant environment. - In: *Sulphur in Plants* (Y.P. Abrol and A. Ahmad, eds), 1–28,. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Jabłoński K., Bernat E. 2002. Agrotechniczne efekty bezplużnej uprawy roli pod ziemniaki. *Pam. Puł.* 130/I, 301–308.
- Juszczyk S., Klepacki B. 1996. Czynniki różnicujące efektywność produkcji ziemniaków w gospodarstwach wyspecjalizowanych. *Roczn. Nauk Rol. Seria G*, 86, 4, 95–108.
- Klepacki B., Gołębiowska B. 2002. Opłacalność produkcji ziemniaków jadalnych. W: *Produkcja i rynek ziemniaków jadalnych*. Red. J. Chotkowski. Wieś Jutra. Warszawa, 40–48.
- Klikocka H. 2001. Pracochołność oraz efektywność energetyczna i ekonomiczna różnych systemów uprawy roli i pielęgnowania ziemniaków. *Annales UMCS, Sect. E*, 56, 141–157.
- Klikocka H., Spiess E. 2002. Przyjazne środowisku metody uprawy roli pod ziemniaki. *Pam. Puł.* 130/1, 347–355.
- Lalitha B.S., Sharanappa, Hunsigi G. 1997. Balance sheet of available potassium and sulphur as influenced by K and S application in seed tuber and true potato seed raised crop. *J. Ind. Potato Ass.* 24, 3/4, 171–173.
- Marckmann, P. 2000. Organic foods and allergies, cancers and other common diseases - present knowledge and future research. *Proc. 13th Int. IFOAM Sci. Conf.* 312.
- Mondal S.S., Chettri M., Sarkar S., Mondal T.K. 1993. Integrated nutrient management with sulphur bearing fertilizer, FYM and crop residues in relation to growth and yield of potato. *J. Ind. Potato Ass.* 20, 2, 139–143.
- Muzalewski A. 2003. Koszty eksploatacji maszyn. *IBMER, Warszawa*, 18, 23–39.
- Neubauer W. 1994. Stark reduzierte Bodenbearbeitung zu Kartoffeln – eine Alternative. *Kartoffelbau.* 45, 2, 44–47.
- Ostrowska A., Gawlinski S., Szczubiałka Z. 1991. Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. *Katalog. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa*.
- Pavlista A.D. 1995. Kontrolle des Kartoffelschorfes mit Schwefel und Ammoniumsulfat. *Kartoffelbau.* 46, 154–157.
- Pickny J., Grocholl J. 2002. Kartoffelschorf-Lässt sich der Befall durch eine Schwefeldüngung vermindern? *Kartoffelbau.* 3, 53, 76–78.
- Rembeza J. 2002. Czynniki kształtujące opłacalność produkcji ziemniaków skrobiowych. W: *Ekonomika i technologia produkcji ziemniaków skrobiowych*. Red. J. Chotkowski. Wieś Jutra. Warszawa, 54–60.

- Sarkar S., Mondal S.S., Maiti P.K., Chatterjee B.N. 1994. Sulphur nutrition of crops with and without organic manures under intensive cropping. *Ind. J. Agric. Sci.* 64, 2, 88–92.
- Singh J.P., Srivastava O.P. 1993. Irrigation water as a source of sulphur and its critical concentration for potato (*Solanum tuberosum*) crop. *Ind. J. Agric. Sci.* 63, 4, 237–239.
- Spiess E., Ammann H., Bohren Ch., Dubois D., Zihlmann U. 1999. Umweltrelevante Anbausysteme für Kartoffeln. *FAT Berichte* 540, 1–12.
- Sud K.C., Sharma R.C., Verma B.C. 1996. Evaluation of levels and sources of sulphur on potato nutrition in Shimla hills. *J. Ind. Potato Ass.* 23, 3/4, 134–138.
- Zalewski A. (red). 2003. Rynek środków produkcji i usług dla rolnictwa. IERiGŻ, ARR, Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 24, 10–37.

