



najczęściej wyrażana jest przyrostem plonu użytecznego i zależy od wielu czynników, m.in. od dawki, terminu i sposobu aplikacji nawozu, wilgotności oraz pH gleby. Lis i Wierzejska-Bujakowska [2000] wykazały, że aż 35–80% azotu zastosowanego w nawozach mineralnych nie było pobrane i wykorzystane przez rośliny ziemniaka. Tak niski poziom wykorzystania azotu pociąga za sobą skutki ekonomiczne i ekologiczne. Jak podaje Jabłoński [2001], największe wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych uzyskuje się przy nawożeniu dolistnym (95%) a najniższe przy tradycyjnym nawożeniu rzutowym (40–65%). Większe wykorzystanie składników z nawozów mineralnych dzięki zastosowaniu precyzyjnego rzędowego wysiewu bezpośrednio do redlin, wynoszące do 85%, pozwala na zmniejszenie optymalnej dawki azotu bez spadku plonu jak również pogorszenia jakości bulw [Jabłoński 1993; Wojnowska i in. 1998; Gronowicz 1999; Vildflush, Tsyganov 1999; Trawczyński 2001]. W badaniach naukowych zdecydowanie więcej prac dotyczy rzędowego stosowania nawozów mineralnych w uprawie ziemniaka, niewielu natomiast autorów podejmuje problem możliwości łatwego aplikowania nawozów organicznych w rzędy równocześnie z sadzeniem. Presja ekonomiczna i podejście ekologiczne, zdaniem Marksa [2000], wymusza racjonalizację sposobu i techniki nawożenia, czego konsekwencją jest poszukiwanie nowych proekologicznych i energooszczędnych technologii w uprawie ziemniaka jadalnego w myśl zasady „tak dużo jak to konieczne, tak mało jak to możliwe” [Sołtysiak 1993].

W związku z tym podjęto próbę oceny efektywności nawożenia zastosowanego w różnej postaci, opierając się na pobraniu azotu, efektywności rolniczej i fizjologicznej nawożenia, a także wykorzystaniu azotu.

#### METODY

Badania przeprowadzono w latach 2000–2002 w Stacji Doświadczalnej Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin w Prusach k. Krakowa. Doświadczenie polowe zlokalizowano na czarnoziemie zdegradowanym wytworzonym z lessu, zaliczanym do kompleksu pszennego bardzo dobrego, I klasy bonitacyjnej. Gleba ta cechowała się następującymi właściwościami chemicznymi warstwy ornej: zawartość azotu 0,13–0,14%, zasobność w przyswajalny fosfor 138–184 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> w 1 kg, zasobność w przyswajalny potas 129–162 mg K<sub>2</sub>O w 1 kg, zawartość substancji organicznej 1,36–1,67%, odczyn lekko kwaśny (pH<sub>(KCl)</sub> 5,8–6,4). Doświadczenie dwuczynnikowe założono w układzie pasów prostopadłych (split-block) w czterech replikacjach. Wielkość poletka do zbioru wynosiła 24 m<sup>2</sup>. Oceniano reakcję dwóch średniowczesnych odmian ziemniaka jadalnego na zróżnicowane nawożenie. Badanymi odmianami były Baszta i Irga.

Tabela 1. Plon i zawartość makroelementów w przyorywanej masie gorczycy białej  
Table 1. Yield and content of macroelements in ploughed biomass of white mustard

Rok Year	Wyszczególnienie Measure		Zawartość makroelementów w świeżej masie, % Content of macroelements in fresh matter, %		
	plon yield t ha <sup>-1</sup>	zawartość s.m., % content of d.m., %	N	P	K
1999	26,5	16,1	0,42	0,06	0,52
2000	40,8	15,7	0,40	0,06	0,46
2001	42,3	15,6	0,35	0,05	0,44

Tabela 2. Charakterystyka warunków klimatycznych w latach 2000–2002 (miesiące IV–IX)  
Table 2. Characteristic of climatic conditions in the years 2000–2002 (months IV–IX)

Rok Year	Miesiąc Month						Średnio Mean
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Temperatura Temperature, °C							
2000	11,8	16,0	17	16,6	19,0	12,0	15,4
2001	9,3	16,0	16,1	21,1	20,8	12,2	15,9
2002	10,4	18,4	18,7	21,3	21,6	14,0	17,4
1993–2002	9,1	14,7	17,3	19,1	18,7	13,3	15,4
Opady Rainfalls, mm							
							Suma Sum
2000	42,9	62,9	70,3	217,4	41,3	35,0	469,8
2001	145,7	72,9	86,3	141,6	77,2	113,0	636,7
2002	85,2	49,3	102,1	42,9	62,7	50,7	392,9
1993–2002	68,2	63,8	94,1	96,9	57,8	71,2	452,0

W badaniach oceniano następujące rodzaje nawożenia: kontrola – bez nawożenia, międzyplon ścierniskowy gorczyca biała (*Sinapis alba*) przyorywana w całości jesienią (plon i zawartość makroelementów przedstawiono w tabeli 1), wermikompost wytworzony na bazie obornika bydlęcego przetworzonego przez dżdżownicę kalifornijską (*Eisenia fetida*), stosowany rzędowo równocześnie z sadzeniem w ilości 8000 l ha<sup>-1</sup> (o następujących właściwościach średnio: gęstość 620 g dm<sup>-3</sup>, zawartość w świeżej masie: N – 0,62%, P – 0,24%, K – 0,31%), nawóz organiczny Polli-Pam, wytworzony na bazie pomiotu kurzego fermentowanego i granulowanego stosowany w ilości 2000 l ha<sup>-1</sup> (o następujących właściwościach średnio: gęstość 885 g dm<sup>-3</sup>, zawartość w świeżej masie: N – 3,40%, P – 2,17%, K – 2,49%), aplikowany rzędowo równocześnie z sadzeniem, nawożenie mineralne stosowane przed sadzeniem w ilości 90 kg N ha<sup>-1</sup> (w postaci mocznika), 90 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (w postaci superfosfatu), 135 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (w postaci siarczanu potasu).

Rozkład temperatur i opadów w poszczególnych okresach prowadzenia badań był zróżnicowany (tab. 2). W roku 2000 w lipcu wystąpiły niesprzyjające

dla rozwoju ziemniaka warunki meteorologiczne związane z nadmierną ilością opadów (217 mm) i stosunkowo niską temperaturą powietrza. Nadmierna ilość opadów w kwietniu 2001 r. uniemożliwiła terminowe wykonanie sadzenia ziemniaka, a suma opadów w sześciu analizowanych miesiącach tego roku była wyższa o 185 mm od przeciętnej ilości opadów w latach 1993–2002. Średnia temperatura powietrza w całym okresie wegetacji ziemniaka w roku 2002 była wyższa średnio o 2°C, a suma opadów niższa od przeciętnej o blisko 60 mm.

Przedplonem dla ziemniaka w poszczególnych latach uprawy była pszenica ozima. Międzyplon – gorczycę białą wysiewano w ilości 20 kg ha<sup>-1</sup> w I dekadzie sierpnia. Zieloną masę roślin poplonowych rozdrabniano broną talerzową, a następnie przyorywano. Przed zbiorem pobierano rośliny (w całości, łącznie z korzeniami) w celu określenia wielkości przyorywanej masy oraz zawartości składników pokarmowych.

W latach 2000 i 2002 bulwy ziemniaka wysadzano w II dekadzie kwietnia, natomiast w roku 2001 dopiero 30 kwietnia. Bulwy sadzono w rozstawie 75 × 25,5 cm sadzarką S 222 z nadbudowanym siewnikiem do nawozów sypkich. Nawozy organiczne: Polli-Pam i wermikompost aplikowano rzędowo równocześnie z sadzeniem, natomiast nawozy mineralne stosowano rzutowo. Chwasty w uprawie ziemniaka zwalczano metodą mechaniczno-chemiczną, obejmującą dwukrotne obsypywanie oraz mieszankę herbicydów: Sencor 70 WG – 0,3 kg ha<sup>-1</sup> + Titus 25 WG – 40 g ha<sup>-1</sup> + Trend 90 EC – 0,1%. Stonkę ziemniaczaną zwalczano środkiem Regent 200 SC w dawce 0,1 l ha<sup>-1</sup>. Przeciwno zarazie ziemniaka zastosowano Curzate M 72,5 WP – 2,0 kg ha<sup>-1</sup>, Tattoo 750 SC – 1,5 l ha<sup>-1</sup> i Dithane 75 WG – 2 kg ha<sup>-1</sup>.

Oceniane wskaźniki efektywności nawożenia obliczono według wzorów [Jankowiak 1991]:  $E_R = (Y_N - Y_0) \text{ kg N}^{-1}$ ,  $E_F = (Y_N - Y_0) (P_N - P_0)^{-1}$ ,  $W_N = E_R E_F^{-1} 100$ , gdzie:  $E_R$  = efektywność rolnicza,  $E_F$  = efektywność fizjologiczna,  $Y_N$  = plon w obiekcie z danym nawozem,  $Y_0$  = plon w obiekcie kontrolnym,  $N$  – ilość zastosowanego azotu w danym nawozie,  $P_N$  = pobranie azotu w obiekcie  $Y_N$ ,  $P_0$  = pobranie azotu w obiekcie  $Y_0$ ,  $W_N$  = wykorzystanie azotu.

Zawartość azotu ogólnego oznaczono metodą Kjeldahla. Wyniki badań opracowano statystycznie, wykonując analizę wariancji według modelu stałego i uwzględniając lata jako dodatkowy czynnik doświadczalny [Trętowski, Wójcik 1991]. Istotność różnic weryfikowano testem Tukeya na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

## WYNIKI

Pobranie azotu i efektywność rolnicza nawożenia uzależnione były istotnie od odmiany, rodzaju zastosowanego nawożenia oraz przebiegu pogody w latach

badan. Rośliny ziemniaka odmiany Baszta pobierały z plonem bulw średnio o 11 kg azotu z ha więcej niż rośliny odmiany Irga (tab. 3). Indywidualną reakcją odmian ziemniaka pod względem wielkości pobrania azotu w obrębie tej samej klasy wczesności, a także odmian o zróżnicowanej długości okresu wegetacji wykazały w badaniach również Lis i Wierzejska-Bujakowska [2000].

Tabela 3. Pobranie azotu z plonem bulw, kg ha<sup>-1</sup>  
Table 3. Uptake of nitrogen with yield of tubers, kg ha<sup>-1</sup>

Nawożenie Fertilization	Odmiana Cultivar		Rok Year			Średnio Mean
	Irga	Baszta	2000	2001	2002	
Kontrola Control	66,6	70,3	64,5	62,9	78,1	68,5
Międzyplon Catch crop	86,0	90,9	66,0	73,9	125,4	88,4
Wermikompost Vermicompost	93,7	102,5	87,5	79,2	127,7	98,1
Polli-Pam	96,3	111,9	95,4	87,1	129,8	104,1
Mineralne NPK Mineral NPK	124,0	147,3	135,1	111,1	160,8	135,7
Średnio Mean	93,3	104,6	89,7	82,8	124,4	
NIR LSD <sub>p=0,05</sub>	4,50		7,63			6,31

NIR LSD<sub>p=0,05</sub> we współdziałaniu – in interaction: lata × rodzaje nawożenia – years × kind of fertilization 10,92; odmiany × rodzaje nawożenia – cultivars × kind of fertilization 10,29

Największą ilość azotu – 136 kg (blisko dwukrotnie więcej niż w obiekcie kontrolnym) pobrały rośliny z plonem bulw w obiekcie nawożonym mineralnie. Ilość azotu pobranego z plonem bulw w obiektach nawożonych organicznie wahała się średnio od 88 kg w przypadku nawożenia międzyplonem do 104 kg w obiekcie, w którym stosowano nawóz Polli-Pam.

Zapotrzebowanie na składniki mineralne uzależnione jest od tempa rozwoju roślin ziemniaka. W optymalnym terminie sadzenia odmiany średnio wczesne pobierają w czerwcu około 60% niezbędnego azotu [Kleinkopf i in. 1981; Jabłoński 1997]. W przeprowadzonych badaniach najwięcej azotu pobrały rośliny w roku 2002, cieplejszym od przeciętnego, o umiarkowanej ilości opadów w całym okresie wegetacji, ale największej sumie opadów w czerwcu. Istotnie mniej tego składnika pobrały rośliny ziemniaka w pozostałych latach (2000 i 2001), o mniej korzystnym układzie warunków pogodowych (tj. mniejszej ilości opadów w czerwcu, a nadmiernej w lipcu).

Efektywność rolnicza – agrotechniczna, wyrażona przyrostem plonu bulw na jednostkę azotu zastosowanego w różnej postaci, wahała się w szerokich granicach od 42 kg w przypadku stosowania międzyplonu do 287 kg bulw w obiekcie nawożonym wermikompostem (tab. 4). Tak wysoka efektywność wermikompostu wynika z jednej strony z małej dawki azotu wnoszonego do gleby, a z drugiej

Tabela 4. Efektywność rolnicza, kg bulw kg N<sup>-1</sup>  
 Table 4. Agronomical efficiency, kg tubers kg N<sup>-1</sup>

Nawożenie Fertilization	Odmiana Cultivar		Rok Year			Średnio Mean
	Irga	Baszta	2000	2001	2002	
Międzyplon Catch crop	42,6	41,3	2,3	23,1	100,4	41,9
Wermikompost Vermicompost	257,2	317,1	236,7	167,0	457,7	287,1
Polli-Pam	170,8	228,1	162,0	145,5	290,8	199,4
Mineralne NPK Mineral NPK	189,2	241,1	226,6	159,2	259,7	215,2
Średnio Mean	164,9	206,9	156,9	123,7	277,2	
NIR LSD <sub>p=0,05</sub>	37,39		54,07			27,67

NIR LSD<sub>p=0,05</sub> we współdziałaniu – in interaction: lata × rodzaje nawożenia – years × kind of fertilization 60,13; odmiany × rodzaje nawożenia – cultivars × kind of fertilization ni ns

Tabela 5. Efektywność fizjologiczna, kg bulw kg N<sup>-1</sup>  
 Table 5. Physiological efficiency, kg tubers kg N<sup>-1</sup>

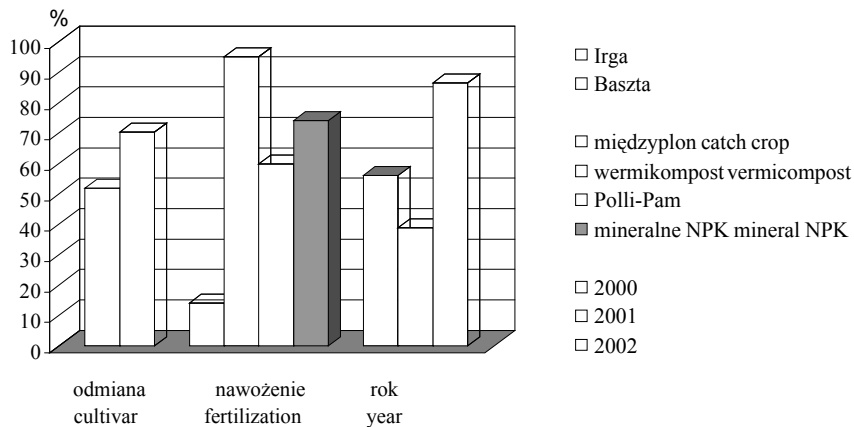
Nawożenie Fertilization	Odmiana Cultivar		Rok Year			Średnio Mean
	Irga	Baszta	2000	2001	2002	
Międzyplon Catch crop	337,9	260,1	238,8	326,5	331,8	299,0
Wermikompost Vermicompost	294,1	309,3	293,8	279,4	331,9	301,7
Polli-Pam	341,1	325,2	296,3	370,9	332,2	333,1
Mineralne NPK Mineral NPK	299,9	280,5	288,6	297,6	284,4	290,2
Średnio Mean	318,3	293,8	279,4	318,6	320,1	
NIR LSD <sub>p=0,05</sub>	14,85		ni ns			35,08

NIR LSD<sub>p=0,05</sub> we współdziałaniu – in interaction: lata × rodzaje nawożenia – years × kind of fertilization 67,94; odmiany × rodzaje nawożenia – cultivars × kind of fertilization ni ns

strony ze sposobu aplikacji – rzędowo w pobliżu systemu korzeniowego. Jak podaje Wierzejska-Bujakowska [1996], efektywność nawożenia azotem jest większa przy mniejszych dawkach tego składnika niż przy większych. Trawczyński [2001] w badaniach nad wpływem rzutowego i rzędowego nawożenia mocznikiem na wysokość plonu i niektóre cechy jakości bulw wykazał, że dawka azotu 30 kg na 1 ha, wprowadzonego rzędowo równoważy plon bulw, uzyskany przy nawożeniu azotem całopowierzchniowo w ilości 60 kg na 1 ha. Z kolei Jabłoński [1993], stosując rzędowo azot w dawce 60 kg na 1 ha, uzyskał plony odpowiadające nawożeniu w ilości 130 kg na 1 ha azotu zastosowanego rzutowo.

W okresie badań najwyższą efektywność rolniczą nawożenia, średnio 277 kg bulw, stwierdzono w sprzyjającym plonowaniu roku 2002, a najniższą, 124 kg bulw, w roku 2001, o największej ilości opadów.

Rośliny ziemniaka odmiany Baszta wykazywały średnio o 25% większą efektywność rolniczą zastosowanego azotu niż rośliny odmiany Irga, w której przypadku stwierdzono z kolei wyższą efektywność fizjologiczną nawożenia (tab. 5). Wskaźnik ten, oceniany jako przyrost plonu bulw na 1 kg azotu pobranego przez roślinę, jest miarą zdolności rośliny do przetwarzania azotu na plon użytkowy. Świadczy on o intensywności procesów gospodarowania tym składnikiem. Efektywność fizjologiczna w przeciwieństwie do rolniczej obejmuje azot pochodzący z zastosowanego nawozu jak również pobrany z rezerw glebowych. W przeprowadzonych badaniach największą efektywność fizjologiczną (333 kg bulw na 1 kg azotu pobranego przez rośliny) stwierdzono w przypadku nawozu Polli-Pam, a najniższą (290 kg bulw) w obiekcie, w którym rośliny pobrały największą ilość azotu, a więc w przypadku nawożenia mineralnego NPK.



Rycina 1. Względne wykorzystanie azotu  
Figure 1. Relative utilization of nitrogen

Rośliny ziemniaka odmiany Baszta wykorzystywały azot z zastosowanych nawozów lepiej o ok. 20% niż rośliny odmiany Irga (ryc. 1). Względne wykorzystanie azotu z zastosowanych nawozów kształtowało się w szerokich granicach od 14% w przypadku nawożenia międzyplonem do 95% w obiekcie nawożonym wermikompostem. Wysoki stopień wykorzystania azotu z wermikompostu, a także nawozu organicznego Polli-Pam wynika z jednej strony ze sposobu aplikacji i małej ilości wprowadzonego do gleby azotu, a z drugiej strony z faktu, iż w nawozach tych występują w bardzo dużych ilościach bakterie, promieniowce oraz grzyby, które zwiększają aktywność biologiczną gleby, a także posiadają zdolność uruchamiania niedostępnych dla roślin składników pokar-

mowych. Kostecka i Kołodziej [1995] w badaniach nad wartością wermikompostu produkowanego przez dżdżownicę kompostową *Eisenia fetida* (Sav.) stwierdzili w wermikompoście bardzo duże ilości bakterii proteolitycznych i amonifikatorów jak również asymilatorów wolnego azotu z rodzaju *Azotobacter* i *Clostridium*.

W trzyletnim okresie badań najwyższe względne wykorzystanie azotu zastosowanego w różnej postaci stwierdzono w roku 2002, średnio 86%, a najniższe w roku 2001 – niespełna 40%. Wysoki stopień wykorzystania tego składnika nawozowego w roku 2002 wynika z korzystnego dla wzrostu i rozwoju roślin układu warunków pogodowych, sprzyjających również szybszej mineralizacji zastosowanych nawozów organicznych, co zapewniało większą dostępność składników pokarmowych. Istotny wpływ warunków pogodowych na stopień wykorzystania azotu wykazały również badania Lis i Wierzejskiej-Bujakowskiej [2000].

#### WNIOSKI

1. Rośliny ziemniaka odmiany Baszta pobierały więcej azotu z plonem bulw i lepiej wykorzystywały ten składnik z zastosowanych nawozów. Rośliny odmiany Irga odznaczały się z kolei większą zdolnością do przetwarzania pobranego azotu na plon użytkowy (efektywność fizjologiczna).

2. Stwierdzono wysokie wykorzystanie azotu oraz efektywność nawożenia przetworzonych nawozów organicznych w postaci wermikompostu i nawozu Polli-Pam wyrażoną zarówno przyrostem plonu bulw na kg azotu zastosowanego, jak również pobranego przez rośliny.

3. W latach o większej ilości opadów atmosferycznych w okresie wegetacji ziemniaka obserwowano mniejsze pobranie azotu, niższą efektywność nawożenia oraz wykorzystanie tego składnika niż w roku o umiarkowanej ilości opadów i wyższej średniej temperaturze powietrza.

#### PIŚMIENNICTWO

- Gronowicz Z. 1999. Struktura plonu bulw trzech odmian ziemniaka nawożonych rzędowo i cało-powierzchniowo zróżnicowanymi dawkami Polifoski. Mat. Konf. „Ziemniak jadalny i dla przetwórstwa spożywczego – czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość”, Jadwisin 23–25 luty, 148–149.
- Jabłoński K. 1993. Nawożenie ziemniaków. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa, s. 49.
- Jabłoński K. 1997. Ogólne zasady uprawy ziemniaków. W: Produkcja ziemniaków. Technologia – Ekonomia – Marketing. Chotkowski J. (red), Bonin, 8–43.



- Jabłoński K. 2001. Nawożenie mineralne nowych odmian jadalnych ziemniaka na glebach zwężonych. Ziemn. Pol. 1, 4–8.
- Jankowiak J. 1991. Efektywność produkcyjna i ekonomiczna oraz optymalizacja nawożenia azotem pszenicy ozimej i ziemniaka w zależności od deszczowania. IUNG Puławy, Rozprawy, 282.
- Kleinkopf G.E., Westermann D.T., Dwelle R.B. 1981. Dry matter production and nitrogen utilization by six potato cultivars. Agron. J. 73, 799–802.
- Kostecka J., Kołodziej M. 1995. Niektóre cechy wermikompostu produkowanego przez dżdżownicę kompostową *Eisenia fetida* (Sav.). Post. Nauk Rol. 2, 37–47.
- Lis B., Wierzejska-Bujakowska A. 2000. Wykorzystanie azotu przez jadalne odmiany ziemniaka a ich plonowanie. Biul. IHAR 213, 87–98.
- Marks N. 2000. Technika i efekty proekologicznego nawożenia ziemniaków. Wieś Jutra 3, 23–25.
- Sołtysiak U. 1993. Rolnictwo ekologiczne. Od teorii do praktyki. Wyd. Stowarzyszenie Ekoland, s. 255.
- Trawczyński C. 2001. Wpływ rzutowego i rzędowego nawożenia mocznikiem na wysokość plonu i niektóre cechy jakości bulw ziemniaka. Biul. IHAR 220, 221–226.
- Trętowski J., Wójcik A.R. 1991. Metodyka doświadczeń rolniczych. WSRP Siedlce, s. 538.
- Vildfluh I., Tsyganov A. 1999. Band and broadcast application of mineral fertilizers and their influence on soil fertility and productivity of crops in the long-term experiments. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 465, 233–240.
- Wierzejska-Bujakowska A. 1996. Potrzeby nawozowe wczesnych odmian ziemniaka w stosunku do azotu. Biul. Inst. Ziemn. 47, 91–98.
- Wojnowska T., Mozolewski W., Gronowicz Z. 1998. Wpływ techniki nawożenia na plonowanie i jakość ziemniaka spożywczego. Roczn. AR Poznań 307, Rol. 52, 199–204.

