

CEZARY TRAWCZYŃSKI

Zakład Agronomii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział Jadwisin

Wykorzystanie azotu z nawozów przez odmiany ziemniaka o zróżnicowanych wymaganiach w stosunku do tego składnika

Nitrogen utilization from fertilizers by potato cultivars with differentiated requirements in relation to this component

Celem badań polowych przeprowadzonych w latach 2007–2009 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie było określenie wykorzystania azotu z nawozów mineralnych przez bulwy odmian ziemniaka o małych (odmiana Asterix), średnich (odmiana Wiking) i dużych (odmiana Maryna) wymaganiach w stosunku do tego składnika. Badania przeprowadzono na glebie lekkiej, nawożonej organicznie słomą i międzyplonem gorczycy białej. W doświadczeniach stosowano 5 poziomów nawożenia azotem: 0, 50, 100, 150 i 200 kg N·ha⁻¹ oraz stały poziom fosforu 52,3 kg P·ha⁻¹ i potasu 149,4 kg K·ha⁻¹. Wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych zależało od poziomu nawożenia tym składnikiem i warunków klimatycznych okresu wegetacji. Wykorzystanie azotu malało od około 53 do 31% wraz ze wzrostem dawki N od 50 do 200 kg N·ha⁻¹. Wyższe wykorzystanie azotu stwierdzono w latach sprzyjających kumulacji plonu bulw oraz u odmiany o dużych wymaganiach w porównaniu do odmiany o małych wymaganiach w odniesieniu do azotu.

Słowa kluczowe: dawki azotu, odmiany ziemniaka, plon bulw, wykorzystanie azotu

The aim of the field experiment conducted in the years 2007–2009 at the Plant Breeding and Acclimatization Institute, Department in Jadwisin, was to assess the nitrogen utilization from mineral fertilizers by tubers of potato cultivars showing low (cv. Asterix), medium (cv. Wiking) and high (cv. Maryna) requirements in relation to this component. The investigations were carried out on light soil fertilized organically with straw and after crop of white mustard. Five levels of nitrogen fertilization were applied: 0, 50, 100, 150 and 200 kg N·ha⁻¹ with stable phosphorus and potassium levels of 52.3 kg·ha⁻¹ and 149.4 kg·ha⁻¹, respectively. Nitrogen uptake by potato plants from mineral fertilizers greatly depended on the level of nitrogen fertilization and weather conditions in the vegetation periods. It decreased from about 53% to 31% with increasing N rates from 50 to 200 kg·ha⁻¹. Better nitrogen utilization by the potato cultivars was observed in the years with favourable conditions for tuber yield cumulation. The cultivar showing high requirements for nitrogen fertilization was characterized by the better utilization of this component as compared to the cultivar with low requirements.

Key words: nitrogen doses, nitrogen utilization, potato cultivars, tuber yield

WSTĘP

Nawożenie azotem jest jednym z elementów agrotechniki mającym podstawowe znaczenie w kształtowaniu plonu ziemniaka (Jabłoński, 1996; Chotkowski, 1997). Rośliny ziemniaka reagują zwyżkami plonu bulw pod wpływem wysokich dawek azotu (Trawczyński, 2008), lecz wraz ze wzrostem dawek azotu zmniejsza się wykorzystanie tego składnika z zastosowanych nawozów, co w znacznym stopniu kształtować mogą również warunki klimatyczne okresu wegetacji (Lis, Wierzejska-Bujakowska 2000; Lis i in. 2002). Dotychczas przeprowadzone badania wskazują, że zapotrzebowanie na azot należy rozpatrywać w odniesieniu do odmian ziemniaka, gdyż odznaczają się one dużym zróżnicowaniem wzrostu plonu pod wpływem nawożenia azotem (Kaczorek, Wierzejska-Bujakowska, 1988; Wierzejska-Bujakowska, 1994; Jabłoński, 2004; Trawczyński, 2007). Wieloletnie doświadczenia z wpływem zróżnicowanego poziomu nawożenia azotem na wielkość plonu bulw odmian ziemniaka umożliwiły ustalenie maksymalnych dawek tego składnika z podziałem na 3 grupy: o małych, średnich i dużych wymaganiach (Wierzejska-Bujakowska, 1996; Trawczyński, 2004). Celem przeprowadzonych badań było określenie wykorzystania azotu z nawozów mineralnych przez bulwy odmian ziemniaka o ustalonych wymaganiach w stosunku do tego składnika w zależności od nawożenia azotem i warunków klimatycznych w okresie wegetacji.

MATERIAŁ I METODY

W ścisłych doświadczeniach polowych przeprowadzonych w Zakładzie Agronomii Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Jadwisinie, na podstawie plonu bulw i zawartości azotu ogólnego w bulwach określono pobranie, a następnie wykorzystanie azotu z zastosowanych nawozów w odniesieniu do trzech odmian ziemniaka o różnych wymaganiach pod względem zapotrzebowania na ten składnik. Doświadczenia zakładano w układzie losowanych bloków w 3 powtórzeniach. Wielkość pojedynczego poletka wynosiła 14,85 m². Czynnikiem 1-rzędu stanowiły dawki azotu (0, 50, 100, 150, 200 kg·ha⁻¹), czynnikiem 2-rzędu były średnio wczesne odmiany jadalne (Asterix, Wiking, Maryna o odpowiednio małych, średnich i dużych wymaganiach odnośnie do maksymalnej dawki azotu), a czynnik 3-rzędu stanowiły lata badań (2007, 2008, 2009). Wielkości maksymalnych dawek azotu dla odmian określono we wcześniejszych doświadczeniach na podstawie parametrów funkcji kwadratowej z zależności pomiędzy wielkością plonu bulw a wzrastającą dawką azotu. Na podstawie wyliczonych wielkości maksymalnych dawek azotu zakwalifikowano te odmiany do 3 różnych grup: o małych (poniżej 145), średnich (145–177) i dużych wymaganiach nawozowych (powyżej 177 kg·ha⁻¹N) (Wierzejska-Bujakowska, 1994 i 1996; Trawczyński, 2004).

Badania przeprowadzono na glebie lekkiej, o składzie mechanicznym piasku gliniastego lekkiego. Gleba w poszczególnych latach badań wykazywała kwaśny odczyn, wysoką do bardzo wysokiej zasobność w przyswajalny fosfor, średnią do bardzo wysokiej zawartość magnezu oraz średnią zawartość potasu (tab. 1). Warunki klimatyczne okresów wegetacji oceniono na podstawie ilości opadów i temperatur powietrza (tab. 2). W roku

2007 niedobór opadów stwierdzono w kwietniu, czyli na początku okresu wegetacji i w okresie kumulacji plonu bulw, w lipcu. Ponadto rok 2007 był chłodny, gdyż w głównych miesiącach wegetacji temperatury były niższe w stosunku do wieloletnich. W roku 2008 niedoborem opadów charakteryzował się czerwiec, czyli okres zawiązywania się bulw, natomiast w okresie kumulacji plonu bulw (lipiec, sierpień 2008) zanotowano więcej opadów niż w tym czasie w 2007 roku. Ponadto w 2008 roku temperatury były wyraźnie wyższe niż w 2007 roku. W roku 2009 niedobór opadów wystąpił głównie w kwietniu i wrześniu, co nie miało negatywnego wpływu na tuberyzację i kumulację plonu bulw. Poza tym, w 2009 roku, z wyjątkiem maja i sierpnia temperatury były wyższe od średniej z wielolecia. Przebieg pogody w latach 2008 i 2009 był korzystniejszy do rozwoju roślin ziemniaka i kumulacji plonu bulw, niż 2007 rok.

Tabela 1

Zawartość P, K, Mg oraz pH gleby w latach 2007-2009
Soil content of P, K, Mg and pH in the years 2007-2009

Rok Year	pH w KCl KCl pH	Zawartość w glebie — Content in soil		
		P	K	Mg
2007	4,6	10,6	8,7	3,9
2008	5,6	9,8	12,4	8,5
2009	4,8	8,6	12,0	5,5

Tabela 2

Rozkład opadów w okresie wegetacji oraz średnie temperatury powietrza
Rainfall distribution during vegetation period and average air temperatures

Rok — Year Miesiąc — Month	Opady atmosferyczne (mm) Rainfalls			Temperatura powietrza (°C) Air temperature		
	suma z miesiąca sum for month	średnia wielolecia multiyear mean	odchylenie deviation	średnia miesięczna mean for month	średnia wielolecia multiyear mean	odchylenie deviation
2007						
IV	16,3	39	-22,7	7,8	7,7	0,1
V	78,4	52	26,4	13,1	13,6	-0,5
VI	109,6	77	32,6	15,7	16,5	-0,8
VII	54,1	73	-18,9	17,6	18,4	-0,8
VIII	74,3	62	12,3	17,8	17,8	0,0
IX	103,7	51	52,7	10,8	13,1	-2,3
2008						
IV	29,3	38	-8,7	7,4	7,7	-0,3
V	62,9	52	10,9	13,6	13,6	0,0
VI	43,5	77	-33,5	17,1	16,5	0,6
VII	68,8	73	-4,2	18,1	18,4	-0,3
VIII	80,9	62	18,9	17,6	17,7	-0,1
IX	48,8	51	-2,2	11,6	13,1	-1,5
2009						
IV	0,0	36	-36,0	9,7	7,8	1,9
V	80,8	53	27,8	12,3	13,6	-1,3
VI	72,4	76	-3,6	17,3	16,5	0,9
VII	85,6	73	12,6	21,3	18,5	2,9
VIII	83,1	58	25,1	17,3	17,8	-0,5
IX	18,8	49	-30,2	14,2	13,1	1,1

Nawożenie organiczne stanowiła słoma (z dodatkiem N) przyorywana podorywką oraz poplon ścierniskowy z gorczycy białej przyorywany jesienią orką przedzimową. Nawożenie mineralne fosforem stosowano w dawce $52,3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ P, a potasem w dawce $149,4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ K. Jesienią pod orkę przedzimową wysiewano $39,2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ P i $99,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ K, a wiosną przed sadzeniem uzupełniające dawki fosforu i potasu, tj. $13,1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ P i $49,8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ K. Azot w dawkach 50 i $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ wysiewano bezpośrednio przed sadzeniem bulw. Na poletkach nawożonych dawką 150 i $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ N uzupełniono nawożenie wysiewając 50 i $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ przed wschodami ziemniaków.

Ziemniaki sadzono ręcznie w III dekadzie kwietnia w rozstawie $75 \times 33 \text{ cm}$, a zbierano w II i III dekadzie września (2007, 2009 rok) oraz I dekadzie października (2008 rok). Podczas zbioru określono poziom plonu świeżej masy bulw oraz pobierano 5-kilogramowe próby z każdego poletka. W próbach tych oznaczono między innymi zawartość suchej masy (105°C) oraz azotu ogólnego metodą Kjeldahla z wykorzystaniem automatycznego destylatora Kjeltec 2200 firmy Foss.

Wykorzystanie azotu z zastosowanych nawozów mineralnych (W_N) obliczono według poniższego wzoru:

$$W_N = (P_N - P_0) / N,$$

gdzie:

W_N — współczynnik wykorzystania azotu [%],

P_N — pobranie azotu z plonem bulw w obiekcie z dowolną dawką N [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$],

P_0 — pobranie azotu z plonem bulw w obiekcie kontrolnym [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$],

N — dawka azotu [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$].

Wyniki doświadczeń opracowano posługując się programem statystycznym SAS Enterprise Guide. Analizę porównania średnich przeprowadzono metodą Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

W przeprowadzonych badaniach wykazano istotny wpływ nawożenia azotem na plon bulw, zawartość azotu ogólnego w bulwach oraz pobranie azotu z zastosowanych nawozów mineralnych z plonem bulw przez odmiany ziemniaka o zróżnicowanych wymaganiach względem tego składnika. Istotny wzrost plonu suchej masy bulw, średnio dla odmian stwierdzono do dawki $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, ale ich reakcja była zróżnicowana. U odmiany o małych wymaganiach względem dawki azotu (Asterix) przyrost plonu pod wpływem nawożenia dawką $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ w stosunku do obiektu z niższą dawką azotu $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ wyniósł $0,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, zaś po zastosowaniu $200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ stwierdzono istotne obniżenie plonu bulw. Udowodniony wzrost plonu bulw odmiany Wiking, o średnich wymaganiach w stosunku do azotu stwierdzono do dawki $100 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$, z tym, że pod wpływem dawki $200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ plon nie uległ obniżeniu w stosunku do plonu na obiektach z dawkami 100 i $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Odmiana Maryna o dużych wymaganiach nawozowych reagowała wysokim przyrostem plonu bulw, większym niż odmiany Asterix i Wiking do dawki $150 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 3). Wyniki potwierdzają zróżnicowaną reakcję plonu odmian ziemniaka na nawożenie azotem, co stwierdzono także w dotychczas przeprowadzonych badaniach własnych (Trawczyński, 2004, 2007) oraz innych (Kaczorek, Wierzejska-Bujakowska, 1988; Wierzejska-Bujakowska, 1996; Jabłoński 2006). Różnice w plonie odmian stwierdzono

również w odniesieniu do lat badań. Wyższy plon bulw stwierdzono w latach 2008 i 2009 w porównaniu do 2007 roku.

Pod wpływem wzrastających dawek azotu odnotowano zwiększenie zawartości azotu ogólnego w bulwach (Lis, Wierzejska-Bujakowska, 2000). Największą zawartością azotu ogólnego charakteryzowały się bulwy odmiany Asterix, istotnie mniejszą bulwy odmiany Wiking, zaś najmniejszy poziom tego składnika odnotowano w bulwach odmiany Maryna. Wraz ze wzrostem wymagań nawozowych odmian stwierdzono zmniejszenie zawartości azotu ogólnego w bulwach (tab. 3).

Tabela 3

Wpływ nawożenia azotem ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) na plon suchej masy bulw, zawartość N oraz pobranie azotu z plonem odmian ziemniaka o zróżnicowanych wymaganiach w stosunku do tego składnika
The effect of nitrogen fertilization ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) on the yield of tubers dry matter, content of N and nitrogen uptake of potato cultivars showing different requirements for this component

Dawka N i lata N dose and years	Odmiana — Cultivar			Średnia Mean
	Asterix	Wiking	Maryna	
Plon suchej masy bulw $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ — Yield of tuber dry matter $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$				
0	9,2	10,4	9,4	9,5
50	10,4	10,9	10,8	10,7
100	10,7	11,3	11,9	11,3
150	11,2	11,4	12,8	11,8
200	9,8	11,4	12,3	11,2
Średnia — Mean	10,3	11,0	11,4	
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,2			0,4
2007	6,7	8,8	7,9	7,8
2008	12,0	11,7	13,6	12,5
2009	12,0	12,5	12,6	12,4
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,2			
Zawartość azotu w suchej masie bulw (%) — Nitrogen content in dry tuber matter (%)				
0	1,23	1,18	1,13	1,18
50	1,37	1,33	1,19	1,30
100	1,62	1,44	1,34	1,46
150	1,61	1,51	1,40	1,51
200	1,73	1,57	1,44	1,58
Średnia — Mean	1,51	1,40	1,30	
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,03			
2007	1,75	1,57	1,55	1,62
2008	1,48	1,45	1,17	1,37
2009	1,30	1,20	1,18	1,23
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,03			
Pobranie azotu z plonem bulw ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) — Nitrogen uptake with tuber yield ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)				
0	111,9	117,4	104,4	111,2
50	140,4	144,8	127,4	137,5
100	168,8	162,8	155,3	162,3
150	174,8	171,4	172,5	172,9
200	165,8	174,2	171,8	170,6
Średnia — Mean	152,3	154,1	146,3	
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	5,0			7,5
2007	118,6	138,8	125,8	127,8
2008	179,2	171,5	162,6	171,1
2009	159,2	152,0	150,4	153,9
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	5,0			

W latach 2008 i 2009, sprzyjających wysokiej kumulacji plonu stwierdzono mniejszą zawartość azotu ogólnego w bulwach w porównaniu do 2007 roku (tab. 3). Lis i Wierzejska-Bujakowska (2000) potwierdziły, że w latach niesprzyjających kumulacji plonu bulw większa była zawartość azotu ogólnego w bulwach.

O ilości azotu pobranego decyduje plon bulw. Wykazano większą zbieżność pobrania azotu przez bulwy z uzyskanym plonem niż z zawartością azotu ogólnego w bulwach. Niezależnie od wielkości zastosowanej dawki azotu odmiany Asterix i Wiking, o małych i średnich wymaganiach nawozowych nie różniły się pobraniem azotu z plonem bulw. Natomiast odmiana Maryna, o dużych wymaganiach charakteryzowała się istotnie mniejszym pobraniem azotu z plonem bulw w stosunku do dwóch pozostałych odmian (tab. 3).

Wraz ze wzrostem poziomu nawożenia azotem od 0 do 200 kg N·ha⁻¹ malało wykorzystanie azotu wniesione w nawozach mineralnych. Współczynnik wykorzystania azotu, średnio dla odmian wahał się od 52,6% przy dawce 50 kg N·ha⁻¹ do 30,7% po zastosowaniu dawki 200 kg N·ha⁻¹ (tab. 4).

Tabela 4

Wpływ nawożenia azotem (kg·ha⁻¹) na wykorzystanie azotu z nawozów przez odmiany ziemniaka o zróżnicowanych wymaganiach w stosunku do tego składnika
The effect of nitrogen fertilization (kg·ha⁻¹) on the nitrogen utilization from fertilizers by potato cultivars with different requirements for this component

Dawka N i lata N dose and years	Odmiana, Cultivar			Średnia Mean
	Asterix	Wiking	Maryna	
Wykorzystanie azotu przez bulwy (%) — Utilization of nitrogen by tubers (%)				
50	50,8	54,6	52,6	52,6
100	44,6	44,8	51,0	46,8
150	37,0	35,8	45,3	39,4
200	27,0	31,5	33,6	30,7
Średnia — Mean	39,8	41,7	45,6	
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}		5,3		6,7
2007	34,7	36,1	41,8	37,5
2008	43,9	48,2	50,0	47,4
2009	40,8	40,7	45,0	42,2
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}				5,3

Podobny stopień wykorzystania azotu oraz jego zmniejszanie się wraz ze wzrostem dawek N prezentowane są w badaniach (Greenwood, Draycott, 1988; Fotyma, 1997; Lis, Wierzejska-Bujakowska, 2000; Mackenzie, Tauveau, 2001). Wykorzystanie azotu zależało od warunków pogodowych w latach. Wyższe wykorzystanie azotu stwierdzono w latach sprzyjających kumulacji plonu bulw, co potwierdzono w innych badaniach (Lis, Wierzejska-Bujakowska, 2000; Mazurczyk i in., 2005). Z badań Mazurczyka i wsp. (2005) wynika, że ponad 40% całkowitej zmienności w wykorzystaniu azotu można przypisać warunkom klimatycznym okresu wegetacji, a około 14% nawożeniu azotem. W literaturze brak jest danych dotyczących wykorzystania zastosowanego nawożenia azotem w nawiązaniu do zróżnicowania wymagań odmian. Spotyka się jedynie sugestie dotyczące wykorzystania azotu uwarunkowane zmianami składu chemicznego poszczególnych

organów, dystrybucji azotu w obrębie rośliny czy rozwoju systemu korzeniowego (Vos, Marshall, 1993; Zebarth i in., 2004). Wyniki prezentowane w niniejszej pracy przemawiają za istnieniem zróżnicowania między odmianowego w wykorzystaniu azotu. Wraz ze zwiększeniem wymagań nawozowych odmian stwierdzono wzrost współczynnika wykorzystania azotu z zastosowanych nawozów mineralnych. Średnio dla nawożenia azotem udowodnioną statystycznie różnicę w procentowym wykorzystaniu azotu wykazano pomiędzy odmianą o małych i dużych wymaganiach względem tego składnika (tab. 4). Dobór do uprawy odmian ziemniaka o określonych wymaganiach nawozowych i wiedza na temat wykorzystywania przez nie azotu z zastosowanych nawozów mineralnych skutkować może bezpośrednio mniejszymi ilościami tego składnika pozostającymi w środowisku glebowym po zbiorze bulw.

WNIOSKI

1. Wraz ze wzrostem nawożenia azotem od 50 do 200 kg·ha⁻¹ zmniejszało się wykorzystanie azotu z zastosowanych nawozów mineralnych średnio dla odmian od około 53 do 31%.
2. Istotnie większe wykorzystanie azotu z nawozów stwierdzono u odmiany o dużych wymaganiach (Maryna) w porównaniu do odmiany o małych wymaganiach (Asterix) w stosunku do tego składnika.
3. Warunki pogodowe w latach badań istotnie modyfikowały wykorzystanie azotu z zastosowanych nawozów mineralnych i wyższe wykorzystanie stwierdzono w latach sprzyjających wysokiemu plonowaniu.

LITERATURA

- Chotkowski J. 1997. Produkcja ziemniaków. Technologia – Ekonomika – Marketing. Wyd. IHAR Oddział Bonin: 352 ss.
- Fotyma E. 1997. Efektywność nawożenia azotem podstawowych roślin uprawy polowej. *Fragm. Agronom.* 1 (53): 46 — 66
- Greenwod D. J., Draycott A. 1988. Recovery of fertilizer-N by diverse vegetable crops in processes and models. In: Nitrogen efficiency in agricultural soils. Jenkinson D. S., Smith K. A. (eds), Elsevier Applied Science, London: 46 — 61.
- Jabłoński K. 1996. Nawożenie ziemniaków. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa: 38 — 48.
- 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 poziomu nawożenia azotem na plon i zawartość skrobi oraz na jakość nowych odmian ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* z. 512: 193 — 200.
- Kaczorek S., Wierzejska-Bujakowska A. 1988. Wymagania nawozowe 32 odmian ziemniaka. *Ziemniak*: 45 — 59.
- Lis B., Wierzejska-Bujakowska A. 2000. Wykorzystanie azotu przez jadalne odmiany ziemniaka a ich plonowanie. *Biul. IHAR* 213: 87 — 98.
- Lis B., Mazurczyk W., Trawczyński C., Wierzbicka A. 2002. Czynniki ograniczające wykorzystanie azotu przez rośliny ziemniaka a zagrożenie środowiska. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 489: 165 — 174.
- Mackenzie G. H., Tauveau J. C. 2001. Recommendation systems for nitrogen — a review. *Nawozy i Nawożenie* 4 (9): 5 — 51.

- Mazurczyk W., Wierzbicka A., Wroniak J. 2005. Wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przez odmiany wczesne ziemniaka. *Fragm. Agronom.* XXII nr 1 (85): 512 — 520.
- Trawczyński C. 2004. Zależność między dawką azotu a plonem odmian ziemniaka. *Biul. IHAR* 232: 131 — 140.
- 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. Prob. Post. Nauk Rol.* z. 530: 187 — 196.
- Vos J., Marshall B. 1993. Nitrogen and potato production: strategies to reduce nitrate leaching. 12th Trienn. Conf. of EAPR Paris: 101 — 110.
- Wierzejska-Bujakowska A. 1994. Rola odmian w dążeniu do zwiększenia efektywności nawożenia azotem. W: *Makroproblemy produkcji ziemniaka w Polsce w okresie przemian organizacyjno-ekonomicznych*. Sesja Naukowa PAN. Inst. Ziemn. Bonin: 48 — 51.
- Wierzejska-Bujakowska A. 1996. Maksymalne biologicznie dawki azotu dla 22 odmian ziemniaka i ich zmiana pod wpływem ochrony przed zarazą ziemniaka (*Phytophthora infestans* (Monu) de Bary). *Biul. Inst. Ziemn.* 46: 51 — 62.
- Zebarth B. J. 2004. Nitrogen use efficiency characteristics of commercial potato cultivars. *Can. J. Plant Sci.* 84: 589 — 598.