

ANNA WIERZBICKA
CEZARY TRAWCZYŃSKI

Zakład Agromonii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział Jadwisin

Czynniki wpływające na pobranie i wykorzystanie azotu przez jadalne i skrobiowe odmiany ziemniaka

Factors affecting the uptake of nitrogen and its utilization from fertilizers by table and starch potato varieties

W pracy przedstawiono wyniki doświadczenia polowego przeprowadzonego w Jadwisinie na glebie lekkiej w latach 2006–2009 z zastosowaniem nawożenia azotem w zakresie 0–200 kg·ha⁻¹. Pobranie azotu z plonem bulw (P_N) i współczynnik wykorzystania azotu (W_N) obliczono dla trzech grup badanych odmian: jadalnych wczesnych, jadalnych „późniejszych” i późnych skrobiowych. Pobranie azotu z plonem bulw było kształtowane głównie przez dawki azotu, którym można przypisać średnio 50% udziału w zmienności całkowitej P_N , i 19% udziału w zmienności całkowitej wykorzystania azotu W_N . Wraz ze wzrostem dawki pobranie wzrastało, a wykorzystanie malało w każdej badanej grupie odmian. Kolejnym czynnikiem modyfikującym znacząco proces pobrania i wykorzystania azotu przez rośliny ziemniaka były warunki klimatyczne, którym można przypisać nieco ponad 20% udziału w zmienności całkowitej P_N oraz 26% udziału w zmienności całkowitej W_N . Stwierdzono istotne zróżnicowanie stopnia pobrania azotu między badanymi odmianami. Najwyższymi wartościami pobrania charakteryzowały się odmiany skrobiowe, a najniższymi odmiany jadalne wczesne. Mokre okresy wegetacji zmniejszały wartości pobrania (P_N) u wszystkich badanych grup odmian i wykorzystania (W_N) u odmian wczesnych w porównaniu z optymalnym okresem wegetacji.

Słowa kluczowe: ziemniak, nawożenie azotem, odmiany, pobranie N z plonem, współczynnik wykorzystania azotu

A field experiment was carried out on sandy loam soil in Jadwisin in the years 2006–2009, in order to investigate uptake of nitrogen with yield and its utilization by 12 potato varieties (5 table early, 5 table mid-early and late and 2 starch late ones). The varieties were cultivated at different nitrogen doses, in the range 0–200 kg·ha⁻¹. The fertilization with phosphorus — 53 kg·ha⁻¹, potassium — 150 kg·ha⁻¹ and aftercrop of mustard, as an organic fertilizer, were applied each year. The N — uptake with tuber yield (P_N) and N — utilization percentages (W_N) were calculated for the varieties and their groups. The uptake of nitrogen with tuber yield, at the recommended doses of N — fertilization (100–140 kg·ha⁻¹), amounted from 120 to 180 kg·ha⁻¹ and its utilization ranged from 34 to 46%. The P_N value was shaped mainly by the N-doses, which contributed to 50% of total variance. Weather conditions in the years of study were the second important factor, which influenced both the P_N and W_N parameters (ca. 20% and 26% of total variance, respectively). Wet conditions lowered the P_N values, in comparison with those

for the optimal growing season (2008), in all three groups of varieties and decreased also the W_N values in the group of early potatoes. Significant differences of uptake and utilization were found between the tested cultivars. The starch varieties showed the highest uptake, while the table early ones had the lowest P_N .

Key words: nitrogen fertilization, nitrogen utilization coefficient, potato, uptake of nitrogen with the yield, varieties

WSTĘP

Azot pobierany jest przez rośliny w formie jonów NO_3^- i NH_4^+ z azotu mineralnego, nawozów organicznych i mineralnych istniejących glebie. Najważniejszym źródłem azotu dla roślin zielonych jest jon NO_3^- . Jony NO_3^- nie są zatrzymywane w kompleksie sorpcyjnym gleby i pozostają w roztworze glebowym, dzięki czemu są dla roślin łatwiej dostępne. Azot występujący w nadmiarze rośliny pobierają „na zapas” przechowując go w wakuolach aż do wyczerpania zapasów (Vos, MacKerron, 2000). Z dostarczonej dawki azotu rośliny wykorzystują około połowy, 20% przechodzi w formy niedostępne, a 25% stanowią straty, z czego 20% ulega rozproszeniu w formie amonowej i tlenkowej do atmosfery, a 5% jest wymywane w głąb profilu glebowego. W warunkach klimatycznych Polski wymycie 10–20 kg N- $NO_3^- \cdot ha^{-1}$ zagraża jakości wody (Sapek, 1996).

Przedstawiona praca podaje ocenę zróżnicowania w pobraniu azotu z plonem bulw i jego wykorzystanie z nawozów mineralnych powodowanych czynnikami: genetycznym (odmiany), poziomem nawożenia azotem oraz warunkami klimatycznymi okresu wegetacji.

MATERIAŁ I METODY

Pobranie i wykorzystanie azotu z nawozu mineralnego przez rośliny odmian ziemniaka oceniano na podstawie wyników uzyskanych ze ścisłych doświadczeń polowych przeprowadzonych w latach 2006–2009 w IHAR, Oddział w Jadwisinie. Rośliny ziemniaka uprawiano na glebie lekkiej (piasek gliniasty lekki) zaliczanej pod względem użytkowo-rolniczym do kompleksu żytniego dobrego o odczynie kwaśnym. Gleba charakteryzowała się wysoką zawartością przyswajalnego fosforu (23,1 mg P·100 g⁻¹ gleby); wysoką potasu (15,3 mg K·100 g⁻¹ gleby) i wysoką magnezu (5,5 mg·100 g⁻¹ gleby). Zawartość węgla organicznego wynosiła średnio 0,7%, a azotu mineralnego przed sadzeniem 40–50 kg·ha⁻¹ (w warstwie 0–60 cm).

Doświadczenie założono metodą losowanych podbłoków w trzech powtórzeniach. Czynnikiem pierwszym stanowiły dawki azotu; 0, 50, 100, 150, 200 kg·ha⁻¹, a drugi — odmiany. Wyższe dawki: 150 i 200 kg N·ha⁻¹ dzielono na dwie części: do 100 kg N·ha⁻¹ wysiewano przed sadzeniem, a pozostałą ilość — przed ostatnim obsypywaniem roślin. W dwuletnich cyklach badano odmiany jadalne wczesne (W) tj.: odmiany bardzo wczesne: Impala, Krasa, Miłek, Velox i wczesną Ewelina; jadalne średnio wczesne i późne (P) tj. odmiany średnio wczesne: Elanda, Marlen, Meridian, średnio późna — Roko i późna — Medea określane, jako odmiany „późniejsze” oraz późne skrobiowe (S) — Kuras i Pokusa. Ziemniaki uprawiano na słomie i międzyplonie ścierniskowym z gorzycy białej przyorany jesienią

przy stałym nawożeniu fosforem i potasem wynoszącym odpowiednio: 53 kg P·ha⁻¹, 150 kg K·ha⁻¹. Oznaczono między innymi:

- plon suchej masy bulw,
- zawartość azotu ogólnego metodą Kjeldahla z wykorzystaniem automatycznego destylatora Kjeltex 2200 firmy Foss Tecator,
- pobranie azotu dostępnego w glebie z plonem bulw — P_N według wzoru:

$$P_N \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} = [(\%N_{\text{og}} \text{ w s.m.} \times \text{Plon s.m.}) / 100] \times 1000$$
- współczynnik wykorzystania azotu z nawozów mineralnych (dla bulw) — W_N według wzoru:

$$W_N\%: W_N = [(P_N - P_0) / N_N] \times 100$$

gdzie:

P_N — pobranie azotu z plonem bulw w obiekcie z dowolną dawką N, kg N·ha⁻¹

P₀ — pobranie azotu z plonem bulw w obiekcie kontrolnym, kg N·ha⁻¹

N_N — zastosowana dawka N.

Charakterystykę okresu wegetacji pod względem warunków wodno-termicznych oceniono na podstawie współczynnika B obliczonego według wzoru Chomicza (Mazurczyk, 1995), który uwzględnia liczbę dni z opadem efektywnym (od 1,0 mm wzwyż), wilgotność względną, sumę opadów oraz średnią temperaturę powietrza rozpatrywanego okresu. Wartości optymalne mieszczą się w zakresie 2,5–3,0, wartości powyżej 5 oznaczają bardzo mokry okres wegetacji z nadmiarem wody (tab. 1).

$$B = \frac{n \times P \times H}{t_{sr} \times D^2}$$

gdzie:

B — współczynnik Chomicza,

n — liczba dni z opadem efektywnym (od 1,0 mm wzwyż),

P — suma opadów danego miesiąca; H — wilgotność względna powietrza,

t_{sr} — średnia temperatura powietrza rozpatrywanego okresu,

D — długość okresu: tu miesiąc.

Straty suchej masy bulw spowodowane ograniczającym działaniem czynnika wodnego w czasie wegetacji obliczono według metodyki Mazurczyka (1996).

Okresy wegetacji odmian ziemniaka podzielono w oparciu o wartości współczynnika B na mokry, pośredni i optymalny (tab. 1). Lata 2007 i 2009 uznano za mokre, gdyż wartość współczynnika B wynosiła powyżej 5, i dominowały w nich straty plonu suchej masy bulw, spowodowane nadmiarem wody. Sezon wegetacji roku 2008 ze względu na wartości współczynnika B zaliczono do optymalnego a 2006 do pośredniego. W badanym cyklu nie było sezonu, który można by uznać za suchy. Sezon wegetacji roku 2006 okazał się najmniej korzystny ze względu na nierównomierny rozkład opadów (susza w lipcu nadmiar opadów w sierpniu) powodujący znaczne straty plonu suchej masy, spowodowane niedoborem wody. Jednak ze względu na dość wysoką wartość współczynnika B — 3,5 zaliczono ten sezon wegetacji do pośredniego. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie

programem SAS Enterprises Guide wykonując analizę wariancji dla grup odmian oddzielnie z wykorzystaniem testu zakresu studentyzowanego Tukeya.

Tabela 1

Charakterystyka klimatyczna okresów wegetacji (V–IX) lat 2006–2009. Jadwisin
Climatic features of the growing periods of the years 2006–2009. Jadwisin

Okresy wegetacji (lata) The growing periods (years)	B	Max	Min	Δd (t·ha ⁻¹)	Δr (t·ha ⁻¹)
Mokry (2007, 2009)	5,3	11,2 V	0,5 IX	0,5	2,6
Pośredni (2006)	3,5	10,8 VIII	0,0 VII	4,1	1,4
Optymalny (2008)	2,7	4,5 IX	1,0 V	1,2	0,8

Mokry — Wet

Pośredni — Intermediate

Optymalny sezon — Optimum season

B — współczynnik B; B — coefficient

Min., Max — Wartości minimalna i maksymalna w danym zbiorze; Minimum and maximum values in the data set,

Δd i Δr — Straty suchej masy bulw spowodowane niedoborem (d) lub nadmiarem wody (r) w czasie wegetacji; Losses of tuber dry matter during vegetation period caused by water shortage (d) or water excess (r)

WYNIKI I DYSKUSJA

Ocenę wpływu trzech badanych czynników (dawki N, odmiany, lata) na pobranie i wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Wyniki analizy wariancji dla pobrania azotu z plonem bulw (P_N) i współczynnika wykorzystania azotu (W_N). Jadwisin 2006–2009
Results of variance analysis for values of nitrogen uptake with the tuber yield (P_N) and nitrogen utilization coefficient (W_N)

Badane parametry Tested parameters	Istotność wpływu Significance of the influence						Udział w wariancji całkowitej (%) Share in total variability (%)					
	1	2	3	1×2	1×3	2×3	1	2	3	1×2	1×3	2×3
P_N - W	XX	XX	XX	X	X	-	47	28	10	7	8	1
P_N - P	XX	XX	XX	XX	XX	XX	56	11	17	4	5	7
P_N - S	XX	XX	XX	X	X		46	10	36	4	5	0
							50	16	21	5	6	3
W_N - W	X	X	XX			X	14	22	37	9	10	8
W_N - P	X		X				32	9	26	13	19	0
W_N - S	X	XX	XX	X	XX		10	38	16	6	30	0
							19	23	26	9	20	3

1 — Dawka azotu — N rate

2 — Odmiana — Cultivar

3 — Lata — Years

Istotny przy P: 0,05 — X, 0,01 — XX;

Significant at P: 0.05 — X, 0.01 — XX

W, P, S — Grupy odmian; Groups of varieties

W — Jadalne wczesne; table early

P — Jadalne średnio wczesne i późne; Table mid-early and late

S — Późne skrobiowe; Late starch

Pobranie azotu z plonem bulw kształtowały głównie dawki azotu, którym można przypisać średnio 50% udziału w zmienności całkowitej P_N i 19% udziału w zmienności całkowitej wykorzystania azotu — W_N . Wpływ dawek N uwidocznił się podobnie u odmian jadalnych i skrobiowych. Pobranie azotu przez rośliny wzrastało liniowo wraz ze

wzrostem zastosowanych dawek, a wykorzystywanie tego składnika z nawozów zmniejszało się (tab. 3). Te zależności potwierdzają wcześniejsze prace (Vos, Marshall, 1993; Wierzejska-Bujakowska, Lis, 1997; Lis i in. 2000; Mackenzie, Taureau, 2001; Mazurczyk i in., 2005). Najwyższymi wartościami pobrania charakteryzowały się odmiany skrobiowe, a najniższymi odmiany jadalne wczesne. PN w zakresie dawek 0-200 kg N·ha⁻¹ wahało się w granicach 127,7-185,7 kg N·ha⁻¹ u odmian skrobiowych, 99,8-155,6 kg N·ha⁻¹ u jadalnych średnio wczesnych i późnych oraz 82,6-132,8 kg N·ha⁻¹ u wczesnych. Krótszy okres wegetacji, ziemniaków wczesnych powodował zmniejszenie plonu bulw, a tym samym zmniejszenie pobrania azotu (tab. 3).

Tabela 3

Średnie wartości pobrania azotu z plonem bulw (P_N) współczynnika wykorzystania (W_N) oraz plonu suchej masy dla dawek N. Jadwisin 2006-2009
Mean values of nitrogen uptake with the tuber yield (P_N), nitrogen utilization coefficient (W_N) and dry matter yield for N rates

Parametry Parameters	Grupy odmian Group of varieties	N N	Dawka N — Rate (kg·ha ⁻¹)					NIR _{0,05} LSD _{0,05}
			0	50	100	150	200	
P _N (kg·ha ⁻¹)	Jadalne wczesne — W	(30)	82,6	105,5	122,5	135,0	132,8	5,6
	Jadalne „późniejsze” — P	(30)	99,8	122,7	142,5	156,7	155,6	
	Skrobiowe — S	(12)	127,7	151,0	173,8	182,0	185,7	
			103,4	126,4	146,3	157,9	158,0	
W _N (%)	Jadalne wczesne — W	(30)		45,7	39,9	34,9	25,1	8,6
	Jadalne „późniejsze” — P	(30)		45,9	42,7	38,0	27,9	
	Skrobiowe — S	(12)		46,7	46,1	36,3	29,0	
				46,1	42,9	36,4	27,3	
Plon s.m. DM yield (t·ha ⁻¹)	Jadalne wczesne — W	(30)	6,30	7,23	8,00	7,98	7,48	0,80
	Jadalne „późniejsze” — P	(30)	8,24	8,91	9,87	9,78	9,41	
	Skrobiowe — S	(12)	14,47	16,40	16,90	17,06	16,40	
			9,67	10,85	11,59	11,61	11,10	

N — Liczba wyników; Number of results: Table early — W, Table mid early and late — P, Late starch — S

Najwyższe wykorzystanie azotu — 46% zaobserwowano przy najniższej zastosowanej dawce 50 kg N·ha⁻¹, natomiast przy dawkach dochodzących do 200 kg N·ha⁻¹ zmniejszyło się ono przeciętnie do 27,3%. Długi okres wegetacji ziemniaków skrobiowych nie wpłynął na zwiększenie wykorzystania azotu przez rośliny. Największe zróżnicowanie w wykorzystaniu azotu przez odmiany jadalne i skrobiowe zaobserwowano przy dawce 100 kg N·ha⁻¹, które wynosiło prawie 40% u odmian wczesnych, 42,7 u średnio wczesnych i późnych oraz 46,1% u skrobiowych. Badanie reakcji na azot pokazuje zmniejszającą się efektywność w pobieraniu azotu wraz ze wzrostem dawki ze 100 do 200 kg N·ha⁻¹. Wynika to głównie z braku istotnego wzrostu w plonach suchej masy przy dawkach azotu powyżej 100 kg N·ha⁻¹ (tab. 3). W zakresie dawek azotu zalecanych w uprawie ziemniaka, czyli 100-140 kg azotu na hektar (Nowacki, 2009), pobranie wynosiło od 122,5 do 180 kg·ha⁻¹ (wartość interpolowana dla dawki 140 kg N·ha⁻¹), a wykorzystanie tego makroskładnika oscylowało między wartościami 46,1% przy dawce 100 i 34,0% (wartość interpolowana dla dawki 140 kg N·ha⁻¹) przy dawce 140 kg N·ha⁻¹. Po zbiorach ziemniaka uprawianego na dawce azotu 100 kg·ha⁻¹, w glebie pozostaje od około 35 do 40 kg niewykorzystanego azotu, czyli ilość, która może niekorzystnie oddziaływać na środowisko (Sapek, 1996).

Konieczna jest, więc uprawa międzyplonu, aby ten składnik pokarmowy został wbudowany w biomasę roślinną.

Kolejnym czynnikiem modyfikującym proces pobrania i wykorzystania azotu przez rośliny ziemniaka były warunki klimatyczne. Analiza komponentów wariacyjnych wykazała, że czynniki temu można przypisać nieco ponad 20% udziału w zmienności całkowitej P_N (W, P, S) oraz 26% udziału w zmienności całkowitej W_N (W, P, S). Dominujący wpływ warunków klimatycznych (37%) odnotowano w przypadku wykorzystania N przez wczesne odmiany ziemniaka. W latach mokrych wykorzystanie wynosiło średnio dla tej grupy odmian 43%, w sezonie wegetacji optymalnym 50%, a w sezonie pośrednim było najniższe — 24%. W latach mokrych niekorzystny wpływ nadmiaru wody zaznaczony był silniej niż jej niedoboru, w sezonie pośrednim sytuacja była odwrotna. Mokre okresy wegetacji zmniejszały wartości pobrania (P_N) u wszystkich badanych grup odmian i wykorzystania (W_N) u odmian wczesnych w porównaniu z okresem wegetacji optymalnym. Analiza porównawcza zbiorów wyników P_N i W_N przedstawiona w tabeli 4, potwierdza te ustalenia.

Tabela 4

Pobranie azotu z plonem bulw (P_N) i współczynnik jego wykorzystania z nawozów (W_N) w okresach wegetacji
Uptake of nitrogen with the tuber yield and its utilization coefficient from fertilizers (W_N) in the growing periods

Nazwa zbioru Data set	N	P_N — średnia P_N — mean	Odchylenie standardowe Standard deviation	Test Tukeya P-value	N	W_N — średnia W_N — mean	Odchylenie standardowe Standard deviation	Test Tukeya P-value
(W) Mokry ²	60	123,7	28,2	<0001	48	43,0	21,8	<0001
(W) Pośredni	45	104,4	22,6		36	24,3	24,3	
(W) Optymalny	45	129,4	29,5		36	49,8	30,4	
(P) Mokry	60	129,2	26,7	<0001	48	42,4	14,7	<0001
(P) Pośredni	45	127,6	21,0		36	28,9	22,9	
(P) Optymalny	45	151,9	27,6		36	43,3	18,8	
(S) Mokry	30	147,5	25,5	<0001	24	48,0	20,2	<0001
(S) Optymalny	30	180,6	25,4		24	31,1	16,8	

N — Liczba wyników; Number of results

²Mokry — Wet

Optymalny — Optimum

W literaturze spotyka się prace o odmianowym zróżnicowaniu w efektywności pobrania i wykorzystywania azotu, które mogą być uwarunkowane zmianami: składu chemicznego poszczególnych organów, dystrybucji azotu w obrębie rośliny, w oddziaływaniu metabolizmu azotu na dystrybucję węglowodanów czy w rozwoju systemu korzeniowego (Vos, Marshall, 1993; Szmigiel, Kołodziejczyk, 2004). W niniejszej pracy wykazano istotne różnice międzyodmianowe w P_N we wszystkich badanych grupach, natomiast w W_N wykazano nieistotne różnice odmianowe u jadalnych średnio wczesnych i późnych. Wśród odmian jadalnych najlepiej wykorzystywały azot odmiany Miłek i Roko, a skrobiowych odmiana Kuras (tab. 5). Należy jednak pamiętać, że w grupie odmian skrobiowych badano tylko dwie odmiany a w grupie jadalnych 2×5 , czyli analiza statystyczna w przypadku

odmian jadalnych uwzględniła większe spektrum zróżnicowania genetycznego, a mimo to odmiany jadalne średnio wczesne i późne określane, jako "późniejsze" podobnie wykorzystywały azot.

Tabela 5
Średnie wartości pobrania (P_N) i współczynnika wykorzystania azotu (W_N) dla odmian. Jadwisin 2006–2009
Mean values of uptake (P_N) and nitrogen utilization coefficient (W_N) for the varieties. Jadwisin 2006–2009

N	Odmiana variety	P_N	Max	Min	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	W_N	Max	Min	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
W (30)	Miłek	139,2	162,0	98,3		43,9	49,1	31,9	
W (30)	Ewelina	117,9	131,1	79,8		43,6	57,0	25,9	
W (30)	Impala	115,6	135,6	76,6	10,7	43,2	60,4	29,5	18,6
W (30)	Krasa	114,1	139,5	83,3		30,6	35,6	25,8	
W (30)	Velox	91,7	76,6	75,1		20,6	36,0	10,2	
P (30)	Marlen	152,3	180,6	114,5		40,0	43,1	33,1	
P (30)	Elanda	136,4	167,8	101,1		37,0	44,1	33,3	
P (30)	Roko	135,3	149,8	95,1	7,0	44,3	52,7	27,4	r.n.
P (30)	Meridian	129,8	151,6	95,2		38,7	54,0	28,2	
P (30)	Medea	123,6	128,3	93,1		33,1	35,3	17,6	
S (30)	Kuras	174,2	199,3	126,1	3,4	53,7	69,7	36,6	7,0
S (30)	Pokusa	153,9	172,0	129,2		25,4	31,4	21,4	

N — Liczba wyników; Number of results: r.n. — Różnica nieistotna; No significant difference

Pozostałe objaśnienia: w tabeli 3; More explanations: see table 3

WNIOSKI

1. Warunki klimatyczne okresu wegetacji i poziom nawożenia azotem istotnie zróżnicowały pobranie azotu z plonem bulw (od 82 do 186 kg·ha⁻¹) i jego wykorzystanie z zastosowanych nawozów (od 25 do 47%).
2. Wykorzystanie azotu przy najniższej dawce (50 kg N·ha⁻¹) wynosiło 46%, a przy najwyższym poziomie nawożenia azotem (200 kg·ha⁻¹) stanowiło 27%.
3. Najwyższymi wartościami pobrania azotu z plonem bulw i wykorzystania z zastosowanych nawozów charakteryzowały się odmiany skrobiowe, a najniższymi odmiany jadalne wczesne.
4. Mokre okresy wegetacji (2007, 2009) w porównaniu do optymalnego (2008) zmniejszyły wartości pobrania azotu (P_N) u wszystkich badanych grup odmian i wykorzystania (W_N) u odmian wczesnych.

LITERATURA

- Lis B., Mazurczyk W., Trawczyński C., Wierzbicka A. 2000. Czynniki ograniczające wykorzystanie azotu przez rośliny ziemniaka a zagrożenie środowiska. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 489: 165 — 174.
- Mackenzie G. H., Taureau J. C. 2001. Recommendation systems for nitrogen — a review. Nawozy i Nawożenie 4 (9): 5 — 51.
- Mazurczyk W. 1995. Modelowanie potencjalnej produktywności oraz czynników kształtujących nagromadzenie biomasy i plonu bulw w łanach ziemniaka. Fundacja „Rozwój SGGW”: 27 — 28.
- Mazurczyk W. 1996. Wyznaczanie potencjału produkcji biomasy oraz kwantyfikacja wybranych czynników kształtujących plon ziemniaka. Fragm. Agron. 13: 5 — 39.

- Sapek A. 1996: Zagrożenie zanieczyszczenia wód azotem w wyniku działalności rolniczej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 440: 309 — 329.
- Mazureczyk W., Wierzbicka A., Wroniak J. 2005. Wykorzystanie azotu z nawozów mineralnych przez odmiany wczesne ziemniaka. *Fragm. Agron.* 1: 512 — 520
- Nowacki W. 2009. Charakterystyka krajowego rejestru odmian ziemniaka. Wydanie XII. IHAR Jadwisin. 2009: 17 — 19.
- Szmigiel A., Kołodziejczyk M. 2004. Wybrane wskaźniki efektywności nawożenia ziemniaka. *Annales Univesitatis, Lublin.* vol. lix., 3: 1446 — 1453.
- Vos J., MacKerron L. 2000. Basic concepts of the management of supply of nitrogen and water in potato production In: *Management of nitrogen and water in potato production.* Wageningen Press, Wageningen: 15 — 33.
- Vos J., Marshall B. 1993. Nitrogen and potato production: strategies to reduce nitrate leaching. 12th Trienn. Conf. of EAPR. Paris 1993: 101 — 110.
- Wierzejska-Bujakowska A., Lis B. 1997. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i wykorzystanie azotu przez odmiany ziemniaka różniące się długością okresu wegetacji. *Mat. z I Krajowej Konf. „Hodowla Roślin”.* Poznań: 517 — 52.