

**Zdzisław Ciećko, Władysław Krajewski,
Miroslaw Wyszowski, Andrzej Żołnowski**

Katedra Chemii Środowiska
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**DZIAŁANIE NAWOŻENIA FOSFOREM
NA ZAWARTOŚĆ I JAKOŚĆ BIAŁKA
W BULWACH ZIEMNIAKA**

Streszczenie

Podjęte badania miały na celu określenie wpływu wzrastającego nawożenia fosforem stosowanego na tle czterech dawek NK na zawartość związków azotowych i jakość białka w bulwach ziemniaka. Nawożenie azotowo-potasowe przyczyniło się do niewielkiego zwiększenia zawartości N ogółem i N białkowego w bulwach, ale wzrost ten nie korespondował z wielkością dawki NK. Najwyższą zawartość obu form azotu uzyskano już przy drugim poziomie nawożenia ($N_{80}K_{120}$). Wzrastające nawożenie fosforem nieznacznie zwiększyło tylko zawartość N ogółem w serii z najniższą dawką NK. Zawartość aminokwasów w białku bulw i jego wartość odżywcza (EAA index) były częściowo uzależnione od stosowanego nawożenia. W obrębie porównywanych dawek NK wykazano jedynie dodatnie oddziaływanie najwyższego poziomu nawożenia ($N_{160}K_{240}$) na zawartość wszystkich aminokwasów egzogennych. Wraz ze zwiększeniem dawek fosforu na ogół następował spadek zawartości aminokwasów egzogennych. Wartość odżywcza białka bulw wyrażona indeksem EAA ulegała zwiększeniu w miarę wzrostu nawożenia azotowo-potasowego. Nawożenie fosforem w trzech seriach nawożenia NK spowodowało spadek wartości odżywczej białka tylko w serii nawożonej $N_{120}K_{180}$. Działanie wzrastających dawek fosforu na wartość odżywczą białka miało przebieg paraboliczny.

THE EFFECT OF PHOSPHORUS FERTILISATION ON THE CONTENT AND QUALITY OF PROTEIN IN POTATO TUBERS

Summary

This study aimed at establishing the effect of increasing fertilisation with phosphorus, applied against four doses of nitrogen and potassium on the nitrogen content and the quality of protein in potato tubers. NK fertilisation caused a slight increase in protein nitrogen and total nitrogen in tubers, but the increase did not correspond to the size of NK dose. The highest content of both forms of nitrogen was obtained for the second level of fertilisation ($N_{80}K_{120}$). The increasing amount of phosphorus slightly increased the total nitrogen in the series with the lowest dose of NK. The amino acid content of the tuber protein and its nutritional value (EAA index) were partly dependent on the fertilisation applied. With comparable doses of NK, only a positive effect of the highest level of fertiliser amount ($N_{160}K_{240}$) on the total exogenous amino acid content was found. The increase in phosphorus doses was accompanied by the decrease of exogenous amino acid content. The nutritional value, expressed as the EAA index, increased with the increase of NK fertilisation. Phosphorus fertilisation in three series of NK fertilisation brought about a decrease in the nutritional value of protein; a positive correlation was recorded only in the series with $N_{120}K_{180}$. The effect of increasing doses of phosphorus on protein nutritional value was parabolic.

1. Wstęp

Plonowanie bulw ziemniaka i ich jakość są najbardziej uzależnione od właściwie wykonanych zabiegów agrotechnicznych, z których szczególnie silny wpływ wywiera nawożenie, zwłaszcza mineralne [Ciećko 1977; Ciećko i in. 1993; Prośba-Białczyk 1996a; 1996b; Vos 1996; Wyszowski 1996, 2001; Zbieć i in. 1989]. Niedostateczne zaopatrzenie ziemniaka w jakikolwiek z niezbędnych dla jego wzrostu i rozwoju składników limituje plony bulw, a także ogranicza działanie innych pierwiastków. Dlatego też odrębne poznanie wpływu wszystkich składników i ustalenie najbardziej korzystnych ich wzajemnych proporcji jest ważnym zadaniem dla specjalistów zajmujących się problemami nawożenia [Ciećko i in. 1993; Vos 1996; Wyszowski 1996; 2001]. Obok intensyfikacji produkcji ziemniaka pod względem wielkości plonów, jednocześnie ciągle rosną wymagania rynku w zakresie jakości surowca [Głuska 2000]. Obecnie zarysowują się wyraźne zmiany w strukturze wykorzystania zbiorów. Następuje stopniowy spadek udziału ziemniaków przeznaczonych na paszę, a zwiększenie na przetwórstwo spożywcze.

Podjęte badania miały na celu określenie wpływu wzrastającego nawożenia fosforem stosowanego na tle czterech dawek NK na zawartość związków azotowych i jakość białka w bulwach ziemniaka.

2. Metodyka badań

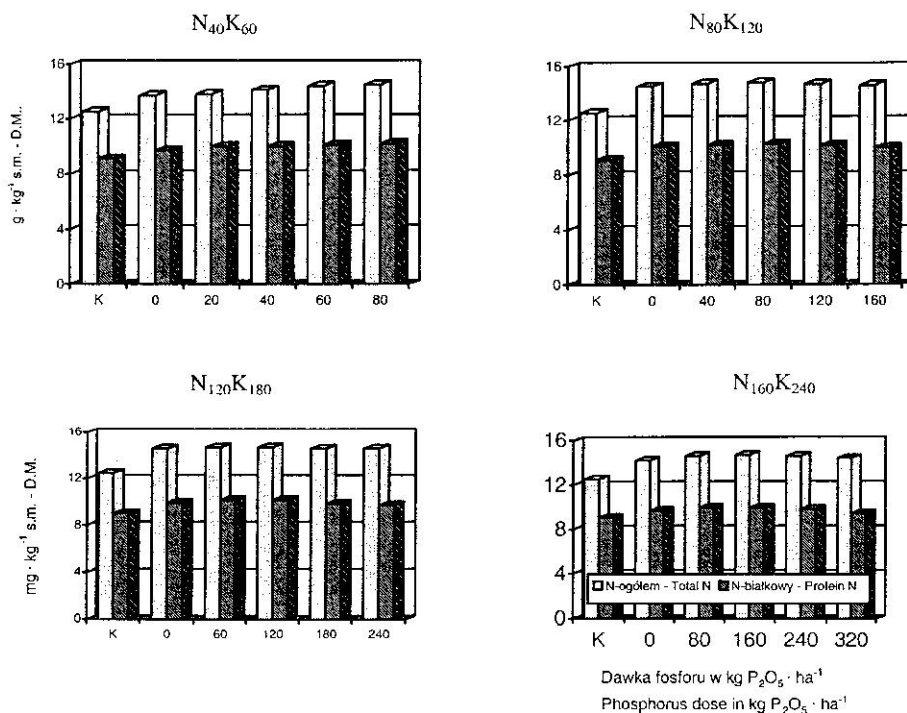
Wykonane badania obejmowały trzyletnie doświadczenie polowe (1987-1989) założone na glebie brunatnej, klasy V, zaliczanej do kompleksu żytniego dobrego (5). Ziemiaki odmiany średnio późnej, jadalnej, Atol uprawiano na glebie o dobrych właściwościach, która w kolejnych latach badań charakteryzowała się lekko kwaśnym ($\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,7$ i $6,2$) lub obojętnym odczynem ($6,8$), średnią (59 i $51 \text{ mg P} \cdot \text{kg}^{-1}$) lub wysoką ($86 \text{ mg P} \cdot \text{kg}^{-1}$) zasobnością w przyswajalny fosfor oraz, we wszystkich latach, średnią zawartością ($83-112 \text{ mg K}$ i $54-61 \text{ mg Mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) przyswajalnego potasu i magnezu. Doświadczenie prowadzono w układzie losowanych bloków w czterech powtórzeniach, uwzględniając następujące warianty nawożenia: 1) kontrola ($\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$), 2) $\text{N}_{40}\text{K}_{60}\text{P}_0$, 3) $\text{N}_{40}\text{K}_{60}\text{P}_{20}$, 4) $\text{N}_{40}\text{K}_{60}\text{P}_{40}$, 5) $\text{N}_{40}\text{K}_{60}\text{P}_{60}$, 6) $\text{N}_{40}\text{K}_{60}\text{P}_{80}$, 7) $\text{N}_{80}\text{K}_{120}\text{P}_0$, 8) $\text{N}_{80}\text{K}_{120}\text{P}_{40}$, 9) $\text{N}_{80}\text{K}_{120}\text{P}_{80}$, 10) $\text{N}_{80}\text{K}_{120}\text{P}_{120}$, 11) $\text{N}_{80}\text{K}_{120}\text{P}_{160}$, 12) $\text{N}_{120}\text{K}_{180}\text{P}_0$, 13) $\text{N}_{120}\text{K}_{180}\text{P}_{60}$, 14) $\text{N}_{120}\text{K}_{180}\text{P}_{120}$, 15) $\text{N}_{120}\text{K}_{180}\text{P}_{180}$, 16) $\text{N}_{120}\text{K}_{180}\text{P}_{240}$, 17) $\text{N}_{160}\text{K}_{240}\text{P}_0$, 18) $\text{N}_{160}\text{K}_{240}\text{P}_{80}$, 19) $\text{N}_{160}\text{K}_{240}\text{P}_{160}$, 20) $\text{N}_{160}\text{K}_{240}\text{P}_{240}$, 21) $\text{N}_{160}\text{K}_{240}\text{P}_{320}$. Dawki fosforu wyrażono w P_2O_5 , a potasu w K_2O . Ziemiaki uprawiano na oborniku ($25 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) wprowadzonym do gleby jesienią. Nawozy mineralne stosowano jednorazowo wiosną w dwóch terminach: w pierwszym - dwa tygodnie przed sadzeniem ziemniaka doglebowo wysiano nawozy fosforowe (superfosfat potrójny granulowany) i potasowe (sól potasowa 57%) oraz 1/2 dawki nawozów azotowych (mocznik), a w drugim - w tydzień po wschodach - pogłównie drugą połowę dawki nawozów azotowych (saletra amonowa). Badania prowadzono na poletkach o wielkości 25 m^2 . Ziemiaki uprawiano po życie ozimym, wykonując wszystkie zabiegi agrotechniczne zgodnie z obowiązującymi zaleceniami. W pierwszych dwóch latach badań, wyróżniających się stosunkowo dużymi ilościami opadów atmosferycznych, wystąpiła zaraza ziemniaczana przyspieszająca zasychanie liści.

Próby materiału roślinnego do oznaczeń laboratoryjnych pobrano w czasie zbioru bulw ziemniaka. Następnie je rozdrobniono, wysuszono i zmielono. W tych próbach oznaczono zawartość azotu ogółem i białkowego metodą Kjeldahla (do wytrącenia białka użyto 24% kwasu trójchlorooctowego) oraz aminokwasów za pomocą automatycznego analizatora-model ILCV-6AH. Hydrolizę przygotowano w 6M HCl w temperaturze 110°C , uwzględniając 17 aminokwasów, w tym 9 egzogennych. Na podstawie składu aminokwasowego białka bulw ziemniaka obliczono jego wartość odżywcza, posługując się metodą Osera [Bęza 1967]. W przyjętej metodzie porównywano zawartość aminokwasów egzogennych w białku ziemniaka z ich zawartością w białku całego jaja kurzego. Ostatecznie wartość odżywcza białka wyrażono jako średnią geometryczną dla wszystkich badanych aminokwasów egzogennych. Skład aminokwasowy całego jaja kurzego przyjęto za FAO z 1965 roku [Bęza 1967]. Według tych danych zawartość porównywanych aminokwasów w $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ białka ogólnego jaja kurzego wynosi: lizyna - 64,5; treonina - 50,7;

walina – 72,3; metionina – 31,5; izoleucyna – 66,4; leucyna – 88,5; fenyloalanina – 58,4; arginina – 61,0 oraz histydyna – 24,3. Obliczenia statystyczne wykonano metodą analizy wariancji Duncana.

3. Omówienie i dyskusja wyników

Zastosowane nawożenie wpłynęło na kształtowanie się zawartości związków azotowych oraz jakości i wartości odżywczej białka bulw ziemniaka. Zawartość N ogółem i N białkowego w bulwach ziemniaka była w stosunkowo niewielkim stopniu uzależniona od dawki nawozów mineralnych (rys.1).



K – bez nawożenia mineralnego, NIR_{0,05} dla dawki P₂O₅: N ogółem - 0,9, N białkowy – 0,5

Rys. 1. Wpływ nawożenia fosforem na zawartość azotu w bulwach ziemniaka, w g·kg⁻¹ s.m. (średnia z 3 lat)

Dodatni wpływ nawożenia azotowo-potasowego na zawartość N ogółem w bulwach tej rośliny zaznaczył się wyraźnie w obiektach z niskimi dawkami - N₄₀K₆₀ i N₈₀K₁₂₀. Wzrost zawartości N ogółem w tych kombinacjach, w porównaniu do obiektu kontrolnego (bez nawożenia mineralnego) średnio za trzy lata badań wynosił odpowiednio 10 i 16%. W przypadku N białkowego korzystne oddziaływanie nawożenia azotowo-potasowego odnotowano tylko przy

najniższej dawce NK, jego wyżka w tym obiekcie wynosiła zaledwie 7%. Wzrastające nawożenie fosforem przyczyniło się do wzrostu zawartości N ogółem i N białkowego w bulwach jedynie w serii z najniższą dawką NK. W obiekcie traktowanym 80 kg P₂O₅ nastąpił wzrost zawartości N ogółem średnio o 6 % oraz N białkowego o 5% w stosunku do kombinacji nie nawożonej fosforem. Procentowy udział N białkowego w N ogólnym wynosił średnio 69,3%. Na tle wzrastającego nawożenia azotowo-potasowego widoczna była tendencja do spadku udziału N białkowego w N ogólnym bulw, przy N₄₀K₆₀ jego udział wynosił średnio 70,8% a przy zastosowaniu N₁₆₀K₂₄₀ – 68,3 %. Wzrastające dawki fosforu w poszczególnych przedziałach nawożenia NK nie różnicowały znacząco udziału N białkowego w N ogólnym w bulwach ziemniaka.

Wykazany w badaniach własnych wzrost zawartości N ogółem i N białkowego należy przypisywać przede wszystkim działaniu nawożenia azotem, o czym świadczą liczne badania [Ciećko i in. 1992; Vos 1996; Wyszowski 1996, 2001; Zbieć i in. 1989]. Co prawda schemat doświadczenia uniemożliwia ocenę wpływu samego nawożenia azotem, gdyż porównywano łącznie nawożenie azotowo-potasowe, ale jak wynika z innych badań [Ciećko 1977; Ciećko i in. 1993], nawożenie potasem minimalnie różnicuje zawartość N ogółem i N białkowego w bulwach ziemniaka. Przyjmując zatem w uproszczeniu, że wykazany wzrost zawartości N ogółem i N białkowego nastąpił pod wpływem nawożenia azotem, należy stwierdzić, że zwiększenie zawartości obu form azotu było niewielkie. Dane literatury z zakresu wpływu nawożenia azotem na zawartość białka w bulwach ziemniaka wskazują na możliwość znacznie większego jego przyrostu niż to stwierdzono w badaniach własnych. Na przykład w doświadczeniach Wyszowskiego [1996] z czterema odmianami ziemniaka wykazano liniowe zwiększenie zawartości N ogółem i N białkowego w zakresie wzrastających dawek od 50 do 200 kg N · ha⁻¹. W zależności od odmiany maksymalny wzrost zawartości N ogółem, uzyskany przy N₂₀₀ w stosunku do N₀, wynosił od 27% u odmiany Marta do 48% u odmiany Irga, a N białkowego od 17% u odmiany Ibis do 35% u odmiany Irga. Podobnie wysoki wzrost zawartości N ogółem i N białkowego w bulwach ziemniaka pod wpływem zwiększonego nawożenia azotem stwierdzili Zbieć i in. [1989]. Przykładem innych badań, w których również wykazano dodatnią korelację między nawożeniem azotem a zawartością N ogółem i N białkowego, ale o mniejszym wzroście, szczególnie N białkowego, są eksperymenty Prośby-Białczyk [1991a] z odmianami Alba i Tarpan. Dane literatury wskazują jednocześnie, że nawożenie fosforem może oddziaływać dodatnio na zawartość N ogółem i N białkowego, niemniej wzrost ich zawartości jest o wiele słabszy niż pod wpływem nawożenia azotem [Ciećko 1974].

Korzystne oddziaływanie nawożenia azotem i częściowo fosforem na zawartość białka ziemniaka nasuwa pytanie, czy nie następuje obniżenie jego wartości biologicznej. Wyniki dotychczas przeprowadzonych badań, uwzględniające wpływ

nawożenia na jakość białka, nie są jednoznaczne, co niewątpliwie jest uwarunkowane całym kompleksem czynników siedliska. Ocenę wpływu nawożenia azotowo-potasowego i fosforem na zawartość aminokwasów ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ białka) i wartość odżywczą białka ziemniaka oparto na analizie plonów ze zbiorów w każdym roku prowadzenia doświadczenia. W pracy zamieszczono wyniki średnie z trzech lat. Suma badanych aminokwasów egzogennych - argininy, fenyloalaniny, histydyny, izoleucyny, leucyny, lizyny, metioniny, treoniny i waliny w zależności od obiektu nawozowego wynosiła średnio od 287 do $338 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ białka ogółem w bulwach ziemniaka (tab. 1).

W porównaniu czterech poziomów nawożenia NK niewielki wzrost zawartości sumy aminokwasów egzogennych stwierdzono tylko przy jego najwyższych dawkach – $\text{N}_{160}\text{K}_{240}$. Wynosił on w stosunku do obiektu traktowanego 40 kg N i $60 \text{ kg K}_2\text{O}$ tylko 7%. Wzrastające nawożenie fosforem, stosowane w poszczególnych seriach NK, wykazywało dość wyraźny wpływ na zawartość aminokwasów egzogennych. W seriach z $\text{N}_{40}\text{K}_{60}$, $\text{N}_{80}\text{K}_{120}$ i $\text{N}_{160}\text{K}_{240}$ najwyższą zawartość aminokwasów egzogennych uzyskano przy najniższych dawkach fosforu, czyli w obiektach nawożonych odpowiednio 20, 40 i $80 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$. Dalsze zwiększanie dawek fosforu w tych przedziałach nawożenia NK przyczyniło się do stopniowego obniżania sumy aminokwasów egzogennych. W zakresie nawożenia azotowo-potasowego $\text{N}_{120}\text{K}_{180}$ oddziaływanie wzrastających dawek fosforu na zawartość aminokwasów egzogennych miało charakter paraboliczny, najwyższą ich zawartość stwierdzono przy średnich dawkach fosforu wynoszących 120 i $180 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$. Maksymalny wzrost zawartości sumy aminokwasów egzogennych pod wpływem nawożenia fosforem w tym przedziale nawożenia NK wynosił 5,5 %.

Udział aminokwasów egzogennych w białku bulw w stosunku do ilości w białku jaja kurzego przedstawiał się przeciętnie następująco: metionina – 31,2, izoleucyna – 45,2, arginina – 53,3, fenyloalanina – 62,3, walina – 62,5, leucyna – 63,7, treonina – 64,3, lizyna – 69,5 i histydyna – 101,3%. Przedstawione wartości wskazują, że białko bulw badanej odmiany było najbardziej deficytowe pod względem zawartości metioniny i izoleucyny. Z drugiej strony białko ziemniaka charakteryzowało się wysokim udziałem histydyny, a ponadto znaczną zawartością lizyny i treoniny. Przedstawione zależności wskazują, że wykorzystanie ziemniaka w żywieniu może w znacznym stopniu rekompensować niedobór lizyny, treoniny i histydyny, jaki występuje w ziarnie zbóż. Porównywane nawożenie azotowo-potasowe, jak i fosforowe rzutowało częściowo na udział poszczególnych aminokwasów egzogennych w białku bulw.

Tabela 1. Wpływ nawożenia fosforem na zawartość aminokwasów egzogennych w białku bulw ziemniaka, w g · kg⁻¹ białka ogólnego (średnia z 3 lat)

Dawka NPK w kg na ha	Arginina	Fenyl- alanina	Histydyna	Izoleucyna	Leucyna	Lizyna	Metionina	Treonina	Wali-na	Suma
N ₀ K ₀ P ₀ *	33,2	35,9	25,8	30,8	56,7	44,9	10,1	32,0	44,5	313,9
N ₄₀ K ₆₀ P ₀	31,4	35,4	26,6	30,2	58,0	44,0	9,9	30,3	43,4	309,2
P ₂₀	32,0	36,5	26,4	29,8	58,6	44,9	10,7	33,4	45,5	317,8
P ₄₀	31,9	33,8	24,1	28,5	54,4	43,6	9,8	31,6	44,0	301,7
P ₆₀	31,8	33,7	23,8	28,2	53,9	43,2	9,7	31,3	42,4	298,0
P ₈₀	30,1	33,4	23,5	26,9	51,3	42,3	9,2	29,6	41,1	287,4
N ₈₀ K ₁₂₀ P ₀	32,1	33,7	22,4	28,7	55,1	44,0	9,1	30,7	41,4	297,2
P ₄₀	34,5	35,3	23,5	30,4	56,6	47,2	9,8	33,7	46,7	317,7
P ₈₀	32,7	34,1	23,8	29,6	55,6	45,2	10,0	33,5	46,3	310,8
P ₁₂₀	32,1	34,2	23,9	27,8	55,0	44,0	9,6	33,1	45,9	305,6
P ₁₆₀	29,3	33,3	22,7	26,9	53,9	42,1	9,5	32,5	44,9	295,1
N ₁₂₀ K ₁₈₀ P ₀	30,4	37,1	22,6	30,5	56,3	44,2	9,6	32,2	44,8	307,7
P ₆₀	31,2	39,2	23,7	31,3	58,2	44,8	9,8	32,4	46,1	316,7
P ₁₂₀	33,0	40,2	25,6	31,7	57,5	46,8	9,8	33,1	47,1	324,8
P ₁₈₀	33,8	40,7	25,3	31,7	56,3	44,4	10,0	33,4	46,7	322,3
P ₂₄₀	32,6	36,1	25,0	30,1	55,5	43,4	9,6	32,4	46,4	311,1
N ₁₆₀ K ₂₄₀ P ₀	35,5	41,5	26,3	32,5	58,8	46,9	10,0	34,4	46,1	332,0
P ₈₀	35,0	40,0	27,0	32,9	62,0	47,8	10,6	34,9	47,5	337,7
P ₁₆₀	33,9	39,7	27,1	32,4	60,3	46,6	11,0	35,4	47,3	333,7
P ₂₄₀	33,1	39,2	26,0	32,1	57,5	45,6	10,4	33,4	46,7	324,0
P ₃₂₀	32,2	38,9	25,6	30,6	57,2	44,3	9,9	31,7	44,8	315,2

* bez nawożenia mineralnego

Tabela 2. Wpływ nawożenia fosforem na zawartość aminokwasów endogennych w białku bulw ziemniaka w g · kg⁻¹ białka ogólnego (średnia z 3 lat)

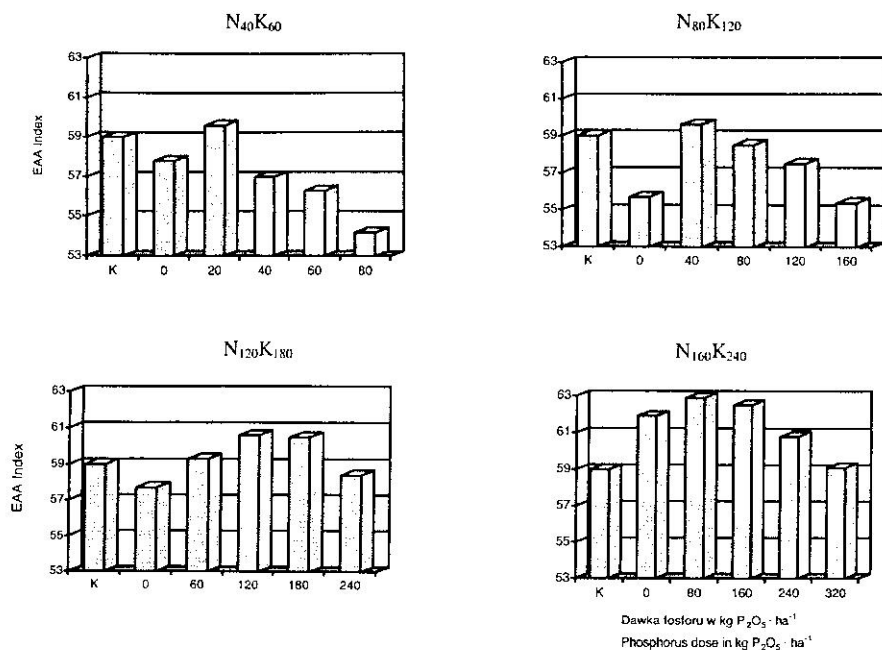
Dawka NPK w kg na ha	Alanina	Cystyna+ cysteina	Glicyna	Kwas asparaginowy	Kwas glutaminowy	Prolina	Seryna	Tyrozyna	Suma
N ₀ K ₀ P ₀ *	35,0	8,0	30,0	121,0	118,0	33,0	36,0	26,0	407,0
N ₄₀ K ₆₀ P ₀	36,0	9,0	33,0	118,0	113,0	33,0	37,0	24,0	403,0
P ₂₀	39,0	9,0	34,0	119,0	118,0	35,0	37,0	25,0	416,0
P ₄₀	35,0	9,0	30,0	120,0	121,0	32,0	35,0	24,0	406,0
P ₆₀	35,0	8,0	30,0	118,0	119,0	32,0	37,0	24,0	403,0
P ₈₀	33,0	8,0	29,0	117,0	118,0	31,0	33,0	24,0	393,0
N ₈₀ K ₁₂₀ P ₀	35,0	8,0	30,0	115,0	118,0	30,0	34,0	24,0	394,0
P ₄₀	39,0	9,0	33,0	119,0	121,0	32,0	37,0	26,0	416,0
P ₈₀	37,0	8,0	33,0	120,0	125,0	35,0	36,0	26,0	420,0
P ₁₂₀	37,0	8,0	33,0	123,0	124,0	36,0	37,0	27,0	425,0
P ₁₆₀	36,0	8,0	32,0	126,0	125,0	36,0	37,0	26,0	426,0
N ₁₂₀ K ₁₈₀ P ₀	35,0	8,0	31,0	123,0	127,0	32,0	36,0	27,0	419,0
P ₆₀	37,0	8,0	32,0	122,0	125,0	32,0	36,0	27,0	419,0
P ₁₂₀	37,0	9,0	33,0	121,0	123,0	32,0	36,0	29,0	420,0
P ₁₈₀	36,0	9,0	31,0	121,0	123,0	32,0	37,0	28,0	417,0
P ₂₄₀	37,0	9,0	31,0	122,0	123,0	33,0	36,0	26,0	417,0
N ₁₆₀ K ₂₄₀ P ₀	38,0	9,0	32,0	127,0	128,0	32,0	38,0	29,0	433,0
P ₈₀	39,0	9,0	33,0	126,0	126,0	34,0	37,0	30,0	434,0
P ₁₆₀	38,0	9,0	34,0	129,0	133,0	34,0	38,0	29,0	444,0
P ₂₄₀	38,0	9,0	32,0	129,0	133,0	32,0	37,0	27,0	437,0
P ₃₂₀	34,0	9,0	30,0	129,0	128,0	33,0	35,0	28,0	426,0

* bez nawożenia mineralnego

W przypadku nawożenia azotowo-potasowego najwyższe dawki wynoszące $N_{160}K_{240}$ przyczyniły się do zwiększenia udziału w białku bulw większości aminokwasów egzogennych. Do wyjątków należały histydyna i metionina. Mniejsze dawki azotu i potasu nie miały większego wpływu na udział aminokwasów egzogennych w białku bulw. Oddziaływanie wzrastających dawek fosforu na udział aminokwasów egzogennych w białku bulw było częściowo zależne od nawożenia azotowo-potasowego. W zakresie dawek $N_{40}K_{60}$, $N_{80}K_{120}$ oraz $N_{160}K_{240}$ największy udział większości rozpatrywanych aminokwasów egzogennych odnotowano przy najniższych dawkach fosforu. Wraz ze zwiększeniem dawek fosforu, w tych przedziałach nawożenia NK, następowało przeważnie obniżenie udziału aminokwasów egzogennych w białku bulw ziemniaka. Z kolei w przedziale nawożenia $N_{120}K_{180}$ oddziaływanie nawożenia fosforem na udział aminokwasów egzogennych w białku bulw wykazywało najczęściej zależność paraboliczną.

Suma dziewięciu analizowanych aminokwasów endogennych wahała się od 393 do 444 $g \cdot kg^{-1}$ białka bulw (tab. 2). Dominującymi aminokwasami w tej grupie były kwas asparaginowy i kwas glutaminowy. Ich udział w sumie badanych aminokwasów wynosił łącznie 59%. Nawożenie mineralne w niewielkim stopniu różnicowało zawartość aminokwasów endogennych, w tym nieco większy wpływ wywierało nawożenie azotowo-potasowe niż fosforowe. W przypadku nawożenia azotowo-potasowego wykazano dodatni wpływ wysokich dawek azotu i potasu ($N_{160}K_{240}$) na zawartość tych aminokwasów. Suma aminokwasów endogennych przy tym nawożeniu zwiększyła się średnio o 6% w stosunku do ich zawartości w obiekcie kontrolnym. W grupie analizowanych aminokwasów endogennych wzrastała głównie zawartość kwasu asparaginowego, kwasu glutaminowego i tyrozyny. Wzrastające dawki fosforu stosowane w poszczególnych przedziałach nawożenia azotowo-potasowego w zasadzie nie miały wpływu na zawartość aminokwasów endogennych. Brak takiej zależności dotyczył zarówno sumy, jak i poszczególnych aminokwasów endogennych.

Wykazane powyżej współzależności między nawożeniem azotowo-potasowym i fosforowym a udziałem aminokwasów egzogennych w białku bulw miały bezpośredni wpływ na kształtowanie się wartości odżywczej tego składnika (rys.2). W porównaniu działania samego nawożenia azotowo-potasowego stwierdzono, że jedynie przy najwyższych dawkach wynoszących $N_{160}K_{240}$, wartość odżywcza białka bulw była większa niż w obiekcie kontrolnym. I tak wartość indeksu EAA w przypadku kontroli wynosiła 59,0, a przy tym najwyższym nawożeniu NK - 61,9. Przy niższych dawkach azotu i potasu wartość odżywcza białka bulw była mniejsza niż w obiekcie kontrolnym. Największą wartość odżywczą białka bulw uzyskano w obiektach nawożonych najniższą lub średnią dawką fosforu. Wysokie ($240 \text{ kg } P_2O_5 \cdot ha^{-1}$) dawki fosforu przyczyniły się do spadku wartości odżywczej białka. Spadek wartości odżywczej białka bulw na najwyższych dawkach fosforu, mierzony wartością indeksu EAA, wynosił średnio 4,5.



K- bez nawożenia mineralnego

Rys.2. Wpływ nawożenia fosforem na wartość odżywczą białka bulw ziemniaka według indeksu Osera (średnia z 3 lat)

Dane literatury dotyczące wpływu nawożenia azotem na jakość białka ziemniaka są dość rozbieżne. Prośba-Białczyk [1991b] oraz Zbieć i in. [1989] porównując działanie wzrastającego nawożenia azotem na wartość odżywczą białka bulw ziemniaka, stwierdzili zwiększenie zawartości aminokwasów i wartości odżywczej białka pod wpływem nawożenia azotem. Zbliżony, a w niektórych wariantach nawozowych nawet wyższy niż w badaniach własnych, wzrost wartości odżywczej białka ziemniaka odmian Heban, Ibis, Irga i Marta (od 2,4 do 6,3 jednostki) pod wpływem nawożenia azotem, stosowanego w zakresie 50-200 kg N · ha⁻¹, wykazał Wyszkowski [1996]. Biologiczna wartość białka ziemniaka na ogół wzrasta lub pozostaje na tym samym poziomie, dopóki stosowane nawożenie azotem podnosi plon ogólny bulw. W badaniach Zbieć i in. [1989] pod wpływem nawożenia azotem wystąpiło zwiększenie zawartości fenyloalaniny, izoleucyny, proliny, tyrozyny i kwasu glutaminowego w białku bulw tej rośliny. W badaniach Prośby-Białczyk [1994a] nawożenie azotem spowodowało przyrost zawartości lizyny, izoleucyny, leucyny, argininy, fenyloalaniny oraz kwasu asparaginowego i glutaminowego.

Koncentracja aminokwasów ogółem i aminokwasów egzogennych w tym doświadczeniu wzrastała aż do dawki 180 kg N · ha⁻¹. W doświadczeniu Wyszowski [1996] nawożenie azotem wywołało zwiększenie sumy aminokwasów egzogennych w zakresie od 5 do 13% (zależnie od odmiany) oraz łącznej zawartości aminokwasów egzo- i endogennych od 9 do 17%. Badania Ciećko [1974] dotyczące oddziaływania nawożenia fosforem na zawartość aminokwasów egzogennych w białku bulw odmiany Bem wykazały, że zwiększone dawki wynoszące 120 kg P₂O₅ · ha⁻¹ działały korzystniej na ich ilość, szczególnie w odniesieniu do histydyny, metioniny oraz cystyny i cysteiny, niż najniższe nawożenie wynoszące 20 kg P₂O₅ · ha⁻¹.

4. Wnioski

1. Nawożenie azotowo-potasowe przyczyniło się do niewielkiego zwiększenia zawartości N ogółem i N białkowego w bulwach, ale wzrost ten nie korespondował z wielkością dawki NK. Najwyższą zawartość obu form azotu uzyskano już przy drugim poziomie nawożenia (N₈₀K₁₂₀). Wzrastające nawożenie fosforem nieznacznie zwiększyło zawartość N ogółem tylko w serii z najniższą dawką NK.
2. Zawartość aminokwasów w białku bulw i jego wartość odżywcza (EAA index) były częściowo uzależnione od stosowanego nawożenia. W obrębie porównywanych dawek NK wykazano jedynie dodatnie oddziaływanie najwyższego poziomu nawożenia (N₁₆₀K₂₄₀) na zawartość wszystkich aminokwasów egzogennych. Wraz ze zwiększeniem dawek fosforu na ogół następował spadek zawartości aminokwasów egzogennych.
3. Wartość odżywcza białka bulw wyrażona indeksem EAA ulegała zwiększeniu wraz ze wzrostem nawożenia azotowo-potasowego. Nawożenie fosforem w trzech seriach nawożenia NK spowodowało spadek wartości odżywczej białka, dodatnią zależność odnotowano tylko w serii nawożonej N₁₂₀K₁₈₀. Działanie wzrastających dawek fosforu na wartość odżywczą białka miało przebieg paraboliczny.

Literatura

- Bęza R. (1967), *Aminokwasy w żywieniu zwierząt*. PWRiL, Warszawa.
- Ciećko Z. (1974), *Badania nad nawożeniem ziemniaków odmiany Bem*. 1. Wielkość plonu bulw oraz zawartość i uziarnienie skrobi. 2. Zawartość azotu organicznego i mineralnego w bulwach ziemniaków. 3. Skład aminokwasowy bulw ziemniaków. 4. Wpływ stosowanego nawożenia na zawartość P₂O₅, K₂O i witaminy C oraz stopień ciemnienia soku ziemniaczanego. *Zesz. Nauk. AR-T Olsztyn, Rol.*, 7: 179-241.
- Ciećko Z. (1977), *Wpływ zróżnicowanego nawożenia na wysokość plonów, zawartość makroskładników i aminokwasów w bulwach ziemniaków*. *Zesz. Nauk. AR-T Olsztyn, Roln.*, 23: 61-110.
- Ciećko Z., Dziekanowski A., Nowak G. (1993), *Wpływ nawożenia potasem na plonowanie i jakość bulw ziemniaka*. *Rocz. Nauk Rol.*, A, 109(4): 77-86.
- Głuska A. (2000), *Wpływ agrotechniki na kształtowanie jakości plonu ziemniaka*. *Biul. IHAR*, 213: 173-178.

- Prośba-Białczyk U. (1991a), *Kształtowanie cech jakościowych i wartości paszowej ziemniaka pod wpływem terminu sadzenia i poziomu nawożenia azotem*. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rozpr. Hab., ss.95.
- Prośba-Białczyk U. (1991b), *Wpływ nawożenia azotem na kształtowanie cech jakościowych i wartości paszowej kilku odmian ziemniaka*. Zesz. Nauk. AR Krak., Sesja Nauk., 263 (34): 85-93.
- Vos, J. (1996), *Input and offtake of nitrogen, phosphorus and potassium in cropping systems with potato as a main crop and sugar beet and spring wheat as subsidiary crops*. Eur. J. Agron., 5: 105-114.
- Wyszkowski M. (1996), *Skład aminokwasowy białka bulw czterech odmian ziemniaka w zależności od nawożenia azotem*. Acta Acad. Agricult. Techn., Olszt., Agricult., 63: 129-138.
- Wyszkowski M. (2001), *Wpływ magnezu na kształtowanie plonów i wzajemnych relacji między niektórymi jonami w roślinach*. Wyd. UWM, Rozprawy i monografie, 52: 1-92.
- Zbieć J., Kaczmarczyk S., Koszański Z., Kaczmarek G., Gurgul E. (1989), *Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na wielkość plonu oraz niektóre cechy jakościowe ziemniaków*. Rocz. Nauk Rol., A, 108(1): 93-100.