

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

Katedra Chemii Środowiska, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**WPLYW NAWOŻENIA FOSFOREM
NA PLONOWANIE, ZAWARTOŚĆ SKROBI I WITAMINY C
W BULWACH ZIEMNIAKA**

Streszczenie

Przeprowadzone badania miały na celu określenie oddziaływania nawożenia fosforem stosowanego we współdziałaniu z azotem i potasem na plonowanie ziemniaka oraz zawartość skrobi i witaminy C w bulwach. Wpływ nawożenia NK i P na plony bulw ziemniaka był dodatni i jednocześnie wyraźnie uzależniony od warunków klimatycznych w poszczególnych latach uprawy. Wraz ze zwiększeniem nawożenia azotowo-potasowego następował stopniowy przyrost plonu bulw. Działanie wzrastających dawek fosforu na plon bulw miało charakter paraboliczny, jego dodatni wpływ silniej ujawniał się przy niskim niż przy wysokim nawożeniu NK. Działanie wzrastających dawek fosforu na plon bulw miało charakter paraboliczny, jego dodatni wpływ silniej ujawniał się przy niskim niż wysokim nawożeniu NK. Przyrost plonu bulw w poszczególnych seriach nawożenia NK następował do przedostatniej lub najwyższej dawki fosforu. Zawartość skrobi w bulwach ziemniaka ujemnie korespondowała z ilością opadów podczas wegetacji. Stosowane nawożenie nie powodowało istotnych zmian w zawartości skrobi, ale wystąpiła wyraźna tendencja do obniżenia jej koncentracji na tle rosnących dawek NK i do wzrostu ilości w obrębie rosnącego nawożenia fosforem. Nawożenie azotowo-potasowe przyczyniło się do niewielkiego obniżenia, a nawożenie fosforowe do zwiększenia zawartości witaminy C w bulwach ziemniaka w stosunku do obiektu kontrolnego. Wysokie dawki azotu, fosforu i potasu przyczyniły się do zwiększenia w plonie frakcji bulw dużych, głównie poprzez zmniejszenie udziału bulw średnich (sadzeniaków).

THE EFFECT OF PHOSPHORUS FERTILISATION ON YIELD AND STARCH AND VITAMIN C CONTENT IN ATOL VARIETY POTATO TUBERS

Summary

This study aimed at establishing the effect of increasing fertilisation with phosphorus, applied against four doses of nitrogen and potassium, on potato yield and the content of starch and vitamin C in tubers. The effect of fertilisation with nitrogen, potassium and phosphorus on the yield of potato tubers was positive and strongly dependent on climatic conditions during consecutive years of cultivation. With an increasing intensity of nitrogen-potassium fertilisation, the yield of tubers gradually increased. The effect of increasing doses of phosphorus on the yield of tubers was parabolic – its positive effect was more pronounced with lower, rather than higher amounts of nitrogen and potassium. The increase in the yield of tubers in particular series of nitrogen and potassium doses occurred until the penultimate or the highest dose of phosphorus. The starch content in potato tubers negatively corresponded to the precipitation amount during the vegetation period. The applied fertiliser did not significantly affect the starch content; however, this tended to decrease against increasing doses of nitrogen and potassium and to increase with the increasing amount of phosphorus. Fertilisation with nitrogen and potassium brought about a slight decrease of vitamin C content in potato tubers, whereas phosphorus caused a slight increase in relation to the controls. High doses of nitrogen and potassium - $N_{80}K_{120}$, $N_{120}K_{180}$ and $N_{160}K_{240}$ – caused an increase in the proportion of large tubers in the yield, primarily by reducing the proportion of middle-sized ones (seed-potatoes). Increasing doses of phosphorus in the $N_{40}K_{60}$ series increased the proportion of large tubers, and middle-sized tubers with higher levels of NK fertilisation.

1. Wstęp

Najwyższe i jakościowo najlepsze plony ziemniaka otrzymuje się przy stosowaniu nawożenia organiczno-mineralnego [Blecharczyk, Skrzypczak 1995; Ciećko 1974; Widera, Stanisławska-Głubiak 1994]. Nawozy naturalne w uprawie ziemniaka stanowią istotne źródło składników pokarmowych, a jednocześnie przyczyniają się do poprawy właściwości fizykochemicznych i biologicznych gleby [Duer, Jończyk 1998]. Stosowanie nawozów organicznych, a szczególnie obornika, korzystnie oddziałują na niektóre cechy użytkowe i zdrowotność bulw [Ceglarek, Płaza 2000a, 2000b]. Optymalna dawka obornika pod ziemniak wynosi $25-30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Ilość wniesionych składników pokarmowych z tą masą obornika byłaby wystarczająca, gdyby ich wykorzystanie było pełne. W rzeczywistości stopień wykorzystania poszczególnych składników pokarmowych wynosi od 30 do 60%. Tak więc dalszą intensyfikację produkcji ziemniaka należy widzieć w nawożeniu mineralnym. Nawożenie to jednak stwarza szereg problemów, zarówno w odniesieniu do ziemniaka, jak i w zakresie utrzymania na wysokim poziomie żyzności gleby [Blechar-

czyk, Skrzypczak 1995; Ciećko 1974; Ciećko i in. 1993, 2000; Duer, Jończyk 1998; Wyszowski 1996a, 1996b].

Z trzech podstawowych składników pokarmowych (N, P, K) najsilniej na plon ziemniaka i jego skład chemiczny oddziałuje azot [Ciećko 1974; Rogozińska, Wojdyła 1993; Wyszowski 1996a, 1996b]. Problem nawożenia ziemniaka azotem jest jednak w literaturze szeroko opracowany, natomiast znacznie mniej informacji można znaleźć na temat nawożenia tej rośliny fosforem, potasem czy magnezem. Składniki te odgrywają także ważne funkcje w metabolizmie roślin i współdecydują o wysokości i jakości plonów [Rogozińska, Wojdyła 1991, 1993]. Dlatego też postanowiono niniejszą pracę poświęcić określeniu oddziaływania wzrastającego nawożenia fosforem stosowanego na tle czterech dawek NK na plonowanie ziemniaka oraz zawartość skrobi i witaminy C w bulwach.

2. Metodyka badań

Trzyletnie doświadczenie polowe (1987-1989) dotyczące wpływu nawożenia fosforem na wielkość i jakość plonu bulw ziemniaka przeprowadzono na glebie o zbliżonych właściwościach fizykochemicznych. Była to gleba brunatna, należąca do klasy V, a pod względem przydatności rolniczej do kompleksu żytniego dobrego (kompleks 5). Pod względem pH była to gleba w pierwszych dwóch latach lekko kwaśna (5,7 i 6,2), a w trzecim roku obojętna (6,8). Zasobność gleby w przyswajalny fosfor była w pierwszym i drugim roku średnia (59 i 51 mg P · kg⁻¹), a w trzecim roku wysoka (86 mg P · kg⁻¹). W przypadku zawartości przyswajalnego potasu i magnezu gleba charakteryzowała się we wszystkich latach średnią zasobnością (83-112 mg K i 54-61 mg Mg · kg⁻¹).

Doświadczenie założono metodą losowanych bloków w czterech powtórzeniach z uwzględnieniem następujących obiektów nawozowych: 1) kontrola (N₀P₀K₀), 2) N₄₀K₆₀P₀, 3) N₄₀K₆₀P₂₀, 4) N₄₀K₆₀P₄₀, 5) N₄₀K₆₀P₆₀, 6) N₄₀K₆₀P₈₀, 7) N₈₀K₁₂₀P₀, 8) N₈₀K₁₂₀P₄₀, 9) N₈₀K₁₂₀P₈₀, 10) N₈₀K₁₂₀P₁₂₀, 11) N₈₀K₁₂₀P₁₆₀, 12) N₁₂₀K₁₈₀P₀, 13) N₁₂₀K₁₈₀P₆₀, 14) N₁₂₀K₁₈₀P₁₂₀, 15) N₁₂₀K₁₈₀P₁₈₀, 16) N₁₂₀K₁₈₀P₂₄₀, 17) N₁₆₀K₂₄₀P₀, 18) N₁₆₀K₂₄₀P₈₀, 19) N₁₆₀K₂₄₀P₁₆₀, 20) N₁₆₀K₂₄₀P₂₄₀, 21) N₁₆₀K₂₄₀P₃₂₀. Dawki fosforu odniesiono do P₂O₅, a potasu do K₂O. W doświadczeniu testowano odmianę średnio późną jadalną Atol. Ziemniaki uprawiano na oborniku, który stosowano jesienią w ilości 25 t · ha⁻¹. Nawozy mineralne – fosforowe i potasowe oraz 1/2 dawki nawozów azotowych wysiewano wiosną na dwa tygodnie przed sadzeniem ziemniaka. Drugą połowę dawki nawozów azotowych zastosowano pogłównie, po upływie tygodnia od pełni wschodów. Nawozy mineralne stosowano w formie superfosfatu potrójnego 46%, soli potasowej 57% oraz mocznika (przed sadzeniem) i saletry amonowej (pogłównie). Przedplonem ziemniaka we wszystkich latach było żyto ozime. Zabiegi agrotechniczne wykonano zgodnie z obowiązującymi zaleceniami. Koniec wegetacji określono na

podstawie zasychania liści. W pierwszych dwóch latach prowadzenia badań, charakteryzujących się większymi opadami, zasychanie liści wyraźnie przyspieszyła zaraza ziemniaczana. Wielkość poletka do sadzenia wynosiła 50 m², a do zbioru 25 m².

Przed wysadzeniem ziemniaków corocznie z warstwy ornej gleby pobierano reprezentatywne próby w celu oznaczenia pH gleby, a także przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu. Odczyn gleby określono metodą potencjometryczną przy użyciu pH-metru w 1M KCl, przyswajalny fosfor i potas oznaczono metodą Egnera-Riehma, a magnez metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) po ekstrakcji gleby 0,0125M CaCl₂ · 6H₂O. W czasie zbioru ziemniaka określono plon bulw, a następnie ich strukturę z wydzieleniem frakcji: <3cm, 3-6 cm i >6cm. W świeżej masie bulw oznaczono witaminę C metodą Pijanowskiego. W przeprowadzonych badaniach uzyskane plony bulw i zawartość poszczególnych składników opracowano statystycznie metodą analizy wariancji według Duncana. Ponadto dla plonu bulw i zawartości skrobi wyliczono równania regresji. Równania te odniesiono do wzrastających dawek fosforu w obrębie czterech rozpatrywanych poziomów nawożenia azotem i potasem.

3. Omówienie i dyskusja wyników

Testowana w badaniach odmiana ziemniaka Atol wydała plon odpowiadający przeciętnie 83% jej możliwości wykazanych w doświadczeniach COBORU [Głuska, Zgórska 1998]. Plon bulw był dość zbliżony w poszczególnych latach badań (średnio 21,1- 23,7 t · ha⁻¹), wykazywał jednak uzależnienie od sumarycznej ilości opadów w czasie wegetacji ziemniaka (tab. 1 i 2, rys.1). Najniższy plon bulw (średnio 21,1 t · ha⁻¹) uzyskano w warunkach deficytu opadów atmosferycznych (297,3 mm) w stosunku do ilości średniej z wielolecia (372 mm). Zwyżka plonu bulw pod wpływem stosowanego nawożenia mineralnego, średnio za trzy lata, wynosiła 10 - 64% w stosunku do obiektu kontrolnego bez nawożenia mineralnego. Była ona znacznie większa w okresie wegetacji z najniższą (297,2 mm) i średnią ilością opadów (430,3) niż w roku, w którym wystąpiła zbyt duża ilość opadów (547,4 mm) i ponadto temperatura była niższa o 1,4°C od średniej z wielolecia.

Z badań własnych, jak i innych autorów [Ciećko i in. 1993; Wyszowski 1996a] wynika, że warunki glebowe mają wyraźny wpływ na wielkość plonu bulw ziemniaka. W tym należy podkreślić dużą specyfikę wymagań w odniesieniu do poszczególnych odmian. Ciećko i in. [1993] wykazali znaczne uzależnienie plonu bulw ziemniaka od kompleksu rolniczej przydatności gleby. I tak na kompleksie żytym słabym (6) średni plon wyniósł 17,3 t · ha⁻¹, a na kompleksie żytym dobrym (5) – 24,8 t · ha⁻¹. Uzyskane w doświadczeniach własnych plony bulw były stosunkowo niskie w porównaniu do potencjalnych możliwości uprawianej odmiany [Głuska, Zgórska 1998], głównie ze względu na deficyt opadów w trzecim roku uprawy.

Tabela 1. Wpływ nawożenia fosforem na plon oraz zawartość skrobi i witaminy C w bulwach ziemniaka (średnia z 3 lat)

Dawka NPK w kg na ha	Plon bulw w t · ha ⁻¹	Zawartość w g · kg ⁻¹ świeżej masy	
		skrobia	witamina C
N ₀ K ₀ P ₀ [*]	16,1	119	127
N ₄₀ K ₆₀ P ₀	17,7	118	121
P ₂₀	19,7	122	126
P ₄₀	20,5	122	130
P ₆₀	21,1	122	133
P ₈₀	21,3	123	127
N ₈₀ K ₁₂₀ P ₀	19,5	116	120
P ₄₀	21,5	119	124
P ₈₀	22,8	121	129
P ₁₂₀	23,0	121	133
P ₁₆₀	23,3	123	135
N ₁₂₀ K ₁₈₀ P ₀	21,7	115	120
P ₆₀	23,3	117	126
P ₁₂₀	24,4	117	127
P ₁₈₀	25,0	119	126
P ₂₄₀	25,1	119	125
N ₁₆₀ K ₂₄₀ P ₀	22,8	113	114
P ₈₀	24,5	116	116
P ₁₆₀	25,8	117	123
P ₂₄₀	26,2	116	124
P ₃₂₀	26,4	116	127
NIR _{0,05}	3,4	n.i.	7

* bez nawożenia mineralnego

Na dużą zależność plonowania ziemniaka od warunków klimatycznych, w tym przede wszystkim opadów i temperatury, wskazują również badania Głuski [2000], Trybały i Khayat [1992]. Głuska [1994] w podsumowaniu 525 doświadczeń z udziałem 13 odmian ziemniaka stwierdziła, że optimum opadowe od maja do września wynosiło około 350 mm. W zależności od temperatury powietrza i usłonecznienia w tym okresie optimum to zmniejszało się do 300 mm w latach chłodnych, przy mniejszym usłonecznieniu lub wzrastało do ponad 450 mm w latach ciepłych, o dużym usłonecznieniu. W badaniach tej autorki okres maksymalnego zapotrzebowania na opady przypadał w sierpniu, a więc w czasie intensywnego powiększania masy bulw. Inne badania Głuskiej [1989] wskazują na duże potrzeby wodne roślin ziemniaka w okresie po tuberyzacji.

Wraz ze zwiększeniem nawożenia azotowo-potasowego następował stopniowy przyrost plonu bulw (tab. 1 i 2, rys. 1). Jego zwyżka dla kolejnych dawek nawożenia NK, w porównaniu do obiektu kontrolnego, średnio za trzy lata układała się następująco: N₄₀K₆₀ – 10%; N₈₀K₁₂₀ – 21%; N₁₂₀K₁₈₀ – 35% i N₁₆₀K₂₄₀ – 42%. Dodatni wpływ nawożenia azotowo-potasowego na plon bulw najsilniej ujawnił się w przypadku wystąpienia najbardziej zbliżonych do średnich z wielolecia ilości opadów atmosferycznych.

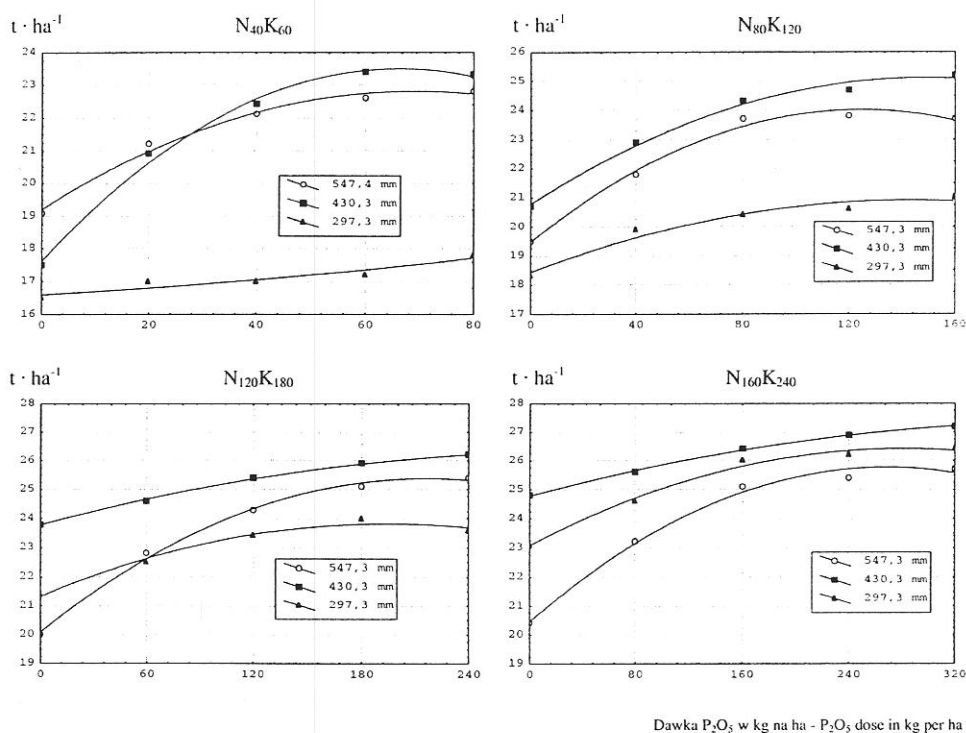
Tabela 2. Równania regresji dla plonu bulw ziemniaka i zawartości skrobi w zależności od nawożenia fosforem i sumy opadów atmosferycznych w okresie wegetacji

Dawka NK	Suma opadów w mm	Plon bulw	Zawartość skrobi
N ₄₀ K ₆₀	547,4	$y=19,200+0,052x-1,875e-4x^2$ R ² =0,923*	$y=111,46+0,10x-3,571e-4x^2$ R ² =0,883*
	430,3	$y=17,609+0,089x-3,348e-4x^2$ R ² =0,910*	$y=116,97+0,08x-4,464e-4x^2$ R ² =0,139
	297,3	$y=16,597+0,004x+1,786e-5x^2$ R ² =0,944*	$y=128,86-0,02x+2,679e-4x^2$ R ² =0,834
N ₈₀ K ₁₂₀	547,4	$y=19,477+0,073x-2,946e-4x^2$ R ² =0,877*	$y=107,43+0,14x-4,911e-4x^2$ R ² =0,915*
	430,3	$y=20,771+0,058x-1,964e-4x^2$ R ² =0,942*	$y=117,00+0,02x+4,257e-10x^2$ R ² =0,911*
	297,3	$y=18,434+0,035x-1,205e-4x^2$ R ² =0,918*	$y=125,00+0,03x-4,257e-10x^2$ R ² =0,973*
N ₁₂₀ K ₁₈₀	547,4	$y=20,086+0,073x-2,545e-4x^2$ R ² =0,937*	$y=107,00+0,09x-3,125e-4x^2$ R ² =0,930*
	430,3	$y=23,774+0,025x-5,804e-5x^2$ R ² =0,983*	$y=116,09+0,01x+8,929e-5x^2$ R ² =0,962*
	297,3	$y=21,329+0,038x-1,473e-4x^2$ R ² =0,897*	$y=122,06+0,02x-4,464e-5x^2$ R ² =0,945*
N ₁₆₀ K ₂₄₀	547,4	$y=20,457+0,079x-2,946e-4x^2$ R ² =0,913*	$y=107,49+0,11x-5,357e-4x^2$ R ² =0,662
	430,3	$y=24,774+0,025x-5,804e-5x^2$ R ² =0,983*	$y=111,91+0,06x-8,929e-5x^2$ R ² =0,994*
	297,3	$y=23,077+0,048x-1,696e-4x^2$ R ² =0,927*	$y=120,23+0,06x-4,911e-4x^2$ R ² =0,671

* różnice istotne dla p=0,05

Najmniejsze z kolei zwężki plonu bulw pod wpływem wzrastającego nawożenia NK uzyskano w czasie wegetacji charakteryzującej się dużymi ilościami opadów (547,4 mm). Wysoka ilość opadów i stosunkowo niskie temperatury powietrza podczas wegetacji sprzyjały rozwojowi zarazy ziemniaka, co przyczyniło się do obniżenia plonu ogólnego bulw. Jakkolwiek nawożenie azotem ma zasadniczy wpływ na plonowanie ziemniaka, to jednocześnie wielkość dawki optymalnej wykazuje duże wahania w zależności od uprawianej odmiany i od specyfiki warunków siedliska [Szutkowska, Wierzejska-Bujakowska 2000; Wyszowski 1996a]. W doświadczeniach przeprowadzonych przez Kaczorek [1973] optymalne dawki azotu wynosiły: w zależności od warunków środowiska 66-113 kg N, a ze względu na odmianę 82-147 kg N · ha⁻¹. Zdaniem Szutkowskiej i Wierzejskiej-

Bujakowskiej [2000] efektywność zastosowanej dawki azotu rośnie w miarę wydłużania okresu wegetacji, zwłaszcza w uprawie ziemniaków wczesnych. W uprawie ziemniaków zbieranych po 60 dniach od sadzenia zaleca się stosować 40-50 kg N · ha⁻¹, po 75 dniach 50-80 kg N · ha⁻¹, a po dojrzeniu 10-140 kg N · ha⁻¹. W przeprowadzonych badaniach własnych, jak już podkreślano, najwyższą efektywność 1 kg N+K₂O uzyskano w obiekcie nawożonym N₁₂₀K₁₈₀. Można zatem uznać, że w warunkach przeprowadzonego doświadczenia z odmianą Atol optymalna dawka azotu z punktu widzenia maksymalizacji plonu bulw wynosi około 120 kg N · ha⁻¹, przy zachowaniu odpowiednich proporcji do innych składników, a zwłaszcza potasu. We wcześniejszych badaniach Ciećko i in. [1993] stosunek N : K₂O równy 1 : 1,5 uznano za optymalny dla odmiany średnio późnej.



Dawka P₂O₅ w kg na ha - P₂O₅ dose in kg per ha

równania regresji podano w tabeli 2

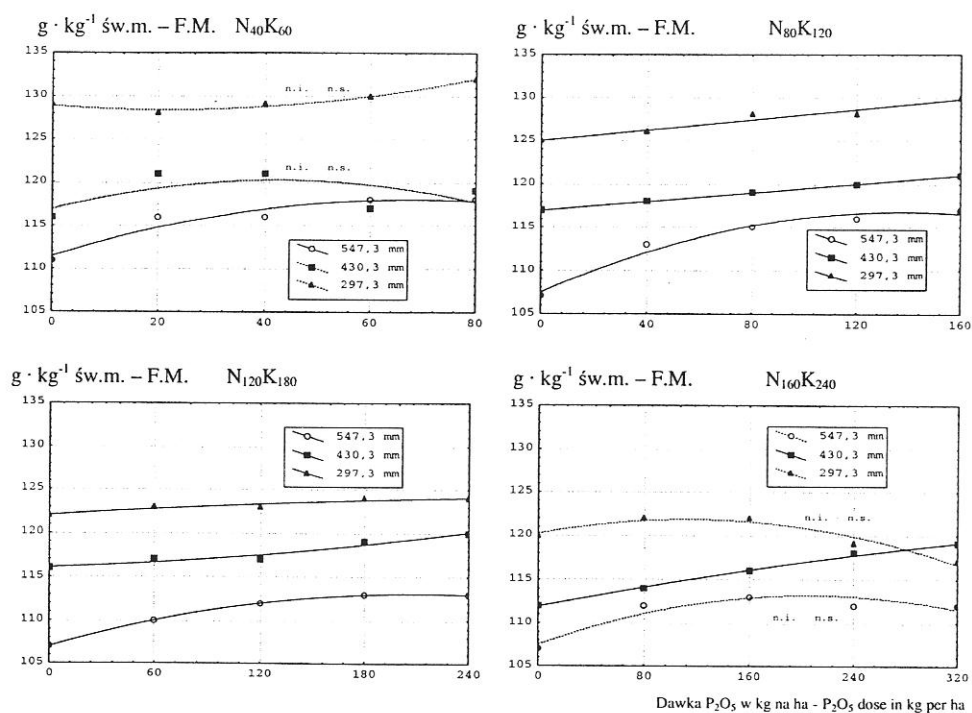
Rys.1. Linie regresji plonu bulw ziemniaka w zależności od nawożenia fosforem i sumy opadów atmosferycznych w okresie wegetacji

Wzrastające nawożenie fosforem we wszystkich przedziałach nawożenia azotowo-potasowego przyczyniło się do znacznego zwiększenia plonu bulw (tab.1 i 2, rys.1). Średnio za trzy lata badań jego zwyczajka pod wpływem fosforu w odniesieniu

do porównywanych dawek NK była następująca: $N_{40}K_{60}$ – od 11 do 20%; $N_{80}K_{120}$ – od 10 do 19%; $N_{120}K_{180}$ – od 7 do 16% oraz $N_{160}K_{240}$ – od 7 do 16%. Z przytoczonych danych wynika, że dodatni wpływ nawożenia fosforem na plon bulw ujawniał się silniej przy niskim niż wysokim nawożeniu NK. Działanie wzrastających dawek fosforu na plon bulw miało charakter paraboliczny (tab. 2, rys. 1). Ekstremalne dawki fosforu w poszczególnych przedziałach nawożenia NK, do których plon bulw istotnie przyrastał, mieściły się między przedostatnią i najwyższą dawką fosforu. Pewną odmienność w reakcji ziemniaka na nawożenie fosforem odnotowano w przedziale nawożenia $N_{40}K_{60}$ w przypadku wystąpienia stosunkowo niewielkich ilości opadów atmosferycznych w czasie wegetacji (297,3 mm), kiedy to plon bulw stopniowo przyrastał do najwyższej dawki fosforu i w tym przypadku niemożliwe było określenie maksymalnej dawki fosforu. Jednocześnie należy podkreślić, że w tym wymienionym przedziale nawożenia NK i roku badań efektywność nawożenia fosforem była niska. W zakresie dawek 0-80 kg P_2O_5 przyrost plonu bulw na 1 kg P_2O_5 wynosił tylko 16,2 kg bulw. Liniowy wzrost plonu bulw pod wpływem rosnących dawek fosforu od 0 do 120 kg $P_2O_5 \cdot ha^{-1}$ wykazał także Ciećko [1974]. Działanie nawożenia fosforem w tych badaniach określano przy 100 kg N i 200 kg K_2O w odniesieniu do dwóch serii doświadczenia – bez obornika i z obornikiem. W podsumowaniu reakcji ziemniaka odmiany Atol na nawożenie fosforem należy stwierdzić, że przy współukładzie N : K_2O równym 1 : 1,5 wielkość dawek fosforu powinna kształtować się jak 1,5 do 2,0 w stosunku do azotu.

Przydatność użytkowa bulw ziemniaka jest w dużym stopniu uzależniona od zawartości w nich skrobi. Testowana w badaniach odmiana jadalna Atol charakteryzowała się niską zawartością skrobi (tab. 1 i 2, rys. 2). W przeprowadzonym doświadczeniu jej zawartość w bulwach ziemniaka wynosiła średnio $119 g \cdot kg^{-1}$ masy. Zróżnicowanie zawartości skrobi w bulwach z poszczególnych zbiorów było w zasadzie niewielkie, ale korespondowało z ilością opadów podczas wegetacji. Najniższą zawartość skrobi, wynoszącą średnio $113 g \cdot kg^{-1}$ masy bulw, odnotowano w roku charakteryzującym się wyższą o prawie 50 % ilością opadów od średnich z wielolecia. Z kolei najwyższą zawartość skrobi, odpowiadającą średnio $125 g \cdot kg^{-1}$ bulw, stwierdzono w przypadku wystąpienia najniższych ilości opadów w stosunku do danych z wielolecia. Na tle wzrastającego nawożenia azotowo-potasowego i fosforem zaznaczyły się dość wyraźne zmiany w zawartości skrobi, których jednak w większości przypadków nie udowodniono statystycznie. Wraz ze zwiększeniem dawek azotu i potasu widoczna była tendencja do spadku zawartości skrobi. Taka zależność najbardziej ujawniła się w roku charakteryzującym się niedoborem opadów. Maksymalny spadek zawartości skrobi, jaki odnotowano w tym roku, przy zastosowaniu $N_{160}K_{240}$ wynosił 7% w stosunku do kombinacji nawożonej $N_{40}K_{60}$. Oddziaływanie wzrastających dawek fosforu na zawartość skrobi było odwrotne niż nawożenia azotowo-potasowego, to znaczy pod jego wpływem ujawniła się tendencja do zwiększenia zawartości skrobi.

niała się tendencja do wzrostu zawartości skrobi. Ten dodatni trend do podwyższenia zawartości skrobi w bulwach wraz ze zwiększeniem dawek fosforu występował przy wszystkich rozpatrywanych dawkach nawożenia NK i we wszystkich latach. Zawartość skrobi w badanej odmianie Atol była niska, średnio ze wszystkich obiektów wynosiła $119 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ masy bulw i w stosunku do danych z doświadczeń COBORU była niższa o 14% [Głuska, Zgórska 1998]. W literaturze dotyczącej oddziaływania nawożenia na zawartość skrobi w bulwach ziemniaka najczęściej wskazuje się na jej obniżenie pod wpływem zwiększonych dawek azotu [Prośba-Białczyk 1993; Roztropowicz, Wierzejska-Bujakowska 1994], co stwierdzono także w badaniach własnych. Na zawartość skrobi w bulwach ziemniaka podobnie do nawożenia azotem oddziałuje nawożenie potasem. Przekroczenie dawek optymalnych tego pierwiastka przyczynia się do znacznego obniżenia zawartości skrobi w bulwach ziemniaka. Taką zależność wykazano między innymi w doświadczeniu Ciećko i in. [1993].



równania regresji podano w tabeli 2

Rys.2. Linie regresji zawartości skrobi w bulwach ziemniaka w zależności od nawożenia fosforem i sumy opadów atmosferycznych w okresie wegetacji

W kolejnych latach uprawy średnia zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka wynosiła 130, 135 i 111 mg · kg⁻¹ świeżej masy (tab. 1). Najwyższą zawartość tego składnika miały bulwy w drugim roku badań, w którym ilość opadów i temperatura powietrza były zbliżone do średniej z wielolecia. Zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka była w niewielkim stopniu uzależniona od nawożenia mineralnego, zarówno azotowo-potasowego, jak i fosforowego. Nawożenie azotowo-potasowe przyczyniło się do spadku, a fosforowe do wzrostu zawartości witaminy C. Oddziaływanie nawożenia mineralnego na zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka w stosunkowo niewielkim stopniu korespondowało z wielkością dawek nawozów. Średnio za trzy lata badań obniżenie zawartości witaminy C pod wpływem nawożenia azotowo-potasowego wynosiło od 5 do 10%, a wzrost pod wpływem nawożenia fosforem od 2 do 13%. Oddziaływanie nawożenia na zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka nie wykazywało dużego uzależnienia od warunków pogody w poszczególnych latach uprawy. Z danych literatury wynika, że zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka jest stosunkowo najbardziej uzależniona od nawożenia azotem. W większości prac, jak na przykład wykonanych przez już w roku 1974 przez Ciećko [1974] czy też w okresie późniejszym przez Wyszковского [1996b] oraz Lee i Kader [2000] wykazano ujemny wpływ nawożenia azotem na zawartość witaminy C. Z kolei w badaniach Rogozińskiej [1983] z odmianami Pola, Sowa, Sokół, Kora, Liwia i Ronda nawożenie azotem w dawkach 120 i 240 kg N · ha⁻¹ zwiększało zawartość witaminy C w bulwach w porównaniu z obiektem kontrolnym (bez nawożenia azotem). Z badań dotyczących oddziaływania nawożenia fosforem i potasem wynika, że pod wpływem wzrastających dawek fosforu zaznacza się tendencja do zwiększenia, a na tle wzrastających dawek potasu do obniżenia zawartości witaminy C w bulwach ziemniaka [Ciećko i in. 1993].

Ważnym wskaźnikiem oceny plonu ziemniaka jadalnego jest wielkość bulw. Ta cecha szczególnie jest brana pod uwagę przy przetwarzaniu bulw na produkty odwodnione, takie jak: purée ziemniaczane (średnica bulw od 40 mm), chipsy (40-60 mm) czy frytki (50-70 mm). Wielkość bulw jest cechą odmianową, ale może też być kształtowana niektórymi zabiegami agrotechnicznymi [Ciećko i in. 1993; Prośba-Białczyk 1993; Sawicka, Skalski 1993; Wyszkowski 1996a]. Stosowane w doświadczeniu nawożenie, zarówno azotowo-potasowe jak i fosforowe, wywierało znaczny wpływ na strukturę plonu bulw (tab. 3). Wyższe dawki azotu i potasu N₈₀K₁₂₀, N₁₂₀K₁₈₀ i N₁₆₀K₂₄₀ przyczyniły się do zwiększenia w plonie frakcji bulw dużych, przede wszystkim poprzez zmniejszenie udziału bulw średnich, w stosunku do nawożenia niskiego wynoszącego N₄₀K₆₀. Oddziaływanie wzrastających dawek fosforu na strukturę plonu bulw było uzależnione od poziomu nawożenia azotem i potasem. Na najniższym nawożeniu tymi składnikami, wynoszącym N₄₀K₆₀, wraz z podwyższeniem dawek fosforu następowało stopniowe zwiększenie ilości bulw dużych. Zwiększenie to było następstwem zmniejszania się ilości bulw

średnich, jak też i drobnych. Dodatni wpływ nawożenia azotem na wydajność w plonie sadzeniaków i frakcji bulw większych wskazują między innymi badania Prośby-Białczyk [1991, 1993] i Wyszowskiego [1996a]. Przeprowadzona pod tym kątem ocena plonu bulw odmiany Sokół przez Ciećko i in. [1993] wykazała, że na tle wzrastającego nawożenia potasem zaznaczyła się jedynie tendencja do wzrostu ilości bulw dużych – w zakresie od 4 do 7%.

Tabela 3. Wpływ nawożenia fosforem na strukturę plonu bulw ziemniaka, w % (średnia z 3 lat)

Dawka NPK w kg na ha	Średnica bulw w cm		
	< 3	3-6	> 6
N ₀ K ₀ P ₀ *	0,4	79,9	19,7
N ₄₀ K ₆₀ P ₀	0,9	80,3	18,8
P ₂₀	0,4	80,7	18,9
P ₄₀	0,8	79,1	20,1
P ₆₀	0,2	75,5	24,3
P ₈₀	0,2	71,9	27,9
N ₈₀ K ₁₂₀ P ₀	0,7	65,7	33,6
P ₄₀	1,5	66,3	32,2
P ₈₀	0,8	68,3	30,9
P ₁₂₀	0,6	69,2	30,2
P ₁₆₀	0,2	73,6	26,2
N ₁₂₀ K ₁₈₀ P ₀	0,8	71,3	27,9
P ₆₀	0,6	71,3	28,1
P ₁₂₀	0,8	72,2	27,0
P ₁₈₀	0,2	76,2	23,6
P ₂₄₀	0,4	81,7	17,9
N ₁₆₀ K ₂₄₀ P ₀	0	71,1	28,9
P ₈₀	0,4	73,3	26,3
P ₁₆₀	1,1	73,7	25,2
P ₂₄₀	0,6	74,7	24,7
P ₃₂₀	1,1	75,9	23,0

* bez nawożenia mineralnego

4. Wnioski

1. Wpływ nawożenia NK i P na plony bulw ziemniaka był dodatni i jednocześnie wyraźnie uzależniony od warunków klimatycznych w poszczególnych latach uprawy. Wraz ze zwiększeniem nawożenia azotowo-potasowego następował stopniowy przyrost plonu bulw.
2. Działanie wzrastających dawek fosforu na plon bulw miało charakter paraboliczny, jego dodatni wpływ silniej ujawniał się przy niskim niż wysokim nawożeniu NK. Przyrost plonu bulw w poszczególnych seriach nawożenia NK następował do przedostatniej lub najwyższej dawki fosforu.

3. Zawartość skrobi w bulwach ziemniaka ujemnie korespondowała z ilością opadów podczas wegetacji. Stosowane nawożenie nie powodowało istotnych zmian w zawartości skrobi, ale wystąpiły wyraźne tendencje do obniżenia jej koncentracji na tle rosnących dawek NK i do wzrostu jej ilości w obrębie rosnącego nawożenia fosforem.
4. Nawożenie azotowo-potasowe przyczyniło się do niewielkiego obniżenia, a nawożenie fosforowe do zwiększenia zawartości witaminy C w bulwach ziemniaka w stosunku do obiektu kontrolnego.
5. Wysokie dawki azotu i potasu $N_{80}K_{120}$, $N_{120}K_{180}$ i $N_{160}K_{240}$ przyczyniły się do zwiększenia w plonie frakcji bulw dużych, głównie poprzez zmniejszenie udziału bulw średnich (sadzeniaków). Rosnące dawki fosforu w serii $N_{40}K_{60}$ powodowały wzrost udziału bulw dużych, a przy wyższych poziomach nawożenia NK bulw średnich.

Literatura

- Blecharczyk A., Skrzypczak G. (1995), *Wpływ wieloletniego nawożenia organicznego i mineralnego na plonowanie oraz skład chemiczny masy nadziemnej i kłębów ziemniaka*. Prace Kom. Nauk Rol. i Kom. Nauk Leśn., 79: 15-20.
- Ceglarek F., Płaza A. (2000a), *Wartość konsumpcyjna ziemniaka w zależności od rodzaju nawożenia organicznego*. Biul. IHAR, 213: 117-123.
- Ceglarek F., Płaza A. (2000b), *Wpływ nawożenia wsiewkami międzyplonowymi na jakość bulw ziemniaka jadalnego uprawianego w rejonie Siedlec*. Biul. IHAR, 213: 109-116.
- 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 P_2O_5 , K_2O i witaminy C oraz stopień ciemnienia soku ziemniaczanego*. Zesz. Nauk. ART Olsztyn, Roln., 7: 179-241.
- Ciećko Z., Dziekanowski A., Nowak G. (1993), *Wpływ nawożenia potasem na plonowanie i jakość bulw ziemniaka*. Roczn. Nauk Rol., A, 109(4): 77-86.
- Ciećko Z., Wyszowski M., Żołnowski A., Krzywy J. (2000), *Zmiany zawartości niektórych składników mineralnych w bulwach ziemniaka pod wpływem nawożenia NPK i Mg*. Biul. IHAR, 213: 125-129.
- Duer I., Jończyk K. (1998), *Nawożenie pod ziemniak uprawiany w gospodarstwach ekologicznych*. Fragm. Agronom., 1(57): 85-95.
- Głuska A. (1989), *Reakcja kilku odmian ziemniaka na nawadnianie w okresie suszy*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 343: 93-99.
- Głuska A. (1994), *Wpływ ilości i rozkładu opadów w głównych miesiącach wegetacji (V-IX) na plon ziemniaka w zależności od terminu sadzenia i wczesności odmianowej*. Biul. Inst. Ziemn., 44: 65-82.
- Głuska A. (2000), *Nawadnianie jako czynnik kształtujący jakość plonu ziemniaków*. Biul. IHAR, 213: 179-184.
- Głuska A., Zgórska K. (1998), *Charakterystyka zrejonizowanych odmian ziemniaka*. Wyd. IHAR Jadwisin: 1-30.
- Kaczorek S. (1973), *Efektywność nawożenia azotem późnych odmian ziemniaka*. Biul. Inst. Ziemn., 11: 139-153.

- Lee S.K., Kader A.A. (2000), *EPreharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops*. Postharv. Biol. Technol., 20: 207-220.
- Prośba-Białczyk U. (1991), *Kształtowanie cech jakościowych i wartości paszowej ziemniaka pod wpływem terminu sadzenia i poziomu nawożenia azotem*. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rozpr. Habil., ss. 95.
- Prośba-Białczyk U. (1993), *Wpływ terminu sadzenia i poziomu nawożenia azotem na gromadzenie i strukturę plonu ziemniaka*. Biul. Inst. Ziemn., 43: 65-73.
- Rogozińska I., Wojdyła T. (1991), *Wpływ intensywnego nawożenia mineralnego na wartość użytkową i przechowalniczą bulw ziemniaka przemysłowego*. Zesz. Nauk. AR Kraków, 262, Sesja Nauk., 34: 251-258.
- Rogozińska I., Wojdyła T. (1993), *Rola azotu i magnezu w kształtowaniu plonów i jakości ziemniaka*. Zesz. Nauk. AR Kraków, 278, Sesja Nauk., 37(2): 317-330.
- Rogozińska J. (1983), *Wpływ nawożenia azotem i warunków przechowywania na kształtowanie się zawartości witaminy C w ziemniakach jadalnych*. Biul. Inst. Ziemn., 30: 61-71.
- Roztropowicz S., Wierzejska-Bujakowska A. (1994), *Nitrogen fertilization of Polish potato cultivars*. Potato Res., 36(4): 384.
- Sawicka B., Skalski J. (1993), *Wpływ niektórych zabiegów agrotechnicznych na plonowanie kilku odmian ziemniaka. Cz. II. Zmienność struktury plonu*. Roczn. Nauk Rol., A, 110(1-2): 159-167.
- Szutkowska M., Wierzejska-Bujakowska A. (2000), *Rola prawidłowego przygotowania sadzeniaków i nawożenia azotem jako podstawowe elementy w produkcji ziemniaków na bardzo wczesny zbiór*. Biul. IHAR, 213: 75-85.
- Trybała M., Khayat S. (1992), *Wpływ deszczowania i nawożenia azotem na plon i jakość ziemniaków wczesnych na glebie lekkiej*. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Melior., 41: 83-92.
- Widera M., Stanisławska-Głubiak E. (1994), *Ocena wysokości i jakości plonu ziemniaków, jęczmienia jarego i gorczycy w zależności od sposobu wapnowania i nawożenia*. Roczn. Nauk Rol., A, 110(3-4): 171-179.
- Wyszkowski M. (1996a), *Działanie nawożenia azotem we współdziałaniu z fungicydami na plon i zdrowotność wybranych odmian ziemniaka ziemniaka*. Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricult., 63: 115-127.
- Wyszkowski M. (1996b), *Zawartość związków azotowych i witaminy C w bulwach ziemniaka w zależności od zastosowanego nawożenia azotem i fungicydów*. Fragm. Agron., 1(49): 9-19.