

Joanna Kurus, Elżbieta Podstawka-Chmielewska, Krystyna Kisiel

**Dynamika mineralnych form azotu w glebie
pod burakami cukrowymi uprawianymi na rędzynie**

Dynamics of mineral forms of nitrogen in the soil under sugar beet on rendzina

ABSTRACT. The field experiment was carried out in 1996–1998 on rendzina soil. Its aim was to study the effect of nitrogen doses and their division on the content of mineral forms of nitrogen in soil during sugar beet vegetation. The experiment took into account two factors, that is nitrogen fertilization (90 and 120 kg N ha⁻¹) and the system of nitrogen dose partition comprising two variants: a – 2/3 nitrogen dose before sowing, 1/3 nitrogen dose after thinning; b – 1/3 nitrogen dose before sowing, 1/3 in one – leaf phase of sugar beet, 1/3 after thinning. In each vegetation season soil samples were taken from arable layer for analyses of the content of mineral nitrogen forms, in the following terms: before starting the experiment, before each topdressing, in full sugar beet vegetation and before their harvest. In fresh soil samples the content of N-NO₃ and N-NH₄ was identified. It was stated that in sugar beet vegetation period the nitrate form of nitrogen (N-NO₃) showed greater dynamics compared with ammonium (N-NH₄), and its big decrease in full vegetation proves an intensive uptake of this form of nitrogen by plants. Fertilizing sugar beet with 120 kg N ha⁻¹ caused an increase in the nitrate content (N-NO₃) in the soil in the phase of one and five leaves, but using nitrogen in two portions made a significant increase in the nitrate form (N-NO₃) in soil only in one-leaf phase. In other development phases the application of nitrogen in two or three portions did not significantly affect the nitrogen mineral forms in soil.

KEY WORDS: ammonium nitrogen content, nitrates content, nitrogen fertilization, rendzina, sugar beet

Azot jest czynnikiem najsilniej wpływającym na plony i jakość technologiczną buraka cukrowego. Jednakże nadmiar tego składnika powoduje szereg niekorzystnych zmian zarówno w roślinie jak i w środowisku glebowym [Nowak i in. 2002].

Podstawowym źródłem azotu dla roślin są jony amonowe (N-NH₄) i azotanowe (N-NO₃) [Sadoch, Trzebiński 1986]. Obie te formy są łatwo przyswajalne dla roślin, jakkolwiek występują duże różnice w ich pobieraniu, zależnie od gatunku rośliny oraz warunków środowiska [Haynes, Goh 1978]. Jednocześnie zawartość mineralnych form azotu w glebie ulega dużym zmianom i to nie tylko w poszczególnych porach roku, ale także w okresach znacznie krótszych [Łoginow i in. 1987; Bielińska, Domżał 1998]. Szczególnie azot azotanowy (N-NO₃) podlega dużej zmienności [Popławski, Filipiak 1981]. Wielu autorów [Popławski, Filipiak 1981; Łoginow i in. 1987; Dechnik, Wiater 1996] podkreśla, że o dynamice azotanów (N-NO₃) decydują głównie warunki meteorologiczne, w mniejszym zaś stopniu zastosowane nawożenie. Czy tak jest w istocie, na to pytanie ma odpowiedzieć prezentowana praca, której celem było określenie wpływu dawek azotu i ich podziału na zawartość azotu azotanowego (N-NO₃) i amonowego (N-NH₄) w glebie w okresie wegetacji buraka cukrowego uprawianego na rędzinie.

METODY

Ścisłe badania polowe przeprowadzono w latach 1996–1998, w GD Bezek (nieдалеко Chełma), należącym do AR w Lublinie. Doświadczenie założono na rędzinie mieszanej wytworzonej z opoki kredowej, o składzie granulometrycznym gliny średniej pylastej, należącej do kompleksu pszennego wadliwego i klasy bonitacyjnej III b. Warstwa uprawna gleby zawierała średnio 3,56% C-organicznego, miała odczyn zasadowy (pH 7,4), bardzo wysoką zasobność w fosfor, średnią w potas oraz niską w magnez.

Doświadczenie założono metodą bloków losowanych w czterech powtórzeniach. Jego schemat uwzględniał dwa czynniki, tj. 1) nawożenie azotowe, zróżnicowane na dawki: A – 90 kg N ha⁻¹ i B – 120 kg N ha⁻¹, 2) sposób podziału dawki azotu, obejmujący warianty: a – 2/3 dawki azotu przed siewem oraz 1/3 dawki azotu po siewie i b – 1/3 dawki azotu przed siewem, 1/3 dawki azotu w fazie jednego liścia właściwego buraka oraz 1/3 dawki azotu po siewie.

Dawki nawożenia fosforowego i potasowego pod buraki ustalano na podstawie zasobności gleby w te składniki i zastosowano odpowiednio: 45 kg ha⁻¹ P₂O₅ (w postaci superfosfatu potrójnego) i 105 kg ha⁻¹ K₂O (w formie soli potasowej 60%). W zależności od obiektu przedsięwzięcia dawka azotu wynosiła: Aa – 60, Ab – 30, Ba – 80, Bb – 40 kg N ha⁻¹. Pozostałe ilości azotu aplikowano w odpowiednich fazach rozwojowych buraka, zgodnie z przyjętym schematem doświadczenia.

Tabela 1. Temperatura powietrza i opady atmosferyczne w latach 1996-1998 w zestawieniu ze średnimi wieloletnimi (1974–1995), wg Stacji Meteorologicznej w Bezku
 Table 1. Air temperature and rainfall in 1996-1998 compared with mean for many years (1974–1995), according to Meteorological Station in Bezek

Rok Year	Miesiąc Month							IV-X
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Temperatura, °C Temperature, °C								Średnia temperatura Mean temperature
1996	8,0	16,1	17,0	16,6	17,8	10,1	9,1	13,5
1997	4,5	14,5	16,8	17,5	17,8	12,2	5,8	12,7
1998	10,0	14,1	17,6	17,9	16,8	12,6	7,1	13,7
Wielolecie Many years	7,2	13,3	15,9	17,3	17,2	12,9	7,8	13,1
Opady, mm Rainfull, mm								Suma opadów Rainfull sum
1996	21,2	124,3	45,4	82,7	80,9	61,3	51,1	466,9
1997	38,2	81,5	36,5	170,1	56,9	48,4	64,2	495,5
1998	53,5	40,5	78,8	71,7	49,9	49,0	48,4	391,8
Wielolecie Many years	36,3	50,9	81,0	77,2	64,1	58,2	42,7	410,4

Pierwsze nawożenie pogłównie wykonano w fazie jednego liścia właściwego (27 V 1996 r., 20 V 1997 r., 19 V 1998 r.) stosując azot w formie mocznika, drugie zaś w fazie pięciu liści buraków (11 VI 1996 r., 5 VI 1997 r., 8 VI 1998 r.), wnosząc azot w formie saletry amonowej.

Corocznie przed założeniem doświadczenia, następnie przed każdym pogłównym nawożeniem, a dodatkowo także w pełni wegetacji buraka cukrowego (8 VIII 1996 r., 5 VIII 1997 r., 7 VIII 1998 r.) oraz przed jego zbiorem (11 X 1996 r., 8 X 1997 r., 13 X 1998 r.) pobierano z warstwy ornej wszystkich poletek próbki glebowe na zawartość mineralnych form azotu. W świeżych próbkach glebowych oznaczano zawartość N-NH₄ metodą destylacyjną, zaś N-NO₃ przez równoczesną redukcję i destylację. Do redukcji azotanów użyto roztworu siarczanu żelazawego oraz roztworu siarczanu srebra [Lityński i in. 1976].

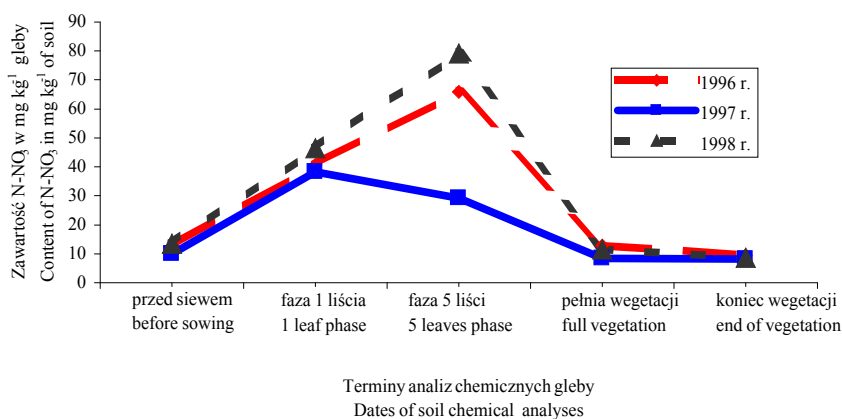
Przebieg warunków pogodowych w okresie prowadzenia badań przedstawiono w tab. 1. Wynika z niej, że warunki termiczne w analizowanym okresie były dość korzystne dla wzrostu i rozwoju buraka cukrowego. W pierwszym roku doświadczenia średnia temperatura powietrza przewyższała normę wieloletnią o 0,4°C, zaś w ostatnim roku badań o 0,6°C. Jedynie w 1997 r. była niższa o 0,4°C w stosunku do wielolecia, głównie za sprawą niskich temperatur na początku i pod koniec wegetacji. Jednocześnie poszczególne lata badań różniły się zarówno ilością, jak i rozkładem opadów w sezonie wegetacyjnym.

W r. 1996 spadło o 56,5 mm więcej deszczu (głównie w maju i sierpniu) w porównaniu z normą wieloletnią (410,4 mm), natomiast w 1997 r. różnica ta wynosiła aż 85,1 mm, co spowodowane było bardzo intensywnymi opadami w maju oraz w lipcu. Z kolei sezon wegetacyjny 1998 r. nieznacznie tylko *in minus* odbiegał pod tym względem od wielolecia, i to głównie za sprawą opadów w maju i sierpniu.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie, opierając się na analizie wariancji. Średnie porównano przy pomocy najmniejszych istotnych różnic na podstawie testu Tuckeya.

WYNIKI

W okresie wegetacji buraków zawartość rozpuszczalnych azotanów w glebie ulegała bardzo dużym wahaniom. Wiosną ilość azotu rosła w miarę nawożenia azotem, w pełni wegetacji zaznaczył się gwałtowny spadek jego ilości, a minimum obserwowano podczas zbioru (ryc. 1).



Rycina 1. Dynamika zawartości azotanów (N-NO₃) w glebie
Figure 1. Dynamics of nitrates (N-NO₃) content in soil

Zawartość azotu azotanowego (N-NO₃) w ornej warstwie gleby przed siewem buraków nie była w sposób istotny różnicowana warunkami sezonowymi, jakkolwiek najwięcej N-NO₃ stwierdzono w 1998 r. – 13,5 mg kg⁻¹ gleby, a najmniej w 1997 r. – 10,0 mg kg⁻¹ gleby, tj. w latach o najwyższej i najniższej temperaturze w kwietniu, kiedy to po raz pierwszy pobierano próby glebowe. Również w fazie jednej pary liści właściwych buraka oraz pod koniec jego we-

getacji warunki sezonowe nie oddziaływały znamienne na zawartość tej formy azotu w glebie.

Na zawartość azotu azotanowego (N-NO₃) w glebie w fazie jednej pary liści właściwych istotny wpływ miał natomiast sposób podziału dawek azotu. Znacznie więcej N-NO₃ stwierdzono bowiem w glebie po zastosowaniu dawki azotu w dwóch częściach, co jest zrozumiałe, gdyż w tym przypadku zastosowano przed siewem 2/3 całkowitej ilości azotu, podczas gdy w wariancie z podziałem dawki na 3 porcje wniesiono tylko jedną jej część (tab. 2). W fazie tej, jak również w fazie 5 liści zaobserwowano wyraźny wzrost zawartości azotanów w glebie pod wpływem wyższego poziomu nawożenia, tj. 120 kg N ha⁻¹ (tab. 2).

Tabela 2. Zawartość azotanów (N-NO₃) w glebie w zależności od sposobu nawożenia azotem, w mg kg⁻¹ gleby (średnio w latach 1996–1998)

Table 2. Nitrates content (N-NO₃) in the soil depending on the system of nitrogen fertilization, in mg kg⁻¹ of soil (average in 1996–1998)

Zawartość azotanów (N-NO ₃) Nitrates content (N-NO ₃)	Dawka azotu w kg ha ⁻¹ Nitrogen dose in kg ha ⁻¹		Podział dawki azotu Partition of nitrogen dose	
	90	120	na 2 części ^x into two	na 3 części ^{xx} into three
Przed siewem Before sowing	11,8	12,2	12,6	11,4
Faza 1 liścia właściwego One leaf phase	39,8	43,7	49,8	33,7
Faza 5 liści właściwych Five leaves phase	55,9	62,0	55,7	60,3
Pełnia vegetacji Full vegetation	11,2	10,7	10,0	11,9
Koniec vegetacji End of vegetation	9,0	8,5	8,8	8,7
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	nieistotne not significant		faza 1 liścia = 4,6 one leaf phase = 4,6	

^x2/3 dawki przed siewem, 1/3 dawki pogłównie po pojedynkowaniu; 2/3 nitrogen dose before sowing, 1/3 nitrogen dose after thinning

^{xx}1/3 dawki azotu przed siewem, 1/3 w fazie jednego liścia właściwego, 1/3 po pojedynkowaniu; 1/3 nitrogen dose before swing, 1/3 in one leaf phase, 1/3 after thinning

Z analizy dynamiki zawartości mineralnych form azotu w glebie wynika, że w fazie piątego liścia buraka cukrowego zawartość azotanów (N-NO₃) była najwyższa w stosunku do pozostałych terminów pobierania prób, z wyjątkiem roku 1997, w którym zanotowano spadek ilości N-NO₃ w tym okresie (ryc. 1). Wydawać by się mogło, że prawdopodobną przyczyną tego spadku mogły być obfite opady majowe, znacznie przewyższające normę dla wielolecia, które przy-

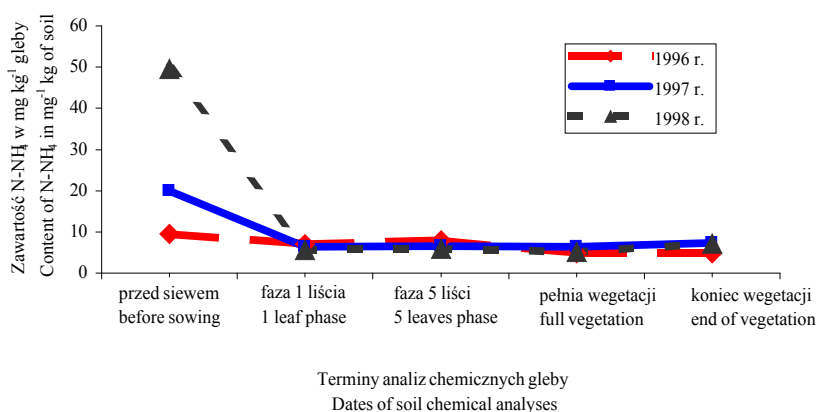
czyniły się do wypłukania tej formy azotu w głąb profilu glebowego. Jednak temu uzasadnieniu przeczą wyniki uzyskane w 1996r., kiedy to jeszcze większe wiosenne opady deszczu nie spowodowały spadku N-NO₃ w górnej warstwie gleby. Dla pełnego obrazu trzeba jednak dodać, że we wspomnianym sezonie obfitym opadom w maju towarzyszyła bardzo wysoka temperatura powietrza (tab. 1). W tej fazie rozwojowej buraka najwięcej azotanów (N-NO₃) w glebie stwierdzono jednakże w 1998 r. (ryc. 1), gdy w miesiącach wiosennych panowały warunki sprzyjające nityfikacji (wysoka temperatura i umiarkowane opady).

Odmienne w stosunku do poprzedniego terminu analiz glebowych kształtowała się w tym czasie ilość azotanów (N-NO₃) w zależności od sposobu podziału dawki azotu. W fazie pięciu liści zaobserwowano bowiem tendencję wzrostu ilości N-NO₃ w wariacie z trzykrotnym stosowaniem azotu (tab. 2). Tendencja ta utrzymywała się zresztą także w pełni wegetacji (I dekada sierpnia), jakkolwiek zawartość azotanów w glebie spadła wówczas do poziomu zbliżonego do stanu wyjściowego, co świadczy o wpływie warunków pogodowych oraz intensywnym pobieraniu azotu przez rośliny, których pełnia rozwoju przypada w tym okresie. Największy spadek zaznaczył się w 1997 r., co prawdopodobnie jest wynikiem intensywnych opadów lipcowych (170,1 mm), ponaddwukrotnie większych niż w wieloleciu (77,2 mm). Może to świadczyć o zahamowaniu procesu nityfikacji pod wpływem obfitych opadów, jak również o wymywaniu azotanów (N-NO₃) w głąb gleby, jakkolwiek badana gleba jest zaliczana do gleb ciężkich, w których proces wymywania azotu nie przebiega tak intensywnie, jak w glebach lekkich. W okresie zbioru buraków zawartość azotanów (N-NO₃) w glebie była najniższa, co świadczy o tym, że rośliny pobierały i wykorzystywały dostępny azot aż do końca wegetacji (ryc. 1, tab. 2).

Na zawartość jonu amonowego (N-NH₄) w ornej warstwie gleby przed siewem buraków istotnie wpływały warunki meteorologiczne poszczególnych lat badań (ryc. 2). Najmniej zawierała go gleba w 1996 r. (średnio 9,5 mg kg⁻¹ gleby), najwięcej zaś w 1998 r. (średnio 49,6 mg kg⁻¹ gleby; NIR=1,0), który wykazywał się zarówno bardzo korzystnymi warunkami termicznymi, jak też wilgotnościowymi (tab. 1).

W fazie jednej pary liści właściwych zawartość jonu N-NH₄ wyraźnie się zmniejszyła w stosunku do stanu wyjściowego, jednakże nadal utrzymywały się istotne różnice pomiędzy latami badań. Największy spadek tej formy azotu nastąpił w roku 1998. Tłumaczyć to można przypuszczalnie ulatnianiem się amoniaku w przypadku niedoboru opadów w ostatniej dekadzie kwietnia i II dekadzie maja oraz nasileniem procesów nityfikacyjnych w warunkach rosnącej temperatury i umiarkowanych opadów w I dekadzie maja. Na podobnym poziomie różnice, wynikające z warunków sezonowych, utrzymywały się także

w fazie pięciu liści buraka (ryc. 2). Jednocześnie w tym stadium rozwojowym buraka analizowane w doświadczeniu czynniki nie oddziaływały istotnie na zawartość formy amonowej azotu (N-NH_4) w warstwie uprawnej gleby. W pełni wegetacji średnia zawartość N-NH_4 nieco obniżyła się w stosunku do poprzedniego terminu i to we wszystkich latach badań. W tym terminie badań najmniej jonów N-NH_4 zawierała gleba w 1996 r. (średnio $4,8 \text{ mg kg}^{-1}$ gleby), a najwięcej w 1997 r. (średnio $6,4 \text{ mg kg}^{-1}$ gleby; $\text{NIR}=0,8$). Pod koniec okresu wegetacji w latach 1997 i 1998 zawartość jonu amonowego (N-NH_4) nieznacznie wzrosła, co świadczyłoby o nasileniu procesu amonifikacji w warunkach rosnącej wilgotności gleby na skutek większych opadów (ryc. 2).



Rycina 2. Dynamika zawartości jonu amonowego (N-NH_4) w glebie
Figure 2. Dynamics of ammonium nitrogen (N-NH_4) content in soil

W warunkach przeprowadzonego doświadczenia najniższe stężenie N-NO_3 w glebie obserwowano przed siewem buraków, zanim wysiano nawozy. Po zastosowaniu nawożenia mineralnego zawartość azotanów (N-NO_3) zwiększała się. Dopiero pod koniec wegetacji nastąpił wyraźny ich spadek. Podobną zależność stwierdzili Łabętowicz i Rutkowska [1996], jakkolwiek obserwowali oni również wzrost stężenia jonu amonowego (N-NH_4). Gutmański i Nowakowski [1992] obserwowali również stopniowe zwiększanie się w glebie zawartości azotu mineralnego ($\text{N-NO}_3 + \text{N-NH}_4$), zwłaszcza w warstwie 0–30 cm, po zastosowaniu wzrastających dawek azotu. W doświadczeniu na rędzinie stężenie jonu amonowego (N-NH_4) było najwyższe w pierwszym terminie wykonania analiz chemicznych, a przez większą część okresu wegetacji utrzymywało się na niskim i zbliżonym poziomie.

Zawartość azotanów (N-NO_3) wykazywała bardzo duże wahania prawie przez cały okres wegetacji. Po wiosennym wniesieniu nawozów azotowych odnotowano wzrost udziału N-NO_3 w azocie mineralnym gleby. Natomiast obserwowane zmniejszanie się ilości azotanów (N-NO_3) po osiągnięciu przez buraki fazy pięciu par liści właściwych było wynikiem intensywnego pobierania ich przez rośliny oraz oddziaływania czynników meteorologicznych, ograniczających nityfikację lub sprzyjających wymywaniu łatwo rozpuszczalnej formy azotu w głąb gleby. Pozostaje to w pełnej zgodności z doniesieniami takich autorów, jak Łoginow, Janowiak i Spychaj-Fabisiak [1987]. Podobne spostrzeżenia poczynili Popławski i Filipiak [1981], którzy jednocześnie podkreślają, że na zawartość azotu nieorganicznego w glebie duży wpływ ma przebieg pogody w okresie jesienno-zimowym, w roku poprzedzającym, a zwłaszcza obfite opady, powodujące wymywanie azotu nieorganicznego. Według Sadoch i Trzebińskiego [1986] nie należy jednak przeceniać udziału wymywania azotanów (N-NO_3) z górnych warstw gleby w stratach tego składnika dla roślin. Niewątpliwie może ono odgrywać znaczącą rolę na glebach piaszczystych, ale na glebach ciężkich, gliniastych, wymywanie jest nieduże, a biorąc pod uwagę możliwości pobierania składników pokarmowych przez buraki z głębokości do 1 m, nie ma ono dużego znaczenia. Zdaniem Dechnika i Wiater [1996] nie jest to jednak tak jednoznaczne, a poza tym o dynamice azotanów (N-NO_3) w sezonie wegetacyjnym decyduje też rytm rozwojowy roślin.

WNIOSKI

1. Badania zawartości mineralnych form azotu w glebie w ciągu całego okresu wegetacji buraka cukrowego wykazały dużą dynamikę formy azotanowej (N-NO_3) w porównaniu z formą amonową (N-NH_4), a jej silny spadek w pełni wegetacji może świadczyć o intensywnym pobieraniu tej postaci azotu przez rośliny.

2. Nawożenie buraków dawką 120 kg N ha^{-1} pociągało za sobą wyraźny wzrost zawartości azotanów (N-NO_3) w glebie, w fazie jednego i pięciu liści.

3. Wnoszenie azotu w dwóch częściach powodowało istotny wzrost formy azotanowej (N-NO_3) w glebie jedynie w fazie jednego liścia buraków. W pozostałych fazach rozwojowych stosowanie azotu w dwóch lub trzech częściach nie wpływało istotnie na zawartość mineralnych form azotu w glebie.

PIŚMIENICTWO

- Bielińska E. J., Domżał H. 1998. Dynamika różnych form azotu w glebie użytkowanej sadowniczo. *Rocz. Gleb.* 49, 3/4, 31–39.
- Dechnik I., Wiater J. 1996. Dynamika azotu azotanowego w glebie pod monokulturą pszenicy ozimej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 440, 75–80.
- Gutmański I., Nowakowski M. 1992. Korelacje pomiędzy zawartością azotu mineralnego ($\text{N-NO}_3^- + \text{N-NH}_4^+$) w glebie i plonowaniem oraz jakością buraka cukrowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 440, 131–137.
- Haynes R.J., Goh K.M. 1978. Ammonium and nitrate nutrition of plants. *Biol. Rev.* 53, 465–510.
- Lityński T., Jurkowska H., Gorlach E. 1976. *Analiza chemiczno-rolnicza*. PWN, Warszawa.
- Łabętowicz J., Rutkowska B. 1996. Dynamika stężenia azotanów i jonu amonowego w roztworze glebowym w zróżnicowanych warunkach nawozowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 440, 223–229.
- Łoginow W., Janowiak J., Spychaj-Fabisiak E. 1987. Zmienność ogólnej zawartości i poszczególnych form azotu w glebie. *Zesz. Nauk. ATR w Bydgoszczy* 141, 23, 13–24.
- Nowak W., Sowiński J., Pytlarz-Kozicka M. 2002. Zmiany ilości azotu mineralnego w glebie podczas wegetacji buraka cukrowego oraz plony korzeni i cukru w zależności od nawożenia organicznego i azotowego. *Biul. IHAR*, 222, 295–302.
- Popławski Z., Filipiak K. 1981. Kształtowanie się zawartości azotu związków nieorganicznych gleby na tle zmiennych opadów atmosferycznych i temperatur. *Rocz. Gleb.* 32, 1, 33–53.
- Sadoch Z., Trzebiński J. 1986. Prognozowanie nawożenia azotowego pod buraki cukrowe. *Post. Nauk Rol.* 1, 13–20.

