

Do niedawna wpływ nawożenia azotem określany był głównie z punktu widzenia wielkości plonu i jego jakości. Z uwagi na to, że współczynnik wykorzystania azotu z nawozów mineralnych dla ziemniaka jest niski [Neteeson 1989; Vos, Marshall 1993] i zmniejsza się w miarę stosowania wzrastających dawek tego składnika [Lis, Wierzejska-Bujakowska 2000], obecnie coraz częściej zwraca się uwagę na wpływ tego czynnika na środowisko [Łabętowicz 1995; Fotyma 1996; Trawczyński 2001].

Szybkie przemiany związków azotu w glebie oraz ruchliwość form azotanowej i amonowej, decydujących o żywieniu roślin, powodują, że musi on być stosowany co roku, najlepiej w fazach największego zapotrzebowania roślin ziemniaka na ten składnik. Dolistne stosowanie uzupełniających dawek azotu w czasie wegetacji roślin uznawane jest za jeden z elementów optymalizacji nawożenia tym pierwiastkiem. Postępowanie takie sprzyja osiągnięciu właściwej wysokości plonu przy jednoczesnym ograniczeniu akumulacji azotanów w roślinie i w glebie [Czuba 1996; Goffart, Gviot 1996; Trawczyński, Grześkiewicz 2000]. Celem przeprowadzonych badań było określenie ilości mineralnych form azotu w glebie oraz wielkości plonu i zawartości azotanów w bulwach, spowodowane zamianą części nawożenia doglebowego azotem aplikacją dolistną w okresie wegetacji ziemniaka.

METODY

Doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 2000–2002 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Oddział w Jadwisinie na glebie lekkiej, o składzie mechanicznym piasku gliniastego lekkiego. Gleba charakteryzowała się wysoką zawartością fosforu, średnią potasu, niską magnezu i kwaśnym odczynem. Warunki klimatyczne okresu wegetacji oceniono na podstawie współczynnika Sielianinowa oraz ilości opadów i temperatury powietrza (tab. 1). Jesienią każdego roku przed wykonaniem orki przedzimowej stosowano na całej powierzchni obornik w ilości 25 t ha^{-1} oraz jednakowy poziom dawek fosforu – 39 kg P ha^{-1} i potasu – 100 kg K ha^{-1} . Badania przeprowadzono na średnio wczesnej, jadalnej odmianie ziemniaka – Sante, która charakteryzuje się dużymi wymaganiami w odniesieniu do azotu. Zalecana dawka azotu dla tej odmiany, wyznaczona w sposób graficzny, stanowiła 150 kg N ha^{-1} [Głuska, Zgórska 2000]. Doświadczenie przeprowadzono w układzie losowanych bloków, w czterech powtórzeniach. Badano dwa czynniki: 5 sposobów stosowania azotu (czynnik A): I – 0 kg N ha^{-1} (kontrola), II – 150 kg N ha^{-1} doglebowo, III – 135 kg N ha^{-1} doglebowo + 15 kg N ha^{-1} dolistnie, IV – 120 kg N ha^{-1} doglebowo + 30 kg N ha^{-1} dolistnie, V – 105 kg N ha^{-1} doglebowo + 45 kg N ha^{-1} dolistnie. Czynnik B sta-

nowiły cztery terminy oceny zawartości azotu w glebie. Azot zarówno doglebowo, jak i dolistnie stosowano w formie mocznika. Dolistna aplikacja mocznika (15, 30 i 45 kg N ha⁻¹) stanowiła 10, 20 i 30% całej dawki (podstawowej). Doglebową dawkę azotu dzielono na dwie części i do 80 kg N ha⁻¹ stosowano wiosną przed sadzeniem bulw, a pozostałą ilość według schematu doświadczenia stosowano bezpośrednio przed wschodami ziemniaka. Dolistne nawożenie azotem w formie 6% roztworu mocznika rozpoczynano w fazie zwarcia międzyrzędzi przez rośliny ziemniaka (druga lub trzecia dekada czerwca). Jednorazowa dawka wynosiła 15 kg N ha⁻¹. Następne zabiegi dolistnego nawożenia mocznikiem wykonywano w odstępach dwutygodniowych. Glebę do badań na oznaczenie zawartości azotanowej i amonowej formy azotu mineralnego pobierano w czterech terminach: 1, 2 i 3 termin oceny prób poprzedzony był bezpośrednio dolistną aplikacją dawek mocznika; zaś 4 termin przeprowadzono po zakończeniu wegetacji roślin (druga lub trzecia dekada września).

Tabela 1. Charakterystyka warunków klimatycznych okresu wegetacji w Jadwisinie w latach 2000–2002

Table 1. Characteristic of climate conditions of the vegetation period in Jadwisin 2000–2002

Rok Year	Współczynni hydrotermiczny (k)* Hydrothermic coefficient				Odchylenie od średniej wieloletniej Deviations from long-term average							
	miesiąc month				opady rainfalls, mm miesiąc month				temperatura temperature, °C miesiąc month			
	V	VI	VII	VIII	V	VI	VII	VIII	V	VI	VII	VIII
2000	0,8	0,4	1,9	0,8	-15,4	-59,9	18,8	-22,7	1,0	0,5	-2,1	0,0
2001	1,3	1,6	1,6	0,6	6,2	-12,7	27,5	-28,2	0,1	-2,1	2,0	1,2
2002	0,4	1,4	0,6	0,6	-30,6	-8,6	-37,4	-20,3	3,1	1,1	2,1	3,3

*k = 0,0-0,5 susza drought k = 0,6-1,0 posucha light drought k > 1,0 wilgotno wet condition

Próbki gleby do oznaczania mineralnych form azotu pobierano z warstwy gleby 0–30 cm i 30–60 cm przy użyciu świdra glebowego. Powierzchnia poletka wynosiła 25 m². Próbki gleby pobierano z czterech miejsc na poletku i łączono w jedną próbkę ogólną. Po pobraniu próbkę ogólną (ok. 400 g) umieszczano w woreczku z tworzywa sztucznego. Do czasu wykonania analizy próbki przechowywano w stanie zamrożonym. Analizy zawartości jonów azotanowych (NO₃⁻) i amonowych (NH₄⁺) wykonywano reflektometrycznie przy użyciu reflektometru RQ Flex Merck. Do ekstrakcji jonów azotanowych i amonowych wykorzystano roztwór 0,01 mol dm⁻³ chlorku wapnia (CaCl₂). Otrzymane wyniki przeliczono na zawartość N-NO₃ i N-NH₄ w suchej masie gleby. Następnie

zsumowano zawartość N-NO₃ i N-NH₄, uzyskując zawartość N-mineralnego. Wykorzystując współczynnik dla 30 cm warstwy gleby lekkiej (4,5), obliczono zawartość N-mineralnego w kg ha⁻¹ [Fotyma i in. 1998]. Podczas zbioru określano wielkość plonu bulw oraz pobierano pięciokilogramowe próby bulw z każdego poletka w celu określenia ich składu chemicznego. Zawartość azotanów w świeżej masie bulw oznaczono, stosując kolorymetryczną metodę z wykorzystaniem reakcji Griessa po uprzedniej redukcji azotanów do azotynów przy pomocy mieszaniny manganu i cynku [Zalewski 1971].

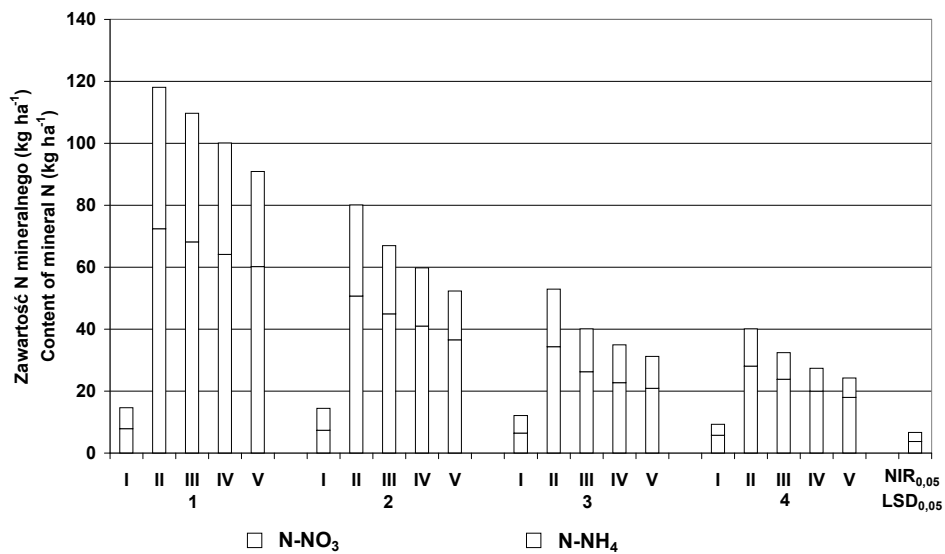
Wyniki opracowano, posługując się analizą wariancji i odczytując wartości krytyczne dla badanych czynników (przy poziomie istotności p=0,05) z tablic w układzie F-Snedecora.

WYNIKI

Dobry stan kultury gleby, prawidłowa agrotechnika i dość sprzyjający układ warunków meteorologicznych w czasie wegetacji (tab. 1) przyczyniły się do uzyskania wysokich plonów bulw. Najwyższe plony, przekraczające 55 t ha⁻¹ świeżej masy bulw, uzyskano na obiektach z dawką 150 kg N ha⁻¹, stosowaną w całości doglebowo bądź z udziałem 10 i 20% tej dawki aplikowanej dolistnie (tab. 2). Plon otrzymany w obiekcie kontrolnym, bez azotu, był istotnie niższy (41,4 t ha⁻¹). Zmniejszenie dawki doglebowej azotu o 30% na korzyść trzykrotnego, dolistnego opryskiwania przyczyniło się również do statystycznie istotnego obniżenia plonu. Inni autorzy [MacKerron i in. 1996; Goffart i in. 1999; Trawczyński, Grześkiewicz 2000] donoszą także o niekorzystnym wpływie na plon ziemniaka zastąpienia nawożeniem dolistnym ponad 20% doglebowej dawki azotu.

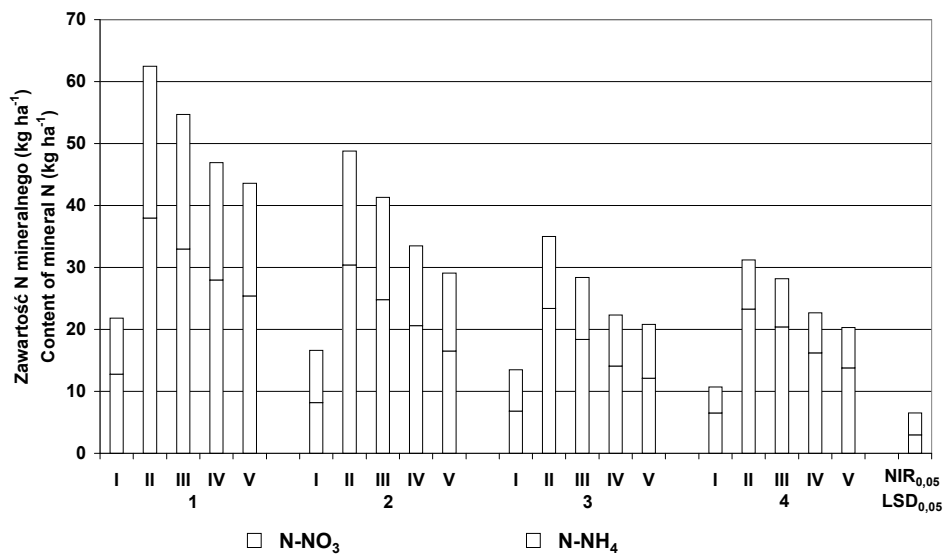
Tabela 2. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na plon i zawartość azotanów w bulwach
Table 2. The influence of different nitrogen treatments on the yield and content of nitrate in tubers

Dawka azotu Nitrogen dose		Plon bulw Tuber yield t ha ⁻¹	Zawartość azotanów mg NO ₃ ⁻ kg ⁻¹ świeżej masy Nitrate content mg NO ₃ ⁻ kg ⁻¹ in fresh matter
doglebowa into the soil	dolistna foliar application		
0	0	41,3	29
150	0	57,4	74
135	15	57,1	85
120	30	55,7	86
105	45	50,4	93
NIR _{0,05} LSD _{0,05}		4,9	25



Rycina. 1. Wpływ sposobu stosowania mocznika na zawartość N mineralnego w warstwie gleby 0–30 cm w zależności od terminu oceny prób

Figure 1. The influence of the method of urea application on the content of mineral N in the soil layer 0–30 cm in relation to the date of samples testing



Rycina 2. Wpływ sposobu stosowania mocznika na zawartość N mineralnego w warstwie gleby 30–60 cm w zależności od terminu oceny prób

Figure 2. The influence of the method of urea application on the content of mineral N in the soil layer 30–60 cm in relation to the date of sample testing

Mocznik zastosowany dolistnie nie zmienił zawartości azotanów w bulwach, co było potwierdzeniem wcześniej przeprowadzonych badań [Trawczyński, Grzeškiewicz 2000]. Zawartość azotanów w bulwach była istotnie wyższa w każdym obiekcie nawożenia azotem w stosunku do obiektu kontrolnego (tab. 2).

Wyniki przeprowadzonych badań są zbieżne z uzyskanymi wcześniej przez Trawczyńskiego [2001] oraz innych badaczy, twierdzących, że nawożenie azotowe ma istotny wpływ na zawartość mineralnych form azotu w glebie [Fotyma 1990, 1996; Müller, Gorlitz 1990; Ciećko i in. 1996; Rutkowska i in. 2002]. Badania własne [Trawczyński 2001] oraz innych autorów [Chmielewska, Dechnik 1987; Fotyma 1996] potwierdziły, że dawki azotu przekraczające 100 kg N ha^{-1} różnicują w sposób istotny zawartość azotu mineralnego w glebie. Stwierdzono, iż w obiekcie kontrolnym (bez azotu) w każdym terminie oceny prób glebowych zawartość form N-NO_3 i N-NH_4 w warstwie gleby 0–30 i 30–60 cm była kilkakrotnie niższa niż w obiekcie nawożonym dawką 150 kg N ha^{-1} (ryc. 1 i 2). Zastąpienie części podstawowego nawożenia doglebowego azotem aplikacją dolistną – w ilości 15, 30, 45 kg N ha^{-1} przyczyniło się do istotnego obniżenia zawartości azotu mineralnego w warstwie gleby 0–30 cm jak i 30–60 cm. Największą zawartość azotu mineralnego w glebie stwierdzono w pierwszym terminie oceny prób, co jak należy przypuszczać, wynikało z zastosowania doglebowego nawożenia azotem i rozwijającego się systemu korzeniowego, nie w pełni jeszcze przystosowanego do pobierania tego składnika z gleby. Podobną zależność potwierdzili Łabętowicz i Rutkowska [1996]. W drugim i trzecim terminie oceny zawartości N w glebie następował stopniowy spadek zawartości tej formy pierwiastka w warstwie gleby 0–30 i 30–60 cm. Tendencję tę obserwowano zwłaszcza w warunkach zastępowania nawożenia doglebowego azotem aplikacją dolistną. Najmniejszą zawartość mineralnych form azotu w glebie stwierdzono w czwartym terminie oceny, po zakończeniu okresu wegetacji roślin. W obiekcie nawożonym dawką podstawową (150 kg N ha^{-1}) zawartość azotu mineralnego (w warstwie gleby 0–60 cm) stanowiła ok. 70 kg ha^{-1} , w tym formy azotanowej (N-NO_3) około 50 kg ha^{-1} . W obiektach nawożonych azotem dolistnie z udziałem od 10 do 30% dawki podstawowej zawartość N-mineralnego wahała się od około 60 do 45 kg ha^{-1} , z czego formy N-NO_3 – od około 45 do 30 kg ha^{-1} (ryc. 1, 2).

Oznaczenie zawartości azotu mineralnego w glebie po zbiorze roślin może być wykorzystane w ocenie ekologicznych skutków nawożenia azotem. Na podstawie ustalonych przez Fotymę [2000] zawartości N-NO_3 w glebie lekkiej można przypuszczać, że nawożenie doglebowe azotem w dawce 150 kg N ha^{-1} oraz zastąpienie 10% dawki podstawowej nawożeniem dolistnym (15 kg N ha^{-1}) może spowodować wypłukanie części azotu mineralnego do głębszych warstw

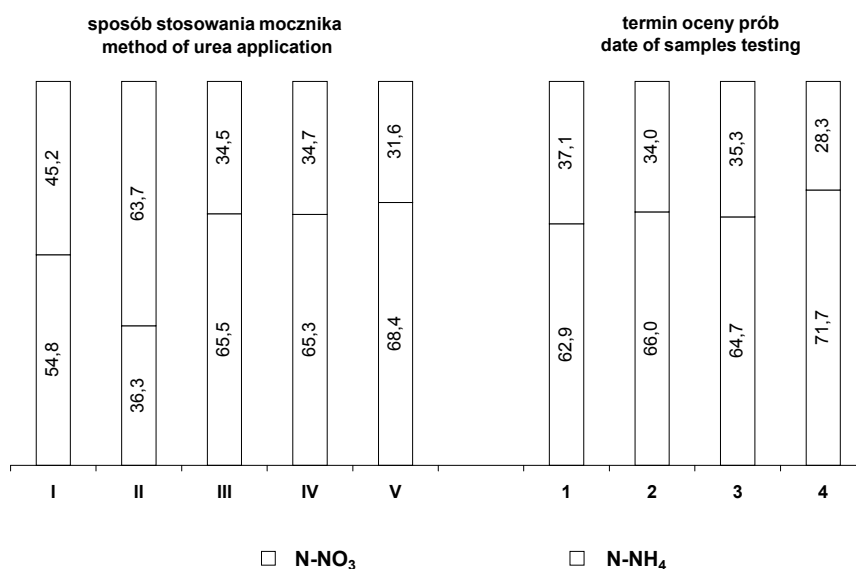
gleby i przyczynić się do skażenia wód gruntowych. Z badań własnych wynika, iż zastąpienie 20 i 30% dawki podstawowej azotu nawożeniem dolistnym (odpowiednio 30 i 45 kg N ha⁻¹), według ustalonego monitoringu, nie stanowiło takiego zagrożenia.

Powszechnie uważa się, że ilość azotu mineralnego w glebie w dużej mierze zależy od nawożenia obornikiem i może wzrosnąć po zbiorze roślin [Mazur 1996]. Fakt ten należy wiązać z niepełnym wykorzystaniem azotu z nawozu przez rośliny, a tym samym mineralizacji, która może nastąpić po zakończeniu wegetacji [Łabętowicz 1995; Fotyma i in. 1998; Fotyma i in. 1999]. W przeprowadzonych badaniach nawożenie azotem zastosowano na tle nawożenia obornikiem, stąd też należy przypuszczać, że zawartość mineralnej formy tego pierwiastka w glebie po zbiorze bulw może ponownie wzrosnąć. Müller i Gorlitz [1990] zwracają uwagę na niebezpieczeństwo nadmiernej ilości azotu mineralnego w glebie po zbiorach i podają, że przeciętna zawartość tej formy azotu jesienią (koniec listopada) w glebie o składzie mechanicznym piasku gliniastego w warstwie 0–60 cm wynosi 107 kg ha⁻¹. Autorzy sugerują, aby podjąć odpowiednie kroki w celu zmniejszenia N-mineralnego w glebie, wysiewając poplony lub przeznaczając pole pod uprawę roślin ozimych. Na podstawie uzyskanych wyników należy przypuszczać, że w okresie zimowym większe niebezpieczeństwo wypłukania azotu mineralnego stwarza dogłębowe wniesienie azotu niż nawożenie dogłębowe połączone z dolistnym.

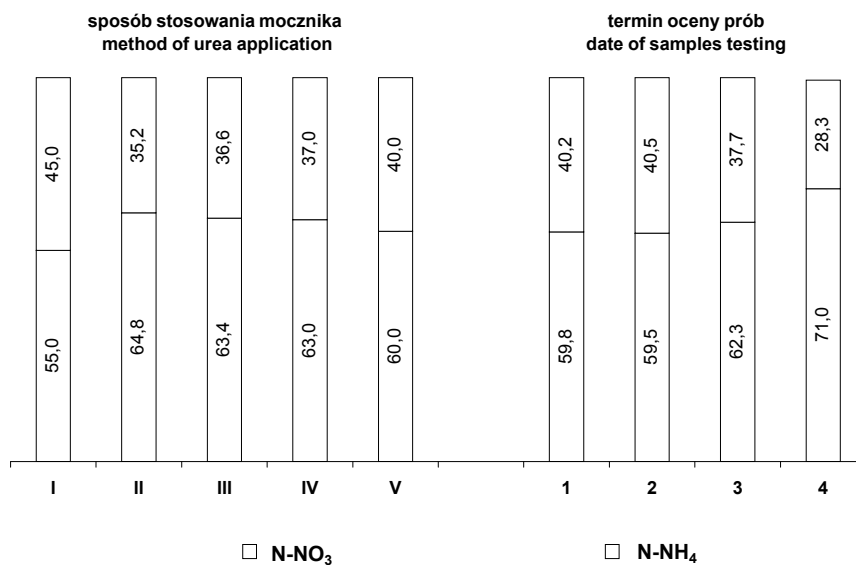
We wszystkich terminach oceny prób glebowych wykazano wyższą zawartość obu form azotu mineralnego w warstwie gleby 0–30 cm niż w warstwie 30–60 cm. Stwarza to szansę wykorzystania z gleby części azotu mineralnego, pozostającego po zbiorze roślin, przez młode rozwijające się rośliny poplonowe lub ozime [Fotyma 2000].

W badaniach własnych zwrócono również uwagę na udział formy azotanowej i amonowej w profilu glebowym. Okazało się, iż udział formy azotanowej był wyższy niż amonowej i stanowił około 60–68% ogólnej ilości azotu mineralnego w warstwie gleby 0–30 i 30–60 cm (ryc. 3, 4). Jedynie w obiekcie nawożonym dawką 150 kg N ha⁻¹ stwierdzono niższy udział formy azotanowej (około 36%) w wierzchniej warstwie gleby. Natomiast w obiekcie kontrolnym (bez stosowania azotu) stwierdzono, że udział formy azotanowej stanowił około 55% i to zarówno w warstwie wierzchniej, jak i w podglebiu. Wykazano ponadto, że po zakończeniu okresu wegetacji udział formy azotanowej w warstwie gleby 0–30, jak i 30–60 cm był wyższy niż w okresie wegetacji roślin i stanowił ponad 70% ogólnej ilości azotu mineralnego.

W glebach polskich stosunek jonów amonowych do azotanowych ulega dużym wahaniom. Według badań Fotymy i Boguszewskiej [1998] zawartość jo-



Rycina 3. Procentowy udział N-NO₃ i N-NH₄ w azocie mineralnym. Warstwa gleby 0–30 cm
Figure 3. Share of percentage N-NO₃ and N-NH₄ in the mineral nitrogen. Soil layer 0–30 cm



Rycina 4. Procentowy udział N-NO₃ i N-NH₄ w azocie mineralnym. Warstwa gleby 30–60 cm
Figure 4. Share of percentage N-NO₃ and N-NH₄ in the mineral nitrogen. Soil layer 30–60 cm

nów azotanowych w glebie w okresie późnej jesieni stanowi około 70% ogólnej ilości azotu mineralnego i zmniejsza się wczesną wiosną do około 50%. Świadczyć to może o wymywaniu części azotu azotanowego do głębszych warstw gleby i jego przenikaniu do wód gruntowych w okresie zimowym. Mając zatem na uwadze aspekt ekologiczny, należy zwracać uwagę zarówno na ilość, jak i sposób stosowania azotu.

WNIOSKI

1. Zastąpienie części doglebowego nawożenia mocznikiem (150 kg ha^{-1}) dawkami dolistnymi w ilości 10% i 20% nie zmienia istotnie plonu bulw ziemniaka.
2. W doglebowo-dolistnym nawożeniu ziemniaka jakość plonu bulw nie ulega istotnemu pogorszeniu, ponieważ ilość azotanów w bulwach kształtuje się poniżej dopuszczalnej normy.
3. Zamiana części doglebowego nawożenia mocznikiem aplikacją dolistną pozwala na obniżenie poziomu azotu mineralnego w glebie, a tym samym na zmniejszenie ryzyka zanieczyszczenia środowiska glebowego azotanami.

PIŚMIENICTWO

- Chmielewska B., Dechnik I. 1987. Wpływ nawożenia mineralnego na zawartość niektórych form azotu w brunatnej glebie lessowej. *Rocz. Nauk Rol., Ser. A*, 106, 2, 197-205.
- Ciećko Z., Wyszowski M., Szagała J. 1996. Wpływ 4-letniego stosowania mineralnych nawozów azotowych na zawartość N-NO_3 i N-NH_4 w glebach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 440, 27-33.
- Czuba R. 1996. Technika nawożenia mineralnego a zawartość azotanów w roślinach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 440, 65-73.
- Fotyma E. 1990. Badania nad wykorzystaniem testu N-min w Polsce. *Fragm. Agron.* 1, 5-22.
- Fotyma E. 1996. Wykorzystanie metody N min do oceny środowiskowych skutków nawożenia azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 440, 89-100.
- Fotyma E., Boguszewska M. 1998. Zawartość azotu mineralnego w glebach Polski jako wskaźnik stanu środowiska rolniczego. *Mat. Konf. Nauk. Dobre praktyki w produkcji rolniczej*, 1, 61-70.
- Fotyma E., Wilkos G., Pietruch Cz. 1998. Test glebowy azotu mineralnego – możliwości praktycznego wykorzystania. *Mat. Szkol.* 69/98. IUNG Puławy, 47.
- Fotyma M., Fotyma E., Stuczyński T. 1999. Wykorzystanie wyników analiz chemicznych w doradztwie nawozowym i ochronie środowiska. *Mat. Konf. Nauk. Dobra praktyka laboratoryjna*, 1, 28-44.
- Fotyma E. 2000. Zasady nawożenia azotem z wykorzystaniem testów glebowych i roślinnych. *Nawozy i Nawożenie* 3A, 17-37.
- Głuska A., Zgórska K. 2000. Charakterystyka zrejonizowanych odmian ziemniaka. *Wyd. IHAR*, 21-24.

- Goffart J.P., Guiot J. 1996. Influence of timing and type of N-fertilization on N-uptake and yield of potato and on soil mineral nitrogen status in Belgian Loam soil. 13th Trien. Conf. EAPR, Veldhoven, Netherlands, 391–392.
- Goffart J.P., Oliver M., Destain J.P. 1999. Interest of foliar – applied urea v.s. ammonium nitrate as supplemental N-dressing for the potato crop. 14th Trien. Conf. EAPR. Sorrento, Italy, 464–464.
- Lis B., Wierzejska-Bujakowska A. 2000. Wykorzystanie azotu przez jadalne odmiany ziemniaka a ich plonowanie. *Biul. IHAR*, 213, 87–98.
- Łabętowicz J. 1995. Skład chemiczny roztworu glebowego w zróżnicowanych warunkach nawożenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 421a, 245–251.
- 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.
- MacKerron D.K.L., Young M.W., Davies H.V. 1996. The use of foliar-applied urea as an effective means to adjust N-nutrition of potato. 13th Trien. Conf. EAPR, Veldhoven, Netherland, 389–390.
- Mazur T. 1996. Nawożenie organiczne a zawartość azotanów w glebie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 440, 239–247.
- Müller S., Gorlitz H. 1990. Wykorzystanie metody N min w NRD. *Fragm. Agron.* 1, 23–35.
- Neeteson J. 1989. Evaluation of the performance of three advisory methods for nitrogen fertilization of sugar beet and potatoes. *Neth J. Agric. Sci.* 37, 143–155.
- Rutkowska B., Łabętowicz J., Szulc W. 2002. Zawartość azotu mineralnego w profilu glebowym w warunkach wieloletniego trwałego doświadczenia nawozowego. *Nawozy i Nawożenie* 1, 76–82.
- Trawczyński C., Grzeškiewicz H. 2000. Wpływ sposobu stosowania mocznika na plon i jakość bulw ziemniaka. *Biul. IHAR* 213, 149–155.
- Trawczyński C. 2001. Wpływ opadów oraz zróżnicowanego nawożenia ziemniaka azotem na zawartość N-mineralnego w glebie. *Biul. IHAR* 217, 177–185.
- Vos J. Marshall B. 1993. Nitrogen and potato production: strategies to reduce nitrate leaching. 12th Trien. Conf. of EAPR Paris, 101–110.
- Zalewski W. 1971. Zagadnienie występowania różnych form azotu w warzywach w związku z nawożeniem azotowym. *Bromat. Chem. Toksykol.* 4, 147–153.