

EUGENIUSZ KOŁOTA

**PROBLEMATYKA Z ZAKRESU NAWOŻENIA WARZYW
POŁOWYCH AZOTEM NA XXVI MIĘDZYNARODOWYM
KONGRESIE OGRODNICZYM W TORONTO, KANADA**

*Z Katedry Ogrodnictwa
Akademii Rolniczej we Wrocławiu*

XXVI Międzynarodowy Kongres Ogrodniczy odbył się w dniach 11-17 sierpnia 2002 r. w Toronto, pod hasłem „Horticulture Art and Science for Life” i zgromadził przeszło 2300 uczestników z 87 krajów. Największą grupę stanowili Amerykanie (740 osób) i Kanadyjczycy (225) oraz naukowcy z Korei Południowej (199) – kraju, który podjął się organizacji kolejnego kongresu, Japonii (180), Chin (180). Mniej licznie reprezentowana była Europa, z Włoch przybyły 84 osoby, z Hiszpanii 44, z Wielkiej Brytanii 43, z Holandii 37, z Francji i Niemiec po 30, z Belgii 27, z Danii 22, z Węgier 19, z Polski 11, Rosji i Czech po 6 osób.

Zgłoszone na Kongres prace (ogółem w formie referatów i posterów – około 2360) podzielono tematycznie i prezentowano podczas 25 sympozjów poświęconych m.in.: taksonomii, biotechnologii i hodowli roślin ogrodniczych, wpływowi stresu na rośliny, znaczeniu roślin przyprawowych i leczniczych, produkcji szkółkarskiej, możliwości ograniczenia rozwoju patogenów wywołujących choroby odglebowe, uprawie pod osłonami, postępowi w pozbiorczym traktowaniu roślin ogrodniczych, nowoczesnym systemom uprawy roślin ogrodniczych, ekologicznemu kierunkowi w nawożeniu warzyw, postępowi w polepszeniu wschodów i produkcji rozsąd, ekonomicie produkcji i obrocie produktów ogrodniczych. Oprócz sympozjów odbyło się 7 kolokwium i 30 posiedzeń roboczych, m.in. na temat roli sztuki i nauki w polepszeniu jakości ludzkiej egzystencji, produkcji żywności bezpiecznej, wolnej od szkodliwych mikroorganizmów, znaczenia dla zdrowia żywności funkcjonalnej, metodyki badań systemu korzeniowego roślin ogrodniczych i alternatywnej dla bromku metylu metody odkażania podłoża. Wiele uwagi poświęcono hodowli, produkcji, ochronie i wykorzystaniu ziemniaka, który w Kanadzie zaliczany jest do roślin warzywnych.

W ramach sympozjum, zatytułowanego „Towards ecologically sound strategies for fertilization of field vegetables”, przedstawiono łącznie 61 prac, w tym 17 referatów. Jako wiodący uznany został referat **J.J.Netessona z Plant Research International**

w **Wageningen**, obejmujący problematykę ekologicznej produkcji warzyw. Wskazał on, że oferowane konsumentom warzywa powinny być starannie przygotowane i jednocześnie bezpieczne dla zdrowia. W Holandii podjęta została próba opracowania akceptowanego społecznie modelu uprawy warzyw. W 2000 r. podjęty został program „Rolnictwo przyszłości”, obejmujący m.in. założone w tym celu farmy eksperymentalne, w których rozwijane są koncepcje rolnictwa ekologicznego spełniającego wymogi dotyczące ochrony środowiska, oraz farmy produkcyjne, które z kolei sprawdzają w praktyce opracowane na farmach doświadczalnych systemy produkcji.

W produkcji ekologicznej uwzględniane są takie problemy, jak:

- źródła składników pokarmowych dla roślin,
- rola zmianowania,
- właściwe wykorzystanie resztek pozbiornych,
- wykorzystanie nawozów zielonych,
- wykorzystanie roślin okrywowych,
- wpływ roślin na występowanie szkodników,
- wartość odżywcza warzyw.

Większość, gdyż około 40, spośród prezentowanych prac dotyczyła problematyki związanej z nawożeniem N, a więc składnikiem najbardziej plonotwórczym, oddziałującym jednak bardzo istotnie na jakość produkowanych warzyw, ale także na środowisko rolnicze.

Zagadnieniu właściwego zaopatrzenia roślin w N poświęcony był referat **K. Thorup-Kristensena z Danish Institut of Agricultural Science** (Aarslev, Dania). Stwierdził on, że jednym z istotnych zagadnień wymagających rozwiązania w produkcji ekologicznej warzyw jest niedostatek N dla roślin, co wpływa na obniżkę plonu i jakość warzyw. Podjęte w Danii w 1996 r. badania miały na celu poprawę zaopatrzenia w azot dzięki m.in.:

- uprawie roślin motylkowatych w zmianowaniu,
- stosowaniu nawozów zielonych,
- odpowiedniemu następstwu roślin.

Doświadczenia wykazały, że istnieje możliwość otrzymania zadowolających pod względem wielkości plonów warzyw w uprawie ekologicznej. Plony pora i marchwi były w uprawie ekologicznej podobne, jak w uprawie konwencjonalnej, zaś cebuli, kapusty, grochu zielonego i jęczmienia jarego były niższe, ale na dobrym poziomie, biorąc pod uwagę standardy uprawy ekologicznej.

Wykazano, że jesienne okrycie gleby jest ważnym elementem w strategii zaopatrzenia roślin w azot. Jeżeli stanowią je nawozy zielone, rośliny okrywowe lub resztki poźniwne, wówczas N zawarty w glebie staje się dostępny dla roślin na wiosnę (zamiast jesienią), a przy tym jest to azot zawarty w wierzchniej warstwie gleby, możliwy zatem do wykorzystania przez rośliny. Dobrym rozwiązaniem jest tu podsiew roślin motylkowatych w zboża jare, co zapewni uzyskanie dobrego plonu zboża, a jednocześnie nawozu zielonego w jednym roku. W sytuacji, gdy nie ma możliwości zapewnienia jesiennego okrycia gleby, ważne jest, aby w roku następnym uprawiać rośliny głęboko korzeniujące się – pobierające azot wymyty do głębszych warstw gleby.

Problematyka wykorzystania N z głębszych warstw gleby była prezentowana przez **K. Thorup-Kristensena** w kolejnym referacie prezentowanym na Kongresie. Jak dotychczas bilans azotu w glebie jest opracowywany na bazie przemian i zawartości tego składnika do głębokości 1,0 m lub nawet płycej. Wynika to z faktu, że główna masa

systemu korzeniowego znajduje się w glebie do tej głębokości, a także z trudności oceny zawartości N w głębszych warstwach.

Uznaje się obecnie, że azotany w glebie na głębokości > 1 m nie są dostępne dla roślin, a zatem jest to część azotu wymyta z gleby i stracona dla roślin. Służą one do pomiaru wymywanego N z gleby. Jest jednak wiadomo, że niektóre rośliny mają system korzeniowy sięgający głębiej, a badania wykazały, że rozwój korzeni i pobieranie N może mieć miejsce przy głębokości co najmniej do 2 m. Dla oceny roli głęboko rozmieszczonych korzeni w glebie w pobieraniu azotanów przez warzywa przeprowadzono badania z kapustą głowiastą białą, marchwią i kukurydzą cukrową. Rozwój systemu korzeniowego badano za pomocą minirizotronu, a pobieranie azotanów z głębszych warstw gleby przy użyciu $\text{NaN}^{15}\text{O}_3$. W badaniach tych udowodniono, że kapusta posiadała korzenie na głębokości co najmniej 2,4 m, marchew – 1,4 m, a kukurydza cukrowa – 0,6 m. Stosunkowo płytki system korzeniowy kukurydzy był prawdopodobnie wynikiem wyjątkowo chłodnego lata w czasie, gdy przeprowadzono badania.

Stwierdzono dobrą korelację między rozmieszczeniem systemu korzeniowego w glebie a pobieraniem N^{15} przez warzywa. Marchew, a szczególnie kapusta, wykazywały stosunkowo duże ilości N^{15} pobranego z warstwy gleby poniżej 1 m, oraz niewielkie, choć statystycznie udowodnione, pobieranie N^{15} z głębokości 1,4 m u marchwi i 2,4 m u kapusty.

W innym doświadczeniu wykazano, że głębokość systemu korzeniowego przy zbiorze wynosiła 25 cm u cebuli i > 250 cm u kapusty. Cebula powoli wschodzi i jej wzrost głębokości korzenia wynosi około 3 mm/dzień, podczas gdy u kapusty sięga nawet 15-20 mm/dzień.

Rezultaty prowadzonych badań wskazują, że N zawarty w głębokich warstwach gleby może być istotnym źródłem tego składnika dla roślin głęboko korzeniujących się. Warzywa takie mogą zmniejszyć wymywanie N z gleby, zaś obliczenia bilansu N z uwzględnieniem tylko górnych, do 1 m głębokości warstw gleby, może być w praktyce niewystarczające.

W bilansie azotu w glebie istotne znaczenie mają resztki pozbiornicze, na co zwrócił uwagę **C. Rahn z Horticulture Research International** (Warwick, Anglia). Według danych FAO w Europie stosuje się prawie 1/4 miliona ton nawozów azotowych w polowej uprawie warzyw. Wymagania warzyw w tym zakresie są zróżnicowane i sięgają $300 \text{ kg N}^{-1} \cdot \text{ha}$ dla kapusty, $250 \text{ kg N}^{-1} \cdot \text{ha}$ dla kalafiora, $200 \text{ kg N}^{-1} \cdot \text{ha}$ dla sałaty, $150 \text{ kg N}^{-1} \cdot \text{ha}$ dla pora, $90 \text{ kg N}^{-1} \cdot \text{ha}$ dla cebuli, $60 \text{ kg N}^{-1} \cdot \text{ha}$ dla marchwi. Nawożenie to może mieć szkodliwy wpływ na środowisko, zwłaszcza jeśli stosowane jest w nadmiarze i część azotu, nie wykorzystana przez rośliny, pozostaje w glebie po zbiorze. Inne ryzyko z tym związane stanowią resztki pozbiornicze, które np. u kapusty brukselskiej stanowią $> 70\%$ wytworzonej biomasy. W grupie warzyw o największej $> 150 \text{ kg N}^{-1} \cdot \text{ha}$ zawartości azotu w resztkach pozbiorniczych znalazły się kapusta brukselska i kalafior, w granicach $100\text{-}150 \text{ kg N}^{-1} \cdot \text{ha}$ – kapusta i por, $50\text{-}100 \text{ kg N}^{-1} \cdot \text{ha}$ – fasola, sałata, burak ćwikłowy, rzodkiew, $< 50 \text{ kg N}^{-1} \cdot \text{ha}$ – marchew, cebula, rzodkiewka.

W Wielkiej Brytanii corocznie pozostaje na polach 4 mln ton resztek po zbiorze buraków cukrowych oraz 1 mln ton – po zbiorze ziemniaków i kapusty. Powrót do gleby bogatych w N resztek pozbiorniczych i ich mineralizacja, szczególnie w okresie jesienno-wiosennym, może prowadzić do poważnego zanieczyszczenia środowiska, na skutek wymywania N-NO_3 do wód gruntowych oraz tworzenia tlenków azotu, mogących wywołać tzw. efekt szklarniowy.

Ważne jest takie zagospodarowanie tych resztek, aby ograniczyć wymywanie N z gleby po zbiorze i zwiększyć jego wykorzystanie przez rośliny następcze. W tym celu przeprowadzono badania nad wykorzystaniem dodatków do gleby, umożliwiających sterowanie uwalnianiem się N z resztek pozbiornych. Użyto do tego różnych materiałów o szerokim stosunku C:N. Najlepsze wyniki dało użycie rozdrobnionego papieru odpadowego o stosunku C:N wynoszącym 513. Papier ten w największym stopniu redukował mineralizację resztek pozbiornych. Zastosowanie w polu tego materiału, którego ekwiwalentem było $3,75 \text{ t}^{-1} \cdot \text{ha C}$, łącznie z resztkami pozbiornymi buraków cukrowych, przyczyniło się w istotny sposób do ograniczenia procesu mineralizacji jesienią i strat N na skutek wymywania i denitryfikacji. Jednakże plon ziarna jęczmienia jarego, który uprawiano na tym polu, był zredukowany w stosunku do plonu z pola, gdzie przyorywano same resztki buraków.

Kilka prac zaprezentowanych na Kongresie dotyczyło możliwości wykorzystania nowych form nawozów N w uprawie roślin. M.in. **A. Hunter** z Irlandii przedstawił wyniki dotyczące zastosowania metylomocznika, zawierającego 40% N w formie spowolnionej, do nawożenia pól golfowych. Okazało się, że jego przydatność była mniejsza w porównaniu do innych nawozów nie spowolnionych, z uwagi na łatwe wymywanie przez wody gruntowe.

Z kolei **Weil Liu** (Chiny) oceniał skuteczność nawożenia pak-choi (*Brassica campestris ssp. chinensis*) aminokwasami dodawanymi do pożywki hydroponicznej. W badaniach stosowano:

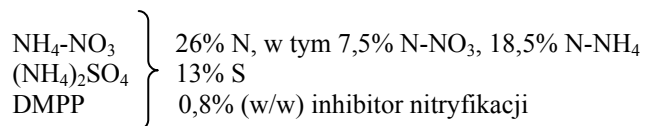
- 2 mmol – N w postaci glicyny,
- 2 mmol – glicyna + N mineralny,
- 2 mmol – N mineralny (saletra amonowa).

Po 45 dniach uprawy plon świeżej masy wynosił:

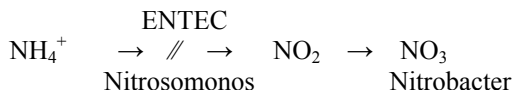
- 100% – przy użyciu saletry amonowej,
- 53,72% – przy użyciu glicyny,
- 76,79% – przy użyciu obydwu tych źródeł N.

Pak-choi pobierała z pożywki aminokwasy, niezależnie czy był w niej azot nieorganiczny, czy też go nie było. Autor podaje ponadto, że spośród badanych aminokwasów najlepsze źródło N stanowiły kolejno glicyna > kwas glutaminowy > lizyna > leucyna > alania.

R. Hähndel, W. Zerulla i A.H. Wissemeyer z BASF Agricultural Centre w Limburgerhof (Niemcy) przedstawili dwie bardzo interesujące prace na temat dodatku inhibitora nitryfikacji do mieszanki nawozów azotowych w postaci siarczanu amonu i saletry amonowej. Powstały nawóz o nazwie ENTEC 26 charakteryzuje się następującym składem:



Sposób działania inhibitora:



DMPP hamuje proces nityfikacji przez okres 4-10 tygodni (zależnie od przebiegu temperatury), dzięki czemu uzyskuje się następujące korzyści:

- obniżenie strat azotu na skutek wymywania,
- mniejsze zanieczyszczenie środowiska naturalnego na skutek wymywania N i emisji N₂,
- spadek zawartości azotanów w warzywach,
- bardziej intensywne zielone zabarwienie liści,
- wzrost plonu warzyw.

Największej skuteczności nawozu ENTEC 26 można oczekiwać w warunkach:

- obfitych opadów atmosferycznych (nawet po silnym deszczu DMPP pozostaje aktywny w wierzchniej warstwie gleby),
- nawadniania upraw,
- w uprawie warzyw na lżejszych glebach piaszczystych.

DMPP jest znacznie lepszym inhibitorem nityfikacji niż poprzednio stosowane, takie jak DCD (dwucyanodwuamid) i nitrapiryna. W przypadku DCD dla zahamowania procesu nityfikacji trzeba było użyć dużą dawkę inhibitora, zaś nitrapiryna uniemożliwiała otrzymanie nawozu trwałego w postaci stałej (łatwe jej odparowywanie po zastosowaniu). Przeprowadzone liczne doświadczenia na polach produkcyjnych w południowych Niemczech i w Andaluzji (Hiszpania) potwierdziły wysoką przydatność nawozu ENTEC 26 w uprawie warzyw polowych. Dodatek inhibitora wpływał bowiem korzystnie na plony warzyw, obniżając jednocześnie poziom akumulacji azotanów w roślinach.

Znaczący wzrost skuteczności nawożenia N, przy jednoczesnym zmniejszeniu zanieczyszczenia wody i powietrza, można osiągnąć poprzez ściółkowanie gleby. Zagadnieniem tym zajmował się **T.O. Zhaney** z Kanady, który stwierdził, że mulcze z folii, oddziałując na temperaturę gleby i jej uwilgotnienie, wpływają także na przemiany N w glebie, pobieranie tego składnika i wielkość optymalnej dawki N dla kukurydzy cukrowej. Okazało się, że na glebie nie okrytej folią nawożenie N nie miało wpływu na wielkość plonu handlowego w 1999 r., natomiast w 2000 r. spowodowało wzrost plonu:

- odmiany Speedy Sweet o 9,4%,
- odmiany Jester II o 7,6%.

Na glebie okrytej folią średni wzrost plonu pod wpływem nawożenia N wynosił 32% w 1999 r., a w 2000 r. – 96% u odmiany 'Speedy Sweet' i 43% u odmiany 'Jester II'. Najwyższy wzrost plonu, zanotowany pod wpływem jednoczesnego okrycia folią i nawożenia N, wynosił 77% (przy dawce 138 kg N/ha) w 1999 r. oraz w 2000 r. 127% dla odm. 'Speedy Sweet' przy dawce 134 kg N/ha i 69% dla odm. 'Jester II' przy dawce 175 kg N/ha. Zawartość N w glebie po zbiorze, w glebie ściółkowanej była o 19% niższa, mniejsze było tu także wypłukanie N z gleby.

Zagadnienie zanieczyszczenia wód gruntowych i w konsekwencji ujęć wody pitnej przewijało się w wielu referatach jako uboczny, niepożądany efekt nawożenia mineralnego N. Szerzej problematykę tą rozwinął **E. Simonne z University of Florida (USA)**, gdzie intensywna uprawa warzyw zajmuje obszar 142 000 ha i dostarcza 1,2 mld USD dochodu rocznie. W ramach programu tzw. dobrej praktyki rolniczej przeprowadzone zostały badania nad zanieczyszczeniem wód przez rolnictwo. W myśl tych zasad zawartość N-NO₃ w wodzie pitnej powinna być niższa niż 10 mg/l, a stosowane nawożenie powinno zapewnić opłacalność produkcji. Same azotany są wprawdzie mało toksyczne dla ludzi, ale należy pamiętać, że 5-10% azotanów zostaje zamienione na toksyczne azotyny w ślinie bądź w żołądku, co skutkuje methemoglobinemią i spadkiem ciśnienia

krwi, nie ma natomiast ewidentnych dowodów na ich działanie rakotwórcze. Zgodnie z zaleceniami WHO (1984) zawartość azotanów w wodzie pitnej nie powinna przekraczać $50 \text{ mg}^{-1} \cdot \text{l}$. W Unii Europejskiej maksymalna dopuszczalna zawartość azotanów wynosi np. dla świeżego szpinaku – $2500\text{-}3000 \text{ mg}^{-1} \cdot \text{kg}$, mrożonego szpinaku – $2000 \text{ mg}^{-1} \cdot \text{kg}$, sałaty – $2500\text{-}4500 \text{ mg}^{-1} \cdot \text{kg}$. Jeśli przyjmujemy zatem konsumpcję zalecanych ilości 2 l wody dziennie i do tego tylko 100 g warzyw, to dzienne spożycie azotanów sięgnie 200-400 mg/osobę. ADI (Acceptable Daily Intake) dla azotanów został określony na $0\text{-}3,7 \text{ mg}^{-1} \cdot \text{kg}$ wagi ciała człowieka, co przy wadze 75 kg daje wartość graniczną 277 g/osobę dziennie. Jest zatem oczywiste, że spożycie azotanów w ilościach przekraczających dopuszczalne normy (ADI) jest nie tylko rozważaniem hipotetycznym, ale zjawiskiem często spotykanym. Potwierdzają to wyniki uzyskane przez **W. Słoba** (1995), który wykazał, że 15% osób dorosłych spożywa dziennie azotany w ilościach przekraczających dopuszczalne normy, w odniesieniu do dzieci sięga to 45% populacji.

W badaniach prowadzonych na Florydzie poziom azotanów w wodzie na głębokości 1,6 m był monitorowany za pomocą lizymetrów.

Poziom N-NO_3 wynosił 20-150 mg/l w roztworze glebowym.

Wyjątek stanowił obiekt, w którym stosowano rośliny okrywowe, gdzie poziom ten wynosił 5-20 mg $\text{N-NO}_3/\text{l}$. W wodzie gruntowej poziom N-NO_3 wynosił $< 20 \text{ mg/l}$. Wyniki te wskazują, że przy obecnych zaleceniach nawozowych trudno jest utrzymać w wodzie gruntowej zalecany poziom N-NO_3 poniżej $10 \text{ mg}^{-1} \cdot \text{l}$. Redukcja nawożenia z kolei prowadzić będzie do obniżki plonu warzyw.

Kilka prac prezentowanych przez uczestników z USA, Kanady i Włoch zawierało wyniki dotyczące nowych metod oceny stanu odżywienia roślin oraz opracowania zasad nawożenia N przyjaznych dla środowiska naturalnego.

T. Hartz z University of California w Davis (USA) zwrócił uwagę na fakt, że zanieczyszczenie wody azotanami pochodzącymi z nawozów wzbudza dużą troskę w rejonach produkcji warzyw w USA. W przeciwieństwie do krajów Europy, gdzie są opracowane regulacje dotyczące nawożenia N w oparciu o bilans azotu, w USA producenci są skłaniani do postępowania zgodnie z zasadami dobrej praktyki rolniczej, w celu zminimalizowania ujemnych skutków nawożenia. W tym celu proponuje się monitorowanie stanu zasobności gleby i stanu odżywienia roślin.

Oznaczenie zawartości azotanów w glebie w celu określenia ewentualnych potrzeb nawożenia N zostało zastosowane w uprawie zbóż, a ostatnio także z sukcesem zaadaptowane dla warzyw ciepłolubnych i o umiarkowanych wymaganiach cieplnych. Proponowana jest wartość progowa $15\text{-}25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ N-NO}_3$ jako wskaźnik potrzeby nawożenia dla sałaty, kapusty, selera, pomidora dla przetwórstwa. Wprowadzenie tej metody może zredukować zalecane obecnie dawki nawożenia N o 30%, bądź nawet więcej, dla niektórych roślin i regionów. Autor przytacza wyniki badań z Arizony, które dowiodły, że zawartość N-NO_3 w glebie dawała lepsze wyniki w przewidywaniu reakcji roślin na nawożenie N niż analiza ogonków liściowych.

Również **S. Westerveld z Ontario (Kanada)** podaje, że tkankowa zawartość N-NO_3 jest bardzo zmienna i w badaniach z kapustą, marchwią oraz cebulą nie zawsze wykazywała zgodność z danymi z literatury. Autor uznaje zatem, że lokalne badania i weryfikacja połowa tych wyników są potrzebne przy wykorzystaniu krytycznych zawartości N w warzywach do oceny stanu odżywienia.

S. Westerveld z Ontario (Kanada), a także **G. Gianguito z Uniwersytetu w Padwie (Włochy)** przedstawili nowe metody oceny stanu odżywienia roślin azotem:

1. Metoda oceny stanu odżywienia roślin azotem na podstawie zawartości chlorofilu w liściach,

2. Metoda oceny stanu odżywienia roślin na podstawie zawartości azotanów w soku komórkowym.

Metoda I jest to pośredni test chlorofilowy oceny stanu odżywienia roślin azotem. Oparty jest na występowaniu dodatkowej zależności między zawartością N a ilością chlorofilu w liściach. Ocenę zawartości chlorofilu przeprowadza się chlorofilometrem SPAD 502 (skrót angielskiej nazwy Soil Plant Analysis Development) firmy Minolta (w Europie aparat ten nosi nazwę Hydro N-tester). Zastosowanie chlorofilometru daje przewagę nad metodami tradycyjnymi wykrywania niedoborów N, gdyż jest to:

- metoda szybka oznaczania stanu odżywienia,
- nie prowadzi do zniszczenia tkanki roślin,
- nie wymaga wyposażenia w dodatkową aparaturę i odczynniki chemiczne do analiz.

Aparat posiada dwie fotodiody emitujące światło o długości fali 650 i 940 nm. Światło o długości fali 650 nm pozostaje w zakresie maksymalnej absorpcji światła przez chlorofil. Długość fali 940 nm odpowiada zakresowi dalekiej czerwieni, gdzie nie ma przenoszenia widma chlorofilu, gdyż światło zatrzymuje tkanka liścia. Dwa detektory mierzą różnice między absorpcją światła przy 650 i 940 nm, a iloraz tych różnic jest wskaźnikiem zawartości chlorofilu. Wynik wyświetlany jako wartość liczbową jest średnią 30 poprawnie wykonanych pomiarów. Pomiary skrajne, najbardziej odbiegające od średniej, aparat eliminuje. Wynikiem pomiaru są liczby niemianowane, określane jako jednostki SPAD. Powierzchnia pomiaru na 1 liściu jest niewielka i wynosi 6 mm², ale wykonanie oznaczeń na 30 liściach u różnych roślin daje wynik wiarygodny. Do oceny bierze się młode, ale w pełni rozwinięte liście.

G. Gianguito z Uniwersytetu w Padwie (Włochy) wykazał przydatność tej metody do ustalania terminu nawożenia pogłównego ziemniaków. Stosowano w badaniach 30 kg N/ha w czasie wschodów ziemniaka i dalsze nawożenie po 18 dniach w zróżnicowanej wysokości: 30, 60, 90, 150, 210 i 270 kg N/ha.

Dodatkowo stosowano tu 4 kombinacje, w których nawożenie N stosowano w czasie, gdy wartość SPAD obniżała się poniżej krytycznego poziomu 39 jednostek SPAD. Było to 10% odchylenie od wartości progowej 45 SPAD, określonej w poprzedzających badaniach. W terminach tych dodawano w nawożeniu 30, 60 lub 90 kg N/ha doglebowo lub 9,2 kg N/ha dolistnie. Najlepszy ilościowo plon uzyskano w nawożeniu tradycyjnym w wysokości 30 kg N/ha w czasie wschodów + 150 kg N/ha w dalszym okresie uprawy. W nawożeniu dolistnym wg wskazań SPAD plon ten był podobny, lecz zużycie N było obniżone o 30% lub 60% w stosunku do tej dawki.

Inną metodą dotyczącą możliwości monitorowania stanu odżywienia roślin i określania potrzeb nawożenia pogłównego N jest oznaczanie koncentracji azotanów w soku komórkowym roślin za pomocą aparatu Horiba Cardy Model 141. Jest to metoda łatwa, szybka, a wyniki nie są uzależnione od temperatury otoczenia.

S. Westerveld i Tremblay z Kanady porównywali 3 metody monitorowania stanu odżywienia azotem cebuli, marchwi i kapusty:

1. Aparatem Horiba Cardy Model 141,
2. Chlorofilometrem SPAD-502 firmy Minolta,
3. Metodą laboratoryjną oznaczeń azotanów w glebie i roślinach.

• Okazało się, że Horiba Cardy NO₃ użyty do oznaczeń N-NO₃ w glebie wykazywał wysoką korelację z glebową zawartością N-NO₃ oznaczoną na 2 rodzajach gleb.

- Oznaczenia Horiba Cardy NO_3 w soku komórkowym były skorelowane z zawartością N-NO_3 oznaczoną laboratoryjnie w większości pobranych próbek 3 gatunków warzyw.

- Odczyty SPAD były mniej skorelowane z rezultatami laboratoryjnymi, lecz były również dobrym wskaźnikiem stanu odżywienia roślin. Wniosek końcowy jest taki, że obydwie metody mogą być użyteczne do poprawy zasad nawożenia N w uprawie marchwi, cebuli i kapusty.

Wcześniejsze badania nad porównaniem oceny stanu odżywienia N za pomocą chlorofilometru i zawartości N-NO_3 w soku komórkowym prowadzono w uprawie brokuła włoskiego, stosując 0, 50 i 100 $\text{kg N}^{-1} \cdot \text{ha}$ przed posadzeniem rozsady oraz 0, 50, 100 i 150 $\text{kg N}^{-1} \cdot \text{ha}$ w 5 tygodni po posadzeniu roślin. Okazało się, że pomiar zawartości N-NO_3 w soku komórkowym był metodą bardziej czułą, aniżeli zawartości chlorofilu. Po 5 tygodniach uprawy zróżnicowanie zawartości NO_3^- w soku komórkowym przy dawkach w granicach 0-100 $\text{kg N}^{-1} \cdot \text{ha}$ wyniosło 2980 ppm (1230 i 4210 ppm) i tylko 5,9 jednostek SPAD (60,6-66,5).

Podobne zależności obserwowano po 7 tygodniach od daty sadzenia, w odniesieniu do wyników zróżnicowanego przedwegetacyjnego nawożenia N, jak i nawożenia pogłównego. Koncentracja N-NO_3 w soku komórkowym wykazywała szybsze zmiany pod wpływem zastosowanego nawożenia pogłównego N, zastosowanego po 5 tygodniach, niż wskazania chlorofilometru. Wskazania chlorofilometru są z kolei bardziej stabilne i nie ulegają tak dużej fluktuacji, jak N-NO_3 w soku komórkowym. Dość długi bowiem okres czasu jest tu wymagany, by włączyć pobrany przez roślinę N w cząsteczki chlorofilu. Wskazania chlorofilometru muszą być ponadto skorygowane w zależności od odmiany, które genetycznie różnią się zawartością chlorofilu, a także warunków wzrostu rośliny.

Pomiar zawartości N-NO_3 w soku komórkowym jest także uzależniony od fazy wzrostu, zawartości wody w tkankach, lokalnych warunków wzrostu (miejscowości).

Kilka prac poświęcono reakcji roślin warzywnych na nawożenie azotem, w tym m.in. szparaga, cebuli i szpinaku, a także wpływu nawozów organicznych i mineralnych na wartość biologiczną plonu.

Prace z Polski dotyczyły wpływu nawozów zielonych i słomy na plonowanie warzyw w zmianowaniu (dwie prace **R. Jabłońskiej-Ceglarek**) oraz możliwości zastosowania żywych ściółek w uprawie pora, ich oddziaływania na plon, wartość odżywczą i przezimowanie roślin na polu (**E. Kołota**).