

# **Metody oceny stanu odżywienia roślin uprawnych azotem**

**Jarosław Stalenga**

*Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej*

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa*

*ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy*

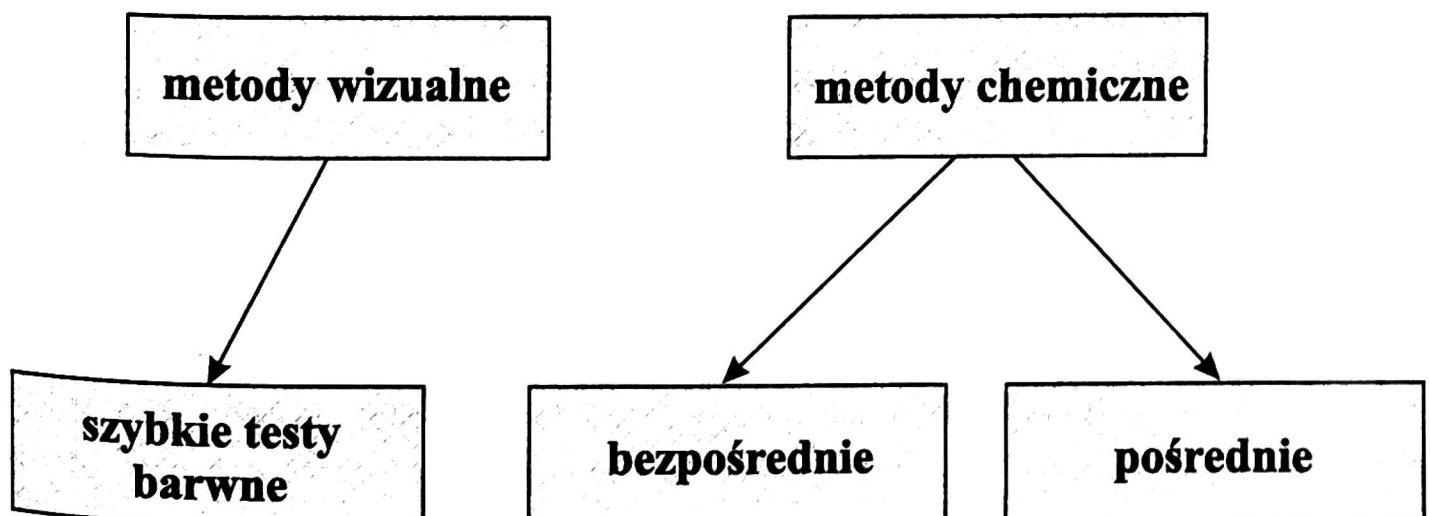
*e-mail: stalenga@iung.pulawy.pl*

**Słowa kluczowe:** składniki pokarmowe, stan odżywienia roślin uprawnych

## **Wstęp**

Zasadniczym kryterium oceny gospodarki składnikami nawozowymi w praktyce rolniczej, obok zasobności gleby, jest stan odżywienia makroelementami roślin uprawnych. Spośród istniejących składników pokarmowych najważniejsze znaczenie w produkcji rolniczej ma azot. W konsekwencji większość opracowanych i stosowanych testów odnosi się do oceny stanu odżywienia roślin tym właśnie składnikiem.

Według tradycyjnego podziału, przedstawionego poniżej, w badaniach stanu odżywienia roślin wyodrębnia się metody wizualne i chemiczne.



## Metody wizualne

---

W metodach wizualnych do oceny stanu odżywienia roślin wykorzystuje się barwne atlasy zawierające dokładne opisy stanów niedoboru konkretnego składnika. Znajdują one zastosowanie przede wszystkim w ocenach ostrych niedoborów. Ich mankamentem jest natomiast fakt, iż często deficytowi określonego składnika towarzyszy niedobór lub nadmiar innego, a niekiedy także podobne symptomy powoduje porażenie rośliny przez niektóre choroby, co prowadzi do nakładania się różnorodnych objawów. W konsekwencji symptomy niedoboru, charakterystyczne dla konkretnego składnika, ulegają spotęgowaniu bądź zatarciu i stają się trudne do rozpoznania. Pomocne mogą tu być tzw. szybkie testy barwne, lecz zdecydowanie bardziej przydatne są metody chemiczne, które wykazują już wypadki nieznacznych niedoborów składnika, częstokroć przebiegających bezobjawowo, ale mających wpływ na wielkość lub jakość plonu [4, 17, 25].

## Metody chemiczne

---

### Metody bezpośrednie

Metody te polegają w pierwszym etapie na określeniu w roślinie lub jej wybranych organach całkowitej zawartości składnika lub jego form jonowych. W kolejnym etapie wynik ten porównuje się z odpowiednim wzorcem stanu odżywienia, który określa się jako zawartość lub przedział krytyczny [10, 17].

Wzorcem takim jest punkt lub częściej odcinek krzywej kalibracyjnej wyznaczonej w doświadczeniach ze wzrastającymi dawkami danego składnika. Pozostałym odcinkom krzywej odpowiadają niedoborowe lub nadmiarowe stany zaopatrzenia w dany składnik. Wśród specjalistów nie ma jednomyślności co do liczby przedziałów charakteryzujących różne stany odżywienia. Jedni wyodrębniają trzy przedziały [28], jednak najczęściej stosuje się podział krzywej na 5 następujących części [4]:

- wyraźnego deficytu z widocznymi objawami zewnętrznymi;
- małego deficytu z ukrytymi objawami;
- zawartości wystarczających (przedział krytyczny) lub zawartości krytycznej;
- zaopatrzenia luksusowego;
- zawartości toksycznych.

Opisywana **metoda przedziału krytycznego** stanowi ważne, jednak niepozbawione wad i dlatego niezbyt precyzyjne narzędzie oceny stanu odżywienia roślin. Jedną z jej istotnych słabości jest fakt, iż w miarę rozwoju rośliny zmieniają się zawartości krytyczne pewnych składników. W konsekwencji muszą być one wyznaczane dla ściśle określonych faz rozwojowych. Inną jej słabością jest niedostateczne

uwzględnianie współdziałań składników pokarmowych, gdyż bardzo często zawartość lub przedział krytyczny jednego składnika zależy od stopnia zaopatrzenia rośliny w inne składniki [10, 17].

Próba rozwiązania tych problemów jest **metoda linii granicznych** stworzona przez Baiera, która polega na wykreślaniu krzywych zawartości składnika w zależności od wielkości plonu suchej masy 100 roślin danego gatunku zboża. W metodzie tej wykorzystuje się dane z tzw. obiektów kontrolnych z dużymi plonami. Krzywe graniczne umożliwiały wyznaczanie przedziałów krytycznych oraz zawartości niedoborowych i nadmiarowych danego składnika w całym okresie wegetatywnego rozwoju uprawianej rośliny [2].

Innym sposobem rozwiązania opisanych niedogodności jest **metoda kompleksowa**, w której wzorzec stanu odżywienia tworzy się na podstawie danych pochodzących z pól o rekordowych plonach, gdzie – przynajmniej w założeniu – nie miały wpływu inne czynniki ograniczające poza badanym. Test ten skalibrowany został w stosunku do wysokości roślin, a przedziały krytyczne zawartości składnika, podobnie jak w metodzie linii granicznych, wyznaczone zostały dla całego okresu wegetacji roślin [28].

**System DRIS** jest koncepcją, która niedoskonałości uprzednio omówionej metody (zawartości lub przedziału krytycznego) próbuje wyeliminować poprzez wykorzystanie do oceny stanu odżywienia roślin stosunków stężeń badanych składników. W metodzie tej wzorcem stanu odżywienia jest norma DRIS, na którą składają się dwie liczby. Pierwsza jest średnią arytmetyczną stosunków zawartości analizowanych składników w suchej masie roślin, natomiast druga jest ich wariancją lub współczynnikiem zmienności. Obie wartości wyznacza się dla populacji wysokich plonów na podstawie dużej liczby pomiarów. W celu oceny stanu odżywienia poszczególnymi składnikami oblicza się dla nich specjalne indeksy według ściśle określonych wzorów [10, 11]. Dotychczas prowadzono tylko nieliczne badania zmierzające do wyznaczenia norm DRIS dla roślin uprawianych w warunkach Polski. Badania te dotyczyły przede wszystkim zbóż, dla których wyznaczono normy głównie w fazie strzelania w źdźbło [12, 13, 26]. Istotną zaletą metody DRIS jest to, iż szereguje ona poszczególne składniki w kolejności od największego deficytu do największego nadmiaru. Wielu autorów zwraca jednak uwagę na wiele słabości, które towarzyszą tej metodzie [1, 5, 21, 27]. Podkreśla się, iż indeksy DRIS nie są niezależne, czyli zmiana wartości jednego różnicuje pozostałe. Stwierdzano również dość częste wypadki stawiania za pomocą tej metody nietrafnych diagnoz stanu odżywienia [5]. Ponadto wskazuje się, iż wbrew intencjom jej twórców – jest ona wrażliwa na fazę rozwojową roślin i normy powinny być wyznaczane dla określonej fenofazy [1, 21]. Zalety i wady metody przedziału krytycznego (PK) i systemu DRIS przedstawiono w poniższym zestawieniu [3]:

kryterium oceny	metoda PK	metoda DRIS
łatwość interpretacji wyników	umiarkowana	duża
łatwość obliczeń	duża	umiarkowana
ciągłość skali	brak	obecna
niezależność wskaźników	tak	nie
ranking składników	słaby	dobry
indeks równowagi żywieniowej	brak	obecny
pochodzenie norm	doświadczenia polowe	dane przeglądowe
wrażliwość na fazę rozwojową	duża	umiarkowana

Najbardziej współczesnym narzędziem oceny stanu odżywienia roślin azotem jest **indeks odżywienia azotem** – NNI (Nitrogen Nutrient Index) [24]. Jest on ilorazem aktualnej zawartości azotu i zawartości krytycznej, którą najczęściej wyznacza się, wykorzystując równanie regresji potęgowej o ogólnej postaci:

$$Y = a(W)^{-b}$$

gdzie:  $Y$  – oznacza zawartość azotu ogólnego w suchej masie,

$W$  – plon suchej masy [ $t \cdot ha^{-1}$ ],

$a$  i  $b$  – współczynniki równania.

Według Greenwooda wartości tych współczynników wynoszą:  $a = 4,8$  oraz  $b = (-0,32)$  i – jego zdaniem – powinny być stałe dla różnych gatunków roślin uprawnych przy optymalnym ich zaopatrzeniu w azot [19, 20]. Justes na podstawie innych badań uzyskał dla pszenicy i jęczmienia nieznacznie różniące się wartości ( $a = 5,35$  i  $b = -0,44$ ) [23]. Wartości tych współczynników wyznaczone w IUNG tylko w niewielkim stopniu odbiegały od zaproponowanych przez Greenwooda [14].

Innym nowym podejściem do oceny stanu odżywienia roślin, które próbuje przewyciężyć słabości metody zawartości lub przedziału krytycznego oraz koncepcji DRIS, jest stworzony przez Baldocka system PASS (Plant Analysis with Standardised Scores) [3]. Podstawowym założeniem tego systemu jest teza, iż obie wspomniane metody nie wykluczają się, lecz są komplementarne. Ich wzajemne uzupełnianie się polega na tym, iż słabe strony jednej metody są kompensowane przez mocne strony drugiej. Do wyznaczenia wskaźników stanu odżywienia wykorzystano w systemie PASS formułę tzw. pomiaru standaryzowanego:

$$Z = (C - M) / SD$$

gdzie:  $Z$  – wartość pomiaru standaryzowanego dla określonej obserwacji,

$C$  – wartość konkretnego pomiaru,

$M$  – wartość średniej dla badanej populacji,

$SD$  – wartość odchylenia standardowego.



Opierając się na tej formule wyprowadzono wzór, który w metodzie tej jest podstawowym indeksem służącym do oceny stanu odżywienia. Należy zauważyć, iż standaryzacja zastosowana w metodzie PASS prowadzi do zmiany skali i wyrażania pomiarów w jednostkach odchylenia standardowego. Dzięki temu pozwala ona, co jest według twórcy metody największą jej zaletą, wyeliminować do pewnego stopnia oddziaływanie niektórych czynników ograniczających, pozostawiając wpływ tych, które chcemy uwzględnić, co w badaniach tego typu jest niezwykle istotne [3].

## Metody pośrednie

W pośrednich metodach chemicznych oceny stanu odżywienia wykorzystuje się wskaźniki, których wartości są silnie skorelowane z zawartością badanego składnika. Większość metod pośrednich opiera się na wskaźnikach biochemicznych, np. w wypadku oceny stanu odżywienia azotem może to być aktywność reduktazy azotanowej lub zawartość chlorofilu w liściach [6, 29].

Ten ostatni wskaźnik wykorzystano w nowej, nieinwazyjnej metodzie, która opiera się na pomiarze ilości światła o określonej długości fali odbitego od badanego obiektu. Do pomiarów wykorzystuje się aparat SPAD-502, zwany także N-Testerem lub chlorofilometrem. Kalibracji odczytów SPAD z reguły dokonuje się w stosunku do wybranych wskaźników roślinnych, np. plonu roślin lub pobrania azotu z plonem [7, 8]. W IUNG opracowano inny, ciekawy sposób kalibracji wartości SPAD w stosunku do opisywanego wcześniej Indeksu NNI. W efekcie wyznaczono krytyczną wartość odczytu SPAD oraz współczynniki korekcyjne dla wielu odmian pszenicy ozimej [8, 9, 16]. Inne badania prowadzone przez Fotymową na polskich odmianach różnych gatunków zbóż potwierdziły stałość różnic międzyodmianowych w zawartości chlorofilu niezależnie od stanu odżywienia roślin azotem [15].

Dużą zaletą tej metody jest fakt, iż na krytyczną wartość odczytu SPAD ma niewielki wpływ faza rozwojowa. Przyjmuje się, iż dla roślin optymalnie odżywionych azotem odczyty te w całym okresie wegetatywnego rozwoju powinny wykazywać stałą wartość [9].

Niektórzy autorzy zwracają jednak uwagę na pewne słabości tej metody. Hoel i Solhaug, prowadząc badania na pszenicy ozimej, stwierdzili, iż przy dużym nasłonecznieniu odczyty SPAD były wyraźnie mniejsze niż w godzinach wieczornych lub w okresach dnia o małej intensywności nasłonecznienia [22].

Mimo to wydaje się, iż metoda ta ze względu na swoją niedestrukcyjność oraz szybkość oznaczeń stwarza bardzo ciekawe perspektywy w badaniach stanu odżywienia roślin [9, 29]. Z drugiej strony może być ona przydatnym narzędziem w ustalaniu potrzeb nawozowych roślin w stosunku do azotu [14, 18].

Nowe metody oceny stanu odżywienia, w porównaniu z klasycznymi testami, pozwalają obecnie szybciej, mniej destrukcyjnie oraz precyzyjniej określać potrzeby pokarmowe roślin uprawnych. Do innych poważnych wad klasycznych testów roślinnych należy zaliczyć: niedostateczne uwzględnianie współdziałania składników pokarmowych, trudności z szybkim i dokładnym odniesieniem uzyskanego wyniku do potrzeb nawozowych roślin, a także względność wzorca stanu odżywienia. To ostatnie wiąże się z dużą zmiennością warunków siedliskowych, pogodowych oraz agrotechnicznych, w jakich wypracowywane są wzorce stanu odżywienia roślin. Rodzi to w praktyce wiele problemów związanych z wyborem odpowiedniego do warunków testu oraz jego wiarygodnością. W takiej sytuacji bardzo pomocne stają się nowe testy roślinne (np. test SPAD), które dodatkowo stwarzają ciekawe możliwości praktycznego ich zastosowania w diagnostyce nawożenia.

## Literatura

- [1] Amundson R., Koehler F. 1987. Utilization of DRIS for diagnosis of nutrient deficiencies in winter wheat. *Agr. J.* 79(3): 472–476.
- [2] Baier J., Smetankova M., Chojnacki A., Neubert P. 1984. Wyznaczenie krzywych granicznych procentowej zawartości N, P, K, Ca i Mg dla pszenicy ozimej z pól kontrolnych. *Pam. Puł.* 2: 131–144.
- [3] Baldock J.O., Schulte E.E. 1996. Plant analysis with standardised scores combines DRIS and sufficiency range approaches for corn. *Agr. J.* 88(3): 448–456.
- [4] Bergmann W. 1992. Nutritional disorders of plants: development, visual and analytical diagnosis. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart, New York.
- [5] Beverly R. 1993. Re-evaluation reveals weaknesses of DRIS and sufficiency range diagnoses for wheat, corn, and alfalfa. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 24(5–6): 487–501.
- [6] Bezdusznik D. 1993. Wykorzystanie pomiaru zawartości chlorofilu do określania stanu odżywienia azotem pszenicy ozimej. *Fragm. Agron.* 4(40): 39–40.
- [7] Bezdusznik D. 1995. Possibility of chlorophyll meter test calibration to predict nitrogen status of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Fragm. Agron.* 2(46): 150–151.
- [8] Bezdusznik D., Fotyma E., Fotyma M. 1997. Chlorophyll meter (SPAD - 502) as a tool for predicting nitrogen nutritional status of winter wheat. IX Int. colloquium for the optimization of plant nutrition. Prague: 91–95.
- [9] Bezdusznik D. 1997. Ocena stanu odżywienia pszenicy ozimej azotem na podstawie pomiaru zawartości chlorofilu metodą optyczną (SPAD). IUNG Puławy (maszynopis): 78 ss.
- [10] Faber A. 1988. Ocena stanu odżywienia roślin makroelementami metodą zintegrowanego systemu diagnozy i zaleceń – DRIS. I. Wykorzystanie analizy roślin do określania potrzeb nawożenia. *Pam. Puł.* 93: 7–22.

- [11] Faber A., Filipiak K., Kryszkowska T. 1988. Ocena stanu odżywienia roślin makroelementami metodą zintegrowanego systemu diagnozy i zaleceń – DRIS. II. Zastosowanie metody na przykładzie pszenicy ozimej. *Pam. Puł.* 93: 23–35.
- [12] Faber A., Filipiak K., Kryszkowska T. 1988. Zalecenia nawozowe. Cz. III. Kontrola stanu odżywienia roślin metodą DRIS. Wyd. IUNG Puławy: 10–19.
- [13] Fotyma E. 1990. Określenie potrzeb nawozowych roślin w stosunku do azotu na przykładzie jęczmienia jarego. *Fragm. Agron.* 4(28): 4–78.
- [14] Fotyma E. 2000. Wykorzystanie glebowych i roślinnych testów do określania potrzeb nawożenia azotem w warunkach zrównoważonego rolnictwa. *Pam. Puł.* 120(1): 81–89.
- [15] Fotyma E. 2002. Zróżnicowanie odmianowe zawartości chlorofilu w liściach zbóż ozimych. *Pam. Puł.* 130/I: 171–178.
- [16] Fotyma E., Bezduszniak D. 2000. Ocena stanu odżywienia zbóż ozimych azotem na podstawie pomiaru indeksu zieloności. *Fragm. Agron.* 4(68): 29–45.
- [17] Fotyma M., Mercik S. 1995. Chemia rolna. Warszawa, Wyd. PWN: 219–226.
- [18] Giordani G., Guermandi M. 1995. Using the SPAD meter to assess nitrogen fertilizer requirements of wheat. *Informatore Agrario* 51(46): 27–31.
- [19] Greenwood D., Lemaire G., Gosse G., Cruz P., Draycott A., Neeteson J. 1990. Decline in percentage N of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> crops with increasing plant mass. *Annals of Botany* 66: 425–436.
- [20] Greenwood D., Gastal F., Lemaire G., Draycott A., Millard P., Neeteson J. 1991. Growth rate and % N of field grown crops: theory and experiments. *Ann. Bot.* 67: 181–190.
- [21] Hallmark W., Beverly R. 1991. Review: An update in the use of the Diagnosis and Recommendation Integrated System. *Journal of Fertilizer Issues* 8(3): 74–88.
- [22] Hoel B.O., Solhaug K.A. 1998. Effect of irradiance on chlorophyll estimation with the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Ann. Bot.* 82(3): 389–392.
- [23] Justes E., Mary B., Meynard J.M., Machet J.M., Thelier-Huche L. 1994. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. *Ann. Bot.* 74(4): 397–407.
- [24] Lemaire G., Gastal F. 1997. N uptake and distribution in plant canopies. W: Lemaire G. (red.) *Diagnosis of the nitrogen in crops*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg: 3–43.
- [25] Marschner H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. U.S. Edition published by Academic Press Inc., San Diego, CA 92101: 338–345.
- [26] Mercik S., Sommer K., Rossing K. 1993. Normy oceny stanu odżywiania pszenicy ozimej w różnych fazach rozwoju metodą DRIS. *Rocz. Nauk Roln. Seria A Produkcja Roślinna* 110(1–2): 33–42.
- [27] Rasmussen P. 1996. Effect of nitrogen, sulphur, and phosphorus sufficiency on nutrient content in white winter wheat. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 27(3–4): 585–596.
- [28] Vielemeyer H., Fotyma M. 1989. Stan i perspektywy diagnostyki potrzeb nawozowych na podstawie analizy roślin. *Fragm. Agron.* 1(21): 5–32.
- [29] Vouillot M., Huet P., Boissard P. 1998. Early detection of N deficiency in a wheat crop using physiological and radiometric methods. *Agronomie* 18(2): 117–130.

## **Diagnostic methods to evaluate the crop nutrition status**

---

**Key words:** nutrients, crop nutrient status

### **Summary**

Different methods used to evaluate the nutrition status of crops are described in the paper. Actually two groups of methods are distinguished: visual and chemical ones. The last ones include direct and indirect methods. Until now direct methods have had a dominant position. However, actually indirect methods become more and more popular mainly owing to their non-destructive character and quick results they give. SPAD test based on measuring of chlorophyll contents is a good example of such a method.