

**Alicja Pecio**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

## NAWOŻENIE ZBÓŻ JARYCH\*

**Słowa kluczowe:** zboża jare, potrzeby pokarmowe, potrzeby nawozowe, wapnowanie, azot, fosfor, potas, mikroelementy

### Wstęp

Gatunkami zbóż jarych najczęściej uprawianymi w Polsce są: pszenica, jęczmień i owies.

Ziarno pszenicy jarej wykorzystywane jest, podobnie jak pszenicy ozimej, do wyrobu mąki wypiekowej, do przygotowywania potraw mącznych oraz na paszę. Wartość wypiekowa ziarna pszenicy jarej jest z reguły lepsza niż ozimej. Pszenica jara uprawiana jest najczęściej w rejonach, w których niepewna jest uprawa pszenicy ozimej z powodu długotrwałej okrywy śnieżnej i niskich temperatur zimowych, a także po późnych przedplonach. W porównaniu z pszenicą ozimą formy jare wytwarzają system korzeniowy w głębszej warstwie gleby, jednak wzrost korzeni jest powolny w początkowym okresie rozwoju, co wpływa na jej dużą wrażliwość na susze wiosenne. Pszenica jara plonuje najwyżej na glebach kompleksu pszennego bardzo dobrego i dobrego oraz kompleksu żytniego bardzo dobrego i dobrego o odczynie lekko kwaśnym do obojętnego (pH 5,6–7,0).

Jęczmień jary jest wykorzystywany głównie do produkcji pasz treściwych (60–70% zebranego ziarna). Około 15% zbiorów wykorzystuje się do produkcji piwa i ponad 10% na cele konsumpcyjne. Ziarno przeznaczone na pasze powinno zawierać dużo białka o korzystnym dla zwierząt składzie aminokwasowym, natomiast ziarno jęczmienia browarnego nie powinno zawierać więcej niż 11,5% białka. Inne požądane parametry to: masa 1000 ziaren w granicach 40–45 g, jasnożółta barwa ziarna i celność – czyli udział ziaren o średnicy powyżej 2,5 mm co najmniej 95%. Wszystkie podane cechy mogą być w dużym stopniu modyfikowane przez odpowiednie nawo-

\* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.3 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

zenie. Jęczmień jary ma większe wymagania glebowe od ozimego, najlepiej plonuje na glebach kompleksu pszennego bardzo dobrego i dobrego, a także żytniego bardzo dobrego. Gleba nie może być zakwaszona, optymalny dla jęczmienia odczyn (pH) wynosi 6,5–7,3. Jęczmień jary, szczególnie uprawiany dla browarnictwa, wymaga klimatu cieplejszego niż inne zboża, wrażliwy jest zarówno na suszę, jak i na nadmiar opadów. Słaby system korzeniowy jęczmienia jarego sprawia, że zboże to ma szczególne wymagania odnośnie nawożenia.

Ziarno owsa zużywane jest głównie do celów paszowych, jednakże po pozbyciu plewek jest także przydatne do celów konsumpcyjnych. Dobra strawność ziarna umożliwia produkcję płatków i kasz. W porównaniu z innymi zbożami jarymi owies odznacza się dłuższym okresem wegetacji i większymi wymaganiami w stosunku do wody, jest natomiast mniej wymagający w stosunku do jakości gleb. Jeśli są one wystarczająco wilgotne, dobrze plonuje na wszystkich glebach, w zakresie pH od 5,5 do 7,0.

### Potrzeby pokarmowe

Potrzeby pokarmowe zbóż odpowiadają ilości składników, jakie roślina musi pobrać, aby wydać odpowiednio duży plon organów użytkowych. Można je obliczyć, mnożąc ilość składników potrzebnych na wyprodukowanie jednostki plonu przez wielkość przewidywanego plonu ziarna z hektara. Pobranie jednostkowe składników pokarmowych dla zbóż jarych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Pobranie składników pokarmowych przez wybrane gatunki zbóż jarych na jednostkę plonu głównego z odpowiednią masą plonu ubocznego

Roślina	Pobranie jednostkowe składnika (kg·t <sup>-1</sup> )			
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO
Pszenica	25,1	10,3	16,3	3,7
Jęczmień	21,0	9,6	16,4	3,8
Owies	22,2	10,8	22,0	3,7

Źródło: Jadczyzsyn, 2003 (7)

Dla zapewnienia plonu 5 t ziarna z ha pszenica jara pobiera w okresie wegetacji: 126 kg azotu (N), 51 kg fosforu (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 82 kg potasu (K<sub>2</sub>O), 19 kg magnezu (MgO). Dla wytworzenia takiego plonu jęczmień potrzebuje odpowiednio: 105 kg azotu (N), 48 kg fosforu (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 82 kg potasu (K<sub>2</sub>O) i 19 kg magnezu (MgO), a owies: 111 kg azotu (N), 54 kg fosforu (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), 110 kg potasu (K<sub>2</sub>O) i 19 kg magnezu (MgO). Owies wymaga zatem szczególnie dobrego zaopatrzenia w potas. Mikroelementy w przeliczeniu na 5 t ziarna pobierane są przez rośliny zbożowe w ilości: 28 g boru (B), 41 g miedzi (Cu), 355 g cynku (Zn), 530 g manganu (Mn), i 3,5 g molibdenu (Mo) (9).

## Potrzeby nawozowe

Składniki pokarmowe rośliny pobierają z gleby i nawozów. Ilość składników, jaką należy dostarczyć roślinom w nawozach zależy od potrzeb pokarmowych roślin oraz dostępności składników w glebie (2). Ilość składników pokarmowych w glebie określa się metodami analizy chemicznej. Ocenę zasobności przeprowadza się w oparciu o liczby graniczne (10).

Dawki nawozów w zależności od poziomu plonowania zbóż ozimych uprawianych na glebach o średniej zawartości składników pokarmowych przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Zalecane dawki nawozów mineralnych (kg ha<sup>-1</sup>) w zależności od prognozowanego plonu zbóż jarych

Roślina	Plon (t·ha <sup>-1</sup> )	Azot (N)	Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potas (K <sub>2</sub> O)	Magnez (MgO)
Pszenica	5	90	50	60	20
	7	110	65	80	20
	8	120	75	90	25
Jęczmień	6	80	55	65	20
	7	100	60	75	20
	8	120	70	85	25
Owies	4	40	40	45	10
	5	60	50	60	10
	7	120	65	80	15
	8	140	75	95	20

Źródło: Jadczyzyn i in., 2012 (8)

Dawki fosforu, potasu i magnezu proponowane w tabeli 1 należy zmodyfikować w zależności od zasobności gleby. Przyjmuje się, że w warunkach gleb o bardzo niskiej lub niskiej zasobności w P i K dawki tych składników w nawozach należy zwiększyć odpowiednio o 50 i 25%. W przypadku bardzo wysokiej lub wysokiej zawartości fosforu i potasu w glebie, dawki można zmniejszyć odpowiednio o 50 i 25%.

## Wapnowanie gleb

Podstawowym warunkiem uzyskania pożądanego plonu roślin jest uregulowany odczyn gleby. Wapnowanie powoduje wzrost plonowania roślin na skutek poprawy właściwości fizycznych, biologicznych i agrochemicznych gleby. Zmiany te umożliwiają lepszy rozwój systemu korzeniowego roślin i większe pobranie wody i składników pokarmowych, szybsze procesy rozkładu materii organicznej, nawozów naturalnych i organicznych oraz uruchomienie składników mineralnych z resztek roślinnych, neutralizację toksycznego glinu i manganu, a także uruchomienie trudno rozpuszczalnych związków fosforu.

Podstawą wyznaczenia dawek nawozów wapniowych jest pomiar stopnia zakwaszenia gleby – oznaczenie pH gleby i wyznaczenie na tej podstawie przedziału potrzeb wapnowania. Przedziały potrzeb wapnowania zależnie od kategorii agronomicznej gleby przedstawiono w rozdziale „Wapnowanie gleb” (w tym zeszycie). Warto zwrócić uwagę, że optymalny poziom zakwaszenia, za który można uznać przedział „ograniczone potrzeby wapnowania” jest zasadniczo inny na glebach lekkich niż na ciężkich. Na podstawie wyników wieloletnich masowych doświadczeń polowych określono zalecane dawki nawozów wapniowych dla gleb zaliczonych do poszczególnych przedziałów potrzeb wapnowania (tab. 3).

Tabela 3

Dawki nawozów wapniowych (t CaO·ha<sup>-1</sup>)

Kategoria agronomiczna	Potrzeby wapnowania			
	konieczne	potrzebne	wskazane	ograniczone
Bardzo lekkie	3,0	2,0	1,0	-
Lekkie	3,5	2,5	1,5	-
Średnie	4,5	3,0	1,7	1,0
Ciężkie	6,0	3,0	2,0	1,0

Źródło: mat. do opracowywania zaleceń nawozowych, 1989 (10)

Po wyznaczeniu zalecanej dawki nawozów wapniowych w przeliczeniu na CaO należy określić dawkę określonego nawozu wapniowego na podstawie zawartości CaO w nawozie wapniowym lub w przypadku nawozów wapniowo-magnezowych CaO i MgO. Na glebach lekkich zaleca się wapno węglanowe, a na gleby ciężkie można stosować zarówno wapno węglanowe, jak i tlenkowe. Na glebach kwaśnych ubogich w magnez należy zastosować wapno magnezowe. Nawożenie magnezem należy bezwzględnie stosować na glebach o bardzo niskiej i niskiej zasobności w magnez przyswajalny:

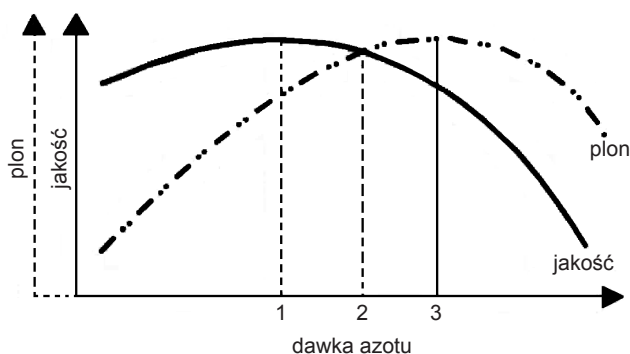
- na glebach wymagających wapnowania zaleca się stosowanie wapna magnezowego węglanowego lub tlenkowego,
- na glebach niewymagających wapnowania zaleca się stosowanie co 2–3 lata nawozu magnezowego w dawkach zapewniających około 100 kg Mg·ha<sup>-1</sup>.

### Nawożenie azotem

Azot jest jednym z najważniejszych składników plonotwórczych. Odgrywa kluczową rolę w procesach wzrostu i plonowania roślin uprawnych, rozpatrywanych w ujęciu fizycznej masy plonu ziarna, jak też jego jakości odnoszonej do wartości konsumpcyjnej, paszowej i przemysłowej. Klasycznym sposobem przedstawiania reakcji rośliny na zaopatrzenie w azot są funkcje produkcji. Analiza reakcji roślin zbożowych na nawożenie wzrastającymi dawkami azotu wskazuje na przyrost plo-

nów ziarna proporcjonalny do ilości pobranego przez roślinę składnika, lecz tylko do określonej dawki azotu (ściślej, do ilości azotu pobranego z gleby i nawozów). Powyżej tej krytycznej wartości dochodzi do zmniejszenia plonu ziarna.

W zbożach uprawianych na cele konsumpcyjne liniowy model akumulacji azotu pełni ważną plonotwórczą funkcję, gdyż prowadzi do wzrostu zawartości azotu w ziarnie, co nie zawsze ma związek z wielkością zbieranego plonu ziarna (5). Zakumulowane związki białka, głównie prolaminy (gluten), odgrywają podstawową rolę w jakości konsumpcyjnej tzw. ziarna chlebowego. Model „pełzającej” akumulacji azotu jest niepożądany w uprawie jęczmienia uprawianego na cele browarne, gdyż generalnie pogarsza wartość technologiczną ziarna na skutek zmniejszenia ekstraktywności słoju, spadku liczby Kolbacha, spadku produkcji słoju i ogólnego pogorszenia jakości piwa.



Rys. 1. Stopień odżywienia rośliny uprawnej azotem a plon i jakość technologiczna

Źródło: Grzebiś, 2008 (5)

Relacje zachodzące pomiędzy ilością dostarczonego azotu (dawką) a plonem ogólnym oraz ilością składnika niezbędną do utrzymania pożądanej jakości produktu są złożone. Dawki azotu muszą być precyzyjnie dopasowane do wymagań pokarmowych i warunków wzrostu roślin, aby możliwe było uzyskanie ekonomicznie opłacalnego plonu i odpowiedniej jego jakości. Wysokie dawki azotu maksymalizujące plon mogą być zbyt wysokie dla uzyskania pożądanej jakości technologicznej ziarna.

Najważniejszym źródłem azotu dla rośliny są nawozy mineralne. Azot zawarty w tych nawozach jest łatwo dostępny dla roślin, ale stopień jego wykorzystania przez rośliny zależy od wielu czynników: przede wszystkim od terminu i stosowania nawozów, tempa pobierania azotu, przestrzennego rozmieszczenia nawozów w glebie i systemu korzeniowego roślin. Ilość azotu mineralnego dostarczonego roślinom (z gleby i z nawozów) powinna odpowiadać potrzebom pokarmowym roślin. Zbyt mała ilość azotu ogranicza wzrost i rozwój roślin, co zawsze uwidacznia się w plonie końcowym ziarna i słomy. Zbyt duża ilość składnika stwarza niebezpieczeństwo zwiększenia jego strat i stanowi zagrożenie dla środowiska naturalnego. Obowiązuje

tu zatem znana zasada: „tak dużo azotu mineralnego jak to jest konieczne, tak mało jak to jest możliwe”. Ze względów środowiskowych ważne jest, aby po zbiorze ilość azotu mineralnego pozostającego w glebie była jak najmniejsza (4).

Przygotowując plan nawożenia zbóż, można jako podstawę przyjąć przeciętne dawki azotu, które przedstawiono w tabeli 2. Modyfikacja dawek azotu powinna uwzględniać uwarunkowania organizacyjno-technologiczne i warunki wegetacji oraz rozwoju zbóż.

Istotne znaczenie ma optymalny podział zaplanowanej dawki. Podział taki z jednej strony umożliwia elastyczne dostosowanie się do wymagań rośliny, jej tempa wzrostu i stadiów rozwojowych, z drugiej zaś strony daje możliwość elastycznego korygowania dawki i formy nawozu azotowego w trakcie sezonu wegetacyjnego w zależności od potrzeb łąki i przebiegu pogody. Dlatego terminy nawożenia uprawianej rośliny azotem powinny być tak dobrane, aby istotnie wpływać na kształtowanie plonu użytkowego:

- tworzenie pierwotnych podstaw struktury plonu,
- formowanie elementów struktury plonu – faza ta przypada na okres szybkiego wzrostu rośliny,
- kwitnienie i dojrzewanie.

Rośliny zbożowe akumulują 85–100% pobranego azotu w fazie wzrostu wegetatywnego. Maksymalne zapotrzebowanie przypada na fazę szybkiego wzrostu rośliny. Podczas fazy nalewania ziarna zachodzi proces remobilizacji związków organicznych azotu z zasobów zgromadzonych w fazie wzrostu wegetatywnego i niewielkie pobieranie z zasobów glebowych (5). Fazy krytyczne ujawniają się jednak w każdym okresie tworzenia plonu. Istotą nawożenia azotem jest taki dobór terminów stosowania nawozów, aby dostatecznie wyprzedzić fazę krytyczną, a ilość stosowanego składnika powinna wynikać z zapotrzebowania rośliny na azot w danej fazie rozwoju. Wyróżnia się trzy zasadnicze fazy krytyczne odżywiania azotem zbóż jarych:

- I. Przed wysiewem;
- II. Od strzelania w źdźbło do początku kłoszenia (BBCH 31-50);
- III. Od wykłoszenia do początku kwitnienia (BBCH 56-60).

Małe dawki nawozów azotowych ( $30\text{--}50\text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) mogą być stosowane w całości w pierwszym okresie. Większe dawki ( $80\text{--}90\text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) powinny być podzielone na dwie części i wnoszone w dwóch pierwszych okresach. Natomiast dawki największe, stosowane na polach o dużych plonach oraz w uprawie pszenic jakościowych, należy dzielić na trzy części.

### Nawożenie przedsiewne

Pierwszą, zasadniczą dawkę nawozów stosuje się w okresie bezpośrednio poprzedzającym siew zbóż jarych. Dawka ta powinna stanowić około 60% przeciętnej zalecanej dawki optymalnej podanej w tabeli 4. Podobnie jak w przypadku zbóż

ozimych, bardzo wskazane jest wykonanie testu glebowego  $N_{\min}$  i dokonanie na tej podstawie odpowiedniej korekty zaplanowanej dawki azotu.

Tabela 4

Ocena zawartości  $N_{\min}$  ( $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) w glebie do głębokości 60 cm wczesną wiosną

Kategoria agronomiczna gleby	Zawartość $N_{\min}$				
	bardzo niska	niska	średnia	wysoka	bardzo wysoka
Bardzo lekka	$\leq 30$	31-50	<b>51-70</b>	71-90	$> 90$
Lekka	$\leq 40$	41-60	<b>61-80</b>	81-100	$> 100$
Średnia i ciężka	$\leq 50$	51-70	<b>71-90</b>	91-100	$> 100$

Źródło: Jadczyński i in., 2012 (8)

Jeśli wynik testu  $N_{\min}$  wykazuje wysoką lub bardzo wysoką zawartość składnika w glebie do głębokości 60 cm, to planowaną dawkę nawozów można zmniejszyć o różnicę pomiędzy zawartością  $N_{\min}$  stwierdzoną w glebie pobranej z pola i górną granicą zawartości średniej dla takiej gleby. W przypadku zawartości bardzo niskiej lub niskiej zalecaną dawkę N należy zwiększyć o różnicę pomiędzy dolną granicą zawartości średniej i oznaczoną ilością  $N_{\min}$  w glebie. Jeśli wynik testu mieści się w przedziale zawartości średniej, dawka N pozostaje bez zmian.

Na bazie pomiaru zawartości azotu mineralnego w glebie pierwszą dawkę azotu można wyliczyć też z następującego wzoru:

Pierwsza dawka N w nawozach =  $0,6 \times$  wymagania pokarmowe rośliny – ilość  $N_{\min}$  w glebie.

Wymagania pokarmowe = przewidywany plon ziarna  $\times$  pobranie jednostkowe.

Pierwsza dawka azotu jest w praktyce jedyną dawką stosowaną pod jęczmień browarny. Przedsiwina dawka azotu pod zboża jare może być stosowana w formie stałej (mocznik, saletrzak, saletra amonowa) lub w formie roztworu saletrzano-mocznikowego, mocznika, saletrzaku czy salmagu. Mniej zalecanie, i tylko pod owies i pszenicę jarą, jest nawożenie płynnymi nawozami naturalnymi, o ile gospodarstwo dysponuje rozlewaczem z węzami rozlewowymi. Nawożenie azotem można połączyć z nawożeniem fosforem i potasem, stosując nawóz wieloskładnikowy o odpowiednim składzie.

Właściwe zaopatrzenie zbóż w azot w początkowym okresie wzrostu decyduje o rozkrzewieniu, czyli zwartości łanu, a częściowo również o liczbie kłosek w kłosie. Zbyt duża ilość azotu w tym okresie prowadzi do nadmiernego, niepotrzebnego krzewienia, przedłuża żywotność słabych pędów, które bezproduktywnie wykorzystują asymilaty, co w konsekwencji osłabia źdźbło kłosonośne. Zwiększa to również podatność zbóż na wyleganie i sprzyja nasilonemu występowaniu chorób.

## Dawki korekcyjne azotu – nawożenie w okresie wegetacji, II dawka N

Drugą dawkę azotu pod zboża jare stosuje się w okresie od strzelania w źdźbło do kłoszenia. Wielkość tej dawki nie powinna przekraczać 40% przeciętnej dawki optymalnej podanej w tabeli 2, z uwzględnieniem jej modyfikacji o wielkość dawki pierwszej.

Dobre zaopatrzenie zbóż w azot w fazie strzelania w źdźbło zapobiega redukcji źdźbeł kłosonośnych i kłosek, co umożliwi uzyskanie dużej liczby ziaren w kłosie. Termin zastosowania drugiej dawki azotu uzależnia się od obserwacji stanu odżywienia łanu. Przy przeciętnym stanie zasiewów dawkę tą stosuje się na początku fazy strzelania w źdźbło, natomiast przy bujnym wzroście roślin opóźnia się jej wniesienie nawet do początku kłoszenia. Im lepiej odżywiony łan, tym później należy zastosować jego dokarmianie, a w skrajnym przypadku zrezygnować z dokarmiania w ogóle. Wielkość dawki azotu stosowanej w tym okresie można uściślać za pomocą testów roślinnych.

Testy roślinne służą do oceny stanu odżywienia roślin azotem w czasie wegetacji i są metodą pomocniczą w uściśleniu potrzeb nawozowych roślin (4). Pomocnicza funkcja tej metody wynika z trudności przełożenia wyników testu na wielkość dawek azotu. Testy roślinne mają szczególne znaczenie w przypadku, gdy stwierdzone niedobory azotu mogą być uzupełnione nawożeniem pogłównym. Praktyczna możliwość dokarmiania azotem istnieje przede wszystkim w uprawie zbóż z założonymi ścieżkami przejazdowymi, a wyniki testów mogą być wykorzystywane jedynie do uściślenia drugiej wiosennej i ewentualnie kolejnych dawek składnika.

### Test barwny

Najstarszym sposobem oceny stanu odżywienia zbóż azotem jest test barwny. Test ten wykonuje się od fazy strzelania w źdźbło do fazy kłoszenia, traktując uzyskany sok roślinny 1% roztworem dwufenyloaminy. Otrzymaną barwę wyciągu ocenia się według skali trzystopniowej, w której stopień 0, czyli brak zabarwienia oznacza bardzo duże zapotrzebowanie na azot, a stopień 3, czyli zabarwienie ciemnoniebieskie – wystarczające lub nadmierne zaopatrzenie rośliny w ten składnik (tab. 5).

Tabela 5

Stan odżywienia zbóż azotem i korekta żywieniowa (test barwny)

Wartości wskaźnikowe testu	Dawki N (kg·ha <sup>-1</sup> )	
	faza BBCH 30/31	faza BBCH 50/51
0-0	50-40	90-60
1-2	40-20	60-30
2-3	20-0	30-0

Źródło: Sturm i in., 1994 (14)



## Test azotu ogólnego

Podstawową metodą oceny stanu odżywienia roślin jest analiza ich części wskaźnikowych, którymi mogą być liście, źdźbła lub cała masa nadziemna. Najstarszym sprawdzonym testem roślinnym jest test azotu ogólnego polegający na oznaczeniu w laboratorium zawartości azotu ogólnego w całej masie nadziemnej zbóż. Próbkę materiału roślinnego pobiera się w okresie pomiędzy pełnym krzewieniem a początkiem strzelania zbóż w źdźbło. W tabeli 6 przedstawiono możliwość uściślenia drugiej dawki azotu pod zboża na podstawie wyników analizy roślin (cała masa nadziemna).

Tabela 6

Uściślenie drugiej wiosennej dawki azotu pod zboża na podstawie zawartości azotu ogólnego w częściach nadziemnych roślin

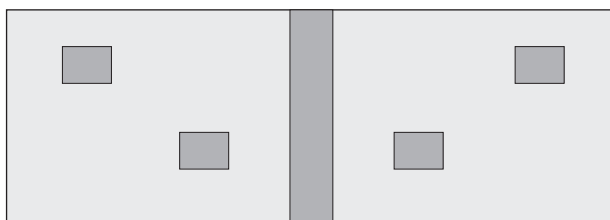
Potrzeby nawożenia	% N w masie nadziemnej zbóż w fazie strzelania w źdźbło			Modyfikacja drugiej dawki azotu
	pszenica	jęczmień	owies	
Bardzo małe i małe	>4,4	>4,0	>4,0	nie stosować
Średnie	4,2-4,4	3,8-4,0	3,8-4,0	zmniejszyć o 25–50%
Duże	3,0-4,2	3,2-3,8	3,0-3,7	utrzymać
Bardzo duże	<3,0	<3,2	<3,0	zwiększyć o 25–50%

Źródło: Fotyma, 2002 (4)

Zawartość azotu ogólnego zmienia się wraz z wiekiem rośliny. Rośliny młode w fazie krzewienia zawierają znacznie więcej azotu niż rośliny starsze w fazie kłoszenia, przy takim samym stanie odżywienia. Prawidłowość ta wynika ze zjawiska „rozcieńczenia azotu” w przyrastającej masie rośliny. Ma to określone konsekwencje praktyczne dla sposobu wykonywania i interpretacji testu. Test azotu ogólnego musi być wykonywany w ściśle określonej fazie rozwojowej, a wynik często jest interpretowany w odniesieniu do faz późniejszych.

## Metoda okna nawozowego

Jedną z najprostszych metod kontroli stanu odżywienia roślin, głównie zbóż azotem, jest tzw. metoda okna nawozowego (rys. 2).



Rys. 2. Poletka referencyjne (ciemnoszare) do wyznaczenia dawki azotu metodą SPAD lub „okna nawozowego” w łanie rośliny uprawnej (obszar jasnoszary)

Źródło: Grzebisz, 2009 (6)

Okno nawozowe, czyli poletko referencyjne, konstruuje się w czasie przejazdu ciągnika – w kilku miejscach łąnu (zależnie od wielkości pola) zamyka się siewnik nawozowy lub zmniejsza ilość wysiewanego nawozu, najlepiej o 50%. Następną dawkę azotu stosowana jest w momencie pojawienia się na poletku nienawożonym azotem widocznych objawów niedoboru tego pierwiastka. Stan ten informuje o wyczerpywaniu się zasobów azotu mineralnego w glebie. Metoda okna nawozowego jest znana rolnikom – wystarczy w okresie wegetacji obserwować łąny zbóż z wyraźnie widocznymi „omijkami”. Metoda ta wymaga od rolnika tylko działania celowego, czyli wprowadzenia, w podany wcześniej sposób, poletek referencyjnych. Rolnicy korzystający z tej metody uzyskują stabilniejsze plony, ponieważ kontrolują bieżący stan odżywienia roślin azotem, a liczba zabiegów nawożenia najczęściej wzrasta tylko o jeden. Metodę tą można wykorzystać przy ocenie stanu odżywienia roślin za pomocą testu SPAD.

### **Test SPAD**

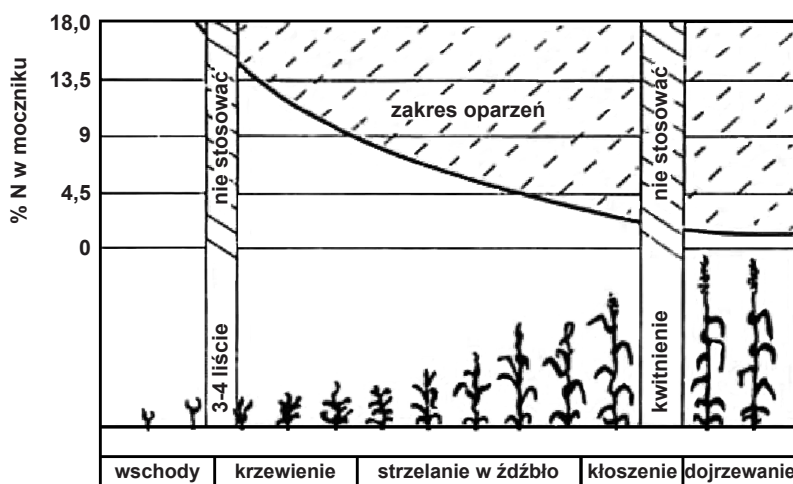
Metoda oceny stanu odżywienia roślin azotem polegająca na pomiarze indeksu zieloności liścia albo zawartości chlorofilu za pomocą specjalnie skonstruowanego przyrządu optycznego zwanego N-testerem. W teście tym dla oceny stanu odżywienia roślin azotem wykorzystuje się udowodnione zależności pomiędzy zawartością N, indeksem zieloności liścia i odczytami N-testera. Pomiary wykonuje się bezpośrednio w łąnie roślin „przyżyciowo”. Wynik pomiarów wyświetlany jest na ekranie w postaci tzw. jednostek SPAD. Proponowana metoda określania dawki azotu na podstawie aktualnej wartości SPAD opiera się na porównaniu stanu odżywienia roślin nawożonych i nienawożonych tym składnikiem. Przed wysiewem pierwszej dawki azotu należy przykryć folią fragment pola o powierzchni kilku m<sup>2</sup>, dzięki czemu powstanie nienawożone „okno kontrolne”. Przed zastosowaniem drugiej dawki należy zmierzyć wartość SPAD w łąnie nawożonym i w „oknie kontrolnym”, a następnie określić różnicę pomiędzy obu wartościami. Jeśli stan odżywienia roślin nawożonych przekracza 10% wartości uzyskanej dla roślin kontrolnych, na ogół pomija się lub opóźnia kolejny zabieg nawożenia. W sytuacji, gdy różnice pomiarowe są większe, należy wykonać nawożenie w dawce nieprzekraczającej 30 kg N·ha<sup>-1</sup> i ponownie wyznaczyć poletka referencyjne.

### **Nawożenie azotem na kłos, dawka III N**

Trzecią dawkę azotu stosuje się tylko na bardzo dobrze zapowiadające się łąny pszenicy jarej. Późne nawożenie azotem stosuje się w okresie od wykłoszenia do początku kwitnienia oraz w fazie początku nalewania ziarna w celu zwiększenia zawartości białka w ziarnie, poprawy właściwości wypiekowych mąki, a także dorodności ziarna. Nawożenie późne N zalecane jest praktycznie tylko w uprawie

pszenic odmian chlebowych przeznaczonych do przerobu technologicznego, w dawce 30–40 kg N·ha<sup>-1</sup> i nie mieści się w przeciętnych optymalnych dawkach azotu podanych w tabeli 2.

Późne dawki azotu można stosować w formie szybko działających nawozów saletranych (saletra amonowa lub saletra wapniowa) w formie stałej, a także w formie oprysków roztworami mocznika (3), przestrzegając dopuszczalnych stężeń tego nawozu (rys. 3). Gdy jest to możliwe, opryski roztworem mocznika łączy się z opryskami środkami ochrony roślin (herbicydy, fungicydy, retardanty, insektycydy), a gdy jest to konieczne, z opryskami roztworem siarczanu magnezu i wieloskładnikowymi nawozami płynnymi. W każdym przypadku należy sprawdzić, czy stosowane środki można mieszać z nawozami.



Rys. 3. Zakres bezpiecznego stężenia azotu w roztworze mocznika do dolistnego nawożenia pszenicy  
Źródło: Czuba, 1996 (1)

Ilość azotu, jaka może być zastosowana w dawce dolistnej wynika z ilości użytej cieczy roboczej na 1 ha (przeciętnie 300 l) oraz dopuszczalnej koncentracji azotu w roztworze mocznika, która zmienia się w okresie wegetacji pszenicy. Na początku fazy strzelania w źdźbło bezpieczne dla pszenicy stężenie azotu w roztworze mocznika wynosi około 9%, czyli w 300 l·ha<sup>-1</sup> cieczy roboczej można zastosować 27 kg N·ha<sup>-1</sup>, zaś w fazie początku kłoszenia tylko około 4–5%.

### Nawożenie fosforem i potasem

Krytyczne okresy pod względem zapotrzebowania na fosfor przypadają u pszenicy na fazy krzewienia i nalewania ziarna (wypełniania nasion). W pierwszym krytycznym terminie kształtuje się struktura plonu pszenicy. Stan odżywienia fosforem w tym okresie wpływa na liczbę kłosów, a w drugim – na masę ziarniaków. Akumulacja fosforu

w roślinie musi zachodzić progresywnie przez cały okres wegetacji. Korzystny wpływ dobrego odżywienia fosforem wiąże się zwykle z procesami fizjologicznymi, które zwiększając poziom tolerancji roślin na działanie czynników abiotycznych i biotycznych, zmniejszają stopień redukcji plonu i jego jakości. Nawożenie fosforem stymuluje wzrost korzeni. Dobrze rozwinięty i aktywny metabolicznie system korzeniowy, którego wielkość zależy od obecności łatwo dostępnego fosforu we wczesnych fazach rozwoju, jest jednym z istotnych wskaźników odporności roślin na suszę. Zapewniając roślinom dostateczne zaopatrzenie w wodę i składniki pokarmowe, stanowi też skuteczny mechanizm obronny przed chorobami. Działanie fosforu wynika z jego wpływu na metabolizm azotowy – fosfor zmniejsza zawartość niskocząsteczkowych form azotu stanowiących bezpośrednie źródło pożywienia dla chorobotwórczych mikroorganizmów. Dobre odżywienie roślin fosforem prowadzi także do wzrostu zawartości azotu białkowego i azotu aminokwasów egzogennych, a także witamin w ziarnie zbóż (5, 17). Rośliny lepiej odżywione fosforem dostarczają materiału siewnego wyższej jakości. W konsekwencji, większa zawartość fosforu w nasionach oznacza lepszy początkowy wzrost roślin.

Fosfor jest pierwiastkiem mało ruchliwym w glebie, stąd jego straty w wyniku wymywania do podglebia i wód gruntowych są niewielkie (15). Wykorzystanie fosforu z nawozów jest stosunkowo niskie (20–30%), co wynika głównie z jego uwsteczniania się w glebie. Proces ten zależy w dużym stopniu od odczynu gleby. Optymalne pobieranie fosforu zachodzi bowiem w zakresie pH 6,0–7,2. W glebach zakwaszonych, poniżej pH 5,5, ilość przyswajalnego dla roślin fosforu zmniejsza się w wyniku sorbowania lub wytrącania go przez tlenki żelaza i glinu. Z kolei w warunkach zasadowego odczynu gleby (pH > 7,2), pierwiastek ten jest wiązany przez wapń w związki niedostępne dla roślin (1, 6).

Potas jest podstawowym składnikiem mineralnym roślin, pobieranym w największych ilościach. Akumulacja potasu w fazie początkowej jest relatywnie nieduża. Wpływa jednak na pobieranie azotu, który z kolei określa szereg procesów kształtujących plon. Krytyczną fazą pobierania potasu jest faza od strzelania w źdźbło do początku kłoszenia, w której zachodzi intensywny przyrost suchej masy uwarunkowany zarówno odżywieniem azotem, jak i zaopatrzeniem w wodę. Potrzebne ilości potasu roślina uprawna może pobierać z gleby tylko wówczas, gdy uprzednio wytworzyła głęboki system korzeniowy zdolny do eksploatacji głębszych warstw profilu glebowego. Analogicznie jak dla fosforu, plonotwórczą rolę potasu trzeba rozpatrywać nie tyle w kontekście bezwzględnego wzrostu plonów uprawianych roślin, ile w aspektach minimalizacji działania czynników stresowych wywołujących utratę potencjału plonowania oraz pogorszenie jakości plonu użytkowego. Optymalne odżywienie potasem przynosi roślinie określone korzyści fizjologiczne. Właściwa kontrola gospodarki wodnej zwiększa tolerancję na niedobór wody (suszę), a kontrola produkcji aktywnych rodników tlenowych ogranicza wrażliwość na stres wywołany nadmiernym dopływem światła. Dostateczny udział potasu w budowie tkanki mecha-

nicznej zmniejsza podatność na wyleganie. Możliwość aktywacji  $H^+$ -ATPazy wpływa na zwiększone pobieranie i wzrost efektywności pobranego azotu, przy czym kontrola gospodarki azotowej jest jednym z czynników zmniejszających podatność na atak szkodników i porażenie przez choroby. Niedobór potasu prowadzi do zmniejszenia ilości wyprodukowanego przez roślinę białka i to niezależnie od stopnia odżywienia roślin azotem (5, 13).

Potas, w przeciwieństwie do fosforu, jest pierwiastkiem ruchliwym i dość łatwo przedostaje się w głąb profilu glebowego (11). W warunkach klimatycznych naszego kraju szczególnie duże ilości potasu są wymywane z gleb lekkich wytworzonych z piasków, o małej pojemności sorpcyjnej, jak również z gleb torfowych, wskutek słabego wiązania potasu przez substancję organiczną. Stratom potasu sprzyja kwaśny odczyn gleby, ponieważ w miarę spadku pH maleje siła wiązania tego składnika przez kompleks sorpcyjny (1, 6).

Wśród zbóż jarych pszenica jest średnio wrażliwa na niedobór fosforu i potasu. Prawidłowe nawożenie fosforem i potasem ma duże znaczenie przy produkcji ziarna jęczmienia na cele browarne. Fosfor sprzyja dobremu wykształceniu ziarna i zmniejszeniu procentowego udziału łuski. Potas polepsza zabarwienie ziarna. Spośród jarych roślin zbożowych największą zdolnością pobierania składników pokarmowych z gleby wyróżnia się owies.

Nawozy fosforowe i potasowe pod zboża jare stosuje się jesienią, najlepiej przed wykonaniem orki siewnej lub przedzimowej. Jedynie na glebach lekkich uzasadnione jest przeniesienie tej czynności na okres wiosennego przedsięwzięcia przygotowania pola. Nawozy te powinny być dobrze wymieszane z glebą na głębokość 15–20 cm. Wpływa to korzystnie na rozwój systemu korzeniowego roślin. Gdy wzrasta zapotrzebowanie roślin na składniki pokarmowe mogą one lepiej korzystać z umieszczonych głębiej nawozów. Podstawą ekonomicznie efektywnego nawożenia fosforem i potasem powinien być właściwy odczyn gleby.

Najczęściej stosowanymi formami nawozów fosforowych są superfosfaty (np. superfosfat potrójny zawierający 46%  $P_2O_5$ ), a nawozów potasowych – sole potasowe (np. sól potasowa zawierająca 60%  $K_2O$ ). Nawozy te mogą być mieszane i wysiewane łącznie. Stanowi to uproszczenie technologii nawożenia i zmniejsza skutki nierównomiernego rozmieszczenia nawozów. Należy pamiętać jednak, że mieszają się nawozy o podobnym uziarnieniu, tzn. granulowane z granulowanymi, a pyliste z pylistymi. Zmieszanie na przykład granulowanego superfosfatu z krystaliczną solą potasową prowadzi do rozwarstwienia mieszanki.

Do przedsięwzięcia nawożenia zbóż jarych przydatne są też nawozy wieloskładnikowe. Duży ich asortyment umożliwia wybór nawozu najlepiej dostosowanego do zasobności gleby i potrzeb pokarmowych rośliny. Są to nawozy zawierające dwa lub więcej podstawowych składników pokarmowych, tj. azot, fosfor, potas, a niekiedy także magnez oraz mikroelementy.

## Nawożenie mikroelementami

Spośród mikroelementów zboża są najbardziej wrażliwe na niedobór miedzi, manganu i cynku. Mimo że mikroelementy są potrzebne roślinom w bardzo małych ilościach, to ich niedobór może być czynnikiem ograniczającym plonowanie (9, 13). W roślinie występują w większości enzymów i spełniają rolę ich katalizatorów. Miedź bierze udział w biosyntezie białek oraz w syntezie hormonów wzrostu. Niedobór tego pierwiastka obniża zawartość azotu białkowego, powoduje chlorozę oraz słabe, wiotkie źdźbła zbóż. Mangan wpływa bezpośrednio na proces fotosyntezy, bierze udział w tworzeniu chloroplastów. Niedobór powoduje zahamowanie wzrostu i opadanie liści. Cynk jest aktywatorem enzymów biorących udział w przemianach białek, uczestniczy też w syntezie regulatorów wzrostu. Niedobór cynku sprzyja obniżeniu poziomu auksyn i zahamowanie wzrostu.

Szczególne zapotrzebowanie roślin na mikroelementy występuje w warunkach intensywnej produkcji roślinnej, przy stosunkowo wysokim nawożeniu. Efekty ich stosowania, zwłaszcza przy dużych niedoborach, dają opłacalną zwyżkę plonu i poprawę jego jakości. Przy niskiej zawartości składnika w glebie uzasadnione, a nawet konieczne jest nawożenie mikroelementami w dawce pokrywającej zapotrzebowanie roślin (tab. 7).

Tabela 7

Zalecane dawki mikroelementów w czystym składniku

Mikroelement	Dawka doglebowa (kg·ha <sup>-1</sup> )	Dawka dolistna (g·ha <sup>-1</sup> )
Miedź (Cu)	6-10	300
Mangan (Mn)	-	1200
Cynk (Zn)	8-12	600

Źródło: Sienkiewicz-Cholewa i Sekutowski, 2011 (12)

Przy średniej (optymalnej dla roślin) zawartości mikroelementów w glebie można stosować dokarmianie dolistne roślin działające stymulująco na przyrost biomasy i jakość plonów (16). Przy niskiej zawartości mikroelementów w roślinie w czasie wegetacji nawożenie dolistne ma charakter interwencyjny i służy uzupełnieniu niedoborów. Polega ono na opryskach rozworami soli technicznych, chelatów, skoncentrowanych płynnych nawozów mikroelementowych o odpowiednim stężeniu. Do tego celu służą preparaty wieloskładnikowe typu: Insol czy Plonovit, zawierające niewielkie, ale wystarczające ilości mikroelementów. Należy mieć na uwadze fakt, że lepszą przyswajalność i lepsze efekty plonotwórcze zapewni wniesienie tej samej ilości składnika w 2–3 opryskach, a nie w jednej, skoncentrowanej dawce. Istotny jest również termin stosowania nawozów dolistnych. Najlepsze efekty uzyskuje się, dostarczając składniki w fazach intensywnego wzrostu roślin. W przypadku zbóż jest

to okres od ukazania się drugiego kolanka do wykłoszenia. Niektóre opryski można połączyć z zabiegami przeciwko chorobom i szkodnikom.

### Podsumowanie

Dawki nawozów mineralnych należy dostosować do potrzeb pokarmowych zbóż oraz zawartości składników w glebie. Nawozy fosforowe i potasowe pod zboża jare stosuje się jesienią. Jedynie na glebach lekkich uzasadnione jest przeniesienie tej czynności na okres wiosennego, przedsięwzięcia przygotowania pola. Najczęściej stosowanymi formami nawozów fosforowych są superfosfaty, a nawozów potasowych – sole potasowe. Przydatne są też nawozy wieloskładnikowe. Plan nawożenia azotem musi mieć charakter otwarty, aby umożliwić modyfikację dawek azotu zależnie od uwarunkowań organizacyjno-technologicznych i przebiegu wegetacji zbóż. Istotne znaczenie ma optymalny podział zaplanowanej dawki. Pierwszą zasadniczą dawkę nawozów stosuje się w okresie bezpośrednio poprzedzającym siew zbóż jarych. Dawka ta powinna stanowić 60% przeciętnej zalecanej dawki optymalnej. Wskazane jest wykonanie testu glebowego  $N_{\min}$  i dokonanie na tej podstawie odpowiedniej korekty zaplanowanej dawki azotu. Pierwsza dawka tego składnika jest w praktyce jedyną dawką stosowaną pod jęczmień browarny. Przedsięwzięcia dawkę azotu pod zboża jare można stosować w formie stałej (mocznik, saletrzak, saletra amonowa) lub w formie roztworu saletrzano-mocznikowego (RSM). Nawożenie azotem można połączyć z nawożeniem fosforem i potasem, stosując nawóz wieloskładnikowy o odpowiednim składzie. Drugą dawkę azotu pod zboża jare stosuje się w okresie od strzelania w źdźbło do kłoszenia. Wielkość tej dawki nie powinna przekraczać 40% przeciętnej dawki optymalnej, z uwzględnieniem modyfikacji dawki pierwszej na podstawie testu  $N_{\min}$ . Wielkość i termin zastosowania drugiej dawki azotu uzależnia się od wyniku testu roślinnego lub obserwacji stanu odżywienia łanu. Im lepiej odżywiony łan, tym później należy zastosować jego dokarmianie, a w skrajnym przypadku zrezygnować z dokarmiania w ogóle. Trzecią dawkę azotu stosuje się w okresie od wykłoszenia do początku kwitnienia oraz w fazie początku nalewania ziarna tylko na bardzo dobrze zapowiadające się łany pszenicy jarej. Późne dawki azotu można stosować w formie szybko działających nawozów saletrzanych (saletra amonowa lub saletra wapniowa) w formie stałej, a także w formie oprysków roztworami mocznika, przestrzegając dopuszczalnych stężeń tego nawozu. Spośród mikroelementów zboża są najbardziej wrażliwe na niedobór miedzi, manganu i cynku. Szczególne zapotrzebowanie roślin na mikroelementy występuje w warunkach intensywnej produkcji roślinnej, przy stosunkowo wysokim nawożeniu. Efekty ich stosowania, zwłaszcza przy dużych niedoborach, dają opłacalną zwyżkę plonu i poprawę jego jakości.

---

## Literatura

1. Czuba R.: Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Police 1996, ss.413.
2. Fotyma E., Fotyma M., Pietruch C.: Produkcyjne i środowiskowe skutki nawożenia. Pamiętnik Puławski, zeszyt specjalny – produkcja roślinna w Polsce, 2002, **130/II**: 179-202.
3. Fotyma M., Mercik S.: Chemia Rolna. Wyd. PWN, Warszawa 1995, ss 336.
4. Fotyma E.: Nawożenie zbóż azotem. W: Produkcja i rynek zbóż, J. Rozbicki (red.). „Wiś Jutra”, Warszawa 2002, ss. 210-223.
5. Grzebisz W.: Nawożenie roślin uprawnych. I. Podstawy nawożenia. PWRiL, 2008, ss. 428.
6. Grzebisz W.: Nawożenie roślin uprawnych. II. Podstawy nawożenia. PWRiL, 2009, ss. 376.
7. Jadczyzyn T.: Doradztwo nawozowe w rolnictwie zrównoważonym. Upowszechnianie zasad dobrej praktyki rolniczej, cz. 1. Mat.Szkol., Puławy 2003, **87/03**: 33-46.
8. Jadczyzyn T., Kowalczyk J., Lipiński W.: Nawożenie mineralne na gruntach ornych i trwałych użytkach zielonych. Instr. Upowsz., IUNG-PIB, Puławy 2012, **184**: 1-23.
9. Kocón A.: Potrzeby nawożenia mikroelementami. Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy 2013, **8**: 133-144.
10. Materiały do opracowywania zaleceń nawozowych. IUNG Puławy, wyd. PWRiL, 1989.
11. Murawska B., Spychaj-Fabisia E.: Wpływ właściwości fizykochemicznych gleb na wymywanie potasu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., PAN, Warszawa 2001, **480**: 113-121.
12. Sienkiewicz-Cholewa U., Sekutowski T.: Czy warto nawozić mikroelementami? Nasza Rola, 2011, **3**: 28-33.
13. Stępień W.: Potas, magnez, wapń i mikroelementy w roślinie. W: Chemia rolna, podstawy teoretyczne i praktyczne, E. Ramus (red.). SGGW Warszawa, 2004, ss. 225-233.
14. Sturm H., Buchner A., Zerulla W.: Gezielter Düngen. Verlags Union Agrar, Frankfurt am Main, Verlags Union Agrar. 1994, ss. 472.
15. Sykut S.: Wymywanie makroelementów z gleb w lizymetrach. Nawozy i Nawożenie, PTN IUNG, Puławy 2000, **4(5)**: 18-26.
16. Szewczuk C.: Dokarmianie dolistne zbóż. Zboża wysokiej jakości, wszechstronne wykorzystanie. „Agro Serwis”, 2013, ss. 62-65.
17. Turmka E.: Fosfor w roślinie. W: Chemia rolna, podstawy teoretyczne i praktyczne, E. Ramus (red.). SGGW Warszawa, 2004, ss. 219-222.

---

Adres do korespondencji:

*dr hab. Alicja Pecio, prof. nadzw.*  
*Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Czarторыskich 8*  
*24-100 Puławy*  
*tel. (81) 886 34 21 w. 225*  
*e-mail: alap@iung.pulawy.pl*