

Alicja Pecio

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

NAWOŻENIE ZBÓŻ OZIMYCH*

Słowa kluczowe: zboża ozime, potrzeby pokarmowe, potrzeby nawozowe, wapnowanie, azot, fosfor, potas, magnez, mikroelementy

Wstęp

Gatunkami zbóż ozimych uprawianymi w Polsce są: pszenica, żyto, pszenżyto i jęczmień. Każdy z wymienionych gatunków charakteryzuje się swoją specyfiką związaną z biologią rośliny, która decyduje o wymaganiach glebowych i zapotrzebowaniu roślin na składniki pokarmowe.

Pszenica ozima jest podstawowym zbożem chlebowym. Ziarno używane jest do wyrobu mąki wypiekowej, w znacznej części zużywanej też do przygotowywania licznych potraw mącznych. Duża część ziarna pszenicy przeznaczana jest również na pasze. W tym przypadku podstawowym parametrem jakościowym ziarna jest zawartość białka i jego skład aminokwasowy. Zarówno wartość wypiekowa, jak i paszowa ziarna mogą być istotnie modyfikowane przez odpowiednie nawożenie.

Pszenica ozima wymaga gleb żyznych, utrzymanych w dobrej strukturze, o odczynie pH 6–7. Najlepiej plonuje na glebach zaliczanych do kompleksu pszennego bardzo dobrego i dobrego. O plonowaniu pszenicy ozimej decydują w dużym stopniu warunki klimatyczne, w tym przebieg zimy i suma opadów atmosferycznych. Pod okrywą śnieżną pszenica nie wymarza nawet przy spadkach temperatury do -30°C , natomiast suche wiatry zimowe przy braku śniegu powodują jej wymarzenie już w temperaturze -5°C . Nowsze odmiany pszenicy charakteryzują się wysoką produktywnością, jednak ich wymagania pokarmowe są duże ze względu na słabszy system korzeniowy w porównaniu do odmian starszych.

Żyto jest zbożem chlebowym, ziarno zużywane jest głównie do wyrobu mąki wypiekowej. Można je uprawiać na najslabszych glebach zaliczanych do kompleksu żytniego słabego i bardzo słabego. Zboże to toleruje odczyn gleby od pH 4,8 do

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

7,0. Wytrzymuje temperatury zimowe nawet do -35°C i zimuje najlepiej spośród wszystkich zbóż. Żyto wrażliwe jest jednak na zalanie pola wodą w czasie roztopów wiosennych.

Ziarno pszenżyta łączy szereg zalet ziarna pszenicy i żyta. Zawiera więcej białka niż ziarno żyta, przy czym białko to wykazuje też lepszą wartość biologiczną, nadaje się zatem do produkcji mieszanek paszowych. Pszenżyto plonuje najlepiej na glebach kompleksów pszennych i żytnich bardzo dobrych, o odczynie lekko kwaśnym do obojętnego (pH 5,8–7,0). Zboże to dobrze wykorzystuje zimowe zapasy wody, jednak wrażliwe jest na susze wiosenne.

Ziarno jęczmienia ozimego przeznaczone jest na paszę. Powinno ono zatem zawierać jak najwięcej wartościowych dla zwierząt łatwo strawnych organicznych składników pokarmowych. Szczególnie ważna jest zawartość w białku aminokwasów egzogennych, w tym głównie lizyny i metioniny oraz możliwość zwiększenia ich zawartości poprzez prawidłowe nawożenie. Ostatnio wprowadzane są też do uprawy odmiany browarne jęczmienia ozimego, których ziarno powinno zawierać mało białka oraz spełniać inne wymogi przemysłu. Jęczmień ozimy dobrze plonuje na glebach kompleksu żytniego bardzo dobrego i dobrego o odczynie zbliżonym do obojętnego (pH 6,2–7,2). Jest to zboże rejonów o długiej i ciepłej jesieni. Bez okrywy śniegowej wytrzymuje zimową temperaturę do -15°C , a pod śniegiem do -25°C .

Potrzeby pokarmowe zbóż ozimych

Do wykształcenia dużego plonu dorodnego ziarna rośliny zbożowe potrzebują odpowiedniej ilości składników pokarmowych. W doradztwie nawozowym pobranie N, P, K, Mg wyznacza się na podstawie prognozowanego plonu i ilości składników pobieranych przez rośliny na wytworzenie jednostki plonu (4) (tab.1).

Tabela 1

Pobranie składników pokarmowych na jednostkę plonu ziarna zbóż ozimych z odpowiednią ilością słomy

Roślina	Pobranie jednostkowe składnika ($\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$)			
	N	P_2O_5	K_2O	MgO
Pszenica	23,7	9,8	15,1	3,7
Żyto	21,6	10,1	21,6	3,5
Pszenżyto	24,1	10,8	21,1	3,5
Jęczmień	22,3	9,8	18,7	3,8

Źródło: Jadczyzyn, 2003 (3)

Potrzeby nawozowe zbóż ozimych

Potrzeby nawozowe odpowiadają ilości składnika, jaką należy zastosować w formie nawozów, aby łan mógł wydać osiągalny w danych warunkach plon ziarna. Można

je zdefiniować jako potrzeby pokarmowe roślin zmodyfikowane w zależności od aktualnej zawartości przyswajalnych form składników w glebie (4). W systemie doradztwa nawozowego potrzeby nawozowe wyznacza się jako iloczyn prognozowanego pobrania składników przez rośliny i odpowiedniego współczynnika korekcyjnego, którego wartość zależy od zasobności gleby.

Prognozowany plon w danym roku w gospodarstwie najczęściej określa się na podstawie plonów uzyskiwanych w kilku ostatnich latach. Można także przyjąć plony oparte o inne źródła, takie jak: przeciętne plony z doświadczeń wdrożeniowych (ODR-y, jednostki naukowo-badawcze), dane odmianowe publikowane przez COBORU, dane literaturowe itp. Najistotniejsze jest to, aby przyjęte wartości plonu były jak najbardziej realne i możliwe do osiągnięcia w warunkach glebowych konkretnego gospodarstwa (8).

Wartości współczynników korekcyjnych w zależności od zasobności gleby w fosfor i potas przedstawiono w tabeli 2. Współczynnik ten ma wartość mniejszą od 1 na glebach o wysokiej i bardzo wysokiej zawartości składników, co oznacza, że potrzeby nawozowe są w tym przypadku mniejsze od potrzeb pokarmowych roślin. Na glebach o niskiej i bardzo niskiej zawartości składników współczynnik korekcyjny jest większy od 1. Na przykład potrzeby nawozowe pszenicy ozimej przy plonie $6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ w warunkach niskiej zasobności gleby w fosfor i potas wynoszą: 142 kg N, 33 kg P ($26 \text{ kg P} \times 1,25$) i 95 kg K ($76 \text{ kg K} \times 1,25$) na 1 ha. W tym przypadku potrzeby nawozowe są większe od potrzeb pokarmowych roślin, ponieważ przewiduje się zastosowanie nadwyżki składników w celu poprawy zasobności gleby. Na glebach średnio zasobnych dopływ składników powinien równoważyć pobranie z plonem, a zatem współczynnik korekcyjny jest równy 1, czyli potrzeby nawozowe są takie same, jak potrzeby pokarmowe roślin.

Tabela 2

Wartości współczynników korekcyjnych w zależności od zasobności gleby w fosfor i potas

Zasobność	Bardzo niska	Niska	Średnia	Wysoka	Bardzo wysoka
Współczynnik	1,5	1,25	1,0	0,75	0,5

Źródło: Jadczyzyn 2006 (4)

Zawartość przyswajalnych form składników pokarmowych, jak również zakwaszenie gleby można oznaczyć w okręgowej stacji chemiczno-rolniczej lub innym specjalistycznym laboratorium. Do oceny potrzeb wapnowania oraz zasobności gleb w fosfor, potas i magnez stosuje się odpowiednie liczby graniczne (9).

Odczyn gleby i jej zasobność w przyswajalne formy składników pokarmowych służą do oszacowania potrzeb nawożenia. W tabeli 3 przedstawiono zalecane dawki nawozów w zależności od poziomu plonowania zbóż ozimych uprawianych na glebach o średniej zawartości składników pokarmowych.

Tabela 3

Zalecane dawki nawozów mineralnych ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) w zależności od prognozowanego plonu zbóż ozimych

Roślina	Plon ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Azot (N)	Fosfor (P_2O_5)	Potas (K_2O)	Magnez (MgO)
Pszenica	6	100	55	60	20
	8	120	70	80	25
	9	140	80	90	30
	10	160	90	100	30
Żyto	4	60	35	55	10
	6	100	55	100	20
	8	140	75	110	25
Pszennyto	6	80	60	85	20
	7	100	70	100	20
	9	120	90	125	25
	10	140	100	120	30
Jęczmień	7	80	70	55	10
	8	100	90	100	20
	9	120	100	110	25

Źródło: Jadczyzyn i in., 2012 (6)

Wapnowanie gleb

Wapń w porównaniu z innymi kationami w kompleksie sorpcyjnym występuje w największej ilości, stąd też nawet na glebach kwaśnych, zawierających mało wapnia, zapotrzebowanie roślin na ten składnik jest z reguły pokrywane. Dlatego wapnowanie gleb należy traktować nie jako źródło wapnia dla roślin, lecz jako nawóz poprawiający odczyn gleby. Optymalny odczyn gleby jest warunkiem dobrego plonowania roślin i efektywnego wykorzystania składników pokarmowych z nawozów. Zakwaszanie gleb jest procesem ciągłym. Sprzyja mu stosowanie nawozów mineralnych o działaniu zakwaszającym. Dlatego w uprawie roślin zbożowych niezbędne jest systematyczne monitorowanie odczynu gleby, który jest podstawą oceny potrzeb wapnowania. Zabieg wapnowania przeprowadza się na ogół co 4 lata. Zalecane dawki nawozów wapniowych w zależności od potrzeb wapnowania i kategorii agronomicznej gleby podano w tabeli 4.

Tabela 4

Dawki nawozów wapniowych ($\text{t CaO} \cdot \text{ha}^{-1}$)

Kategoria agronomiczna gleb	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: Jadczyzyn i in., 2012 (6)

Na glebach średnich i ciężkich można stosować zarówno szybko działające wapno tlenkowe, jak i wolno działające wapno węglanowe. Na glebach lekkich i bardzo lekkich zaleca się wyłącznie wapno węglanowe. W obu rodzajach nawozów zawartość wapnia podawana jest w przeliczeniu na tlenek (CaO), o czym należy pamiętać, obliczając dawkę konkretnego nawozu.

Nawożenie azotem

Azot jest jednym z najważniejszych składników plonotwórczych. Pokrycie zapotrzebowania roślin na azot jest podstawą uzyskania optymalnej struktury plonu oraz uzyskania dużego plonu ziarna o dobrej jakości. Aby te cele osiągnąć, niezbędne jest precyzyjne określenie potrzeb nawożenia. Ma to zasadnicze znaczenie nie tylko ze względu na właściwe odżywienie roślin, ale także na możliwość przenawożenia roślin i niekorzystne skutki środowiskowe.

Podstawowymi wyznacznikami plonu są liczba ziarniaków na jednostce powierzchni i ich masa. W praktyce pierwsza ze składowych plonu obejmuje dwa elementy: liczbę kłosów i liczbę ziaren w kłosie. Każdy z trzech wymienionych elementów struktury plonu kształtuje się w innej fazie rozwoju rośliny, co tym samym warunkuje cel i wybór stosowania nawozów azotowych (12). Istotne znaczenie dla prawidłowego żywienia roślin azotem ma także podział zaplanowanej dawki i ich zastosowanie w optymalnych terminach. Podział dawki azotu z jednej strony umożliwia elastyczne dostosowanie podaży azotu do wymagań rośliny, jej tempa wzrostu i stadiów rozwojowych, a z drugiej strony daje możliwość korygowania dawki i formy nawozu azotowego w trakcie sezonu wegetacyjnego w zależności od potrzeb łanu i przebiegu pogody.

Ważne jest, aby kolejne dawki azotu dostatecznie wyprzedzały okresy największej wrażliwości roślin na odżywienie tym składnikiem, a ilość stosowanego składnika powinna wynikać z zapotrzebowania rośliny na azot w danej fazie rozwoju. Krytyczne fazy zapotrzebowania roślin na azot występują:

- w fazie późnego krzewienia (BBCH 25-29),
- na początku fazy strzelania w źdźbło (BBCH 31-32),
- w okresie od końca strzelania w źdźbło do fazy kłoszenia (BBCH 37-51).

Jesienne nawożenie azotem

Jesienne nawożenie azotem stosuje się tylko w określonych sytuacjach. Umiarkowana dostępność azotu jesienią poprawia zimotrwałość zbóż ozimych oraz pobudza rośliny do wytwarzania silnego systemu korzeniowego. Zapobiega też wypłukiwaniu składnika do wód gruntowych. Dobrze, ale nie nadmiernie rozwinięte łany charakteryzują się dużym potencjałem plonowania i dlatego muszą być właściwie odżywione. Dotyczy to w pierwszym rzędzie zbóż uprawianych po przedplonach zbożowych

i po rzepaku z przyorywaniem słomy roślin przedplonowych. Uwzględniając ujemny równoważnik nawozowy azotu słomy, co oznacza, że słoma unieruchamia azot, należy zastosować odpowiednią do jej dawki ilość azotu w formie płynnych nawozów naturalnych (gnojowica, gnojówka), roztworu saletrzano-mocznikowego RSM lub najtańszych nawozów stałych, jak siarczan amonu (11). Stosowanie nawożenia jesiennego zaleca się również przy uprawie zbóż w warunkach bardzo dużych potrzeb nawozowych, nawet jeżeli nie przyoruje się słomy roślin przedplonowych. Dawka azotu nie powinna wówczas przekraczać 10–15% przeciętnej dawki optymalnej podanej w tabeli 7, tj. 20–30 kg N·ha⁻¹. Należy pamiętać, że dawki zastosowanej przed siewem zbóż ozimych nie uwzględnia się przy ustalaniu dawek wnoszonych pogłównie. Azot można zastosować w formie nawozów wieloskładnikowych, wraz z nawożeniem fosforem i potasem, uwzględniając przy doborze nawozu zalecane dawki wszystkich trzech składników. Nawożenie oparte na stosowaniu nawozów wieloskładnikowych jest bardziej efektywne na tych polach, które nie są ubogie w przyswajalne formy fosforu, potasu i magnezu. Wtedy wybieramy nawóz o proporcjach składników pokarmowych odpowiadających wymaganiom pokarmowym danego gatunku roślin. Na polach bardzo ubogich w niektóre składniki pokarmowe należy zastosować nawozy wieloskładnikowe mieszane wykonywane samodzielnie lub zamówić wykonanie odpowiedniego nawozu w wyspecjalizowanej firmie (11, 14).

Nawożenie azotem w okresie ruszenia wegetacji

Pierwszą dawkę azotu pod zboża ozime stosuje się zwykle w okresie wczesnej wiosny, tj. w fazie krzewienia do początku fazy strzelania w źdźbło. Azot w tym okresie stosuje się w celu uzyskania właściwej obsady roślin, dużej powierzchni asymilacyjnej i szybkiego zwarcia łanu roślin. Decyduje ona też o liczbie kłosek w kłosie. Zbyt duża ilość azotu jest niepożądana, ponieważ prowadzi do nadmiernego, nieproduktywnego krzewienia i w konsekwencji do wylegania roślin, a także do nasilenia występowania chorób. Oznacza to, że zagęszczeniem łanu można „sterować” w okresie od marca do maja. Dawka ta powinna stanowić 40–60% przeciętnej optymalnej dawki azotu przedstawionej w tabeli 7. Jeżeli w tej fazie łan jest zbyt gęsty, to można dawkę opóźnić lub zmniejszyć. Jeżeli natomiast łan wydaje się za rzadki, należy możliwie najszybciej zastosować planowaną dawkę azotu.

W celu uściślenia wielkości dawki N w okresie ruszenia wegetacji wskazane jest wykonanie testu glebowego N_{\min} . Pozwala to na precyzyjne określenie wielkości dawki N w okresie ruszenia wegetacji, co w przypadku małych i bardzo małych potrzeb nawożenia prowadzi do zmniejszenia dawki nawozów. Oznaczenia przeprowadza się wczesną wiosną w reprezentatywnej próbce gleby pobranej z profilu do głębokości 60 cm przy pomocy specjalnego zestawu lasek glebowych. Analizy wykonywane są w świeżej glebie przez okręgowe stacje chemiczno-rolnicze, a zawartość azotu

mineralnego (N_{\min}) podawana jest w $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Przedziały zawartości N_{\min} w zależności od kategorii agronomicznej gleby zamieszczono w tabeli 5.

Tabela 5

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	≤ 30	31-50	51-70	71-90	>90
Lekka	≤ 40	41-60	61-80	81-100	>100
Średnia i ciężka	≤ 50	51-70	71-90	91-100	>100

Źródło: Jadczyzsyn i in., 2012 (6)

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. Przykładowo, za pomocą testu N_{\min} w glebie średniej (do głębokości 60 cm) stwierdzono $50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Planowaną dawkę azotu należy zwiększyć o: $71 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} - 50 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} = 21 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Gdy zawartość N_{\min} w glebie lekkiej wynosi $110 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, dawkę azotu można zmniejszyć o $110 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} - 80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1} = 30 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Nawożenie azotem w okresie ruszenia wegetacji można zastosować w formie roztworu saletrzano-mocznikowego RSM (oprysk grubokroplisty), nawozu stałego lub płynnych nawozów naturalnych (gnojówka, gnojowica), o ile gospodarstwo dysponuje rozlewaczem z węzami rozlewowymi.

Nawożenie azotem w okresie wegetacji

Drugą dawkę azotu stosuje się od fazy strzelania w źdźbło do początku kłoszenia zbóż. W okresie tym szybko zwiększa się masa roślin zbożowych, które wykazują wtedy największe zapotrzebowanie na składniki pokarmowe i wodę. Dobre zaopatrzenie w azot wpływa na kształtowanie się wielkości plonu, gdyż zapobiega nadmiernej redukcji pędów, kłosek w kłosie i kwiatków w kłosku, co umożliwia uzyskanie dużej liczby ziaren w kłosie. Za wszelką cenę należy unikać przyspieszania i zwiększania skali procesów redukcyjnych po tej fazie. Mogą być one spowodowane niedoborem wody lub składników pokarmowych. Większa redukcja potencjału plonowania oznacza większą redukcję plonu ziarna, tym bardziej, że towarzyszy temu silny przyrost biomasy konkurencyjnej w stosunku do zawiązków kłosa w dostępie do wody i składników pokarmowych (15).

Bardzo silny przyrost biomasy rozpoczyna się od stadium drugiego kolanka (BBCH 32). Wysoko plonująca pszenica od fazy drugiego kolanka do początku kłoszenia pobiera przynajmniej $80 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Tak wysokie zapotrzebowanie w krótkim czasie nie może być pokryte przez N glebowy pochodzący z mineralizacji. Z drugiej jednak strony ryzykowne jest wcześniejsze stosowanie wysokiej dawki N (w fazie krzewienia lub na początku strzelania w źdźbło). Wystąpienie nadmiaru azotu w fazie krzewienia prowadzi do zagęszczenia ładu i wzrost konkurencji wewnątrz niego. Natomiast duża ilość azotu dostępna w początkach fazy strzelania w źdźbło (faza pierwszego kolanka) powoduje, że pozostaje zbyt dużo słabych, ale ciągle odżywianych źdźbeł, które w końcu obumrą lub dadzą mały plon, a zwiększają przy tym ryzyko wylegania i wystąpienia chorób grzybowych. Pierwsze oznaki niedoboru azotu na najsłabszych źdźbłach, przeznaczonych do redukcji, są sygnałem rozpoczęcia tego procesu. Jest to znak do zastosowania drugiej dawki. W łąkach, które są dobrze rozkrzewione i w fazie pierwszego kolanka nie wykazują objawów niedoborowych, nie należy stosować nawożenia azotem przed fazą drugiego kolanka, by nie opóźnić procesu redukcji źdźbeł. W słabo rozkrzewionych łąkach, gdy objawy redukcji pojawiają się wcześniej (już w fazie pełni krzewienia BBCH 30) lub gdy obejmą już dolne liście silnych źdźbeł, dawkę azotu należy zwiększyć i przyspieszyć jej zastosowanie. Także w stanowiskach, gdzie może wystąpić susza, należy ten termin przesunąć nieco przed fazą drugiego kolanka (BBCH 32). W przypadku ciemnozielonego wyglądu ładu i bujnego wzrostu roślin stosowanie drugiej dawki azotu można opóźnić nawet do początku kłoszenia.

Przy ustalaniu drugiej (i trzeciej) dawki nawozów można posłużyć się wizualną obserwacją stanu zabarwienia ładu, zmniejszając lub zwiększając dawkę ustaloną na podstawie tabeli 7. Dawka ta stanowi najczęściej 40-60% przeciętnej optymalnej dawki azotu, zmodyfikowanej na podstawie testu N_{\min} w okresie ruszenia wegetacji. Ocena wzrokowa jest jednak bardzo zawodna. Dlatego wskazane jest wykonanie jednego z testów stanu odżywienia roślin azotem, np. testu SPAD i dokonanie na tej podstawie modyfikacji wielkości dawek nawozów.

Test SPAD, określane również jako indeks zieloności liścia, opiera się na stwierdzeniu, że zawartość chlorofilu w roślinach jest ściśle dodatnio skorelowana z zawartością azotu. Pomiar SPAD wykonuje się za pomocą aparatu Hydro N-tester. Określenie dawki azotu na podstawie aktualnej wartości SPAD opiera się na porównaniu stanu odżywienia roślin nawożonych i nienawożonych tym składnikiem (2). Przed wysiewem pierwszej dawki azotu należy przykryć folią fragment pola o powierzchni kilku m^2 , dzięki czemu powstanie nienawożone „okno kontrolne”. Przed zastosowaniem drugiej dawki azotu należy zmierzyć wartość SPAD w łanie nawożonym i „oknie kontrolnym”, a następnie określić różnicę pomiędzy obu wartościami. Jeśli stan odżywienia roślin nawożonych przekracza 95% 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 $30 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ i ponownie wyznaczyć poletka referencyjne.

Nawozy w terminie od fazy strzelania w źdźbło do początku kłoszenia zbóż można stosować w formie stałej, najlepiej saletry amonowej lub wapniowej lub w formie płynnej (gnójówka, gnojowica) za pomocą węży rozlewowych, czy też w formie oprysków roztworami mocznika (1), przestrzegając dopuszczalnych stężeń tego nawozu. Ilość azotu, jaka może być zastosowana w dawce dolistnej wynika z ilości cieczy roboczej na 1 ha oraz z dopuszczalnej koncentracji azotu w roztworze mocznika, która zmienia się w okresie wegetacji zbóż. Na początku fazy strzelania zbóż w źdźbło stosuje się 9% roztwór, a w fazie początku kłoszenia 4-5%. Gdy jest to możliwe, opryski roztworem mocznika łączy się z opryskami środkami ochrony roślin, a gdy jest to konieczne – z opryskami roztworem siarczanu magnezu i wieloskładnikowymi nawozami płynnymi.

Ostatnią dawkę azotu stosuje się w okresie od wykłoszenia do początku kwitnienia w celu poprawy wypełnienia ziarna i zwiększenia zawartości w nim białka. Wpływa ona także na zwiększenie plonu poprzez poprawę dorodności ziarna. Dawka ta zalecana jest praktycznie tylko w uprawie pszenic odmian chlebowych przeznaczonych do przerobu technologicznego. Wielkość tej dawki jest standardowa i wynosi 30–40 kg N·ha. Późną dawkę azotu stosuje się w formie szybko działających nawozów saletrzanych w formie stałej.

Nawożenie fosforem i potasem

Obecność fosforu jest niezbędna dla wzrostu i rozwoju roślin zbożowych w całym okresie wegetacji. Pierwiastek ten wpływa na prawidłowy wzrost systemu korzeniowego i tkanki mechanicznej, zwiększając tolerancję roślin na różnego rodzaju stresy, takie jak niskie temperatury, niedobory wody czy atak patogenów. Wszystko to wpływa na wzrost plonu i poprawę jego jakości.

Rośliny powinny być zaopatrzone w odpowiednią ilość przyswajalnego fosforu już w pierwszych tygodniach wzrostu, ponieważ jest to tzw. okres krytyczny wzrostu roślin. Późniejsze dokarmianie roślin fosforem nie wyrównuje ujemnych skutków głodu w okresie krytycznym. Konieczne jest zatem przedsięwzięcie nawożenia fosforem w taki sposób, by wymieszać nawóz z wierzchnią warstwą gleby.

Potas pełni w roślinie wiele funkcji fizjologicznych, takich jak regulowanie bilansu wodnego, aktywowanie wielu enzymów, udział w gospodarce węglanowej i azotowej. W przypadku niedoboru potasu zmniejsza się znacznie pobieranie i wykorzystanie azotu, co w konsekwencji obniża wielkość i jakość plonu. Potas, podobnie jak fosfor, zwiększa poziom tolerancji zbóż na suszę, niskie temperatury, wyleganie, jak również zmniejsza podatność roślin na choroby i szkodniki. Największe zapotrzebowanie na potas występuje w czasie intensywnego wzrostu zbóż, tj. w okresie od fazy strzelania w źdźbło do fazy kłoszenia.

Rośliny pobierają potas przez cały okres wegetacji, jednak najwięcej we wczesnych fazach rozwojowych. Brak potasu w tym okresie obniża plonowanie, dlatego

nawozy potasowe należy stosować przedsięwzięcie. Dobre zaopatrzenie roślin w potas zwiększa ich reakcję na nawożenie azotem, a jednocześnie dobre zaopatrzenie roślin w azot zwiększa efektywność nawożenia potasem.

Dawki nawozów podane w tabeli 7 zostały obliczone dla warunków średniej zawartości przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu. Założono przy tym, że produkty uboczne (słoma zbóż, rzepaku i roślin strączkowych, liście buraczane itp.) są pozostawiane na polu, a nagromadzone w nich składniki mineralne wracają do gleby.

W warunkach bardzo wysokiej zawartości składników zalecane dawki nawozów można zmniejszyć o 30–40 kg P_2O_5 lub K_2O , na glebach o wysokiej zawartości – o ok. 20 kg P_2O_5 lub K_2O , a przy niskiej zawartości dawki nawozów fosforowych i potasowych należy zwiększyć o ok. 30 kg P_2O_5 lub K_2O . W warunkach bardzo niskiej zawartości fosforu lub potasu uzyskanie wysokich plonów jest mało prawdopodobne. W takim przypadku dawki nawozów można zwiększyć o 40–60 kg P_2O_5 lub K_2O . Nie gwarantuje to wprawdzie wysokiego plonowania roślin, ale jest to inwestycja w poprawę zasobności gleby.

W gospodarstwach, w których produkty uboczne zbiera się z pola, dawki nawozów fosforowych należy zwiększyć o ok. 20%, a dawki nawozów potasowych o 60–80% w stosunku do wartości tabelarycznych.

Nawożenia fosforem nie należy stosować, jeśli jego zawartość w glebie przekracza 40 mg $P_2O_5 \cdot 100 g^{-1}$ (80 mg $P_2O_5 \cdot 100 g^{-1}$ w glebach węglanowych). Dotyczy to stosowania zarówno nawozów mineralnych, jak i organicznych (zwłaszcza gnojowicy) oraz innych substancji użyźniających o dużej zawartości fosforu (np. osady ściekowe). Nawożenia potasem można zaniechać, jeśli zawartość składnika jest większa niż 35 mg $K_2O \cdot 100 g^{-1}$ w glebach bardzo lekkich, 40 mg $K_2O \cdot 100 g^{-1}$ w glebach lekkich, 50 mg $K_2O \cdot 100 g^{-1}$ w glebach średnich i 60 mg $K_2O \cdot 100 g^{-1}$ w glebach ciężkich.

Nawożenie magnezem

Magnez odgrywa bardzo ważną rolę w produkcji wszystkich roślin zbożowych. Składnik ten poprzez wpływ na przebieg fotosyntezy zwiększa intensywność procesów odpowiedzialnych za syntezę skrobi, białek i tłuszczów, na rozwój systemu korzeniowego – kształtuje dynamikę wzrostu i pobierania składników pokarmowych z gleby oraz na gospodarkę azotem – kontroluje pobieranie i efektywność przetwarzania azotu w białko. Roślina dobrze odżywiona magnezem jest w stanie pobierać więcej azotu, który hipotetycznie nie zostałby pobrany w okresie wegetacji, a w rezultacie byłby stracony. W ten sposób, poprzez proste rozwiązanie technologiczne, można zwiększyć efektywność plonotwórczą azotu. Nawożenie magnezem wczesną wiosną pozwala także częściowo przełamać barierę fizjologiczną związaną z działaniem niskich temperatur, które zmniejszają szybkość pobierania magnezu, a w konsekwencji ograniczają pobieranie fosforu i azotu.

Nawożenie magnezem łączy się najczęściej z zabiegiem wapnowania, ponieważ gleby zakwaszone często charakteryzują się niską lub bardzo niską zawartością magnezu, a w szerokim asortymencie wapna nawozowego duży udział mają nawozy zawierające magnez.

Na glebach o bardzo niskiej zawartości magnezu połowę zalecanej dawki CaO (tab. 8) można zastosować w postaci wapna magnezowego, a na glebach o niskiej zawartości Mg – jedną trzecią zalecanej dawki CaO. Na glebach o uregulowanym odczynie nawożenie magnezem stosuje się w postaci nawozów bezwapniowych. Dawki odpowiednie przy średniej zawartości Mg w glebie podano w tabeli 7. W warunkach wysokiej i bardzo wysokiej zawartości magnezu dawki nawozów można zmniejszyć odpowiednio o 10 i 20 kg MgO. Na glebach o niskiej i bardzo niskiej zawartości składnika dawki nawozów należy zwiększyć odpowiednio o 15 i 30 kg MgO.

Rośliny uprawne pobierają magnez nie tylko przez system korzeniowy, ale również dobrze przyswajają ten składnik przez liście. Niedobory magnezu w okresie wegetacji można uzupełnić, stosując dolistnie wodny roztwór siarczanu magnezowego.

Nawożenie mikroelementami

Pomimo że rośliny potrzebują stosunkowo niewielkich ilości mikroelementów, to są one niezbędne do prawidłowego wzrostu i rozwoju. Mikroelementy, jako składniki lub aktywatory enzymów, uczestniczą w wielu reakcjach metabolicznych oraz spełniają bardzo ważne funkcje fizjologiczne w roślinach, m.in. decydujące o efektywnym wykorzystaniu azotu, potasu, fosforu i innych składników pokarmowych (2, 10). Każdy z mikroelementów ma swoistą funkcję i nie może być zastąpiony innym składnikiem. Rośliny zbożowe wykazują największą wrażliwość na miedź, mangan i cynk. Miedź wpływa na rozwój i budowę tkanek, bierze udział w przemianach azotowych, syntezie białek i witaminy C. Niedobór miedzi uniemożliwia prawidłowy rozwój roślin. Mangan wpływa na podwyższenie intensywności oddychania, asymilacji dwutlenku węgla i syntezy węglowodanów, uczestniczy w redukcji azotanów do azotynów. Niedobór manganu powoduje chlorozę. Cynk bierze udział w przetwarzaniu kwasów organicznych, w syntezie chlorofilu i witamin.

Zalecenia nawozowe odnośnie nawożenia roślin mikroelementami oparte są na rozpoznaniu zasobności gleby w te składniki oraz wiedzy dotyczącej zapotrzebowania gatunku uprawianej rośliny na dany składnik (7). W przypadku stwierdzonych niedoborów, tj. przy zawartości składnika w niskiej klasie zasobności w glebie, zaleca się nawożenie roślin tym mikroelementem w dawce pokrywającej zapotrzebowanie roślin (tab. 6). Mikroelementy w formie nawozu podaje się wówczas doglebowo lub dolistnie, często w połączeniu z innymi nawozami, najczęściej azotem, czy środkami ochrony roślin. Przy ostrych niedoborach mikroskładnika, głównie Cu i Zn, zalecane jest doglebowe nawożenie roślin, które stosuje się raz na kilka lat (13).

Zalecana średnia dawka mikroelementów, przy niskiej zasobności gleb
(w przeliczeniu na formę pierwiastkową)

Mikroelementy	Dawka doglebowa (kg·ha ⁻¹)	Dawka dolistna (g·ha ⁻¹)
Miedź (Cu)	5-20	300
Cynk (Zn)	4-30	600
Mangan (Mn)	4-6	1200

Źródło: Kocoń, 2013 (7)

Przy niewielkich niedoborach, zwłaszcza w czasie wegetacji roślin, z ekonomicznego punktu widzenia oraz efektywności i szybkości działania składnika preferowane jest dolistne dokarmianie roślin mikroelementami (7, 2). W tym przypadku wykorzystuje się znacznie mniejszą dawkę i ilość składnika niż przy stosowaniu doglebowym (tab. 6). Dolistne dokarmianie mikroelementami zaleca się także w sytuacji utrudnionego pobierania składnika z gleby, nawet przy średniej czy wysokiej zasobności w glebie, m.in. w czasie suszy, czy przy wysokim pH gleby. Zalecane jest również w intensywnych technologiach, przy oczekiwanych dużych plonach, w okresach intensywnego wzrostu roślin, kiedy rośliny wykazują zwiększone zapotrzebowanie na składniki pokarmowe (13). Związki mineralne zawierające mikroelementy stosuje się dolistnie w formie soli nieorganicznych lub chelatów. Te ostatnie aplikowane w warunkach wyższych temperatur działają szybciej, a więc można kilkakrotnie zmniejszyć dawkę składnika (2).

Podsumowanie

Optymalne dawki składników pokarmowych, jakie należy zastosować w formie nawozów wyznacza się na podstawie ilości składników pobieranych przez rośliny oraz aktualnej zawartości przyswajalnych form składników w glebie. Warunkiem dobrego plonowania roślin i efektywnego wykorzystania składników pokarmowych z nawozów jest optymalny odczyn gleby. Z zabiegiem wapnowania często łączy się nawożenie magnezem.

Dobre i wierne plonowanie zbóż wymaga właściwego odżywienia fosforem i potasem. Nawozy fosforowe i potasowe należy stosować przedsięwinnie. Najczęściej stosowanymi formami nawozów fosforowych są superfosfaty, a nawozów potasowych – sole potasowe. Przydatne są też nawozy wieloskładnikowe.

Niezbędne jest również precyzyjne określenie potrzeb nawożenia azotem. Pierwszą jesienną dawkę azotu pod zboża ozime stosuje się po przyoraniu słomy roślin przedplonowych oraz przy uprawie zbóż w warunkach dużych potrzeb nawozowych. Dawka ta nie powinna przekraczać 20–30 kg N·ha⁻². Azot w tym okresie można zastosować w formie płynnych nawozów naturalnych (gnojowica, gnojówka), roztworu saletrzano-

-mocznikowego RSM, siarczanu amonu lub w formie nawozów wieloskładnikowych, wraz z nawożeniem fosforem i potasem. Podstawowa dawka azotu pod zboża ozime w okresie wczesnej wiosny powinna stanowić 40–60% całkowitej dawki azotu. W celu uściślenia wielkości dawki N w okresie ruszenia wegetacji wskazane jest wykonanie testu glebowego N_{\min} . Dawkę podstawową nawozów stosuje się w formie roztworu saletrzano-mocznikowego RSM (oprysk grubokroplisty) lub nawozu stałego czy płynnych nawozów naturalnych (gnojówka, gnojowica), o ile gospodarstwo dysponuje rozlewaczem z węzami rozlewowymi. Przy ustalaniu drugiej (i trzeciej) dawki nawozów można posłużyć się wizualną obserwacją stanu zabarwienia łanu. Wskazane jest również wykonanie testu stanu odżywienia roślin azotem i dokonanie na tej podstawie modyfikacji wielkości tych dawek nawozów. Druga dawka N stanowi najczęściej 40–60% przeciętnej optymalnej dawki azotu, zmodyfikowanej na podstawie testu N_{\min} w okresie ruszenia wegetacji. Nawozy w terminie od fazy strzelania źdźbło do początku kłoszenia zbóż można stosować w formie stałej, najlepiej saletry amonowej czy wapniowej lub w formie płynnej (gnojówka, gnojowica) za pomocą węży rozlewowych lub w formie oprysków roztworami mocznika, przestrzegając dopuszczalnych stężeń tego nawozu. Na początku fazy strzelania w źdźbło zbóż stosuje się 9% roztwór, a w fazie początku kłoszenia 4–5%. Ostatnią dawkę azotu stosuje się w okresie od wykłoszenia do początku kwitnienia, praktycznie tylko w uprawie pszenic odmian chlebowych przeznaczonych do przerobu technologicznego. Wielkość tej dawki wynosi ok. 30–40 kg N·ha⁻¹; stosuje się ją w formie szybko działających nawozów saletranych w formie stałej.

Mikroelementy spełniają w roślinach bardzo ważne funkcje fizjologiczne, m.in. decydujące o efektywnym wykorzystaniu azotu, potasu, fosforu i innych składników pokarmowych. Rośliny zbożowe wykazują największą wrażliwość na miedź, mangan i cynk. Ostre niedobory mikroelementów w glebach i roślinach należy uzupełnić w drodze nawożenia doglebowego. Przy niewielkich niedoborach preferowane jest dolistne dokarmianie roślin mikroelementami.

Literatura

1. Fotyma M., Mercik S.: *Chemia Rolna*. Wyd. PWN, Warszawa 1995. ss. 336.
2. Grzebisz W.: Nawożenie roślin uprawnych. II. Podstawy nawożenia. PWRiL. 2009, ss. 376.
3. Jadczyzyn T.: Doradztwo nawozowe w rolnictwie zrównoważonym. Upowszechnianie zasad dobrej praktyki rolniczej, cz. 1. *Mat.Szkol.*, Puławy 2003, **87/03**: 33-46.
4. Jadczyzyn T.: Sporządzanie planu nawożenia z uwzględnieniem wyników badań gleby. *Raporty PIB*, 2006, **1**: 37-43.
5. Jadczyzyn T.: System doradztwa nawozowego. W: *Chemia rolno. Podstawy teoretyczne i praktyczne*, S. Mercik (red.). SGGW Warszawa, 2004, ss. 246-247.
6. Jadczyzyn T., Kowalczyk J., Lipiński W.: Nawożenie mineralne na gruntach ornych i trwałych użytkach zielonych. *Instr. Upowsz.* IUNG-PIB, Puławy 2012, **184**: 1-24.
7. Kocóń A.: Potrzeby nawożenia mikroelementami. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2013, **34(8)**: 133-144.

8. Ł a b ę t o w i c z J.: Plan nawozowy jako narzędzie gospodarowania składnikami mineralnymi w rolnictwie. W: Produkcja i rynek zbóż, J. Rozbickiego (red.). SGGW, 2002, ss. 187-210.
9. Materiały do opracowywania zaleceń nawozowych. IUNG Puławy, wyd. PWRiL, 1989.
10. M e n g e l K., K i r b y E.: Podstawy żywienia roślin. PWRiL, Warszawa 1983, ss 527.
11. P i e c h o t a T., K o w a l s k i M.: Jesienne nawożenie. Świat zbóż, **23**: 35-36.
12. S p i e r t z J.H.J., V o s N.M.: Agronomical and physiological aspects of the role of nitrogen in yield formation of cereals. Plant Soil, 1983, **75**: 379-391.
13. S t a n i s ł a w s k a - G ł u b i a k E., K o r z e n i o w s k a J.: Zasady nawożenia mikroelementami roślin uprawnych. Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy 2007, **8**: 99-110.
14. S t ę p i e ń W.: Nawozy Wieloskładnikowe i zasady mieszania nawozów. W: Chemia Rolna. Podstawy teoretyczne i praktyczne, S. Mercik (red.). SGGW Warszawa, 2004, ss. 113-118.
15. S z c z e p a n i a k W., M u s o l f R., B o c z a r P. Azot: ile, kiedy i w jakiej formie? Jak w praktyce prowadzić łan pszenicy ozimej. Mat. Szkol. IUNG-PIB, Puławy 2006, **92**: 19-29.
16. Z a w a d z k i K., S t r a c h o t a W., S k o m r a M.: Zalety dolistnego nawożenia zbóż koncentratami Insol. Zboża – wszechstronne wykorzystanie, „Sgro Serwis“, 2009, ss. 63-65.

Adres do korespondencji:

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