

Anna Podleśna

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

POTRZEBY POKARMOWE I NAWOŻENIE RZEPAKU OZIMEGO*

Słowa kluczowe: rzepak ozimy, potrzeby pokarmowe, nawozy mineralne, nawozy naturalne

Wstęp

Rzepak ozimy jest najważniejszą rośliną przemysłową w Polsce i jednocześnie jedną z najbardziej wymagających roślin uprawnych. Plonowanie rzepaku, jak również jakość wytworzonych nasion zależy od wielu czynników. Należą do nich: warunki pogodowe, kompleks glebowy, stanowisko w zmianowaniu, uprawa roli, gatunek i odmiana rzepaku, ochrona roślin oraz nawożenie. To powoduje, że w praktyce rolnicy zbierają około 50% plonu wyznaczonego potencjałem odmian uprawianych w kraju, co stanowi zaledwie 25% w stosunku do plonu biologicznie potencjalnego (3). Jednakże oczekiwanie wysokich plonów jest uzasadnione tylko w sytuacji, kiedy wszystkie czynniki występują w optimum, co w praktyce zdarza się niezwykle rzadko. Ponieważ na czynniki pogody nie mamy wpływu, więc priorytetem w działaniach rolnika powinna być optymalizacja czynników agrotechnicznych. Bardzo ważnym elementem tych działań jest zbilansowane nawożenie rzepaku.

Wymagania pokarmowe rzepaku

Rzepak ozimy, w porównaniu z innymi roślinami uprawnymi, ma bardzo duże wymagania pokarmowe względem makroelementów, które wynikają głównie z produkcji dużej masy łądy, liści, korzeni oraz łuszczyń z nasionami (tab. 1). Dodatkowo rzepak potrzebuje 60 g boru, 10–40 g miedzi, 100 g manganu i 60–150 g cynku (1).

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

Tabela 1

Potrzeby pokarmowe wybranych roślin uprawnych

Roślina	Składnik (kg·t ⁻¹ nasion wraz ze słomą)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Zboża	25	4	20	5	2	4
Rzepak	55	13	52	40	6	16

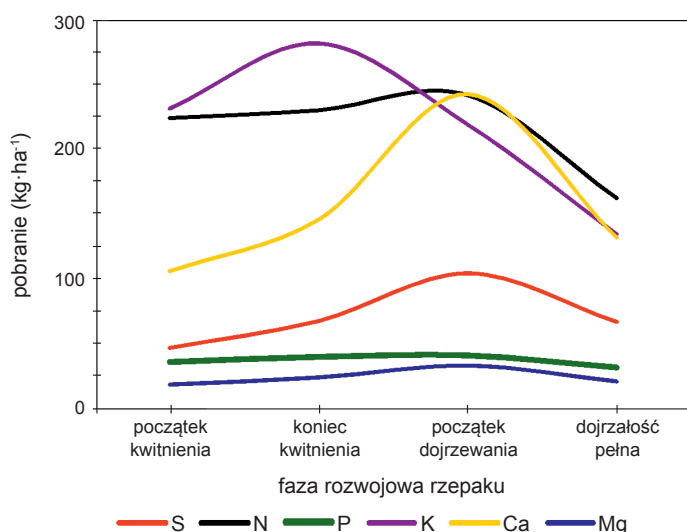
Źródło: Amberger, 1999 (1), zmodyfikowane

Źródłem składników pokarmowych dla rzepaku są zasoby glebowe, resztki poźniwne, opady atmosferyczne oraz nawozy naturalne i mineralne. Chociaż system korzeniowy rzepaku sięga w głąb profilu glebowego, to jednak główne źródło składników pokarmowych stanowi warstwa orna. Dlatego dostępność w niej dostatecznej ilości wody i składników mineralnych warunkuje właściwe odżywienie roślin oraz ich prawidłowy wzrost i rozwój.

Nawożenie mineralne rzepaku powinno być dostosowane do tempa wzrostu oraz dynamiki pobierania składników pokarmowych (rys. 1). Największe pobranie większości składników przypada na początek fazy dojrzewania nasion, a następnie zmniejsza się w miarę postępu procesu dojrzewania roślin rzepaku. Jest to spowodowane dużym udziałem liści, które charakteryzują się najwyższą z pośród organów rzepaku koncentracją potasu (2,7–9%) i wapnia (1,9–9,6%), a także azotu i magnezu (13). Pewna część składników, pobranych przez rzepak, wraca do gleby w wyniku opadania liści oraz jest wycofywana w formie wydzielin korzeniowych. Dane te wskazują, że poziom potrzeb żywieniowych rzepaku powinien być ustalany nie w oparciu o ich akumulację w roślinach dojrzałych, ale o fazę największego pobrania składników. Przyjmuje się zatem, że wymagania pokarmowe rzepaku są wyższe od pobrania końcowego co najmniej o 5–10% dla fosforu, 20–30% dla potasu, 50–70% dla wapnia oraz 35–50% odpowiednio dla siarki i azotu. Przy ustalaniu dawek nawozowych należy także uwzględnić fakt, że tylko część składników pobrana przez rzepak jest wywożona z pola. Wielkość ta jest uzależniona głównie od składnika i miejsca jego gromadzenia w roślinie oraz od wielkości plonu. Bilans pobrania i wykorzystania składników pokarmowych przedstawiono w tabeli 2, zakładając, że plon nasion wynosi 3–3,5 t, a plon łądyg, liści, łuszczyn i korzeni – około 7 t.

Racjonalne nawożenie rzepaku ozimego powinno nie tylko pokryć potrzeby pokarmowe roślin, ale także uwzględnić naddatek składników na poprawę zasobności gleby w celu wyrównania ich ilości wywożonych z plonem nasion oraz rekompensaty strat powstałych przez wymywanie i przechodzenie w związki nieprzyswajalne dla roślin.

Przystępując do ustalenia dawek poszczególnych nawozów, należy wziąć pod uwagę zasobność gleby w przyswajalne składniki i jej aktualny odczyn, a także uwzględnić poziom oczekiwanych plonów. Analizy fizyczno-chemiczne gleb należy wykonywać raz na 3–4 lata, ponieważ są one ważną informacją odnośnie stanu zawartości podstawowych makro- i mikroskładników oraz potrzeb nawożenia.



Rys. 1. Dynamika pobierania składników pokarmowych przez rzepak ozimy

Źródło: Podleśna, 2004 (13), zmodyfikowane

Zalecany obecnie zrównoważony system nawożenia roślin uprawnych opiera się na uwzględnianiu naturalnej zasobności gleby w składniki pokarmowe i resztek pozostałych po przedplonie oraz harmonijnym stosowaniu nawozów naturalnych i mineralnych.

Tabela 2

Bilans pobrania i wykorzystania składników pokarmowych przez rzepak

Makroelementy (kg·ha ⁻¹)				Mikroelementy (g·ha ⁻¹)			
Składnik	pobranie całkowite	powraca do gleby	wywóz z plonem nasion	Składnik	pobranie całkowite	powraca do gleby	wywóz z plonem nasion
Azot (N)	213	102	111	Molibden (Mo)	15	12	3
Fosfor (P ₂ O ₅)	89	39	50	Miedź (Cu)	32	29	9
Potas (K ₂ O)	287	259	29	Mangan (Mn)	654	328	326
Siarka (S)	75	47	28	Cynk (Zn)	488	213	276
Magnez (MgO)	70	50	20	Bor (B)	417	257	60
Wapń (CaO)	157	143	14				

Źródło: Wałkowski i in., 2003 (16), zmodyfikowane

Fazy rozwojowe a etapy działania w systemie nawożenia rzepaku ozimego

Rozwój rzepaku w warunkach Polski trwa 11–12 miesięcy, w czasie których różni się fazę wegetatywną i generatywną (8):

- Pierwszoplanowym celem stawianym jesiennej fazie wegetatywnej jest wytworzenie rozety liściowej złożonej z 6–10 liści, szyjki korzeniowej o średnicy większej

niż 8 mm i dużego korzenia palowego. Rozwój liści umożliwia sprawny proces fotosyntezy i jest gwarancją akumulacji związków zapasowych, które koncentrują się głównie w szyjce korzeniowej i korzeniach. Wzrost liści zostaje przerwany przy temperaturze około 5°C, a wzrost korzeni – przy temperaturze gleby około 2°C. Jesień jest uznawana za plonotwórczo ważny okres wegetacji. Wysoko plonujące odmiany rzepaku ozimego muszą jesienią wyprodukować na powierzchni hektara 2–3 t suchej masy, aby zapewnić sobie prawidłowy wzrost w okresie wiosennym. W tym plonie rośliny akumulują: 50–60 kg azotu, 15–20 kg fosforu (P_2O_5), 50–60 kg potasu (K_2O), 30–40 kg wapnia oraz 10–15 kg magnezu i siarki. Etap pierwszy – jesienny dotyczy prac związanych z regulacją odczynu gleby (najlepiej pod przedplon) i uzupełnieniem ewentualnego niedoboru magnezu, stosowaniem nawozów naturalnych, stosowaniem nawozów fosforowo-potasowych oraz podaniem I dawki azotu.

- Etap drugi rozpoczyna się wczesną wiosną i trwa do fazy pąkowania roślin rzepaku. Wiosenne ruszenie wegetacji ma miejsce, gdy średnie temperatury dobowe regularnie przekraczają 5°C, a temperatura gleby osiągnie 2°C. Wówczas na korzeniach pojawiają się włośniki oraz następuje pozimowa regeneracja systemu korzeniowego i aparatu fotosyntetycznego rzepaku (liści). To powoduje, że rośliny zaczynają ponownie pobierać z gleby wodę i składniki pokarmowe, przez co jest to odpowiedni okres do wykonania nawożenia regeneracyjnego. Ważnymi zabiegami w tym czasie są: stosowanie nawozów azotowych, nawozów siarkowych i (ewentualnie) dolistne dokarmianie roślin składnikami, których niedobory będą obserwowane w trakcie wegetacji (makroskładniki oraz bor, mangan, cynk i in.).

Nawożenie mineralne

Wapnowanie i nawożenie magnezem

Rzepak źle znosi kwaśny odczyn gleby dlatego koniecznym zabiegiem w jego uprawie powinno być uregulowanie pH do zakresu 6,0–7,0 (tab. 3). Wapnowanie pola pod rzepak powinno być przeprowadzane regularnie w zmianowaniu, najlepiej pod przedplon, ponieważ jego efekt będzie widoczny w latach następnych. Zabieg ten jest gwarancją efektywnego wykorzystania zastosowanych nawozów mineralnych oraz poprawia właściwości fizyczne, chemiczne, biologiczne i fitosanitarne gleby. Wapnowanie oprócz regulacji pH gleby dostarcza także wapnia (Ca^{2+}), który jest bardzo ważnym składnikiem pokarmowym dla tego gatunku (5). Podstawowym warunkiem powodzenia uprawy rzepaku jest prawidłowe uкорzenie się roślin, które powoduje sprawne pobieranie wody i składników pokarmowych, zapobieganie wyleganiu oraz łatwiejsze znoszenie niekorzystnych warunków pogodowych (np. dotkliwe susze). Jednakże wytworzenie właściwego systemu korzeniowego rzepaku jest możliwe tylko w warunkach optymalnego odczynu gleby.

Tabela 3

Optymalne dawki CaCO₃ na glebach średnich

Odczyn pH w 1 n KCl	Dawka CaCO ₃ (t · ha ⁻¹)	Częstotliwość wapnowania w cyklu czteroletnim
Do 5,5	2,2-2,8	2 razy
5,6-6,5	2,0-2,5	1 raz
6,6-7,0	1,7-2,0	1 raz
Powyżej 7,0	-	nie wapnować

Źródło: Wałkowski i in., 2003 (16)

W warunkach zbyt kwaśnego odczynu gleby może wystąpić niedobór magnezu, który, podobnie jak wapń, jest dobrze sorbowany przez glebę. Zatem nie musi być stosowany corocznie, lecz okresowo, przez co problem nawożenia magnezem należy rozpatrywać łącznie z wapnowaniem gleb. Na glebach kwaśnych, o niskiej zawartości magnezu, najbardziej racjonalne jest stosowanie nawozów wapniowo-magnezowych. Na glebach cięższych można stosować wapno magnezowo-tlenkowe, a na lżejszych magnezowo-węglanowe (np. dolomit). W sytuacji niewystarczającej zawartości magnezu w glebie (tj. poniżej 5 mg MgO na 100 g gleby) stosuje się przedsięwzięcie siarczan magnezowy lub kizeryt w dawce około 100 kg · ha⁻¹.

Nawożenie azotem

Azot jest najbardziej plonotwórczym składnikiem pokarmowym, ponieważ ma największy wpływ na wzrost, rozwój i produktywność roślin. Działanie azotu wynika z tego, że jest składnikiem aminokwasów, białek, kwasów nukleinowych, chlorofilu, hormonów, enzymów, nośników energii (np. ATP) i innych związków roślinnych, przez co bierze udział praktycznie we wszystkich reakcjach biochemicznych zachodzących w roślinie. W efekcie silnie oddziałuje na:

- wielkość plonu nasion (poprzez wpływ na liczbę pędów wytworzonych przez roślinę oraz liczbę pąków kwiatowych),
- cechy jakościowe nasion.

Rzepak może korzystać z azotu pochodzącego z różnych źródeł, w tym ważną rolę spełniają zasoby glebowe na które składa się azot obecny w próchnicy, resztkach roślinnych, opadach atmosferycznych, związany symbiotycznie przez bakterie, a także tzw. azot mineralny (N_{min}). Zasoby te są jednak zbyt małe dla prawidłowego rozwoju i plonowania rzepaku, dlatego znaczna część tego składnika musi być dostarczona w nawozach mineralnych.

Przedsięwzięcie, jesienne nawożenie azotem jest uzależnione od przedplonu. Jeżeli rzepak będzie uprawiany po motylkowatych lub mieszankach motylkowato-zbożowych, nawożenie azotem jest zbędne. W resztkach późniwnych roślin strączkowych i motylkowatych wieloletnich znajduje się odpowiednio 30–90 i ponad 120 kg N · ha⁻¹. Jeśli w czasie przygotowywania gleby do siewu występują opady, to bardzo szybko następuje rozkład resztek późniwnych, a uwalniany N_{min} może stanowić wystarczająco

jące źródło azotu dla roślin w okresie jesieni. Natomiast inaczej wygląda sprawa w przypadku uprawy rzepaku po zbożach, które wyczerpują glebę z azotu i niekorzystnie wpływają na zawartość materii organicznej. Dodatkowo przyorywana jest duża masa ścierni, która powoduje zachwianie stosunku węgla do azotu i azot staje się praktycznie niedostępny dla roślin. Wówczas konieczne jest zastosowanie dawki 20–40 kg N·ha⁻¹, dzięki czemu rośliny wytworzą prawidłowy pokrój i sprawnie wznowią vegetację wiosenną. Jesienią należy unikać zbyt wysokich dawek azotu, ponieważ w warunkach dostępu wilgoci i ciepła może dojść do produkcji nadmiernej masy roślin, co powoduje gorsze ich hartowanie i słabsze zimowanie. Dodatkowo, przy obfitych opadach część azotu może ulec wymyciu do wód gruntowych.

Wiosenne dawki azotu i terminy stosowania nawozów azotowych

Wiosną rzepak wymaga wczesnego zastosowania azotu, aby sprawnie wznović wzrost i rozwój oraz uniknąć obniżenia plonu. Tworzeniu pąków kwiatowych wiosną towarzyszy bardzo intensywny wzrost łodygi i pędów, co powoduje, że w tym okresie pojawia się konkurencja pomiędzy organami wegetatywnymi i generatywnymi rzepaku o wodę, azot oraz produkty fotosyntezy. Jest to zatem bardzo ważny etap plonotwórczy, bo w okresie 1–2 tygodnia po kwitnieniu jest ustalana ostateczna liczba łuszczyn na roślinie i nasion w łuszczynie (8), co obok liczby roślin na 1 m² oraz MTN tworzy ostateczny plon rzepaku.

Ponieważ do wytworzenia 1 dt nasion rzepak zużywa około 6 kg azotu, to chcąc uzyskać plon rzepaku na średnim poziomie (tj. 3,5 t nasion z 1 ha), potrzeby pokarmowe plantacji będą się kształtowały w zakresie 175–210 kg N·ha⁻¹ (tab. 4).

Tabela 4

Zapotrzebowanie rzepaku ozimego na azot wiosną w zależności od przewidywanego plonu nasion

Przewidywane średnie plony nasion (t·ha ⁻¹)	Zapotrzebowanie na azot (kg N·ha ⁻¹)
2,5	125-150
3,0	150-180
3,5	175-210

Źródło: Wałkowski i in., 2007/2008 (17)

Wiosną, azot pod rzepak ozimy stosuje się z reguły w dawce podzielonej. Dawkę pierwszą podaje się tuż po ruszeniu wiosennego wzrostu (BBCH 20), a drugą – w początku fazy wydłużania pędu (BBCH 30). Całkowita wiosenna dawka azotu zależy od: stanu plantacji po zimie (obsada roślin), przewidywanego plonu nasion, stanowiska i przedplonu. Jako dolną granicę obsady rzepaku po zimie przyjmuje się 30 roślin równo rozmieszczonych na 1 m² pola. Przy tak niskiej obsadzie roślin, oprócz dawki uderzeniowej azotu (100–120 kg N·ha⁻¹), powinno być zastosowane dodatkowe nawożenie fosforem w celu pobudzenia wzrostu pędów bocznych rzepaku. Jeśli obsada roślin po zimie jest zadawalająca, a rzepak jest uprawiany po motylko-

watych, po ziemniaku oraz do trzeciego roku po oborniku wówczas wymagane jest podanie 120–140 kg N·ha⁻¹, zaś przy uprawie rzepaku po grochu potrzeba dawki 90–100 kg N·ha⁻¹. Z kolei plantacje usytuowane po zbożach zaleca się nawozić dawką 170–180 kg N·ha⁻¹. Całkowite dawki azotu wynoszące do 120 kg można stosować jednorazowo, tuż po ruszeniu vegetacji, aby wykorzystać wodę z opadów zimowo-wiosennych i zasilić osłabione po zimie rośliny. Dawki wyższe należy podzielić, tak aby tuż po ruszeniu vegetacji podać 50–75% całkowitej dawki N i około 2 tygodnie później (tj. w początku wydłużania pędu) zastosować 25–50% tej dawki. Podział ten zabezpiecza plantację przed stratami azotu w wyniku wymycia oraz przed wytwarzaniem nadmiernej masy wegetatywnej, co prowadzi do wylegania roślin.

Obliczanie dawki N z uwzględnieniem N_{\min} i innych elementów agrotechniki

Jak wspomniano wcześniej, w glebie znajdują się rezerwy azotu dostępnego dla roślin określanego jako azot mineralny (N_{\min}), tj. sumy azotu amonowego (N-NH₄) i azotanowego (N-NO₃). Rzepak uprawia się na glebach średnich i dobrych, które wiosną zawierają od 60 do 100 kg N·ha⁻¹ w formie N_{\min} . Ze względu na zróżnicowanie przebiegu procesu mineralizacji azotu w glebie, wywołane głównie przez różne wartości temperatury i wilgotności gleby, analiza gleby na zawartość N_{\min} powinna być wykonywana w każdym roku. Uwzględnianie tej formy azotu jest pomocne w ustaleniu optymalnej dawki azotu pod rzepak na konkretnym polu (4). Aby poznać aktualną zawartość N_{\min} na plantacji rzepaku, należy wczesną wiosną, tuż przed ruszeniem vegetacji, pobrać próbki gleby z głębokości 0–30, 30–60 i 60–90 cm. Następnie trzeba je przekazać do stacji chemiczno-rolniczej w celu oznaczenia N_{\min} . Otrzymany wynik wskazuje aktualną zawartość azotu mineralnego w danej glebie, a więc w celu ustalenia dawki N, którą planuje się podać w nawozach mineralnych, całkowitą dawkę azotu pod rzepak należy pomniejszyć o uzyskaną wartość N_{\min} .

Dawkę nawozową azotu wylicza się z algorytmu (4):

$$D_N = (P \cdot U_N) - N_{\min}$$

gdzie:

D_N – dawka nawozowa azotu (kg·ha⁻¹),

P – zakładany plon nasion (t·ha⁻¹),

U_N – jednostkowe pobranie azotu (kg N·t⁻¹ nasion),

N_{\min} – zawartość azotu mineralnego w warstwie 0–90 cm gleby (kg·ha⁻¹).

Przykładowe obliczanie dawki N przy zakładanym plonie nasion 4 t·ha⁻¹, jednostkowym pobraniu azotu 60 kg N·t⁻¹ nasion i zawartości $N_{\min} = 70$ kg N·ha⁻¹:

$$D_N = (4,0 \text{ t} \times 60 \text{ kg} \cdot \text{t}^{-1}) - 70 \text{ kg N} = 240 - 70 = 170 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$$

Wyznaczoną w ten sposób dawkę azotu należy skorygować w zależności od: przedplonu, systemu nawożenia naturalnego roślin przedplonowych i gęstości roślin w łanie (tab. 5). Ponieważ rośliny motylkowate, ziemniaki i stosowany obornik pozostawiają

więcej azotu w glebie, więc dawka nawozowa azotu powinna być niższa, w przeciwnieństwie do stanowiska po zbożach, kiedy to dawkę N odpowiednio zwiększamy. Jeśli obsada roślin po zimie jest zadawalająca, nawożenie rzepaku azotem powinno uwzględniać korektę wskazaną w tabeli. W terminie pierwszym, który wypada tuż przed ruszeniem wegetacji, stosuje się zwykle 50–75% całkowitej dawki azotu. Resztę podaje się około 2 tygodnie później.

Tabela 5

Korekta dawki nawozowej azotu dla plonu rzepaku na poziomie 3,5–4,0 t·ha⁻¹

Czynnik korekcyjny	Korekta	Całkowita dawka N po korekcie	Wysokość I dawki N (60% dawki nawozowej)
	kg·ha ⁻¹		
Całkowita dawka nawozowa	170	170	102
Rzadki łan wiosną	+30	200	120
Obornik w zmianowaniu, do 3 roku	-15	155	93
Motylikowate w zmianowaniu	-15	155	93
Zboża w zmianowaniu	+20	190	114

Źródło: Grzebisz i in., 2008 (4), zmodyfikowane

Wybór nawozu azotowego

Jesienią można w zasadzie zastosować każdy nawóz azotowy w formie stałej i płynnej, zwłaszcza gdy wcześniej odczyn gleby został uregulowany poprzez wapnowanie. A więc może to być mocznik, saletra amonowa, siarczan amonu (zawierający także siarkę) oraz RSM. Można też wprowadzić nawozy naturalne. Natomiast wiosną nawożenie N zależy od kilku elementów. Jeśli plantacja jest umiejscowiona na stanowisku o uregulowanym odczynie oraz zasobnym w P i K, pierwszą część wiosennej dawki N najlepiej podać w postaci saletry amonowej lub RSM, natomiast gdy jesienne nawożenie fosforowo-potasowe było niewystarczające, to najlepsze efekty daje zastosowanie nitrofosek. Generalnie obowiązuje zasada, że pierwsza wiosenna dawka azotu powinna być zastosowana w postaci nawozu szybko działającego, tj. saletra amonowa lub siarczan amonu, co jest wskazane, jeśli chcemy zasilić rośliny także siarką. Z kolei wybór najlepszego nawozu do zastosowania jako II wiosenna dawka azotu zależy od sytuacji na plantacji. Jeśli są optymalne warunki wzrostu, można podać saletrę amonową, saletrę wapniową lub mocznik, a gdy liczymy się z możliwością wystąpienia niedoboru magnezu – stosujemy saletrę wapniowo-amonową.

W uprawie rzepaku można również stosować azot w formie dokarmiania dolistnego roślin 12% wodnym roztworem mocznika (46%). Zabieg ten stosuje się na ogół dwukrotnie w okresie wegetacji. Dobre rezultaty daje łączne stosowanie mocznika z siarczanem magnezu lub mikroelementami (16).

Nawożenie fosforem i potasem

Dostępność **fosforu** dla młodych roślin rzepaku jest niezmiernie ważna ze względu na jego wpływ na rozwój systemu korzeniowego (9). Silny rozwój korzeni umożliwia lepsze penetrowanie gleby i sprawniejsze pobieranie wody oraz składników pokarmowych. Przeciwdziała też wyleganiu silnie rozgałęzionych roślin rzepaku. Korzystne oddziaływanie tego składnika polega ponadto na regeneracji uszkodzeń pozimowych, przyspieszeniu rozwoju roślin oraz zwiększeniu odporności na suszę i mróz. Odpowiednie zaopatrzenie w fosfor wpływa na poprawę wartości biologicznej (DNA, RNA, ATP) i technologicznej nasion rzepaku (2).

Potas spełnia w roślinach trzy zasadnicze funkcje: reguluje gospodarkę wodną, aktywuje enzymy i zwiększa odporność roślin. Rośliny rzepaku dobrze zaopatrzone w potas lepiej wykorzystują pobraną wodę, ponieważ mają niższy współczynnik transpiracji, co oznacza, że zużywają mniej wody na wyprodukowanie jednostki suchej masy. Rośliny takie lepiej przetrzymują okresy suszy i wolniej więdną (9). Obecność potasu w rosnących częściach młodych roślin wskazuje na jego niezbędność od początku ich rozwoju. Jon potasowy aktywuje ponad 60 reakcji enzymatycznych przez co ma udział w regulacji procesów nagromadzenia, transportu i magazynowania substancji organicznych w roślinie. W szczególności, pod wpływem potasu zwiększa się aktywność fotosyntezy i szybkość odprowadzania asymilatów z liści do innych organów rośliny. Potas zwiększa efektywność działania dużych dawek nawozów azotowych, przez co wpływa na procesy syntezy cukrów oraz białek i tłuszczów, co jest szczególnie ważne w przypadku rzepaku (2). Ponadto rośliny dobrze zaopatrzone w potas wykazują zwiększoną odporność na różnego rodzaju stresy biotyczne i abiotyczne, tj. mróz oraz choroby i szkodniki.

Analizy gospodarki nawozowej wskazują, że w ostatnich latach pojawiają się zagrożenia niedoborów fosforu i potasu w glebach Polski, co znaczy, że systematycznemu zmniejszeniu ulega udział gleb o wysokiej i bardzo wysokiej zawartości tych składników. Zachodzi więc obawa, że przy utrzymaniu się tej tendencji potas, a w przyszłości także i fosfor staną się czynnikami ograniczającymi zarówno poziom plonów, jak również wykorzystanie nawozów azotowych (6, 7). Ze względu na ważną rolę fosforu i potasu w procesie wzrostu i rozwoju rzepaku niezmiernie ważne jest dbanie o zaopatrzenie plantacji w te składniki poprzez odpowiednio dobrane nawożenie.

Przy ustalaniu dawek nawozów fosforowo-potasowych powinno się uwzględnić zasobność gleby w przyswajalne formy tych składników oraz ich pobranie z plonem (tab. 4). Należy też pamiętać o naddatku w wysokości 0–50 kg w celu utrzymania średniej zasobności w ten składnik. W tym przypadku obowiązuje zasada, że im zasobność gleby jest niższa, a oczekiwane plony wyższe, tym dawki tych nawozów wyższe. Nawozy fosforowo-potasowe pod rzepak stosuje się w całej dawce przed siewem nasion, co w praktyce oznacza ich wysiew na ściernisko przed wykonaniem zabiegów uprawowych. Dawki fosforu i potasu aplikowane w postaci mineralnej powinny być skorygowane, jeśli w gospodarstwie stosowane są także nawozy natu-

ralne. Przykładowe dawki fosforu i potasu zalecane pod rzepak ozimy w zależności od stanowiska przedstawia tabela 6.

Tabela 6

Zalecane dawki fosforu i potasu w uprawie rzepaku ozimego (kg/ha)

Zasobność gleby	Kompleks glebowy					
	pszenny bardzo dobry, pszenny dobry, żytni bardzo dobry		zbożowy pastewny mocny, pszenny górski		pszenny wadliwy, żytni dobry	
	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O	P ₂ O ₅	K ₂ O
Bardzo niska	130	180	130	170	135	180
Niska	95	160	90	150	95	150
Średnia	60	140	50	130	65	120
Wysoka	50	70	45	80	40	70
Bardzo wysoka	40	60	35	30	30	50
Plon nasion (t·ha ⁻¹)	powyżej 3,5		3,0		poniżej 2,5	

Źródło: Wałkowski i in., 2003 (16)

W tabeli 6 przedstawiono przykładowe dawki P i K dla uprawy rzepaku na stanowiskach o bardzo niskiej i niskiej zawartości tych składników. Jednakże rzepak ozimy bardzo reaguje na poziom zasobności gleby zatem stanowiska słabe, o niskiej, a zwłaszcza bardzo niskiej zasobności w te składniki powinny być eliminowane z uprawy. Za optymalny przedział zasobności gleby w przyswajalny potas i fosfor należy przyjąć klasę średnią, a więc działania rolnika powinny prowadzić do uzyskania takiej zasobności gleby.

Do przedsięwzięcia nawożenia rzepaku fosforem zaleca się stosowanie superfosfatu prostego, który zawiera także wapń, siarkę i bor. Można również stosować bogatszy w fosfor superfosfat potrójny. Najlepsze nawozy potasowe pod rzepak to przede wszystkim wysokoprocetowe sole potasowe i siarczan potasu. Zaleca się także stosowanie nawozów wieloskładnikowych, których szeroki asortyment pozwala wybrać odpowiedni nawóz na dane stanowisko. W takim przypadku za podstawę wyliczeń dawki nawozu przyjmuje się ten składnik, którego nawóz zawiera najwięcej.

Nawożenie siarką

W związku z występującymi w kraju niedoborami siarki zwraca się uwagę na stan zaopatrzenia roślin w ten składnik. Dotyczy to zwłaszcza rzepaku i innych roślin z rodziny krzyżowych, które spośród roślin uprawnych mają największe wymagania względem siarki. Nawożenie siarką w warunkach jej niedoboru jest konieczne, ale dawka nie może być zbyt wysoka, ponieważ powoduje spadek plonów nasion oraz pogarsza ich jakość (11, 12, 17). Stosowanie siarki powinno być także zharmonizowane z nawożeniem azotowym, aby stosunek N:S wynosił 5–6:1. Na ogół zaleca się, aby dawka siarki nie przekraczała 1/3–1/4 dawki azotu więc uprawy rzepaku

powinny być nawożone dawką 30–40 kg S·ha⁻¹, a w szczególnych przypadkach można stosować dawkę do 60 kg S·ha⁻¹ (3). Zdaniem Grzebiśza i Gaj (3), siarka może być stosowana jesienią wraz z podawaniem fosforu (superfosfat pojedynczy), potasu (siarczan potasu) czy magnezu (kizeryt), w nawozach wieloskładnikowych oraz jako samodzielny składnik pokarmowy (siarka elementarna). Ponieważ jednak jon siarczanowy jest podatny na wymywanie, aplikacja jesienna może prowadzić do strat siarki, szczególnie na glebach słabszych i w rejonach o większych opadach. Biorąc pod uwagę ww. aspekt oraz fakt, że u rzepaku ozimego największe potrzeby względem siarki występują w fazie pąkowania i kwitnienia, lepszym terminem stosowania tego składnika jest wiosna. Wówczas siarka może być podana wraz z pierwszą dawką azotu (siarczan amonu) lub w postaci siarczanu potasu czy siarczanu magnezu. Według Schnuga i Haneklaus (14), tuż przed kwitnieniem roślin wskazane jest wykonanie oceny zawartości siarki w młodych liściach rzepaku zebranych z górnej części łodygi (tab. 7).

Tabela 7

Zawartość siarki a stan odżywienia rzepaku

Zawartość siarki (% s.m.)	Stan odżywienia siarką
< 0,35	niska
0,36-0,55	niedostateczna
0,56-0,65	optymalna
> 0,65	wysoka

Źródło: Schnug i Haneklaus, 1994 (14)

Diagnoza odżywienia rzepaku siarką lub pojawienie się objawów jej niedoboru na plantacjach wskazuje na konieczność wykonania zabiegu dokarmiania dolistnego poprzez oprysk roślin 5% roztworem siedmiowodnego siarczanu magnezu. W warunkach deficytu siarki bardzo skutecznie i szybko działa również siarczan sodu (16).

Nawożenie mikroelementami

Rośliny rzepaku potrzebują także zaopatrzenia w niektóre mikroelementy. Wczesnowiosenne niedobory mikroelementów można określić za pomocą testów roślinnych i na ich podstawie stosować odpowiednie dawki nawozów dolistnych. Do analizy chemicznej pobiera się z 20–25 miejsc całe liście z górnej części roślin, gdy rzepak znajduje się w fazie zielonego pąka (16). Optymalne zawartości głównych mikroelementów wynoszą (mg·kg⁻¹): bor 30–50, mangan 25–40, cynk 25–35 i molibden 0,4–0,6. Jeśli jednak rzepak uprawiany jest w zmianowaniu, w którym systematycznie stosowany jest obornik i odczyn gleby wynosi powyżej 6,5, to nie powinny wystąpić niedobory innych mikroelementów poza borem i manganem (5).

Rzepak ma wysokie wymagania w stosunku do **boru**. Krytyczna faza względem zapotrzebowania na bor u roślin rosnących na glebach ubogich w ten mikrośladnik rozpoczyna się od zwarcia rzędów, a dla roślin uprawianych na glebach zasobnych – okres kwitnienia. Deficyt boru powoduje zahamowanie tworzenia nasion, w wyniku czego następują obniżki plonu, nawet gdy zaopatrzenie w siarkę jest prawidłowe.

Zaopatrzenie rzepaku w ten mikroelement na około 2 tygodnie przed kwitnieniem powinno być wyższe od $30 \text{ mg B} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ Można wtedy jeszcze dokonać interwencyjnego nawożenia poprzez oprysk nawozem Solubor w dawce $1\text{--}3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ jako 0,5–1,0% jego roztwór lub zastosować Insol, Agrovital R czy Floresol OR. Oprócz możliwości stosowania w fazach krytycznych dolistne dokarmianie borem zwiększa jego wykorzystanie. Przy niskiej zasobności gleby w bor wskazany jest 2-krotny oprysk w fazie zwierania rzędów i powtórny w fazie pąkowania rzepaku. Natomiast w warunkach gleb zasobnych wystarczy jedna dawka boru podana w drugim terminie.

W warunkach znacznego **niedoboru manganu** może wystąpić zmniejszenie liczby łuszczyń i zawartości tłuszczu w nasionach. W przypadku wystąpienia deficytu powinno się zastosować nawozy doglebowe, jak siarczan manganu w ilości $10\text{--}20 \text{ kg Mn} \cdot \text{ha}^{-1}$ lub nawożenie dolistne. Wówczas w zależności od skali niedoboru stosuje się dwa zabiegi: w fazie wzrostu wydłużeniowego i w fazie pąkowania albo jeden oprysk w drugim terminie. Jednokrotna dawka manganu w formie siarczanu wynosi $0,5\text{--}1,0 \text{ kg Mn} \cdot \text{ha}^{-1}$, a w postaci chelatu $0,1\text{--}0,2 \text{ kg Mn} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Rzepak ozimy jest także wrażliwy na **niedobory cynku**. Faza krytyczna przypada na fazę wydłużania pędu głównego. Można zastosować nawożenie dolistne w ilości $0,2\text{--}0,4 \text{ kg Zn} \cdot \text{ha}^{-1}$ w formie siarczanu cynku i czterokrotnie niższe przy użyciu chelatu. Dawka doglebowego nawożenia cynkiem powinna wynosić $2\text{--}4 \text{ kg Zn} \cdot \text{ha}^{-1}$ lub $10\text{--}15 \text{ kg Zn} \cdot \text{ha}^{-1}$, odpowiednio dla stanowisk zasobnych i ubogich w ten mikroelement.

Ważną rolę w uprawie rzepaku spełnia także **molibden**, który bierze udział w przemianach azotu i fosforu w roślinach. Dolistne nawożenie rzepaku ozimego molibdenem powoduje wzrost plonu nasion i biologicznego plonu białka oraz wzrost zawartości Mo w nasionach, co ma szczególne znaczenie, jeśli nasiona będą stanowić materiał siewny lub surowiec paszowy (15). Najlepsze rezultaty uzyskuje się, stosując $60\text{--}120 \text{ g Mo} \cdot \text{ha}^{-1}$ w opryskach dolistnych wykonywanych od wiosny do początku formowania łodygi.

Nawozy naturalne

Zgodnie z zasadami nawożenia zbilansowanego w prawidłowym zmianowaniu uwzględniającym rzepak powinno znaleźć się stosowanie nawozów mineralnych i naturalnych (10).

Obornik jest podstawowym materiałem tworzącym próchnicę i znaczącym źródłem makro- i mikroelementów. Na ogół rzepak jest uprawiany w trzecim roku po oborniku, ale na glebach słabszych zaleca się stosowanie przefermentowanego

obornika bezpośrednio pod rzepak w ilości 30 t·ha⁻¹. Ze względu na to, że w pierwszym roku rośliny wykorzystują tylko około 30–40% azotu, 25% fosforu i 50–70% potasu, planowane nawożenie mineralne można zmniejszyć o 30% w przypadku azotu i do 50% w przypadku fosforu i potasu. Bezpośrednio po wywiezieniu na pole obornik powinien być zaorany na głębokość 15–20 cm w celu zmniejszenia strat azotu i usprawnienia jego rozkładu.

Gnojowica jest uważana za wartościowy nawóz dla rzepaku, ponieważ składniki w niej zawarte łatwo przenikają do systemu korzeniowego roślin i są dobrze wykorzystywane przez nie ze względu na wąski stosunek C:N. Chociaż zawiera mniej składników pokarmowych niż obornik, azot z gnojowicy jest znacznie lepiej wykorzystywany przez rośliny niż z obornika i tylko nieco słabiej niż z nawozów mineralnych. Natomiast fosfor i potas są z tego źródła tak samo dostępne dla roślin jak z nawozów mineralnych, przez co składniki te odejmujemy w całości od zaplanowanych ich dawek. Przy stosowaniu gnojowicy przed siewem jest możliwość wymieszania jej z glebą, przez co wzrasta wartość równoważnika nawozowego dla azotu. Dawka gnojowicy podana przed siewem rzepaku nie powinna przekraczać 25% całkowitej, optymalnej dawki azotu.

Nawożenie odmian mieszańcowych rzepaku ozimego

W ostatnich latach wprowadzane są do uprawy odmiany mieszańcowe rzepaku ozimego, które charakteryzują się większym potencjałem plonotwórczym niż odmiany populacyjne. Z badań prowadzonych w IHAR w Poznaniu (5, 18) wynika, że agrotechnika odmian mieszańcowych nie różni się znacznie od agrotechniki odmian populacyjnych. Jednakże stanowiska słabsze, o małej zasobności w składniki pokarmowe nie mogą gwarantować uzyskania opłacalnych plonów tych odmian. Dla wydania wysokiego plonu wymagają one, tak jak odmiany populacyjne, dużej ilości dostępnej wody i składników pokarmowych we wszystkich fazach ich rozwoju. Wyższe plony tych odmian wiążą się z większym wyniesieniem z pola składników pokarmowych, ale nie znaczy to, że ich potrzeby nawozowe są większe niż odmian populacyjnych. Wyniki badań wskazują, że formy mieszańcowe efektywniej pobierają składniki pokarmowe z gleby i nawozów. Bardzo dobrze rozwinięty system korzeniowy form mieszańcowych powoduje, że lepiej też gospodarują wodą, co jest szczególnie ważne w fazach intensywnego przyrostu biomasy. W związku z tym zalecenia nawozowe pod odmiany mieszańcowe nie różnią się od zaleceń dotyczących nawożenia odmian populacyjnych, a stosując takie same dawki nawozów, uzyskuje się wyższe plony. Nawożenie jest uważane za podstawowy czynnik agrotechniczny decydujący o wysokości plonu, bowiem wpływa na główną składową strukturę plonu, jaką jest liczba łuszczyń plonujących na jednostce powierzchni. Zatem błędy w nawożeniu i nieuregulowany odczyn gleby są przyczyną obniżonego potencjału plonotwórczego tych odmian. Wiosną w celu zasilenia potasem wysoko plonujących odmian

mieszkańcowych zaleca się stosowanie niewielkiej jego dawki tuż przed ruszeniem wegetacji.

Podsumowanie

Rzepak ozimy ma wysokie wymagania żywieniowe zatem prawidłowe nawożenie jest podstawowym czynnikiem decydującym o poziomie i jakości uzyskiwanych plonów. Ten element agrotechniki może także poprawić niedociągnięcia w zakresie słabszego kompleksu glebowego czy przedplonu. Odpowiednie zaopatrzenie rzepaku w składniki pokarmowe wpływa na wigor roślin i ich odporność na czynniki stresowe pojawiające się w czasie wegetacji oraz stwarza warunki do realizacji ich potencjału plonotwórczego.

Literatura

1. Amberger A.: Strategies to increasing N efficiency in modern fertilizer management. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 1999, **349**: 12-21.
2. Bartkowiak-Broda I., Wałkowski T., Ogrodowczyk M.: Przyrodnicze i agrotechniczne możliwości kształtowania jakości nasion rzepaku. Pam. Puł., 2005, **139**: 7-25.
3. Grzebisz W., Gaj R.: Zbilansowane nawożenia rzepaku ozimego. W: Zbilansowane nawożenie rzepaku. Aktualne problemy, W. Grzebisz (red.). AR Poznań, 2000, ss. 83-98.
4. Grzebisz W., Gaj R., Waszak M.: Zintegrowany system nawożenia rzepaku. W: Integrowana produkcja rzepaku ozimego i jarego, M. Mrówczyński i S. Prószyński (red.). IOR Poznań, 2008, ss. 19-28.
5. Grzebisz W., Podleśna A., Wielebski F.: Potrzeby pokarmowe i nawożenie. W: Technologia produkcji rzepaku, Cz. Muśnicki, I. Bartkowiak-Broda i M. Mrówczyński (red.). Wieś Jutra, Warszawa, 2005, ss. 74-89.
6. Kopiński J., Ochala P., Jadczyzyn T.: Produkcyjne i środowiskowe aspekty gospodarowania fosforem. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2013, **34(8)**: 57-74.
7. Kopiński J., Ochala P.: Gospodarowanie potasem w warunkach zróżnicowanej zasobności gleb. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2013, **34(8)**: 75-90.
8. Kuchtová P., Vašák J.: Wzrost i rozwój rzepaku ozimego. W: Zbilansowane nawożenie rzepaku. Aktualne problemy, W. Grzebisz (red.). AR Poznań, 2000, ss. 73-80.
9. Lityński T., Jurkowska H.: Żyzność gleby i odżywianie się roślin. PWN Warszawa, 1982, s. 147-258.
10. Maćkowiak C.: Zasady stosowania nawozów naturalnych i organicznych. W: Materiały szkoleniowe, G. Hołubowicz-Kliza (red.). IUNG-PIB Puławy, 2004, **90**: 69-84.
11. Małarz W., Kozak M., Kotecki A.: Wpływ wiosennego nawożenia różnymi nawozami siarkowym na wysokość i jakość plonu nasion rzepaku ozimego odmiany ES Saphir. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, 2011, **XXXII**: 107-115.
12. Podleśna A.: Wstępna ocena potrzeb nawożenia siarką rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, 2003, **XXIV (2)**: 641-650.
13. Podleśna A.: Wpływ nawożenia siarką na zawartość i pobieranie składników pokarmowych przez rzepak ozimy. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, 2004, **XXV**: 627-636.
14. Schnug E., Hanecklaus S.: Sulphur deficiency in *Brassica napus*. Landbauforschung Volkenrode, 1994, Sonderheft **144**: 1-31.

15. Stanisławska-Głubiak E.: Analiza wybranych czynników determinujących efekty dolistnego nawożenia molibdenem w uprawie rzepaku ozimego. Monografie i Rozprawy Naukowe IUNG-PIB, 2003, 7: 1-72.
 16. Wałkowski T., Bartkowiak-Broda I., Korbas M., Mrówczyński M., Paradowski A.: Rzepak ozimy. Proekologiczna technologia uprawy. IHAR Poznań, 2003, s. 1-29.
 17. Wałkowski T., Bartkowiak-Broda I., Krzymański J., Mrówczyński M., Korbas M., Paradowski A.: Rzepak ozimy. IHAR Poznań, 2007/2008, s. 1-161.
 18. Wielebski F.: Wpływ nawożenia siarką w warunkach stosowania zróżnicowanych dawek azotu na plonowanie różnych typów odmian rzepaku ozimego. Rośliny Oleiste – Oilseed Crops, 2011, XXXII: 61-78.
-

Adres do korespondencji:

dr hab. Anna Podleśna
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. (81) 886 34 21 w. 251
e-mail: ap@iung.pulawy.pl

