

AGROTECHNOLOGIA UPRAWY RZEPAKU OZIMEGO ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM NAWOŻENIA

III. NAWOŻENIE RZEPAKU OZIMEGO W ASPEKCIE WIELKOŚCI I JAKOŚCI PLONU

Bożena Barczak¹, Mateusz Maciejewski, Mateusz Świtkowski

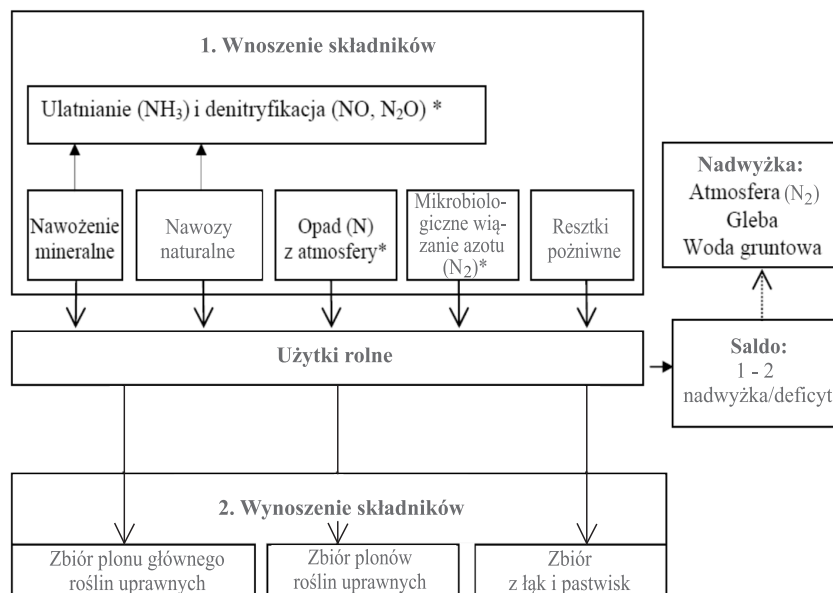
1. NAWOŻENIE AZOTEM

Spśród wszystkich czynników agrotechnicznych nawożenie w największym stopniu kształtuje wielkość i jakość plonu rzepaku ozimego [Jankowski i in. 2005, Mrówczyński i in. 2008]. Plony nasion rzepaku są ściśle skorelowane z ilością pobranego azotu oraz pozostałych prawidłowo zbilansowanych makro- i mikroskładników [Rudko 2011]. Azot jako pierwiastek wybitnie plonotwórczy ma największy wpływ na wzrost i rozwój rzepaku. Zwiększenie plonu nasion jest wynikiem bezpośredniego wpływu tego składnika na liczbę zawiązanych łuszczyń oraz znajdujących się w nich nasion, stymuluje także wzrost masy tysiąca nasion [Budzyński i Zajac 2010]. W zależności od dawki zastosowanego czystego składnika jego rola może być pozytywna lub negatywna. Nadmiar dostępnego azotu w glebie prowadzi do wybujałości, wylegania, opóźnionego dojrzewania, obniżonej odporności na patogeny, niższej wydajności tłuszczu oraz wpływa na gromadzenie się w roślinach szkodliwych azotanów(V) [Grzebisz i in. 2005]. Konsekwencją nadmiernej podaży azotu może być także obniżenie biologicznej wartości białka w nasionach [Bartóg i Grzebisz 2000]. Z kolei niedobór azotu u roślin objawia się jasnozieloną barwą nadziemnej części, a także żółknięciem starszych liści, powolnym wzrostem i tworzeniem cienkich łodyg [Szewczuk 2013], co skutkuje zahamowaniem wzrostu, wcześniejszym kwitnieniem i zawiązywaniem łuszczyń. W konsekwencji prowadzi to do znacznego spadku plonu.

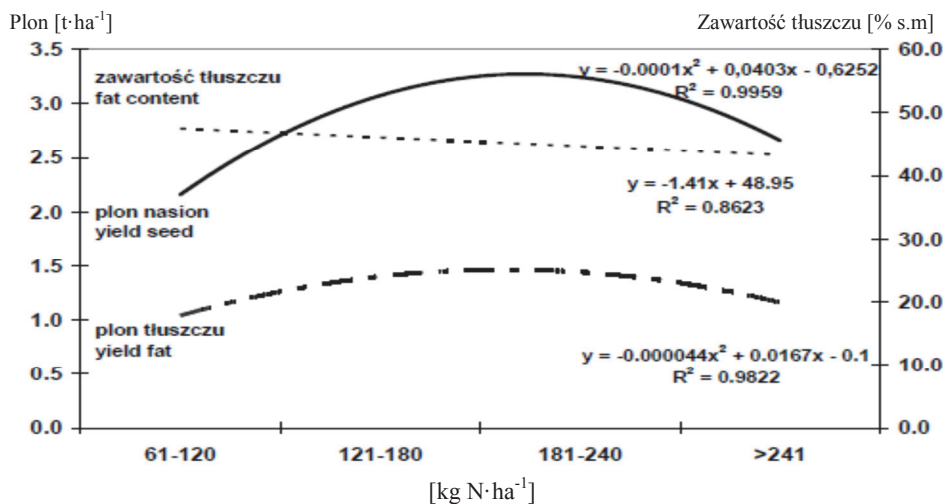
Azot to pierwiastek wysoce mobilny, świadczą o tym jego liczne przemiany zachodzące w glebie, prowadzące do strat bądź wzbogacania gleby (rys. 1). Zarówno azot, jak i pozostałe składniki pokarmowe wynoszone są z gleby w wyniku pobierania ich przez rośliny, a także wymywania w głąb profilu glebowego. Wnoszenie azotu z atmosfery do gleby możliwe jest tylko dla roślin z rodziny bobowatych po wytworzeniu przez nie brodawek bakteryjnych na korzeniach [Grzebisz i in. 2008].

Skład chemiczny nasion rzepaku w głównej mierze uwarunkowany jest genetycznie, jednak pewien wpływ mogą mieć również warunki agrotechniczne, szczególnie nawożenie azotem, które w największym stopniu kształtuje zawartość tłuszczu i białka [Muśnicki i in. 2005, Jankowski i in. 2005, Wielebski 2011]. W badaniach Jankowskiego i in. [2005] wykazano wyraźną dodatnią reakcję plonu nasion rzepaku ozimego pod wpływem wiosennego nawożenia azotem do poziomu $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (rys. 2). Efektywność wyższych dawek była niższa. Zawartość tłuszczu w suchej masie nasion w wyniku nawożenia azotem wprawdzie obniżała się, ale jego plon wzrastał do dawki $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$.

¹ Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Zakład Chemii Rolnej, ul. Seminaryjna 5, 85-326 Bydgoszcz, e-mail: barczak@utp.edu.pl



Rys. 1. Elementy bilansu azotu (opracowanie własne na podstawie Wrzasczka 2009)



Rys. 2. Plon nasion oraz zawartość i plon tłuszczu rzepaku ozimego w zależności od zastosowanej wiosennej dawki azotu (opracowanie własne na podstawie Jankowskiego i in. 2005)

Plonotwórczą rolę azotu determinuje nie tylko dawka zastosowanego składnika, ale także termin nawożenia [Gaj i in. 2007, Rudko 2011]. Podział dawki azotu na trzy części przyczynia się do zwiększenia plonu nasion oraz zmniejsza ryzyko wylegania łanu [Grzebisz i Barłóg 2000]. Wysoka efektywność plonotwórcza została przez autorów potwierdzona szczególnie dla nitrofoski zastosowanej przed ruszeniem wegetacji. Przyjęty podział dawki spowodował zwiększenie liczby nasion w łuszczykach na pędach bocznych, co skutkowało wyższym plonem.

Duże znaczenie ma skład chemiczny nawozu azotowego. Różnice w działaniu różnych form azotu mogą wynikać między innymi z odmiennego wpływu na pH ryzosfery, determinującego szybkość pobierania składników pokarmowych [Muśnicki i in. 2005].

Zawartość azotu w poszczególnych organach roślin zależy przede wszystkim od fazy rozwoju rzepaku ozimego. Dynamika pobierania i akumulacji azotu przez rzepak jest bardzo duża w okresie od wiosennego ruszenia vegetacji aż do fazy kwitnienia [Grzebisz i in. 2008]. Od kwitnienia następuje systematyczny spadek ilości azotu zakułowanego w roślinach, co powoduje, że tzw. pobranie końcowe składnika jest ilościowo mniejsze niż pobranie maksymalne. Jak wykazały badania Barłoga i Grzebisza [2000], po fazie kwitnienia rzepaku zmniejszała się zawartość azotu w pędach głównych i bocznych oraz w łuszczynach.

Zaleca się stosowanie wysokich dawek azotu pod rzepak ozimy na glebach żyznych i dobrze uwilgotnionych [Rudko 2011]. Bezczelowe jest natomiast intensywne nawożenie tym składnikiem na glebach lżejszych i przy niskich opadach, gdyż niedobór wody uniemożliwi roślinom dobre wykorzystanie azotu [Gaj i in. 2007].

Przedsięwną dawkę azotu (nie więcej jak 35-40 kg N) zaleca się stosować tylko w uprawie rzepaku ozimego po zbożach [Budzyński 2004]. W przypadku przyorowania całego plonu słomy uzasadnione są dawki wyższe – efektywne jest stosowanie azotu przedsięwne lub pogłównie w fazie 2-4 liści w dawce 40-60 kg N·ha⁻¹ [Pruszyński 2011]. Tak zwana dawka startowa wskazana jest na przyoraną słomę, zwłaszcza gdy termin siewu rzepaku został lekko opóźniony. Pomimo że zastosuje się azot, to w zależności od przebiegu pogody rośliny mogą odczuć jego niedobór, dlatego na przełomie września i października należy ocenić stan plantacji. Jeżeli rośliny wytworzyły tylko 1-4 liście lub gdy zostały zniszczone przez pchełkę rzepakową albo ślimaki, a także gdy przyorano dużo słomy i rośliny są jasnozielone, należy dokarmić plantację 10% roztworem mocznika zawierającym do 20 kg N·ha⁻¹ (do 300 dm³·ha⁻¹) nie później niż do połowy października [Szczepaniak 2014]. Jeżeli plantacja jest słaba, można na tym etapie vegetacji dodać w formie oprysku również siarczan magnezu oraz mangan i bor.

Wiosną nawożenie azotem rzepaku należy wykonać w dwóch lub trzech terminach [Barłóg i Grzebisz 2000]. Proporcje ilościowe pomiędzy kolejnymi dawkami zależą od wysokości ogólnej dawki oraz warunków wilgotnościowych. Niższe dawki azotu stosuje się najczęściej w dwóch terminach, a pierwsza dawka w stosunku do drugiej powinna stanowić 6:4 lub 7:3. Wyższą ogólną dawkę azotu należy zastosować w trzech terminach w proporcji 6:3:1. W rejonach o równomiernie rozłożonych opadach powinno się w pierwszej dawce zastosować połowę łącznej dawki, a w dwóch pozostałych terminach po ¼ [Schonberger 2013]. Podział dawek ogranicza ryzyko wylegania rzepaku, a także przyczynia się do lepszego wykorzystania azotu przez rośliny, pod warunkiem dobrego uwilgotnienia gleby. W pierwszym terminie wczesną wiosną na tzw. „ruszanie vegetacji” azot można stosować w formie saletry amonowej, saletrazaku lub w postaci nawozów wzbogaconych w siarkę lub magnez (np. Saletrosan® 26 Makro, Saletra amonowa 32 Makro, Polifoska® 21, Salmag z siarką®, Siarczan amonu AS21). Siarczanu amonu nie zaleca się na plantacjach osłabionych po zimie oraz na polach o niskim pH. Drugą dawkę azotu rozsiewa się w fazie pąkowania rzepaku, a trzecią – na początku kwitnienia. W tych terminach można stosować nawozy zawierające azot w formie saletrazanej i amonowej (np. Saletra amonowa 32 Makro, Kędzierzyńska Saletra Amonowa, PULAN®) lub amidowej (Pulrea, mocznik) [Szewczuk 2013].

W technologiach bardzo wysokich plonów rzepak można nawozić dolistnie roztworem mocznika w formie 5-8% roztworu przed lub po kwitnieniu, najlepiej po anali-

zie chemicznej górnych liści. Można także stosować wieloskładnikowe nawozy dolistne [Budzyński 2004].

2. NAWOŻENIE SIARKĄ

Zwiększenie produktywności azotu można osiągnąć poprzez właściwe zaopatrzenie roślin w siarkę [Podleśna 2003, Jankowski i in. 2005, Barczak 2010].

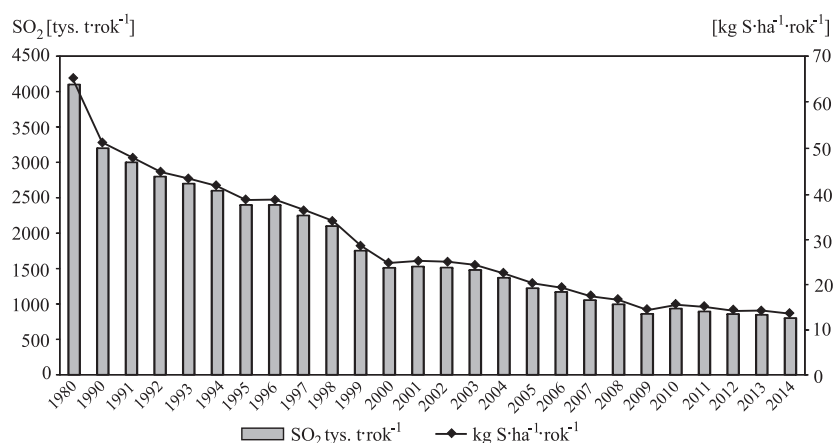
Potrzeby nawożenia rzepaku ozimego siarką wzrastają w warunkach intensywnego nawożenia azotem. Wysokie dawki azotu, generujące wzrost plonu, powodują zwiększenie potrzeb pokarmowych w stosunku do siarki [Krauze i Bowszys 2001, Wielebski 2011, Podleśna 2013]. Potwierdzają to również badania Fotymy [2000], z których wynika jednoznacznie, że intensyfikacja nawożenia azotem generuje wzrost pobierania siarki (tab. 1). Wynika to z udziału siarki w metabolizmie azotu. Aminokwasy siarkowe – metionina, cysteina i cystyna odgrywają ważną rolę w tworzeniu drugo- i trzeciorzędowej struktury białek, która umożliwia utrzymanie przestrzennej konfiguracji białek. Optymalna proporcja ilościowa N:S według Grzebisza [2011] dla nasion rzepaku ozimego wynosi 4-5:1.

Do niedawna nie uwzględniano tego składnika w agrotechnice rzepaku, gdyż jego zawartość w glebie była wystarczająca, często nawet przewyższała potrzeby pokarmowe roślin. W wyniku redukcji emisji SO_2 (rys. 3 i 4), która rozpoczęła się w Polsce wraz z transformacją ustrojową w latach 80. XX wieku, zawartość dostępnej siarki w glebie jest coraz mniejsza [Podleśna 2013]. Zjawisko to jest konsekwencją przede wszystkim redukcji emisji związków siarki ze źródeł antropogenicznych, w wyniku czego nastąpiło obniżenie depozycji atmosferycznej tego pierwiastka. Inne przyczyny pogłębiania się niedoboru siarki to większe jej wynoszenie z gleby w efekcie wzrostu produkcji rolniczej, który jest konsekwencją lepszego wykorzystania nawozów, intensyfikacji systemów uprawy, a także uprawy wysoko plonujących odmian [Barczak 2010, Klikocka 2011]. Badania Siebielca i in. [2012] wykazały, że w 2010 roku 94% ogółu próbek, tj. aż 203 profile pochodzące z różnych regionów Polski, zostało zakwalifikowanych do niskiej zasobności w przyswajalną dla roślin siarkę siarczanową(VI).

Tabela 1. Efektywność nawożenia rzepaku ozimego azotem i siarką (na podstawie Fotymy 2000* oraz Barczak i in. 2016**)

Dawka N [kg N·ha ⁻¹]	Pobranie N [kg·N ha ⁻¹]		Pobranie S [kg·S ha ⁻¹]	
	bez nawożenia siarką	z nawożeniem siarką	bez nawożenia siarką	z nawożeniem siarką
Rzepak ozimy*				
80	101,3	98,4	27,1	28,7
120	117,4	116,9	32,8	34,5
160	132,5	136,4	38,6	41,4
200	146,7	156,7	38,5	46,0
Rzepak jary**				
60	72,0	94,2	18,2	19,9
120	79,0	103,4	21,4	23,4
180	87,7	106,9	23,7	25,9

U roślin uprawianych na glebach o niskiej zasobności w siarkę występują utajone objawy niedoboru tego składnika, co ogranicza rozwój i plonowanie roślin, pomimo braku wyraźnych, zewnętrznych symptomów [Podleśna 2003]. Dotyczy to zwłaszcza roślin z obszarów z przewagą gleb lekkich lub z intensywną produkcją rolniczą oraz w rejonach o wysokim udziale w strukturze zasiewów gatunków z rodziny kapustowatych (*Brassicaceae*) o szczególnie wysokich potrzebach pokarmowych w stosunku do siarki [Podleśna 2013].

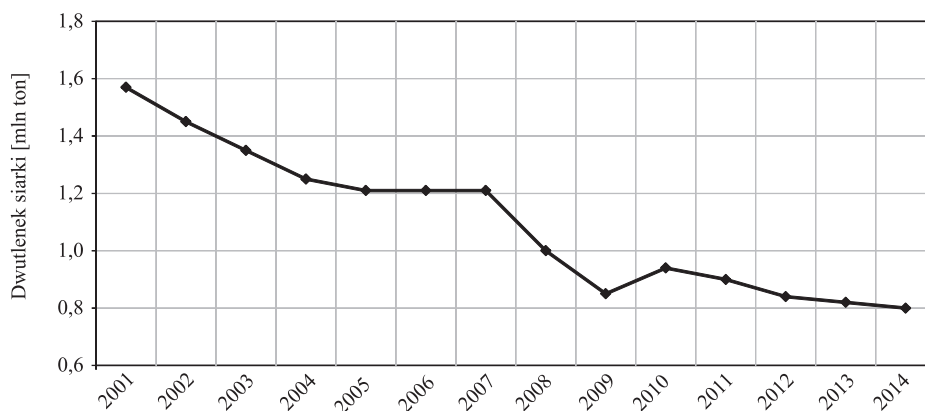


Rys. 3. Emisja dwutlenku siarki w Polsce w latach 1989-2014
(opracowanie własne na podstawie Wielebskiego i in. 2002 oraz danych GUS (2000-2014))

Wielkość dawki siarki pod rzepak zależy od wielu czynników. Ustalając jej poziom, należy wziąć przede wszystkim pod uwagę zakładaną wielkość plonu oraz zasobność gleb w ten składnik. Nie bez znaczenia jest też kategoria agronomiczna gleby oraz intensywność opadów w okresie jesieni i zimy. W związku z tym intensywniejsze nawożenie siarką rzepaku należy planować w przypadku stosowania wysokich dawek azotu, na glebach lżejszych o właściwościach fizykochemicznych sprzyjających wymywaniu jonów siarczanowych(VI) oraz po długotrwałych obfitych opadach. Dawka siarki powinna stanowić 1/3-1/4 dawki azotu [Wielebski 2011]. Siarka niewykorzystana na wzrost plonu pogarsza jakość nasion rzepaku poprzez zwiększenie zawartości glukozyolanów, przede wszystkim alkenowych, których obecność obniża jakość śruty lub makuchu [Budzyński 2004].

Prawidłowa strategia nawożenia tym składnikiem powinna uwzględniać jego aplikację zarówno jesienią (niższe dawki), jak i wiosną (dawki wyższe). Bardziej efektywne jest nawożenie siarką w terminie wiosennym; powoduje wyraźny wzrost plonu nasion i zawartości tłuszczu [Jankowski i in. 2005].

Jesienne i wiosenne nawożenie siarką można prowadzić łącznie z aplikacją innych składników pokarmowych, głównie z azotem, fosforem, magnezem i potasem [Gaj i in. 2007]. Wynika to z faktu, że kompleksowe nawozy (np. Polifoski, Polidab, Polimag), zawierające te składniki, mogą zawierać również siarkę [<https://nawozy.eu/wiedza/>]. Wskazane jest, aby nawożenie doglebowe wykonać przed wiosennym ruszeniem wegetacji rzepaku, gdyż siarka jest jednym z podstawowych składników warunkujących pobranie i wykorzystanie azotu glebowego [Wielebski 2011, Schonberger 2013]. Podczas wegetacji rzepaku odżywanie roślin siarką można korygować poprzez dolistne stosowanie tego składnika, wykonując na przykład oprysk roztworem siarczanu(VI) magnezu.

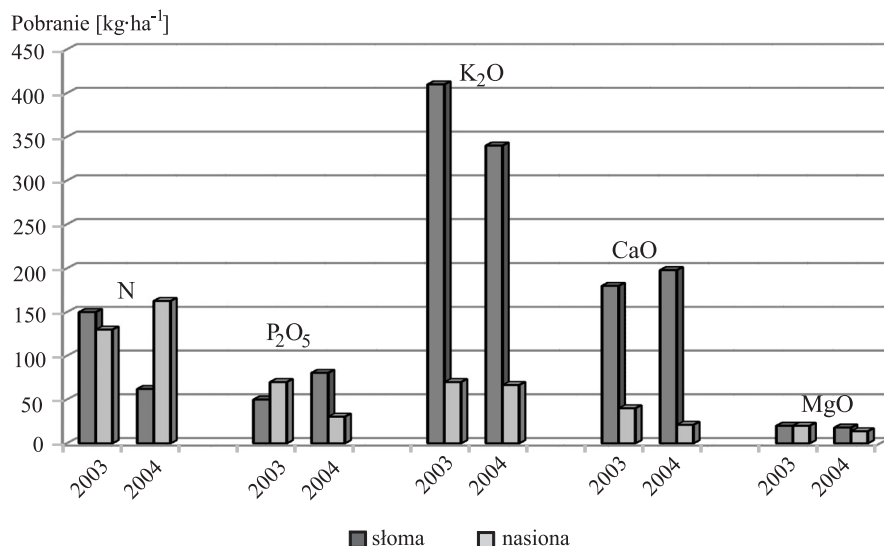


Rys. 4. Emisja dwutlenku siarki w Polsce w latach 2001-2014
(opracowanie własne na podstawie danych GUS)

3. NAWOŻENIE FOSFOREM, POTASEM I MAGNEZEM

Potas i azot to pierwiastki stanowiące podstawę efektywnego nawożenia rzepaku ozimego. Utrzymanie gleby na poziomie wysokiej zasobności gleby w te składniki pozwala osiągnąć wyższe plony i niższe koszty produkcji [Gaj 2010].

Rzepak ozimy jest gatunkiem o bardzo dużych wymaganiach pokarmowych, zwłaszcza w stosunku do potasu (rys. 5). Potas dla rzepaku uważany jest za pierwiastek pozostający zgodnie z prawem Liebiga w tzw. minimum (rys. 6). Spośród wszystkich pierwiastków jest on składnikiem pobieranym przez rzepak w największej ilości [Orlovius 2000]. Dla odmian o wysokim potencjale plonotwórczym średnie pobranie tego składnika z gleby mieści się w przedziale 250-330 kg K·ha⁻¹ [Gaj 2010].



Rys. 5. Końcowe pobranie poszczególnych makroskładników przez rzepak ozimy
(opracowanie własne na podstawie Grzebisza 2003 i Podleśnej 2004)



Rys. 6. Potas jako składnik ograniczający plony rzepaku ozimego
(opracowanie własne na podstawie różnych źródeł)

Potas w roślinie wykazuje działanie antystresowe, w rozwoju jesiennym stymuluje w komórkach wzrost stężenia cukrów, co zmniejsza ryzyko wymarzania oraz zapewnia szybki rozwój roślin po wznowieniu wiosennej wegetacji [Pruszyński 2011]. Wykazano ponadto, że właściwe zaopatrzenie rzepaku w ten składnik przyczynia się do rozwoju systemu korzeniowego, co umożliwia pobranie wody z głębszych warstw gleby i tym samym pozwala przetrwać okresowe posuchy. W wyniku współdziałania tego składnika z azotem następuje obniżenie porażenia roślin przez agrofagi, co w efekcie prowadzi do zwiększenia plonu i zawartości tłuszczu w nasionach [Grzebisz 2003].

Pod wpływem nawożenia potasem zwiększa się wykorzystanie azotu, co skutkuje wyższą plonem. W latach o korzystnych warunkach termiczno-wilgotnościowych oraz na stanowiskach zasobnych w przyswajalne formy potasu reakcja plonotwórcza rzepaku na nawożenie tym składnikiem jest niska [Grzebisz 2003].

Warunkiem równowagi jonowej w glebie, zapewniającej efektywne odżywianie rzepaku, jest niekwaśny odczyn gleby i co najmniej średnia zasobność w przyswajalne formy makroskładników. W takim siedlisku glebowym można stosować tzw. zachowawcze nawożenie mineralne, uwzględniając bilans pobrania składników z pola i ich zwrotu (tab. 2).

W typowej strategii nawozowej całą ilość fosforu i potasu podaje się roślinie przed siewem z uwagi na to, że rzepak ozimy prawidłowo zaopatrzony w te składniki tworzy przed zimą silną rozetę, co zwiększa jego zdolność przetrzymywania.

Tabela 2. Dawki potasu, fosforu i magnezu [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$] pod rzepak ozimy w zależności od wielkości plonu i zasobności gleby (opracowanie własne na podstawie różnych źródeł)

Poziom plonów t·ha ⁻¹	K ₂ O		P ₂ O ₅		MgO
	współczynniki bilansowe				
	0,88	1,16	0,73	1,24	
2,5	90-100	115-135	45-50	70-85	20
3,5	120-140	165-180	60-80	105-120	30
4,5	160-180	220-240	80-90	140-155	40

Nawożenie dobrze przyswajalnymi formami fosforu i potasem w postaci nawozów kompleksowych najlepiej stosować pod orkę siewną, nawet na ściernisko, jeśli rzepak ozimy uprawiany jest po zbożu. Mniej korzystnym terminem jest wysiew nawozów przed ostatnimi uprawkami przedsiewnymi [Schonberger 2013]. Aplikacja przeniesiona na wiosnę zmniejsza efektywność plonotwórczą [Budzyński 2004].

Obydwa składniki odgrywają istotną rolę w okresie jesiennej wegetacji. Wprawdzie pobieranie fosforu w tej fazie wegetacji jest niewielkie, ale kształtuje on szybkość wzrostu systemu korzeniowego, a zatem jego niedobór w tym czasie jest bardzo niekorzystny dla przetrwania roślin. Potas jesienią jest wykorzystywany w około 20%, natomiast plonotwórcza rola tych składników ujawnia się wiosną podczas strzelania w pęd kwiatowy (potas) oraz w fazie wypełniania łuszczyń (fosfor) [Grzebisz i in. 2008].

Wysoką efektywność nawożenia fosforem i potasem rzepaku uzyskuje się na glebach o uregulowanym odczynie, zasobnych w materię organiczną, mających odpowiednią strukturę. W tych warunkach część zapotrzebowania na składniki pokarmowe rośliny pokrywają z gleby. Przy wysokiej zasobności gleby można ograniczyć dawki nawozów mineralnych mimo dużych potrzeb pokarmowych rzepaku. Jeśli zasobność gleby w fosfor przed siewem rzepaku jest przynajmniej średnia, tzn. na poziomie $14\text{--}15\text{ mg P}_2\text{O}_5\cdot 100\text{ g gleby}^{-1}$, wówczas zaleca się nawozić $80\text{--}110\text{ kg P}_2\text{O}_5$ i $140\text{--}180\text{ kg K}_2\text{O}\cdot\text{ha}^{-1}$ przy założeniu, że oczekuje się plonu na poziomie $4\text{--}5\text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na glebie o niskiej zasobności dawki fosforu i potasu powinny być zwiększone o 25-50%, również z uwagi na poprawę jej zasobności [Budzyński i Zając 2010].

Dawkę potasu pod rzepak ozimy można podzielić na dwie części, stosując przed-siewnie 1/2-3/4 i późną jesienią pozostałą część (1/2-1/4). Na glebach o co najmniej średniej zasobności w przyswajalny potas możliwe jest zastosowanie drugiej części dawki jesienią lub wczesną wiosną, przed ruszeniem wegetacji [Rudko 2011].

Ustalając dawkę fosforu i potasu, należy ją odpowiednio zbilansować i skorygować, mając na uwadze, że składniki te dostarczane są do gleby także z nawozami naturalnymi oraz w przyorywanych resztkach poźniwnych. Potas kumuluje się głównie w organach wegetatywnych, dlatego z przyorywaną słomą do gleby wraca duża część pobranego przez rośliny składnika. Fosfor z kolei gromadzi się przede wszystkim w organach generatywnych (nasionach lub ziarnie) i wynoszony jest z pola, zatem do gleby wraca w niewielkich ilościach [Budzyński 2004].

Rzepak nie ma wyraźnych preferencji odnośnie formy chemicznej nawozów potasowych. Nie jest wrażliwy na chlorki, nie ma więc ograniczeń co do stosowania soli potasowych. Siarczan potasu, cenne źródło nie tylko potasu, ale i siarki, ze względu na wysoką cenę nieczęsto jest stosowany pod rzepak. Wśród nawozów fosforowych zaleca się wykorzystywać w uprawie rzepaku te, które charakteryzują się dobrą rozpuszczalnością [Grześkowiak 2013]. Spowolnione uwalnianie składnika, np. z mączki fosforytowej, oraz słabsze pobieranie wraz z obniżającą się jesienią temperaturą mogłoby doprowadzić do poważnych niedoborów fosforu w rzepaku.

4. NAWOŻENIE WAPNIEM I MAGNEZEM

Rzepak ozimy należy do gatunków wymagających gleb o pH od 6,5 do 7,0. Odpowiedni odczyn umożliwia prawidłowy wzrost i rozwój systemu korzeniowego oraz pobieranie fosforu i wapnia. Wapnowanie przyczynia się do zwiększenia przyswajalności makroskładników, ale równocześnie ogranicza dostępność mikroelementów. Regu-

lację odczynu gleby należy przeprowadzać rok przed założeniem plantacji rzepaku, pod przedplon, stosując na gleby średnie i ciężkie – w zależności od zasobności w magnez – wapno tlenkowe lub tlenkowo-magnezowe [Grzebisz 2011]. Zmiana odczynu gleby jest zjawiskiem długotrwałym, dlatego formy tlenkowe jako szybko działające mają przewagę nad formami węglanowymi, które zaleca się stosować na glebach lekkich. Poza tym nawozy tlenkowe oprócz tego, że dają szybszy efekt odkwaszania, pociągają mniejsze koszty transportu i wysiewu, gdyż jako bardziej skoncentrowane wysiewane są w mniejszych dawkach. W przypadku gdy wapnowanie nie zostało przeprowadzone pod przedplon, nawóz wapniowy powinno się zastosować jak najszybciej po jego zbiorze na ściernisko. Po zabiegu wapnowania i dokładnym wymieszaniu wapna z glebą do głębokości co najmniej 15-20 cm zaleca się wykonanie orki siewnej, a dopiero później stosowanie innych nawozów. Wyjątkowo na wiosnę, gdy objawy na roślinach wskazują, że pH gleby jest zbyt niskie (np. zahamowanie wzrostu, słabe ukorzenienie się rzepaku etc.), można zastosować niewielką ilość nawozu wapniowego ($0,5-1,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$), lecz tylko w formie węglanowej.

Zastosowanie nawozu wapniowo-magnezowego jako środka odkwaszającego wpływa nie tylko na zmianę pH, ale uzupełnia również niedobór przyswajalnych form magnezu, który dotyczy częściej tego składnika niż wapnia, szczególnie na glebach lekkich [Korc 2004]. Magnez wchodzi w skład cząsteczki chlorofilu, warunkując właściwy przebieg fotosyntezy, wpływa stymulująco na kształtowanie się nasion w łuszczynach i zwiększa zawartość tłuszczu w nasionach rzepaku ozimego. O jego niedoborze świadczą żółtawe i rdzawe plamy na najstarszych liściach (tzw. marmurkowatość lub tygrysowatość liści) oraz zamieranie tkanki pomiędzy nerwami. W odróżnieniu od objawów braku potasu, brzegi tych liści nie zasychają i nie pękają, a nerwy główne długo pozostają zielone [Budzyński 2004].

Na glebach o uregulowanym odczynie zaleca się stosowanie szybko działającego kizerytu (MgSO_4), który wzbogaca glebę nie tylko w magnez, ale i w siarkę [Rudko 2011]. Dolistna aplikacja jest wysoce efektywna, zwłaszcza w warunkach stresu wodnego występującego w fazie intensywnego wzrostu rzepaku, który ogranicza pobieranie magnezu glebowego. Jak wykazały badania Barłóga i Potarzyckiego [2000], zastosowanie dolistnie $3 \text{ kg Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w fazie rozety i pąkowania wpływa korzystnie na wielkość plonu nasion rzepaku ozimego i zawartość w nich tłuszczu.

5. NAWOŻENIE MIKROELEMENTAMI

Najważniejszym mikroelementem w agrotechnice rzepaku ozimego jest bor, jego brak w glebie może spowodować utratę plonu rzędu 80% [Sienkiewicz-Cholewa i Gembarzewski 2000]. Wysoka wrażliwość tego gatunku na niedobór boru wynika z jego dużej zawartości w organach generatywnych. Pominięcie w nawożeniu tego pierwiastka skutkuje między innymi niezawijaniem przez rośliny łuszczyn [Budzyński i Zajac 2010]. Rośliny pobierają średnio $150 \text{ g B} \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast przy wysokim plonie – nawet do $500 \text{ g B} \cdot \text{ha}^{-1}$ [Sienkiewicz-Cholewa 2005]. Bor jest składnikiem ścian komórkowych, dlatego właściwe zaopatrzenie roślin w ten składnik ogranicza pękanie łodyg w fazie wzrostu pędu głównego [Grzebisz 2011].

Mikroelementy kontrolują procesy życiowe roślin (tab. 3), ich wpływ na wielkość plonu wzrasta na plantacjach intensywnie nawożonych [Szczepaniak 2014]. Dynamika akumulacji mikroskładników jest uzależniona od fazy rozwojowej roślin. Bor i miedź pobierane są równomiernie w całym okresie wegetacji, nieznacznie tylko wzrasta ich

akumulacja w fazie kształtowania nasion. Zapotrzebowanie względem żelaza wyraźnie wzrasta w okresie zawiązywania i tworzenia łuszczyń.

Tabela 3. Rola mikroelementów w tworzeniu plonu rzepaku ozimego (według różnych źródeł)

Mikroelementy	Fizjologiczna rola mikroelementów
Mangan	pobudzenie wzrostu systemu korzeniowego
Cynk	stymulacja przemian azotu, pobudzenie wzrostu systemu korzeniowego
Miedź	obniżenie porażenia łuszczyń przez patogeny
Żelazo	wzrost odporności na wyleganie oraz porażenie przez choroby

W praktyce rzepak należy nawozić przede wszystkim borem (ponad 80% gleb w Polsce odznacza się niską naturalną zasobnością w ten składnik) i manganem, a w dalszej kolejności miedzią, molibdenem, cynkiem i żelazem. Pierwszy zabieg należy przeprowadzić w okresie jesiennym, gdyż niedobór mikroskładników, podobnie jak to ma miejsce w przypadku makroskładników, zaburza prawidłowy rozwój roślin, a także zmniejsza ich zimotrwałość. Wiosną pierwszy zabieg należy wykonać w fazie rozety, a drugi w fazie pąkowania (tab. 4).

Tabela 4. Zalecane terminy stosowania mikroelementów (według różnych źródeł)

Składnik pokarmowy	Termin stosowania nawożenia
Mangan	jesień – ruszenie wegetacji
	wiosna – faza pąkowania
Miedź	wiosna – faza pąkowania
Cynk	wiosna – faza pąkowania
Żelazo	wiosna – faza pąkowania
Bor	wiosna – ruszenie wegetacji
	wiosna – faza pąkowania

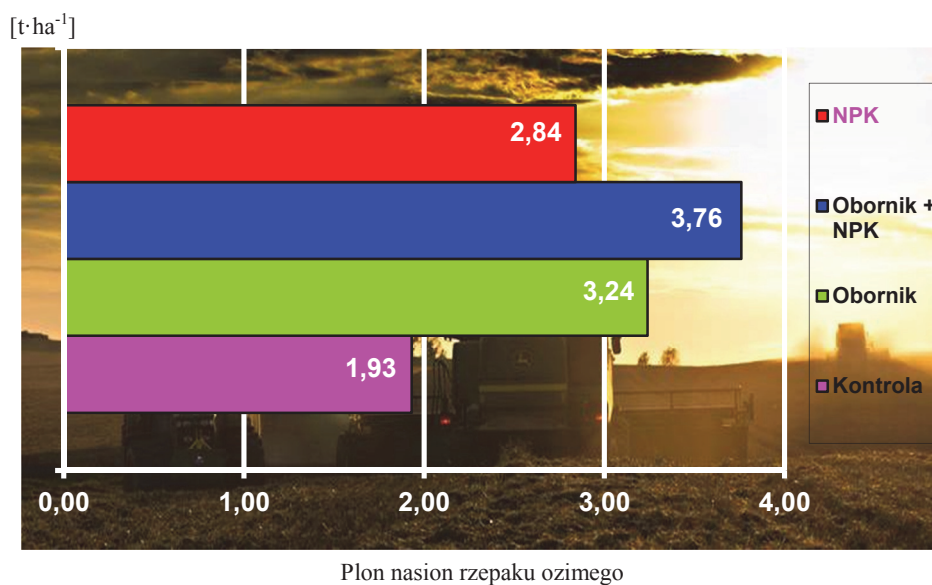
W przypadku boru, który słabo przemieszcza się w roślinie, zaleca się przeprowadzenie dwóch zabiegów dolistnego dokarmiania (po $0,5 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$). W przypadku manganu dawka jest uzależniona od formy składnika i powinna wynosić około $1 \text{ kg Mn} \cdot \text{ha}^{-1}$ w formie siarczanowej i $0,2 \text{ kg Mn} \cdot \text{ha}^{-1}$ w postaci chelatu. Pozostałe mikroskładniki – w przypadku niskiej ich dostępności z gleby – należy stosować w tych samych fazach rozwojowych rzepaku. Profilaktyczne ich stosowanie w ilości nieprzekraczającej 50% zapotrzebowania roślin jest natomiast wskazane przede wszystkim w intensywnej technologii uprawy, która jest nastawiona na wysokie plony. Zaleca się łączne stosowanie dolistnego dokarmiania rzepaku ozimego mikroelementami z ochroną insektycydową i/lub fungicydową.

6. NAWOŻENIE OBORNIKIEM

Uprawa rzepaku ozimego na oborniku pozwala obniżyć dawki nawozów mineralnych oraz powoduje poprawę właściwości próchnicy glebowej [Dembński 1983]. Długi okres wegetacji tej rośliny przyczynia się do bardzo dobrego wykorzystania składników pokarmowych z nawozów naturalnych. Obornik przefermentowany stosuje się pod orkę siewną w terminie 3-4 tygodni przed planowanymi zasiewami rzepaku.

Badania dowodzą wyższej efektywności plonotwórczej obornika niż nawozów mineralnych [Grzebisz 2011]. Najwyższy plon ($3,51 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) w uprawie rzepaku ozimego uzyskano w wariantcie połączonego nawożenia NPK i obornika (rys. 7). Zgodnie z Dyrektywą Azotanową z dawką nawozu naturalnego nie wolno wnieść rocznie do gleby więcej niż $170 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Obornik jest nie tylko źródłem makro- i mikroelementów dla roślin, ale także stabilizuje odczyn gleb i zawartość w nich węgla organicznego [Budzynski i Zając 2010].

Stosowania obornika nie powinno się łączyć z wapnowaniem gleb, jak również z nawożeniem innymi składnikami pokarmowymi, z uwagi na możliwość ich strat.



Rys. 7. Plony nasion rzepaku ozimego uprawianego w doświadczeniu wieloletnim w Wierzchucinku k. Bydgoszczy (dane niepublikowane)

LITERATURA

- Barczak B., 2010. Siarka jako składnik pokarmowy kształtujący wielkość i jakość plonów wybranych roślin uprawnych. Rozprawy 144. Wyd. Uczeln. UTP Bydgoszcz, 131.
- Barczak B., Skinder Z., Piotrowski R., 2016. Sulphur as a factor that affects nitrogen effectiveness in spring rapeseed agrotechnics. Part II. Yield of seeds and protein. Acta Sci. Pol. Agricultura 15(4), 3-14.
- Barłóg P., Grzebisz W., 2000. Dynamika wzrostu i pobierania makroskładników przez rzepak ozimy w zależności od rodzaju nawozu i podziału drugiej dawki azotu. Rośl. Oleiste 21, 85-96.
- Barłóg P., Potarzycki J., 2000. Plonotwórcza i ekonomiczna efektywność magnezu zastosowanego dolistnie w uprawie rzepaku ozimego. [W:] Zbilansowane nawożenie rzepaku – aktualne problemy, red. W. Grzebisz, Wyd. AR Poznań, 151-155.

- Budzyński W., 2004. Agrotechniczne uwarunkowania produkcji rzepaku ozimego. *Rzepak* 6, 26-31.
- Budzyński W., Zając T., 2010. Rośliny oleiste – uprawa i zastosowanie. PWRiL Poznań, 300.
- Demiński F., 1983. Jak uprawiać rzepak i rzepik. PWRiL Warszawa, 140.
- Fotyma M., 2000. Zapotrzebowanie rolnictwa polskiego na nawozy. *Chemik* 3, 63-66.
- Gaj R., 2010. Wpływ zróżnicowanego poziomu nawożenia rzepaku ozimego potasem na stan odżywienia roślin w początku wzrostu pędu głównego i na plon nasion. *Rośl. Oleiste* 31, 115-124.
- Gaj R., Grzebisz W., Gwiazdowski R., Heimann S., Korbas M., Lewandowski A., Mrówczyński M., Muśnicki C., Praczyk T., Pruszyński G., Pruszyński S., Przybył J., Seta G., Wachowiak H., 2007. Metodyka integrowanej produkcji rzepaku ozimego i jarego. PIORiN Warszawa, 6-10.
- Grzebisz W., 2003. Nawożenie rzepaku potasem i innymi składnikami. *AR Poznań*, 13-39.
- Grzebisz W., 2011. Technologie nawożenia roślin uprawnych – fizjologia plonowania. Tom I, PWRiL Poznań, 414.
- Grzebisz W., Barłóg P., 2000. Wpływ podziału wiosennej dawki nawozów azotowych na plonowanie rzepaku ozimego. [W:] Zbilansowane nawożenie rzepaku – aktualne problemy, red. W. Grzebisz, Wyd. AR Poznań, 137-143.
- Grzebisz W., Gaj R., Waszak M., 2008. Zintegrowany system nawożenia rzepaku. [W:] Integrowana produkcja rzepaku ozimego i jarego, IOR Poznań, 19-28.
- Grzebisz W., Podleśna A., Wielebski F., 2005. Potrzeby pokarmowe i nawożenie. [W:] Technologia produkcji rzepaku, Wieś Jutra, 74-83.
- Grześkowiak A., 2013. Vademecum nawożenia. Grupa Azoty. Tarnów, Kędzierzyn, Police, 120.
- GUS Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2000-2015.
- Jankowski K., Rybacki R., Budzyński W., 2005. Nawożenie a plon nasion rzepaku ozimego w gospodarstwach wielkoobszarowych. *Rośl. Oleiste* 26, 438-445.
- Klikocka H., 2011. The effect of sulphur kind and dose on content and uptake of micro-nutrients by potato tubers (*Solanum tuberosum* L.). *Acta Sci. Pol., Hort. Cult.* 10(2), 137-151.
- Korc M., 2004. Nawozy wapniowe, wapniowo-magnezowe i magnezowe. [W:] Chemia rolna – podstawy teoretyczne i praktyczne, red. S. Mercik, SGGW Warszawa, 287.
- Krauze A., Bowszys T., 2001. Wpływ terminu nawożenia siarką rzepaku jarego Star na plon nasion oraz zawartość siarki i tłuszczu. *Rośl. Oleiste* 22, 285-290.
- Mrówczyński M., Wachowiak H., Pruszyński G., 2008. Ochrona rzepaku przed szkodnikami. [W:] Integrowana produkcja rzepaku ozimego i jarego, IOR Poznań, 56-62.
- Muśnicki C., Bartkowiak-Broda I., Mrówczyński M., 2005. Technologia produkcji rzepaku. Wieś Jutra, 203.

Orlovius K., 2000. Wyniki badań nad wpływem nawożenia potasem, magnezem i siarką na rośliny oleiste w Niemczech. [W:] Zbilansowane nawożenie rzepaku – aktualne problemy, red. W. Grzebisz, Wyd. AR Poznań, 229-240.

Podleśna A., 2003. Wstępna ocena potrzeb nawożenia siarką rzepaku ozimego. Rośl. Oleiste 24, 642-649.

Podleśna A., 2004. Wpływ nawożenia siarką na zawartość i pobieranie składników pokarmowych przez rzepak ozimy. Rośl. Oleiste 25, 627-636.

Podleśna A., 2013. Studia nad rolą siarki w kształtowaniu gospodarki mineralnej oraz wielkości i jakości plonu wybranych roślin uprawnych. Monogr. i Rozpr. Nauk. 37, IUNG-PIB Puławy, 144.

Pruszyński S., 2011. Integrowana produkcja rzepaku ozimego i jarego. Rozpr. Nauk., IOR 10 Poznań, 1-61.

Rudko T., 2011. Uprawa rzepaku ozimego. Rzepak. Zasady uprawy. Zdrowa żywność. Inst. Agrofiz. PAN Lublin, 78.

Schonberger H., 2013. Rzepak w mistrzowskiej uprawie. PWRiL Poznań, 49.

Siebielec G., Smreczak B., Klimkowicz-Pawlas A., Maliszewska-Kordybach B., Tere-lak H., Koza P., Łysiak M., Gałązka R., Pecio M., Suszek B., Miturski T., Hryńczuk B., 2012. Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2010-2012. Bibl. Monit. Środ. Warszawa, 196.

Sienkiewicz-Cholewa U., 2005. Znaczenie boru i miedzi w uprawie rzepaku w kraju. Rośl. Oleiste 26, 164-172.

Sienkiewicz-Cholewa U., Gembarzewski H., 2000. Wpływ nawożenia rzepaku ozimego borem i molibdenem na plony. [W:] Zbilansowane nawożenie rzepaku – aktualne problemy, red. W. Grzebisz, AR Poznań, 175-179.

Szczepaniak W., 2014. Dolistne dokarmianie rzepaku. Agrotechnika 3, 21-24.

Szewczuk C., 2013., Azot – ważne nie tylko dawki, ale też jego formy w nawozach. Nasz rzepak 2, 44-46.

Wielebski F., 2011. Wpływ nawożenia siarką w warunkach stosowania zróżnicowanych dawek azotu na skład chemiczny nasion różnych typów odmian rzepaku ozimego. Rośl. Oleiste 32, 62-78.

Wielebski F., Wójtowicz M., Horodyski A., 2002. Agrotechnika rzepaku ozimego w badaniach Zakładu Roślin Oleistych IHAR w Poznaniu. Rośl. Oleiste 23, 31-52.

Wrzaszcz W., 2009. Metodologia liczenia bilansu nawozowego w gospodarstwie rolnym. [W:] Z badań nad rolnictwem społecznie zrównoważonym. Bilans nawozowy oraz bilans substancji organicznej w indywidualnych gospodarstwach rolnych 129, Instytut Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej/Państwowy Instytut Badawczy Warszawa, 15-80.

Źródło internetowe:

<https://nawozy.eu/wiedza/vademecum-nawozenia>.