

Nawożenie rzepaku potasem

i innymi składnikami

Prof. Dr. Witold Grzebisz

2003



International Potash Institute Basel/Switzerland
Akademia Rolnicza w Poznaniu
Katedra Chemii Rolnej
Wojska Polskiego 71 F, 60-625 Poznań, Polska



International Potash Institute
Coordinator Central & Eastern Europe
P.O. Box 1609, CH-4001 Basel, Switzerland
Tel. +41 - 61 / 261 29 22, Fax +41 - 61 / 261 29 25
www.ipipotash.org • e-mail: ipi@ipipotash.org

Akademia Rolnicza w Poznaniu
Katedra Chemii Rolnej
Wojska Polskiego 71 F, 60-625 Poznań, Polska
Tel. +48 - 61 / 848 77 88, Fax +48 - 61 / 848 77 87
e-mail: witegr@au.poznan.pl

Opracował: Prof. Dr. Witold Grzebisz
Akademia Rolnicza w Poznaniu
Katedra Chemii Rolnej

Copyrith by IPI Basel/Switzerland

ISBN XX-XXXXXXX-X-X

Druk: Wydawnictwo Drukarnia "Prodruk", Poznań

SPIS TREŚCI

1. Rzepak – podstawy produkcji	2
2. Wzrost i rozwój łanu rzepaku	14
3. Potas	18
4. Nawożenie potasem	27
5. Pozostałe składniki pokarmowe	34
6. Podsumowanie	38
Zapamiętaj!!!!	39
7. Literatura	40
Fot. 1. Objawy niedoboru azotu	42
Fot. 2. Objawy niedoboru Potasu	43
Fot. 3. Objawy niedoboru magnezu	44
Fot. 4. Objawy niedoboru siarki	45
Fot. 5. Objawy niedoboru manganu	47
Fot. 6. Objawy niedoboru boru	48

1. Rzepak – podstawy produkcji

1.1. Stan i perspektywy uprawy rzepaku w Polsce.

Rzepak, w wyniku dużego postępu hodowlanego, prowadzącego do korzystnych zmian w składzie chemicznym kwasów tłuszczowych, stał się najważniejszą rośliną oleistą w Polsce. Wielostronne korzyści z uprawy rzepaku nie ograniczają się tylko do produkcji oleju, lecz obejmują całą gamę, przydatnych człowiekowi, produktów (ryc. 1).

W produkcji roślinnej, rzepak, w ostatnich latach, zyskuje na znaczeniu także z całkowicie innego powodu. Wzrastający, w strukturze zasiewów udział zbóż, nasila niekorzystne zjawiska, które częściowo można ograniczyć poprzez wprowadzenie do zmianowania roślin liściastych, wśród których rzepak odgrywa pierwszoplanową rolę, jako tzw. *łamacz zmianowania* (ryc. 2).

W Polsce rzepak uprawia się głównie w zachodnich i południowo-zachodnich regionach kraju (mapa 1). Powierzchnia uprawy rzepaku waha się od poniżej 300 000 ha (1996) do prawie 600 000 ha (1995). Przyczyny tak dużych sezonowych zmienności, należy upatrywać nie tyle w niekorzystnych warunkach pogodowych, co w cenach zbytu nasion, przy jednocześnie stale rosnących kosztach produkcji.

W nadchodzących latach powierzchnia uprawy rzepaku, w następstwie akcesji Polski do Unii Europejskiej, ulegnie znacznemu zwiększeniu. Przewiduje się wzrost do 1,5 mln ha, co z wielu względów wydaje się mało realne. Tak znaczny wzrost aeratu, w krótkim przedziale czasu wymaga przygotowania stanowisk, o ile roślina ta ma kształtować pozytywnie a nie negatywnie dochody rolników.

1.2. Plony potencjalne i rzeczywiste

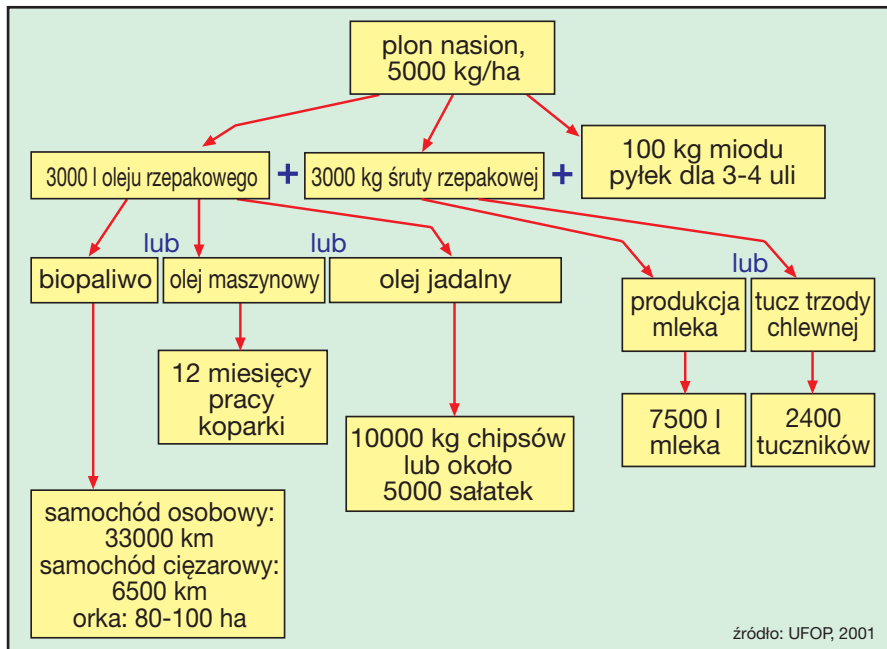
Warunki naturalne, gleby i klimat, panujące w Polsce są zdecydowanie mniej korzystne do uprawy rzepaku, niż w większości krajów sąsiednich. Potencjał plonotwórczy tej rośliny w latach 90-tych, jak wynika z badań COBORU, jest wysoki i waha się od 30 do 48 dt/ha. Natomiast plony rzepaku ozimego, zbierane przez rolników są niskie. W dodatku ulegają znacznym sezonowym wahaniom. Jak wynika z danych zawartych w tabeli 1, w latach 1990-2002 rolnicy wykorzystywali zaledwie 50% potencjału plonotwórczego rzepaku ozimego.

Tabela 1. Potencjalne i rzeczywiste plony rzepaku ozimego

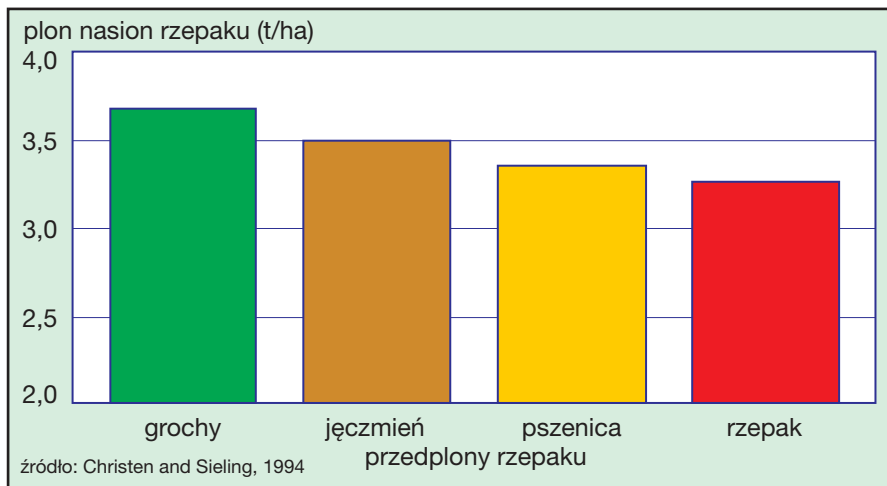
Lata	Plony, dt/ha	
	potencjalne*	rzeczywiste**
1990	39,1	24,1
1991	38,7	22,3
1992	37,0	18,2
1993	33,5	17,1
1994	40,4	20,4
1995	41,2	22,7
1996	31,8	15,9
1997	42,2	18,7
1998	47,2	23,6
1999	48,2	20,8
2000	48,0	21,9
2001	48,2	24,0
2002	43,7	23,3
Średnia	41,5	21,0

*COBORU; **GUS

W praktyce, w latach *dobrych* (korzystne warunki pogodowe) rolnicy zbierają od 25 do 35 dt/ha, a w latach *złych* (o niekorzystnym przebiegu pogody) o 10 dt/ha mniej. Mapa 2 przedstawia geograficzną zmienność plonowania rze-

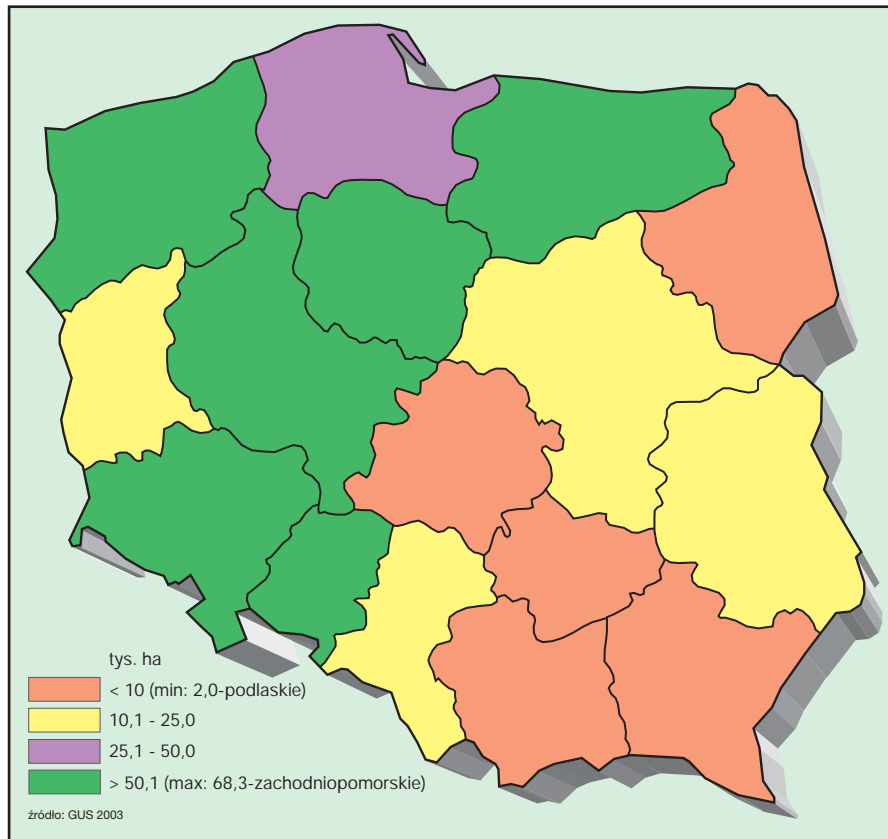


Ryc. 1. Możliwości i warianty wykorzystania plonu 5000 kg nasion rzepaku (UFOP, 2001).



Ryc. 2. Plony nasion rzepaku w zależności od przedplonu.

Nawożenie rzepaku potasem (i innymi składnikami)



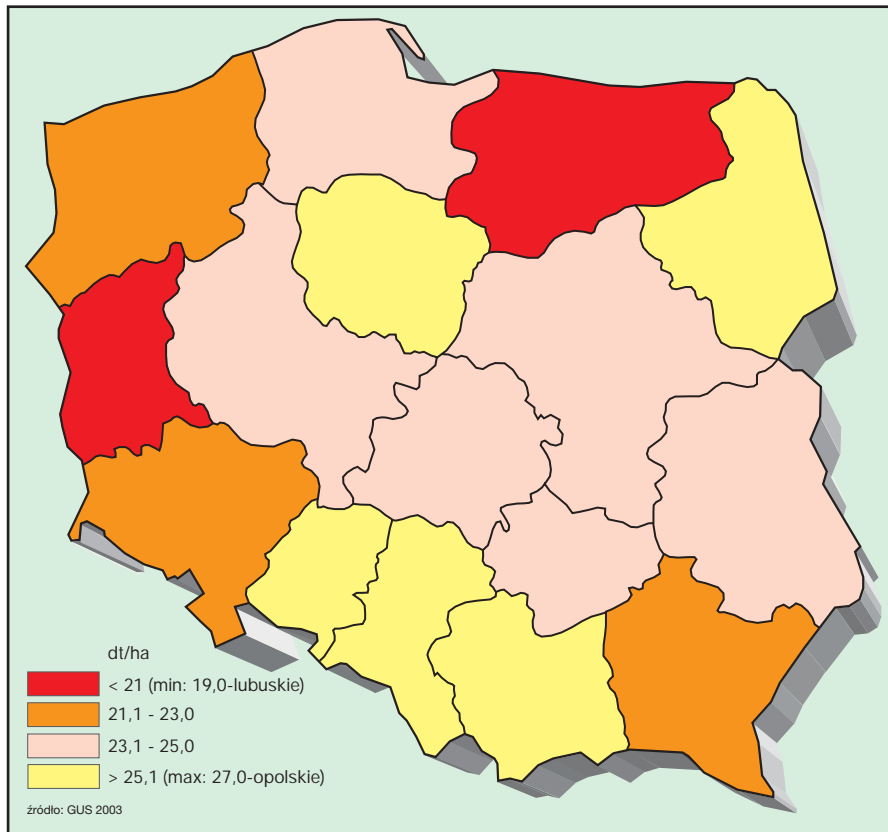
Mapa 1. Powierzchnia uprawy rzepaku i rzepiku, 2002.

paku. Najwyższe plony uzyskują rolnicy w regionach południowo-zachodniej Polski. Różnice te wynikają zarówno z lepszych gleb, jak i korzystnych warunków pogodowych. W pozostałych regionach kraju kształtują się na poziomie 20 dt/ha, a nawet niższym. Przyczyn niskich plonów należy dopatrywać się

- w zbyt niskiej zasobności gleb, przeznaczanych pod zasiew rzepaku;
- w niedostosowaniu praktyki nawożeniowej do jakościowych i

ilościowych potrzeb tej rośliny, a także pozostałych roślin w zmianowaniu z rzepakiem;

- w niekorzystnym układzie warunków pogodowych w sezonie wegetacyjnym (częste susze);
- we wzrastającej, w ostatnich latach, podatności rzepaku na choroby grzybowe.



Mapa 2. Plony nasion rzepaku i rzepiku, 2002.

1.3. Warunki siedliskowe uprawy rzepaku

1.3.1. Gleby

Podstawowym tworzywem mineralnym gleb w Polsce są utwory piaszczyste lub gliniasto-piaszczyste (około 60% gleb uprawnych). Składniki te określają większość cech fizycznych i chemicznych gleb. Z tej też przyczyny gleby uprawne w Polsce charakteryzują się niską zawartością próchnicy (< 2%), małą pojemnością wymienną kationów (PWK), a także dużą podatnością na zakwaszenie. W konsekwencji niską naturalną produktywnością.

Kompleksy przydatności rolniczej gleb definiowane jako zespoły gleb reprezentujące różne gatunki i typy, grupują gleby o zbliżonych właściwościach rolniczych i o podobnym sposobie użytkowania. W uprawie rzepaku można wykorzystać pięć kompleksów:

Kompleks 1 - pszenno bardzo dobry

Obejmuje gleby przydatne do uprawy wielu roślin rolniczych, które charakteryzują się dużą naturalną żyznością, głęboką warstwą orną, dobrymi właściwościami fizycznymi. Grunty orne tego kompleksu wymagają tylko podstawowych zabiegów uprawowych niezbędnych do utrzymania wysokiej produktywności. Kompleks idealny do uprawy tak wymagającej rośliny jaką jest rzepak ozimy.

Kompleks 2 - pszenno dobry

Charakteryzuje się takim samym zakresem przydatności do uprawy roślin rolniczych, jak kompleks pszenno bardzo dobry, lecz cechuje się nieznacznie mniejszą intensywnością. Ograniczenia w użytkowaniu wynikają głównie z ukształtowania terenu (pagórkowatość, lecz łagodne zbocza) i nieco gorszych właściwości fizycznych. Jest to zespół gleb optymalny do uprawy rzepaku ozimego.

Kompleks 3 - pszenno wadliwy

Gleby tego kompleksu reprezentują znacznie gorsze, niż omawiane poprzednio, warunki do uprawy rzepaku. Wynikają ze znacznego zróżnicowania rzeźby terenu i zmiennej miąższości warstwy próchnicznej, co skutkuje gorszymi właściwościami fizycznymi. Ze względu na duże ryzyko zaskorupienia i zaskorupienia wierzchniej warstwy roli, należy zwracać uwagę na sposób przedsięwziętej uprawy roli, prowadzonej w taki sposób, aby zapewnić roślinom dobre warunki wschodów.

Kompleks 4 - żytni bardzo dobry

Gleby uprawne o słabszych, niż gleby kompleksów pszennych, właściwościach fizycznych i agrochemicznych, lecz łatwe w uprawie. Wymagają jednakże starannego przygotowania do uprawy tak wymagającej rośliny względem poziomu zasobności w składniki pokarmowe, jaką jest rzepak.

Kompleks 5 - żytni dobry

Kompleks ten reprezentuje gleby o zdecydowanie najslabszych warunkach fizycznych i agrochemicznych do uprawy rzepaku. Wymagają ciągłej kontroli zasobności w składniki pokarmowe i to w pełnym zakresie potrzeb żywieniowych rzepaku.

Udział, w ogólnej strukturze użytkowania gleb, kompleksów pszenno bardzo dobrego i dobrego wynosi w przybliżeniu 22%. Jest to główna przyczyna uprawy rzepaku na glebach kompleksów żytnich, które stanowią prawie 33% powierzchni gruntów ornych Polski. Na tych glebach o wzroście i plonowanie rzepaku decyduje odpowiednia uprawa i nawożenie. Uzyskanie plonów wysokich możliwe jest tylko w latach o korzystnym przebiegu pogody.

Tabela 2. Plonowanie rzepaku na tle kompleksu przydatności rolniczej gleb, dt/ha

Kompleksy przydatności rolniczej gleb	Rejony agro-klimatyczne							Średnia
	II	III	IV	V	VI	VII		
1	28	-	31	-	-	-	27	28
2	33	32	28	27	24	26	25	29
3	-	-	-	-	27	27	-	25
4	31	-	29	28	30	21	-	29
5	28	27	35	-	-	20	-	23
Średnia	31	31	29	28	28	22	28	28

*(Drozd i Nowak, 1993)

Tabela 2 przedstawia, na podstawie badań prowadzonych w latach 80-tych, plony nasion rzepaku. Stwierdzony poziom plonowania, jak dotąd, w skali kraju, pozostaje poza zasięgiem średniego producenta rzepaku. Oznacza to, że główne błędy agrotechniczne dotyczą zagadnień podstawowych. W zakresie nawożenia głównie regulacji odczynu i nawożenia N, P i K.

1.3.2. Klimat

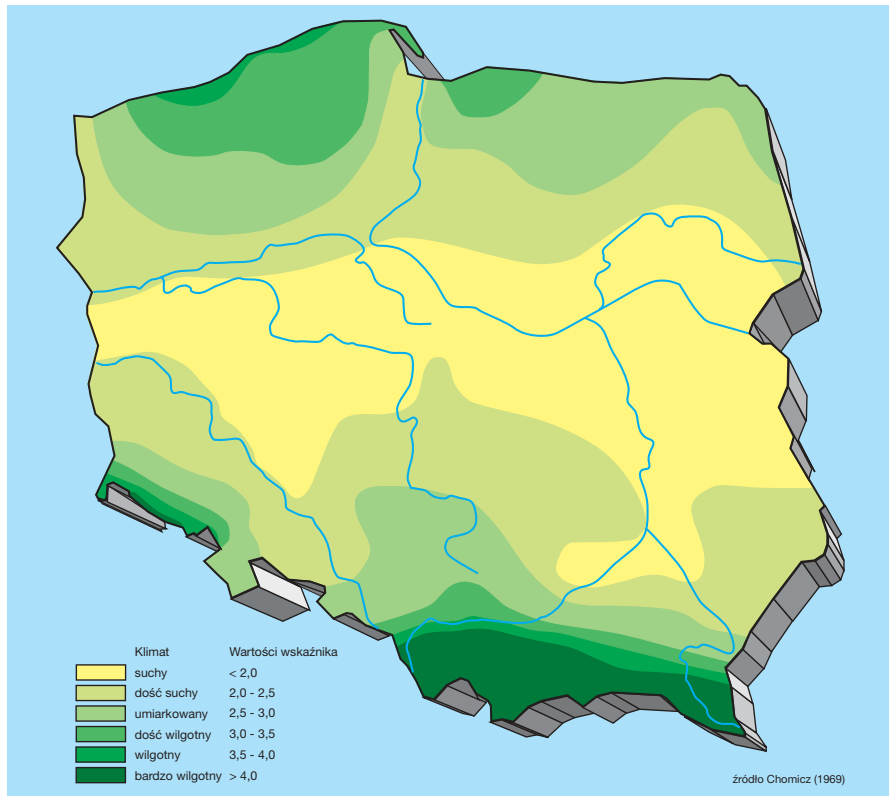
Klimat Polski określany mianem przejściowego (zmiennego, pośredniego) jest następstwem położenia kraju, w środkowej części Niżu Europejskiego. Na tym obszarze warunki pogodowe kształtuje, najczęściej zachodnia cyrkulacja mas powietrznych. W latach z ciepłymi zimami przeważa typ pogody typowy dla Francji, czy też Holandii, czyli łagodny i deszczowy. Warunki te są bardzo korzystne dla wegetacji rzepaku ozimego. Natomiast podczas zim mroźnych, z przewagą cyrkulacji wschodniej, napływają bardzo zimne masy powietrza, a zimy mają przebieg typowy dla centralnych, czy nawet północnych regionów Rosji. Częstotliwość mroźnych zim jest mała, lecz gdy występują, to warunki do przetrwania rzepaku stają się niezwykle trudne (przykładem zimy: 1995/96; 2002/2003).

Najważniejszym, klimatycznym, problemem rolnictwa polskiego jest jednak woda. Prawie cała powierzchnia kraju, poza obszarami górskimi, charakteryzuje się opadami w zakresie od 500 do 600 mm. Najmniejsze opady występują w środkowo-zachodnich regionach kraju, nieco większe na Pomorzu i na obszarze Wyżyn Środkowo-Polskich. Jednym z ważniejszych elementów pogodowych, który decyduje o powodzeniu w uprawie roślin, jest częstotliwość występowania susz. Najgorsze warunki dla wzrostu roślin uprawnych występują w pełni wegetacji w okresach z opadami znacznie poniżej potrzeb wodnych upraw. Tak znaczna zmienność pogody, zwłaszcza niedobór opadów, przy jednocześnie bardzo wysokich temperaturach powietrza, jest ważnym czynnikiem ograniczającym produkcję roślinną, w tym rzepaku w Polsce (mapa 3, ryc. 3).

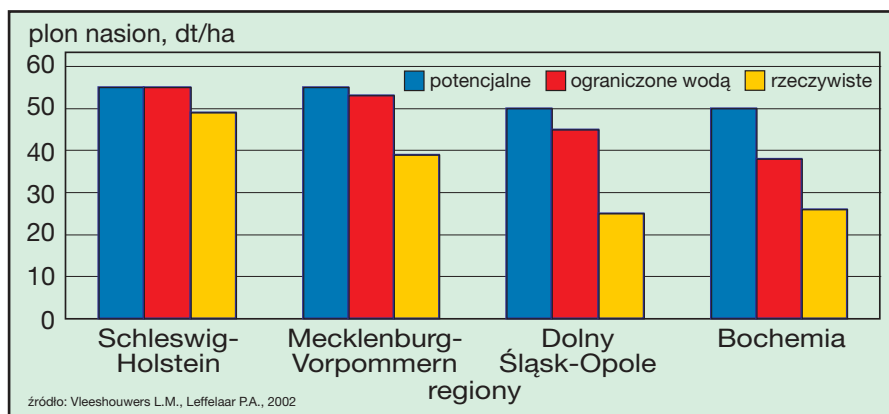
1.3.3. Zasobność gleb w potas

Wyniki badań Okręgowych Stacji Chemiczno-Rolniczych, prowadzone w latach 1993 – 1998, a obejmujące 2 910 próbek gleby, wykazały że od 1/2 do 3/4 gleb uprawnych w Polsce mieści się w grupie niskiej lub co najwyżej w średniej klasie zasobności w potas. Z tych samych danych wynika, że tylko 24% gleb charakteryzuje się zasob-

Nawożenie rzepaku potasem (i innymi składnikami)



Mapa 3. Przestrzenny rozkład wskaźnika biometeorologicznego latem (VI, VII, VIII).



Ryc. 3. Potencjalne i rzeczywiste plony rzepaku ozimego w kilku regionach Europy.

nością powyżej średniej. Jak wynika z analizy mapy nr 4 uprawa roślin bez jednoczesnego dostatecznego uzupełniania potasu, doprowadziła, w wielu regionach kraju, do wyczerpania się zapasów przyswajalnego potasu w glebie do poziomu, który może stać się plonotwórczym czynnikiem w *minimum*, czyli silnie ograniczającym plonowanie roślin uprawnych. Niedostatecznego odżywienia rzepaku potasem, w pierwszej kolejności, można oczekiwać na glebach lekkich, a następnie średnich. Gleby organiczne są także z natury ubogie w ten składnik.

1.3.4. Zużycie nawozów

Aktualne tendencje zużycia nawozów w Polsce przedstawiają się następująco:

- zmniejszona masa nawozów mineralnych stosowanych przez rolników,
- zmniejszona produkcja obornika w gospodarstwie;
- niezbilansowane nawożenie roślin w zmianowaniu.

Zjawiska te są bardzo niebezpieczne dla stabilności produkcji rzepaku w Polsce, gdyż prowadzą do zmniejszenia się poziomu zasobności gleb w składniki pokarmowe, zwłaszcza w potas. Jak przedstawiono na ryc. 4 masa nawozów zużyta przez rolników, w latach 1989-2000, zmniejszyła się o 50%. W tym samym okresie produkcja obornika zmniejszyła się z 6,2 t/ha/rok do 5,1 t/ha rok. Ponadto pogorszyła się struktura zużycia nawozów. W roku 1989 na 1 kg azotu stosowano 0,6 kg P_2O_5 /ha i 0,8 kg K_2O /ha. Dziewięć lat później relacje te kształtowały się odpowiednio jak 1 ; 0,35 i 1 : 0,41. Taka struktura zużycia nawozów prowadzi do stopniowego wyczerpania glebowych zapasów potasu (ryc. 5).

Na rycinach 6 i 7 przedstawiono plony

rzepaku głównych producentów w Europie. Z analizy ryc. 6 wynika, że średnioroczne zużycie 62 kg N/ha/rok, co miało miejsce w drugiej połowie lat 90-tych XX wieku w Polsce, nie wystarczy do uzyskania wysokich plonów nasion. Z tej samej ryciny wyznaczyć można optymalną dawkę azotu dla rzepaku, która kształtuje się na poziomie 150 kg/ha i skutkuje plonem na poziomie 3 t/ha. Rycina 7 potwierdza konieczność utrzymywania poziomu zasobności gleby w potas na odpowiednio wysokim poziomie. Polska z 24 kg K_2O /ha nie może uzyskiwać plonów porównywalnych z krajami, które aktualnie stosują 80-100 kg K_2O /ha, a przeszłości doprowadziły poziom zasobności gleb do stanów wysokich i bardzo wysokich.

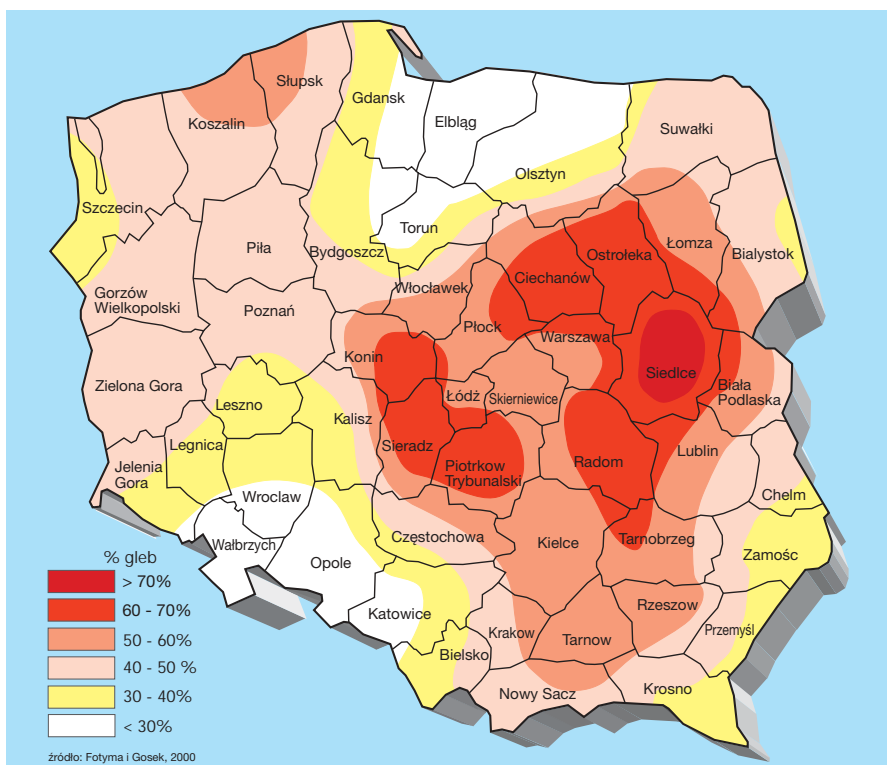
Skutkiem zmniejszonego zużycia nawozów i nadmiernej eksploatacji zasobów glebowych potasu i fosforu w Polsce jest:

- wzrost zależności plonów od przebiegu pogody (rzepak można traktować jako przykładową roślinę) (tab. 1);
- pogorszenie jakości nasion (spadek zawartości tłuszczu w nasionach),
- zwiększona podatność rzepaku na choroby i szkodniki (zjawisko obserwowane w Polsce od końca lat 90-tych XX wieku).

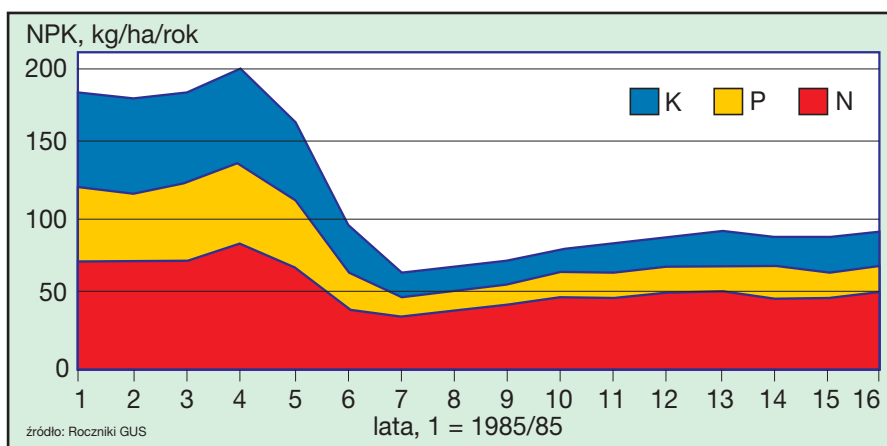
Wszystkie wymienione powyżej skutki odnoszą się nie tylko do rzepaku, lecz do całej grupy bardzo wymagających roślin uprawnych a jednocześnie o dużym potencjale produkcyjnym.

Ponad 150 lat temu wielki niemiecki uczoney Justus von Liebig (1803 – 1873) stwierdził: ... *Niedobór każdego pojedynczego składnika pokarmowego jest wystarczający aby zmniejszyć plon.* ... (ryc. 8). W Polsce definicja ta, w pierwszej kolejności, odnosi się do potasu.

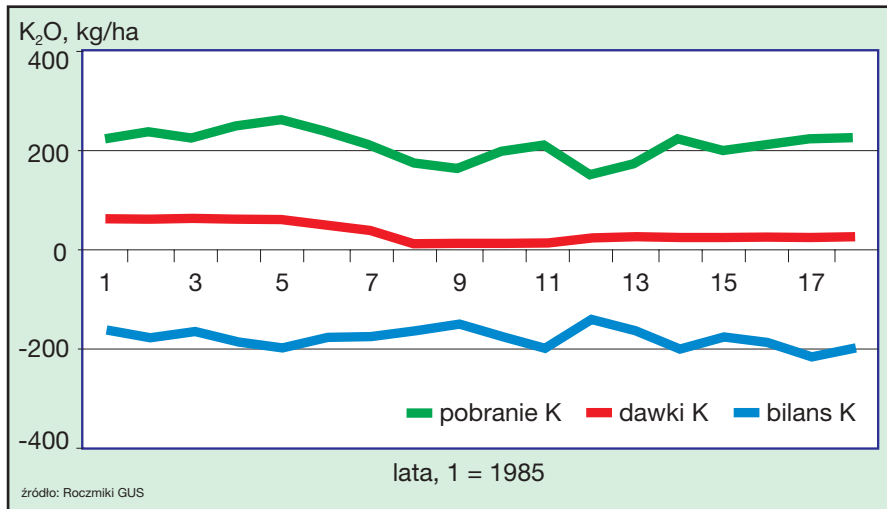
Nawożenie rzepaku potasem (i innymi składnikami)



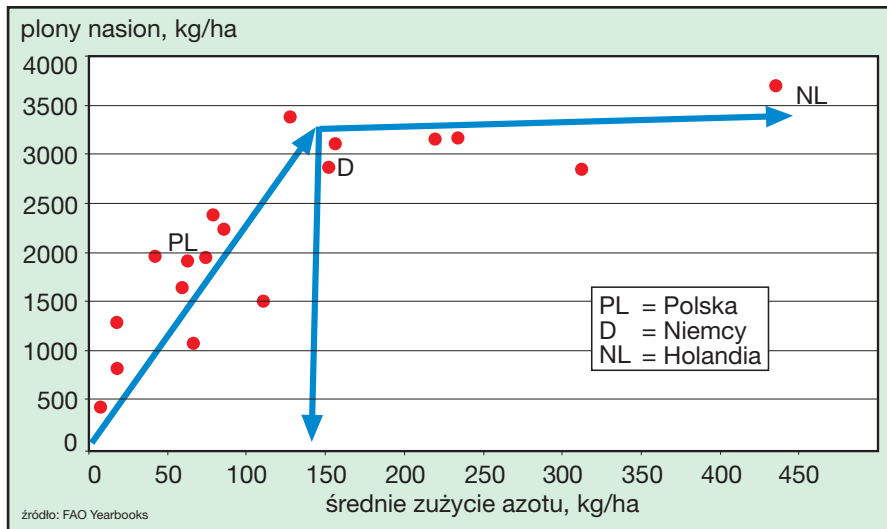
Mapa 4. Stan zasobności gleb w Polsce w przyswajalny potas.



Ryc. 4. Zużycie nawozów w Polsce, 1985-2001.

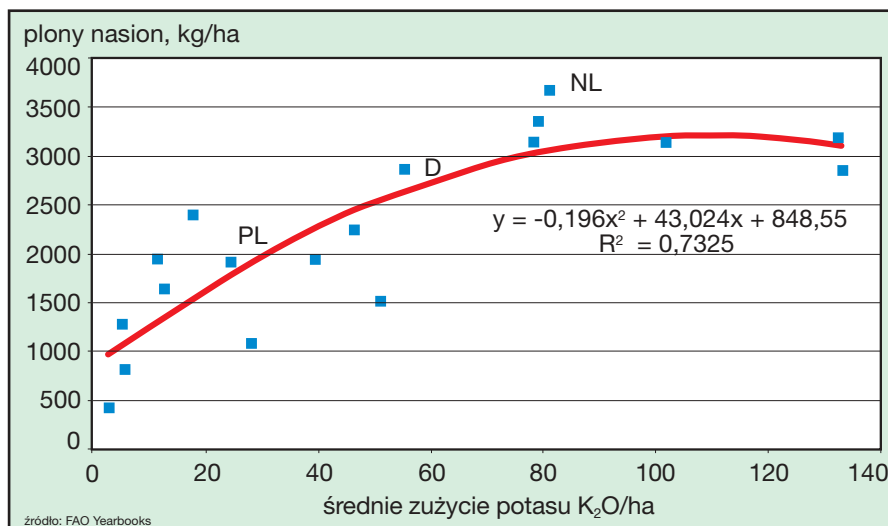


Ryc. 5. Bilans potasu w uprawie rzepaku w Polsce.



Ryc. 6. Plony rzepaku jako funkcja zużycia azotu przez niektóre kraje europejskie w latach 1995-97.

Nawożenie rzepaku potasem (i innymi składnikami)



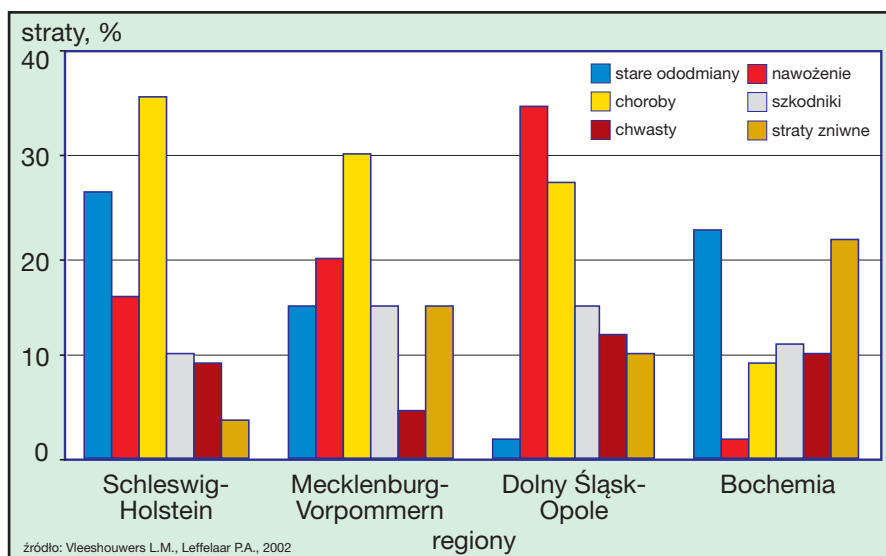
Ryc. 7. Plony rzepaku jako funkcja zużycia potasu przez niektóre kraje europejskie w latach 1995-97; PL=Polska, D=Niemcy, NL=Holandia.

1.4. Agrotechnika

W grupie czynników agrotechnicznych warunkujących plony rzepaku znajdują się zarówno czynniki bezpośrednio, jak i pośrednio wpływające na wzrost i pobieranie przez rośliny składników pokarmowych. Zalicza się do nich przedplon, termin siewu, uprawę przedsiewną, odmianę, normę wysiewu, zwalczanie chwastów oraz ochronę łanu. W okresie wegetacji jesiennej współdziałanie tych wszystkich czynników decyduje o przezimowaniu roślin, a w okresie wiosenno-letniej wegetacji kształtuje dynamikę wzrostu i tworzenia plonu nasion (ryc. 9). Ocena przeprowadzona w roku 2001 przez Uniwersytet Wageningen wykazała, że dla głównych rejonów produkcji rzepaku w Polsce, a mianowicie dla Dolnego Śląska i Opolszczyzny podstawowymi czynnikami ograniczającymi plony są żyzność gleby i poziom ochrony roślin.



Ryc. 8. Potas, składnik ograniczający plony rzepaku w Polsce, Beczka Liebiga.



Ryc. 9. Czynniki ograniczające plony rzepaku w kilku regionach Europy.

2. Wzrost i rozwój łanu rzepaku

2.1. Krytyczne fazy rozwoju

Prawidłowe nawożenie jakiegokolwiek rośliny uprawnej w pierwszej kolejności wymaga szczegółowego określenia, z punktu widzenia końcowego plonu, faz krytycznych rozwoju (ryc. 10). W okresie wegetacji rzepaku, która wynosi około 320 dni, szczególną uwagę należy zwrócić na :

1° Wegetację jesienną.

Roślina kończy jesienną wegetację wytwarzając optymalnie 6-8 liści wraz zawiązkami pędów bocznych i kwiatów oraz rozbudowując głęboki i dostatecznie duży system korzeniowy. Szyjka korzeniowa powinna osiągnąć średnicę 0,8-1,0 cm. Warunkiem koniecznym uzyskania przez rzepak tej fazy rozwojowej rośliny jest około 9 - 10 tygodniowa wegetacja, której koniec wyznacza spadek temperatury poniżej +5° C.

Prawidłowe warunki wzrostu roślin zapewniają odpowiednią wilgotność gleby, dostatecznie dobra dostępność fosforu, potasu, magnezu, a umiarkowana azotu. Nadmierny wzrost roślin w okresie jesiennej wegetacji rzepaku, co wynika zarówno ze zbyt gęstego siewu lub przenażożenia azotem, sprzyja wyniesieniu pąka wierzchołkowego

nad powierzchnię roli, stwarzając tym samym warunki do jego przemarznięcia.

2° Wiosenne ruszenie wegetacji

Faza ta rozpoczyna się wówczas, gdy średnio-dobowe temperatury regularnie przekraczają +5° C. Rośliny odbudowują system korzeniowy oraz zależnie od stopnia uszkodzeń mrozowych liście, czyli aparat fotosyntetyczny. Wiosną optymalna obsada roślin powinna mieścić się w zakresie 35-70 sztuk/m².

3° Fazy rozwojowe aż do kwitnienia

Okres ten, który w sumie trwa około 2 miesiące, obejmuje fazy dynamicznego przyrostu biomasy rzepaku. Podstawowym czynnikiem ograniczającym wzrost roślin jest niedostatek opadów atmosferycznych i niedobór składników pokarmowych, głównie potasu i azotu.

4° Kwitnienie

Faza ta trwa około 3 tygodni. W tym okresie między organami rośliny, to znaczy pędami głównymi a bocznymi, kwiatami oraz łuszczynami dochodzi do konkurencji o cukry.

Tabela 3. Czynniki warunkujące wzrost (liście, masa) rzepaku jesienią

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- suma zakumulowanego ciepła (ok. 550 °C; sumy powyżej +5 °C)- liczba dni od wschodów- średnia dobowa temperatura (9 °C) |
|--|

Tabela 4. Wielkość masy roślinnej rzepaku jesienią kształtują

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- gęstość łanu (zaznacza się dopiero wówczas, gdy suma temperatur > +5 °C przekroczy 400 °C)- dawka azotu (zaznacza się dopiero wówczas, gdy suma temperatur > +5 °C powyżej 350 °C) |
|---|

5° Dojrzewanie

W fazie tej ustala się końcowa liczba tłuszczyn na roślinie, nasion w tłuszczynie oraz indywidualna masa nasion.

2. 2. Pobranie składników

2.2.1. Potrzeby pokarmowe łąnu

Prawidłowy wzrost kształtuje dostępność wody i składników pokarmowych w każdej fazie rozwoju rzepaku. Krytycznymi są te składniki, których brak, a raczej niedobór ogranicza szybkość przyrostu biomasy lub zaktóca proces tworzenia organów odpowiedzialnych za plon nasion. W Polsce jednym z podstawowych kryteriów wyznaczenia jakościowego zakresu pierwiastków, składników pokarmowych, rzepaku jest kierunek produkcji w gospodarstwie rolnym. Na tej podstawie można definiować składniki pokarmowe warunkujące prawidłowe odżywienie rzepaku, a mianowicie:

1. Klasyczna produkcja wielokierunkowa. Rzepak uprawia się w zmianowaniach z cyklicznie stosowanym obornikiem (co 4/5 lat). Niezbędnymi składnikami pokarmowymi są **N, P, K, S, Mg, B**.
2. Produkcja roślinna. Rzepak uprawia się w zmianowaniach bez obornika. Zakres niezbędnych składników pokarmowych staje się wówczas szerszy i obejmuje N, P, K, S, Mg, B, **Mn, Cu**.

Składniki zawarte w organach wegetatywnych rzepaku (słoma i plewy) pozostają na polu i stanowią, zarówno źródło materii organicznej gleby, jak i źródło składników pokarmowych dla roślin następczych. W biomacie dojrzałego rzepaku, która kształtuje się w zakresie 12-16 t/ha na nasiona przypada 25%-30%, tłuszczyny około 50%; słomę – 20-25% suchej masy roślinnej (ryc. 10).

2.2.2. Krytyczne fazy pobierania składników

Określenie ilościowego zapotrzebowania rzepaku ozimego na składniki pokarmowe przeprowadzone tylko w oparciu o pobranie końcowe nie jest wystarczające do oceny plonotwórczej ich wagi. Niezbędnym staje się wyznaczenie krytycznych faz zapotrzebowania rośliny na określony składnik pokarmowy, które można wyznaczyć tylko wówczas, gdy znana jest dynamika pobierania każdego składnika na tle faz rozwojowych rośliny. Znamiennym faktem jest znacznie większa dynamika pobierania potasu przez rzepak względem pozostałych składników, a zwłaszcza azotu. Jednakże od początku kwitnienia zachodzi systematyczny spadek ilości potasu zakumulowanego w rzepaku, na tyle duży że tzw. pobranie końcowe tego składnika jest ilościowo mniejsze niż pobranie maksymalne. Natomiast akumulacja azotu, siarki i magnezu magnezu wzrasta do końca wegetacji rośliny (ryc. 11, tabela 6).

Tabela 5. Końcowe pobranie składników pokarmowych przez rzepak ozimy, (nasiona + odpowiadająca plonowi nasion masa słomy i tłuszczyn)

Organy rośliny	Składniki pokarmowe, kg/t					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
Nasiona	3,0	1,8	1,0	0,5	0,3	0,5
Słoma*	3,0	1,2	7,0	4,5	0,5	1,0
Pobranie łączne	6,0	3,0	8,0	5,0	0,8	1,5

* słoma + tłuszczyny

Nawożenie rzepaku potasem (i innymi składnikami)

Tabela 6. Krytyczne fazy odżywienia rzepaku

Składnik pokarmowy	Krytyczna faza zapotrzebowania
<i>Makroskładniki</i>	
Azot	systematycznie pobierany do końca wegetacji
Potas	od wiosennego ruszenia wegetacji aż do kwitnienia
Fosfor	jesień – korzenie się rzepaku; wiosenne ruszenie wegetacji – regeneracja uszkodzeń pozimowych; największe zapotrzebowanie występuje od fazy pąkowania do fazy kwitnienia.
Magnez	systematyczny wzrost pobrania począwszy od fazy pąkowania;
Siarka	wzrost pobrania od fazy pąkowania; ściśle związany z dynamiką pobierania azotu
<i>Mikroskładniki</i>	
Żelazo	systematyczny wzrost pobrania począwszy od fazy wiosennego ruszenia wegetacji aż do fazy wzrostu łuszczyń
Mangan	pobierany w największych ilościach spośród mikroelementów; faza krytyczna rozpoczyna się momentu wiosennego ruszenia wegetacji i trwa aż kwitnienia
Cynk	maksymalne pobranie zachodzi w fazie od pąkowania do kwitnienia
Miedź	systematyczny wzrost pobrania w okresie od fazy pąkowania do fazy wzrostu łuszczyń
Bor	Systematyczny wzrost pobrania od fazy pąkowania

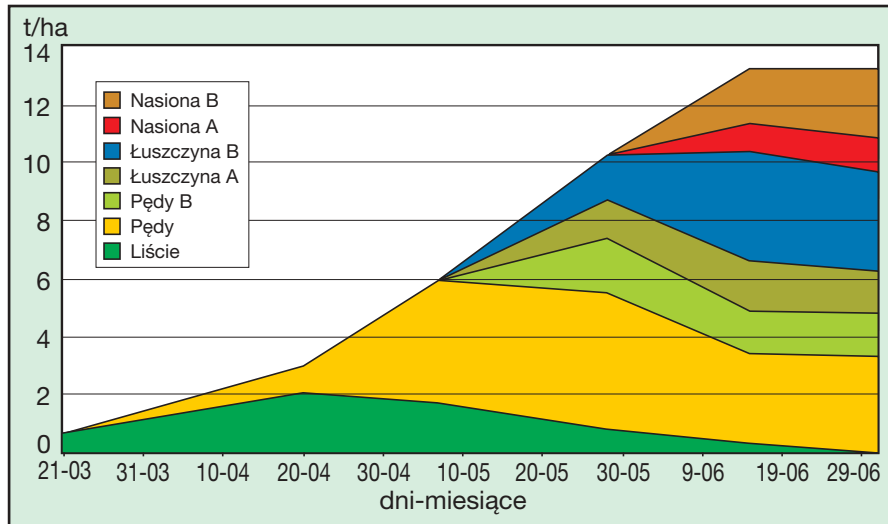
Tabela 7. Krytyczne zawartości składników pokarmowych w rzepaku (w pełni rozwinięte liście pędu głównego na początku fazy wydłużania)

<i>Makroskładniki, %</i>					
N	P	K	Ca	Mg	S
4,0- 4,7	0,35-0,50	3,0-4,4	1,0-2,2	0,15-0,25	0,55-0,65
<i>Mikroskładniki, mg/kg</i>					
B	Mn	Cu	Fe	Zn	Mo
16-28	30-140	4,0-6,2	60-80	30-38	0,5-0,7

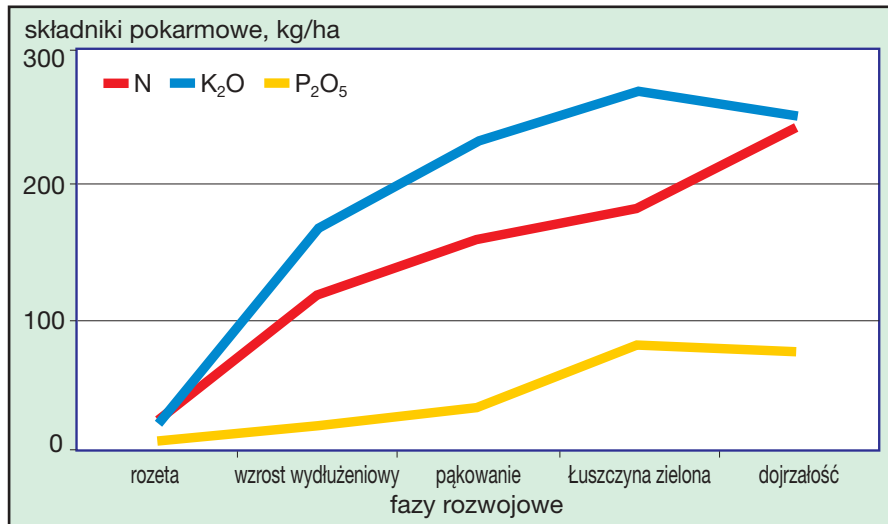
Źródło: www.Fertilizer.org/ifa/publicat/html/pubman/manual/htm

Niemniej ważnym zadaniem diagnostyki nawożeniowej jest ocena aktualnego stanu odżywienia rzepaku, którą przeprowadza się w możliwie

wczesnych fazach rozwoju rzepaku, na tyle wczesnych, aby można dokonać korekty odżywienia drogą nawożenia (tabela 7).



Ryc. 10. Dynamika wzrostu i struktura rzepaku ozimego w okresie wegetacji.



Ryc. 11. Dynamika pobierania azotu, potasu i fosforu przez rzepak ozimy.

3. Potas

3.1. Potas w roślinie

Potas jest jednym z 16 pierwiastków, które są niezbędne do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin.

3.1.1. Funkcje metaboliczne i fizjologiczne

Potas odgrywa podstawową rolę w przebiegu szeregu podstawowych procesów metabolicznych i fizjologicznych w roślinie. Racjonalna uprawa rzepaku wymaga zwrócenia uwagi na kilka z nich, a mianowicie:

1. Fotosynteza.

Cukry i ATP (trójfosforan adenyliczny) są pierwotnymi produktami fotosyntezy. Cukry ulegają zużyciu w procesach oddychania lub zostają przekształcone w inne składniki strukturalne i zapasowe rośliny. ATP, będący związkiem wysoko-energetycznym jest niezbędnym źródłem energii dla rośliny. Aktywność ATP zależy od obecności jonu K^+ . *Rośliny wykazujące niedobór potasu, zmniejszają zarówno szybkość wiązania CO_2 , jak i produkcję ATP.*

2. Transport cukrów.

Cukry wyprodukowane w liściach muszą być przetransportowane do innych organów rośliny celem utrzymania aktywności metabolicznej tych organów, ich wzrostu, czy też akumulacji w formie zapasowej. Wszystkie te procesy wymagają energii w formie ATP, a warunkiem podstawowym transportu jest dobre zaopatrzenie w potas. *Niedobór potasu zwalnia szybkość transportu cukrów w roślinie, a tym samym zmniejsza szybkość jej wzrostu.*

3. Regulacja aktywności komórek szparkowych i zużycia wody.

Gospodarka wodna rośliny zależy od regulacji procesów otwierania i zamykania komórek szparkowych (pory w liściach przez które roślina pobiera CO_2 , a wydala O_2 i wodę w postaci pary wodnej). Prawidłowe funkcjonowanie aparatów szparkowych warunkuje obecność potasu w komórkach przyszparkowych i przemieszczanie się jonów K^+ do komórek szparkowych.

W warunkach ograniczonej ilości wody, potas jest usuwany z komórek szparkowych prowadząc w następstwie do zamykania porów, co tym samym zmniejsza parowanie, a więc ogranicza straty wody. Brak dostatecznej ilości potasu w roślinie prowadzi do osłabienia, a nawet utraty zdolności rośliny do kontroli gospodarki wodnej.

4. Pobieranie i transport składników pokarmowych.

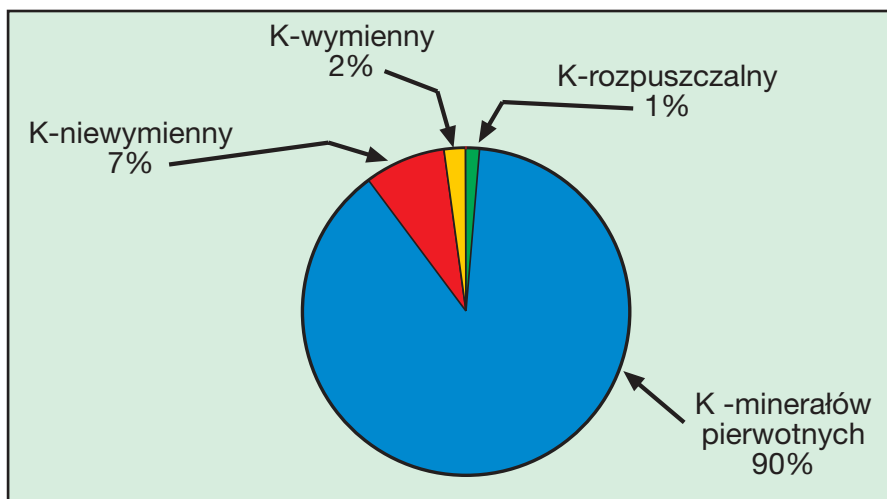
Jony potasu odgrywają podstawową rolę w transporcie wody i pozostałych składników pokarmowych w roślinie.

Niedostateczne zaopatrzenie rośliny w potas zmniejsza szybkość transportu azotanów, fosforanów, wapnia, magnezu i aminokwasów (ryc. 14).

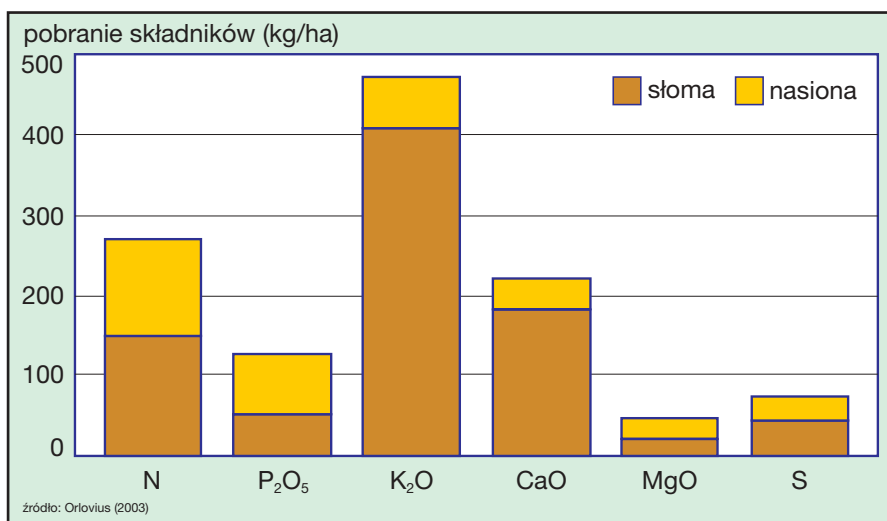
5. Aktywacja enzymów roślinnych.

Enzymy są niezbędnymi katalizatorami większości reakcji biochemicznych w roślinie. Około 60 reakcji enzymatycznych zależy od obecności potasu.

Ilość potasu zawartego w komórkach roślinnych decyduje zarówno o liczbie enzymów, które mogą być aktywowane, jak i o szybkości z jakimi reakcje enzymatyczne zachodzą.



Ryc. 12. Potas w glebie – formy.



Ryc. 13. Końcowe pobranie składników pokarmowych przez rzepak ozimy, plon 40 dt/ha.

6. Synteza białek

Potas jest niezbędnym składnikiem głównych etapów syntezy białek. *Niedobór potasu prowadzi do zmniejszenia ilości wyprodukowanego przez roślinę białka, czy też białek i to niezależnie od stopnia odżywienia azotem.*

1. 2. Objawy niedoboru potasu

Rośliny rzepaku, dobrze odżywione potasem, zawierają od 1 do 4% potasu (w zależności od fazy rozwoju). Ogólne objawy niedoboru potasu przejawiają się:

- spowolnionym wzrostem rośliny,
- mniejszą masą całych roślin,
- specyficznymi przebarwieniami starszych liści.

Wczesne fazy niedostatecznego odżywienia rzepaku potasem przejawiają się wytwarzaniem przez roślinę cienkich łodyg, zmniejszeniem wielkości liści, często o pokroju falistym i barwy ciemno-niebieskawo-zielonej.

Niedobór potasu jest bardzo niebezpieczny dla młodych roślin, zwłaszcza w okresie spoczynku zimowego. Zimą, przy wystąpieniu niskich temperatur, niedożywione rośliny najczęściej wymarzają.

Wiosną, w okresie szybkiego przyrostu biomasy, co wiąże się z dużym zapotrzebowaniem rzepaku na potas, wynoszącym 3-7 kg K₂O/ha/dzień, niedobór składnika prowadzi do znacznego zahamowania przyrostu biomasy. W warunkach przedłużającego się niedoboru potasu, na roślinie, pojawiają się bardziej zaawansowane objawy niedoboru składnika, a mianowicie:

1. Chlorozy dolnych liści.

Jony potasu (K⁺) są bardzo ruchliwe, przemieszczając się w roślinie z liści starszych do organów o największych w danym momencie potrzebach. Widoczne symptomy niedoboru potasu na rzepaku poja-

wiają się jako chlorozy i żółtawe *oparzenia* dolnych liści. Objawy te pojawiają się najpierw na wierzchołkach blaszki liściowej, a następnie rozszerzają wzdłuż jej brzegów.

2. Nekrotyczne plamy.

Narastający niedobór potasu prowadzi do przekształcenia *oparzeń* w nekrotyczne żółtawo-brązowe plamy, pojawiające się na obrzeżach i przestrzeniach między nerwami starszych liści; brzegi liści zwijają się i zwisają w dół.

3. Więdnięcie i obumieranie liści.

W ostatnim etapie pogłębiającego się niedoboru potasu liście więdną i obumierają, lecz pozostają na łodydze.

1.3. Potas a stresy

Potas powszechnie uważa się za składnik pokarmowy chroniący roślinę uprawną przed stresami i to zarówno naturalnymi, jak i spowodowanymi aktywnością człowieka, w tym złą agrotechniką. Najważniejsze przykłady:

Niskie temperatury

Niskie temperatury zmniejszają szybkość wzrostu korzeni rośliny. Wynika to z wolniejszego pobierania składników pokarmowych, w tym potasu, przez korzenie. W rezultacie szybkość wzrostu organów nadziemnych ulega spowolnieniu. W takich warunkach, ochrona roślin przed wymarzeniem, wymaga zwiększonego poziomu odżywienia potasem. Rola metaboliczna tego składnika, w okresie rozwoju jesiennego roślin, polega na zwiększeniu w komórkach zawartości cukrów. W ten sposób potas zwiększa mrozoodporność rośliny zimą, a wiosną zapewnia szybszy ich wzrost.

Niedobór wody

Wyniki licznych prac naukowych potwierdzają rolę potasu w kształtowa-

niu odporności roślin na okresowe niedobory wody (susze). Dobre odżywienie roślin potasem prowadzi do:

- dobrego ukorzenia się roślin;
Potas zwiększa pionowy zasięg systemu korzeniowego rzepaku, a jednocześnie zwiększa gęstość korzeni w glebie. Roślina może tym samym pobrać więcej wody i składników pokarmowych, gdyż przerasta większą masę gleby. Ekstensywnie rozwinięty system korzeniowy pozwala roślinie zarówno na zwiększoną akumulację wody, cukrów i białek, a tym samym przeciwdziała wymarzaniu.
- szybszej, wiosennej, regeneracji uszkodzonych roślin;
Wiosną, szybkość wzrostu rzepaku jest bardzo duża, a tym samym potrzeby pokarmowe rośliny, zwłaszcza względem azotu są też duże. Dobre zaopatrzenie roślin w potas jest warunkiem podstawowym regeneracji rośliny, a tym samym uzyskania wysokiego końcowego plonu nasion.
- szybszego zakrycia łanu;
Zakrycie przez roślinę (liście) powierzchni gleby zwiększa wielkość transpiracji, a tym samym ogranicza parowanie wody z samej gleby. Oznacza to większe, bezpośrednie, zużycie wody przez uprawianą roślinę.
- efektywnego wykorzystania wody w sezonie wegetacyjnym;
Głębszy system korzeniowy rośliny, pozostający w kontakcie z wilgotnymi warstwami gleby, umożliwia korzystanie z rezerwy wody, zwłaszcza w fazach intensywnego wzrostu, a także w okresach suszy atmosferycznej.

Choroby i szkodniki

Zmniejszona odporność roślin uprawnych na choroby, w znacznym

stopniu, wynika ze stanu odżywienia roślin uprawnych azotem.

Składnik ten generalnie zwiększa podatność roślin na choroby. Potas jest tym składnikiem pokarmowym, który kontroluje metabolizm azotowy rośliny, a tym samym zmniejsza jej podatność na choroby, a ściślej stopień porażenia przez choroby, czy też szkodniki.

3. 2. Potas w glebie

3. 2.1. Formy potasu

Głównym źródłem potasu dla roślin jest gleba. Niektóre gleby zawierają w warstwie ornej nawet do 20 000 kg K/ha, lecz zdecydowana większość, gdyż od 90% do 97% składnika występuje w formach niedostępnych dla roślin uprawnych. Z tego źródła potas uwalnia się w procesach wietrzenia, średnio rocznie od 0% do 2% (ryc. 12). Rośliny uprawne korzystają z łatwo dostępnych form potasu, które obejmują potas zawarty w roztworze glebowym i jony potasu związane przez ujemnie naładowane cząstki gleby. W warstwie uprawnej gleby ilość łatwo dostępnego potasu dla roślin uprawnych waha się od kilku do kilkudziesięciu kg K_2O /ha, a więc jest zbyt niska dla potrzeb wysoko plonującego łanu rzepaku, który pobiera 350-450 kg K_2O /ha. Z tej przyczyny, większość gleb uprawnych, wymaga nawożenia potasem.

W glebie wyróżnia się cztery podstawowe formy potasu:

1. Rozpuszczalny – łatwo dostępny

Potas rozpuszczalny, to znaczny zawarty w roztworze glebowym, jest bezpośrednim źródłem jonów K^+ , gdyż w takiej postaci chemicznej jest pobierany przez rośliny. Ta forma osiąga największą koncentrację wiosną, lecz w okresie upływu wegetacji, w miarę wzrostu roślin się zmniejsza.

2. Wymienny – łatwo dostępny

Cząstki ilaste gleby i próchnica przyciągają z roztworu glebowego jony K^+ , wiążąc je siłami elektrostatycznymi. Tak związany potas nosi nazwę wymiennego. Z tego źródła bardzo łatwo, w zależności od warunków fizycznych środowiska, jon K^+ może być uwolniony do roztworu glebowego. Taki proces zachodzi szczególnie szybko w okresie wegetacji, kiedy rośliny pobierają znaczne ilości składnika.

3. Związany – słabo dostępny

Minerały ilaste, takie jak illit (przeważa w polskich glebach), wiążą jony K^+ w swoich przestrzeniach wewnętrznych tak silnie, że stają się one niedostępne dla rośliny. Proces uwalniania tych jonów jest natomiast niezwykle powolny.

4. Strukturalny – niedostępny

Potas zawarty w minerałach pierwotnych, takich jak skalenie, czy miki, stanowi największe ilościowo źródło składnika, lecz niedostępnego dla roślin uprawnych. Ta forma potasu ulega bardzo powolnym procesom uwalniania. Szybkość tych procesów kształtują warunki środowiskowe, głównie temperatura, dostępność wody, odczyn środowiska, itp.

3.2.2. Straty potasu z gleb uprawnych

straty pozorne – pobranie przez roślinę

Rośliny uprawne, a także inne żywe organizmy gleby, aby żyć muszą pobierać potas. Nie może zatem dla rolnika być zaskoczeniem fakt, że wysoko plonujące rośliny uprawne pobierają, w okresie wegetacji, duże ilości potasu. Rzepak, aczkolwiek akumuluje w swych organach znaczne ilości potasu, to większość, bo prawie 90% składnika zawartego w masie roślinnej, pozostawia na polu (ryc. 13). Dopiero w procesie mineralizacji słomy, plew i liści,

składnik ten uwalnia się do roztworu glebowego, tym samym stając się cennym źródłem dla roślin następczych.

Wymywanie i erozja – straty wymierne

Rzeczywiste straty potasu z gleb uprawnych zachodzą głównie w procesie wymywania i erozji. Wymywaniu podlega potas zawarty w roztworze glebowym. Proces ten zachodzi bardzo intensywnie w glebach piaszczystych oraz organicznych, głównie torfowych. Średnio roczne straty potasu tą drogą szacuje się na 20-50 kg K_2O/ha . Drugą, znaczącą w wielu regionach kraju przyczyną strat potasu, jest erozja.

3.3.3. Pobieranie potasu przez rośliny z gleby

Rośliny pobierają potas bezpośrednio z roztworu glebowego w formie jonu potasowego (K^+). Dostępność składnika jest kształtowana przez szereg naturalnych i agrotechnicznych czynników, a do najważniejszych zalicza się:

Wilgotność – zawartość wody w glebie

Wyższy poziom dostępności wody w glebie prowadzi, z reguły, do zwiększonego pobrania potasu, gdyż większa wilgotność gleby sprzyja dyfuzji jonów K^+ w kierunku korzeni rośliny. W praktyce, wykorzystanie tego fizycznego procesu, sprowadza się do kontroli koncentracji jonów potasowych w glebie. W niekorzystnych warunkach wodnych, intensywne nawożenie potasem, zwiększa stężenie jonów K^+ w roztworze glebowym, a tym samym umożliwia lepsze zaopatrzenie rośliny w potas, co skutkuje zmniejszeniem straty plonu.

Powietrze

Nadmierna wilgotność gleby prowadzi do niedoboru tlenu, a w konsekwencji do zmniejszonego pobrania potasu. Niedobór tlenu w glebie wynika nie tylko z nadmiaru wody, lecz także z nadmiernego zagęszczenia niektórych

warstw gleby, w których korzenie roślin uprawnych nie rosną, a także z samej aktywności rośliny, która potrzebuje tlenu do oddychania. Warunkiem dostatecznego zaopatrzenia roślin w tlen jest odpowiednia uprawa roli, włącznie ze wzruszaniem warstw podornych (głęboszowanie).

Temperatura

Wzrost temperatury gleby zwiększa szybkość reakcji chemicznych w glebie, aktywność korzeni, a zwłaszcza szybkość reakcji biochemicznych w roślinie. Wszystkie te procesy prowadzą do szybszego pobierania potasu. Optymalna temperatura pobierania potasu przez rośliny uprawne kształtuje się w zakresie 15-25 °C. W niższych temperaturach gleby pobieranie potasu ulega znacznemu zmniejszeniu.

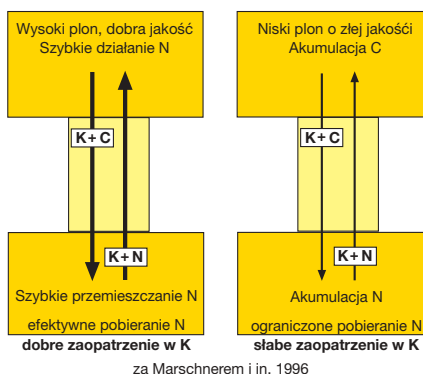
Glebowy kompleks sorpcyjny (PWK)

Wielkość glebowego kompleksu sorpcyjnego kształtuje zawartość cząstek ilastych i próchnicy. Im więcej, tym więcej jonów K^+ zwiąże gleba. Zadaniem rolnika jest zwiększanie wielkości tego naturalnego zasobnika składników pokarmowych gleby. Najprostszym, a w zasadzie jedynym, praktycznie możliwym sposobem, jest nawożenie organiczne, prowadzące do wzrostu zawartości próchnicy w glebie.

Głębokość ukorzenia się roślin uprawnych

Potas zawarty jest nie tylko w warstwie ornej gleby, lecz w znaczących ilościach występuje także w warstwach głębszych. Pomimo, że dostępność potasu zmniejsza się najczęściej z głębokością, to zasoby składnika w warstwach podornych, są niezwykle ważne, zwłaszcza w okresie pełnej wegetacji rośliny, a w szczególności w sytuacji, gdy występują susze atmosferyczne. Roślina może korzystać z tych zasobów, pod warunkiem, że nie występują zarówno naturalne, jak i agrotech-

nicznie ograniczenia, wywołane obecnością warstw zagęszczonych, czy też zakwaszeniem. Brak ograniczeń do wzrostu systemu korzeniowego pozwala roślinie korzystać z tych rezerw.



Ryc. 14. Potas a pobieranie i gospodarka azotem w roślinie.

Współdziałanie potasu z azotem

Współdziałanie azotu z potasem rozpoczyna się od kontroli procesu pobierania azotanów przez korzenie (ryc. 14). Azotany akumulują się w korzeniach i są transportowane wraz z potasem do pędów nadziemnych w celu redukcji, a następnie produkcji białek. Jednocześnie, w tychże organach rośliny wytwarzany jest kwas jabłkowy, które częściowo w formie jabłczanu potasowego przemieszczany zostaje do korzeni. W ten sposób cykl pobierania azotu się powtarza. Niedobór potasu, ogranicza transport azotanów, zmuszając niejako roślinę do częściowej ich redukcji w korzeniach. W rezultacie w korzeniach akumulują się nisko-cząsteczkowe białka, łatwo przyswajane przez patogeny. Akumulacja tych związków w korzeniach, w warunkach dostatecznego zaopatrzenia w azot, lecz przy jednoczesnym niedostatecznym dopływie potasu, jest dla rośliny sygnałem do ograniczenia pobierania azotu. W praktyce proces

Nawożenie rzepaku potasem (i innymi składnikami)

ten prowadzi do zmniejszenia działania azotu zastosowanego w nawozach.

Przedstawiony powyżej wywód naukowy podkreśla brak sensowności nawożenia rzepaku dużymi dawkami azotu przy jednocześnie zbyt niskim poziomie nawożenia potasem i to nie tylko bezpośrednio pod rzepak, lecz w kontekście nawożenia tym składnikiem w całym zmianowaniu.

3.4. Nawożenie potasem a plony rzepaku

3.4.1. Plony nasion

W wielu opracowaniach naukowych, podręcznikach, artykułach fachowych wyrażany jest często pogląd o niskiej plonotwórczej reakcji rzepaku na nawożenie potasem. Takie zjawisko może faktycznie występować na glebach zasobnych w potas, w latach o bardzo korzystnych warunkach pogodowych, odniesionych głównie do opadów. Poglądy te są następstwem przypisywania potasowi działania bezpośredniego na plony roślin, podczas gdy składnik ten działa pośrednio, poprzez:

- zwiększenie efektywności plonotwórczej azotu,
- zwiększenie odporności rośliny na stresy abiotyczne, głównie na niedobór wody,
- zwiększenie odporności rośliny na stresy biotyczne, wzrost tolerancji na choroby i szkodniki.

Wymiernymi skutkami plonotwórczego działania potasu są:

- wzrost plonu nasion,
- poprawa jakości nasion – wielkość, kształt;
- zwiększenie zawartości tłuszczu i nasion;

W tabeli 8 przedstawiono plonotwórczy skutek współdziałania potasu i azotu na plon nasion rzepaku uprawianego w stanowisku o niskiej zasobności w

*Tabela 8. Reakcja rzepaku ozimego uprawianego w stanowisku o niskiej zasobności w przyswajalny potas na nawożenie potasem i azotem**

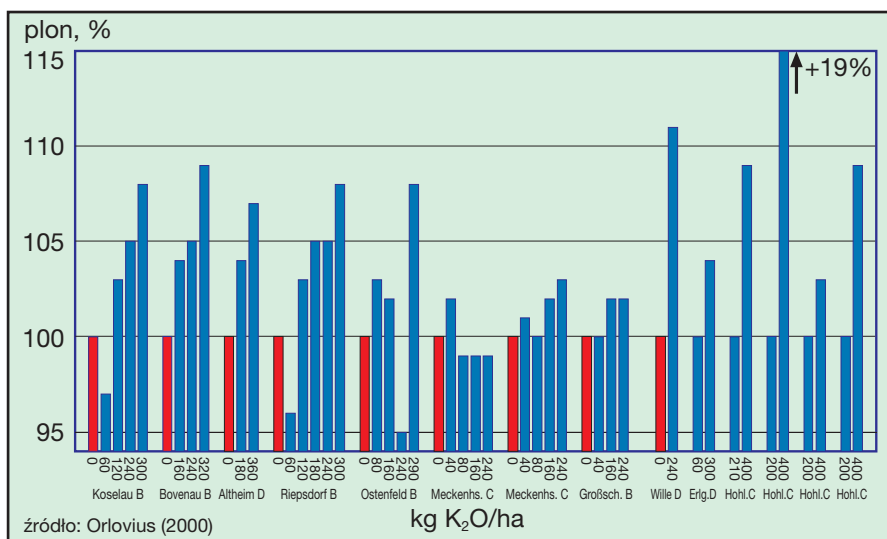
Dawki azotu kg N/ha	Plony nasion, dt/ha kg K ₂ O/ha			
	0	60	120	180
120	22,7	24,3	29,0	28,1
180	25,0	28,2	29,8	32,8

*SCPA (1986), Potash Facts

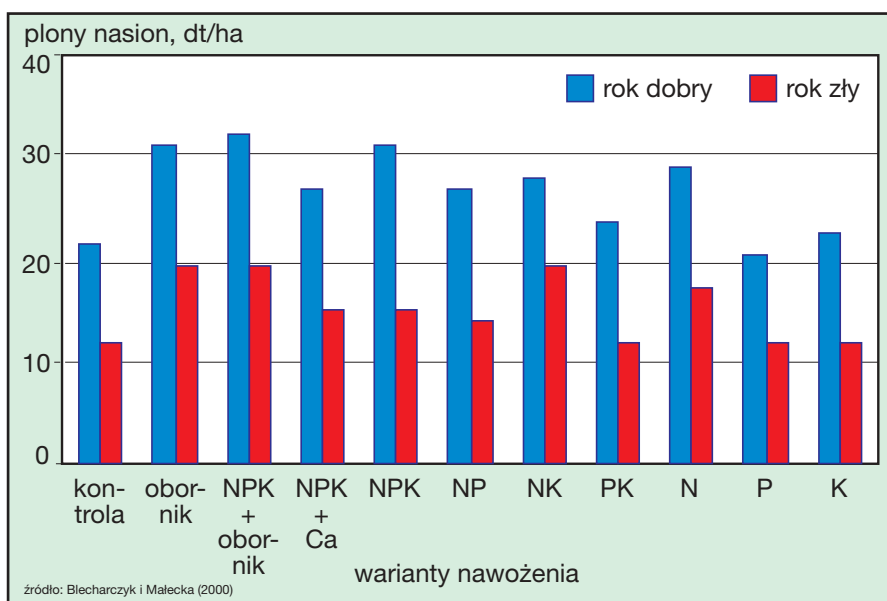
przyswajalny potas. Jak wynika z analizy danych dopiero dostatecznie wysoka dawka obu składników pozwoliła uzyskać 3 t/ha nasion rzepaku.

Najnowsze wyniki badań, prowadzonych w Niemczech wykazują, że wysoko-plenne odmiany rzepaku wymagają stosowania dużych dawek potasu, nawet na glebach o wysokiej zasobności w ten składnik. Z danych przedstawionych na rycinie 15 wynika, że rzepak reagował zwyżkami plonów, w zakresie od 5% do 10%, na dawki potasu do 300 kg K₂O/ha.

Plonotwórcze znaczenie utrzymywania gleby w dobrej zasobności w składniki pokarmowe, w tym w potas, przedstawiają wyniki badań prowadzonych w Akademii Rolniczej w Poznaniu. Rycina 16 oraz tabela 9 przedstawiają istotę zbilansowanego żywienia rośliny uprawnej. Najwyższe plony nasion rzepaku (ozimego i jarego) zbierano w stanowiskach zasobnych we wszystkie, niezbędne do wzrostu składniki pokarmowe. Przedstawione na ryc. 16 plony rzepaku jarego wskazują jednocześnie na znaczną zależność plonów od warunków pogodowych, jak i nawożenia. W latach o niekorzystnym przebiegu pogody plony wahały się w zakresie od 10 do 20 dt/ha, a w latach korzystnych kształtowały się na poziomie prawie 2-krotnie wyższym.

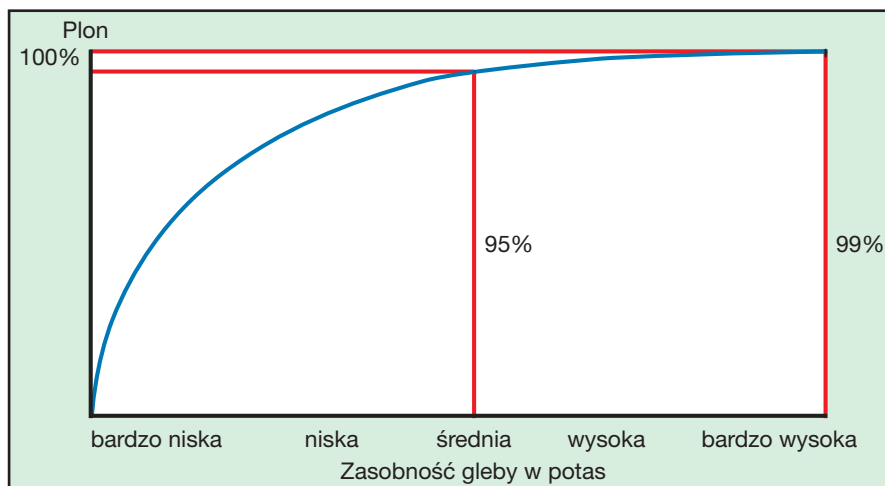


Ryc. 15. Reakcja rzepaku na wzrastające dawki potasu.



Ryc. 16. Plony rzepaku jarego w klasycznym doświadczeniu nawozowym.

Nawożenie rzepaku potasem (i innymi składnikami)



Ryc. 17. Reakcja rośliny uprawnej na nawożenie potasem w zależności od zasobności gleby.

Tabela 9. Plony rzepaku ozimego, statyczne, wieloletnie, doświadczenie nawozowe*

Warianty doświadczenia	Plony dt/ha	Zawartość tłuszczu %	Masa 1000 nasion g
Kontrola	17,4	45,7	5,10
Obornik	31,1	42,9	5,03
Obornik + NPK	35,1	41,2	4,96
NPK	29,0	43,9	5,02
NPK + Ca	25,5	45,2	5,13

Źródło: Blecharczyk i inni (1993)

4. Nawożenie potasem

4.1. Podstawowe zasady stosowania potasu

Wiedza o ilościowym zapotrzebowaniu rzepaku, a także pozostałych roślin uprawianych w zmianowaniu z rzepakiem, na potas jest diagnostycznie użyteczna, lecz nie stanowi samodzielnej podstawy do określenia potrzeb nawozowych roślin uprawnych. Gleby zawierające duże ilości przyswajalnego potasu są w stanie przez wiele lat zaopatrywać, nawet wysoko plonujące rośliny, w ten składnik. W stanowiskach ubogich w potas, rośliny wykazujące duże zapotrzebowanie na składnik wymagają odpowiednio wysokiego poziomu nawożenia.

Ustalenie prawidłowej dawki potasu wymaga zwrócenia uwagi na trzy główne czynniki określające potrzeby nawozowe roślin uprawnych:

1. Niektóre rośliny uprawne, w tym rzepak, są bardziej wrażliwe na dobre odżywienie potasem, niż inne. Przykładowo rzepak wykazuje zdecydowanie większe zapotrzebowanie na potas, niż zboża.
2. Krytyczna, dla prawidłowego wzrostu roślin uprawnych, zawartość potasu w glebie zmienia się w zależności od gatunku.
3. Rzekak ozimy, od początku rozwoju, tworzy bardzo duży system korzeniowy i poprzez to jest zdolny do efektywnego korzystania z rezerw składników pokarmowych, w tym potasu, zgromadzonych w głębszych warstwach profilu glebowego.

Ustalenie optymalnej dawki potasu wymaga uwzględnienia wielu elementów postępowania diagnostycznego:

1. Aktualna ocena stanu zasobności gleby w potas → kryterium ustalenia dawki podstawowej potasu.

Wyliczona dawka potasu podlega weryfikacji w oparciu o:

1. Wysokość oczekiwanego plonu nasion → realistyczna ocena oczekiwanego plonu nasion → średnia z 4/5 ostatnich lat + 10% wzrost.

2. Aktualną ocenę odczynu gleby i zasobności gleby w makro- i mikroskładniki → eliminacja zakwaszenia oraz ewentualnego zakłócenia wzrostu roślin z powodu niedoboru fosforu, magnezu, czy też mikroelementów.

2. Efektywność działania czynników agrotechnicznych, którą wyznaczają:

- zmianowanie, w którym uprawiany jest rzepak,
- częstotliwość stosowania nawozów organicznych,
- uprawa nawozów zielonych,
- warunki fizyczne gleby (struktura, występowanie warstw zagęszczonych, uwilgotnienie w czasie siewu i w trakcie wegetacji, system uprawy roli, ochrona łąnu).

4. 2. Testy glebowe i dawka nawozowa potasu

Rośliny uprawne pobierają znaczne ilości potasu. W stanowiskach, w których zawartość potasu glebowego jest niedostateczna, z punktu widzenia potrzeb wysoko-plonujących roślin, nawożenie tym składnikiem staje się niezbędne. Punktem wyjścia do realizacji programu nawożenia roślin uprawnych potasem jest test zasobności gleby w potas. Zasadę nawożenia potasem, w oparciu o wyniki testu

Nawożenie rzepaku potasem (i innymi składnikami)

Tabela 10. Klasy zasobności gleb uprawnych w potas, mg K₂O/100 g gleby

Klasa zasobności	Kategoria ciężkości gleby			
	bardzo lekka	lekka	średnia	ciężka
Bardzo niska	Do 2,5	Do 5,0	Do 7,5	Do 10,0
Niska	2,6 - 7,5	5,1 - 10,0	7,6 - 12,5	10,1 - 15,0
Średnia	7,6 - 12,5	10,1 - 15,0	12,6 - 20,0	15,1 - 25,0
Wysoka	12,6 - 17,5	15,1 - 20,0	20,1 - 25,0	25,1 - 30,0
Bardzo wysoka	Od 17,5	Od 20,1	Od 25,1	Od 30,1

glebowego, przedstawia tabela 10. Wysokie wartości testu wskazują na brak lub niewielkie potrzeby nawożenia danej rośliny uprawnej potasem. Niskie wartości testu wskazują na duże zapotrzebowanie na potas.

W Polsce, zasobność gleb uprawnych w potas ocenia się na podstawie zawartości potasu przyswajalnego oznaczanego metodą Egnera-Riehma. System oceny zasobności wyróżnia pięć klas zasobności. Ważnym elementem poprawnej interpretacji zasobności gleby jest kategoria agronomiczna gleby (Tabela 10).

W tym miejscu należy zwrócić uwagę na nawożenie roślin przedplonowych, które może prowadzić do znacznego wzrostu zawartości lub odwrotnie do wyczerpania gleby z potasu. W przeciwieństwie do fosforu,

Tabela 11. Dawki fosforu i potasu wyliczone dla plonu 35 dt/ha nasion; (gleba średnia; średni poziom zasobności w przyswajalny fosfor i potas)

Klasa zasobności	Składniki, kg/t nasion + słomy	
	P ₂ O ₅	K ₂ O
Niska	60*	80*
Średnia	30	50
Wysoka	15	25
Bardzo wysoka	5	10

*ryzyko uprawy

niedostateczne nawożenie potasem, przy jednoczesnym gwałtownym wzroście poziomu plonów, lub wprowadzeniu do zmianowania dużej liczby roślin potasolubnych, prowadzi w okresie kilkuletnim do szybkiego spadku zawartości potasu przyswajalnego.

W tabeli 11 zwrócono uwagę na dwa bardzo ważne aspekty ustalenia dawki potasu. Pierwszy dotyczy ryzyka uprawy rzepaku w stanowiskach o zasobności poniżej wartości krytycznej. Rzepak jest rośliną głębokorzenną, a więc w znacznym stopniu korzysta z rezerw potasu zakumulowanych w warstwach głębszych profilu glebowego. Przy małej zasobności warstwy ornej w potas, roślina, nawet nawożona zgodnie z zaleceniami, może nie być w stanie pobrać dostatecznej ilości składnika, zwłaszcza w okresach największych potrzeb żywieniowych.

Z tych też powodów tylko dostatecznie wysoki poziom zasobności gleb przeznaczonych pod zasiew rzepaku, zwłaszcza w stanowiskach o dużym potencjale produkcyjnym, lub w stanowiskach, w których poprzez odpowiednie zabiegi uprawowe, a także korzystnym warunkom środowiskowym, można zrealizować potencjał produkcyjny rośliny. Z drugiej strony stosowanie, przez wiele lat, dużych, powyżej potrzeb nawozowych uprawianych roślin, dawek potasu prowadzi do wzrostu zawartości przyswajalnego

potasu w glebie. W takich warunkach bardzo często nie zaleca się stosowania potasu, lub wyliczone na podstawie klasycznych algorytmów dawki są niewielkie. Jednakże z punktu widzenia agronomicznego – wysoki plon nasion rzepaku, lub ekonomicznego – zysk z uprawy, powinien skłaniać rolnika do stosowania, nawet w stanowiskach o wysokiej zasobności w potas, dawek wyliczonych dla średniego poziomu zasobności gleby. Na glebach o zasobności bardzo wysokiej, wskazane jest przedsięwzięcie, zastosowanie niewielkich dawek potasu.

4.3. Nawozy potasowe

Potas stosowany w nawożeniu rzepaku pochodzi z dwóch podstawowych źródeł:

- obornika i innych nawozów organicznych (tab. 12).
- nawozów mineralnych (tabela 13).

Do podstawowej grupy nawozów potasowych, jednoskładnikowych, zalicza się cztery, z których najbardziej popularnym, w praktyce, jest sól potasowa. Pozostałe, z tej grupy, nie są klasycznymi nawozami jednoskładnikowymi, gdyż obok potasu, w swym

Tabela 12. Potas w nowozach organicznych, pochodzenia zwierzęcego
A - Obornik, świeża masa¹

Rodzaj obornika	Ogółem kg/t	Dostępność %	K dostępny kg/t
Bydlęcy	8,0	90	7,2
Trzody chlewnej	5,0	90	4,5
Owczy/kozi	3,0	90	2,7
Mieszany	6,5	90	5,85
Pomiót ptasi			
a. Nioski	9	90	8,1
b. Brojlery	18	90	16,0

¹ (25% suchej masy)

B - gnojowica

Rodzaj gnojowicy	Sucha masa %	Ogółem kg/t	Dostępność %	K dostępny kg/t
Bydlęca – Krowy mleczne	2	2,0	90	1,8
	6	3,5	90	3,2
	10	5,0	90	4,5
Bydlęca Opasy	2	1,5	90	1,4
	6	2,7	90	2,4
	10	3,8	90	3,4
Trzoda chlewna	2	2,0	90	1,8
	4	2,5	90	2,3
	6	3,0	90	2,7

Źródło: ADAS Gleadthorpe Research Centre, Wielka Brytania

Nawożenie rzepaku potasem (i innymi składnikami)

Tabela 13. Mineralne nawozy potasowe

Symbol nawozu	Skład chemiczny	Zawartość K ₂ O %	Pozostałe składniki
K-60	KCl	60	-
K-40	KCl	40	Na, Mg, S
KS	K ₂ SO ₄	48 – 52	S
KMgS	K ₂ SO ₄ ·MgSO ₄	30	Mg, S

składzie zawierają także siarkę, magnez, a nawet sód. Obecność tych składników, w kontekście potrzeb pokarmowych tak wymagającej rośliny uprawnej jak rzepak, jest niezwykle ważna.

Plonotwórcza rola typu nawozu potasowego nie jest zbyt dobrze udokumentowana, lecz jak przedstawiono w tabeli 14 nawozy zawierające poza potasem sód, magnez, siarkę pozwalały uzyskiwać wyższe plony nasion rzepaku.

4.4. Termin i metody stosowania nawozów potasowych

Termin nawożenia fosforem i potasem jest niezwykle ważny, gdyż rzepak dość szybko i głęboko się ukorzenia, a do tego w okresie jesiennej wegetacji pobiera do 20-25% całkowitej ilości pobranego potasu. W bardzo dobrym łanie oznacza to pobranie dochodzące nawet do 80 kg K₂O/ha. W pozostałych okresach wzrostu rzepak korzysta głównie z rezerw składników zawartych w głębszych warstwach gleby. Z tych

też przyczyn wymagana jest dobra, a nawet powyżej średniej, zasobność warstwy ornej w potas. Niewskazane jest stosowanie nawozu tuż przed siewem, gdyż zabieg przeprowadzony w tym okresie stwarza niebezpieczeństwo dla kiełkujących nasion.

Nie można jednoznacznie wskazać najlepszego sposobu stosowania nawozów potasowych. Wybrana metoda stosowania zależy od wielu czynników roślinnych, glebowych oraz od agrotechniki i wyposażenia technicznego gospodarstwa w siewniki do nasion, nawozów itd..

Czynniki wpływające na wybór metody stosowania nawozów potasowych:

- uprawiana roślina;
- wyposażenie techniczne gospodarstwa,
- poziom zasobności gleby,
- typ gleby,
- dawka i termin stosowania nawozu, a także,
- poziom ochrony chemicznej.

Tabela 14. Reakcja rzepaku na rodzaj nawozu potasowego*

Warianty nawozowe	Plony, %		Zawartość tłuszczu	
	dt/ha	wzrost, %	%	wzrost, %
Kontrola	27,5	0,0	42,6	0,0
K-60	30,6	11,1	43,8	2,8
K-40	32,2	17,1	43,4	1,9
K-40 + Mg**	34,2	24,4	44,3	4,0

* nawozy potasowe, ** dolistnie sól gorzka

Nawożenie klasyczne - rzutowe.

Rzepak, jak już wielokrotnie wcześniej omawiano, potrzebuje do prawidłowego wzrostu, znacznych ilości łatwo przyswajalnego potasu. Z tej też przyczyny nawożenie powierzchniowe - rzutowe, jest najlepszą techniką stosowania dużych ilości nawozów. W stanowiskach, w których uprawia się rzepak, w zasadzie nie zachodzi niebezpieczeństwo wymywania potasu, a więc składnik w pełnej dawce można zastosować po zbiorze przedplonu.

Dzielony system nawożenia potasem.

Ze względu na termin stosowania, wyróżnić można, co najmniej 3 przyczyny dzielenia całkowitej dawki potasu, odniesione do gleby obsianej rzepakiem:

- gleby piaszczyste i organiczne – ograniczone dawki jesienne z powodu wymywania,
- aktualny stan finansowy gospodarstwa,
- nawożenie startowe.

Najbardziej uzasadnione jest dzielenie dawki potasu na glebach piaszczystych i organicznych. Głównym czynnikiem, wspomagającym decyzję jest oczywiście niebezpieczeństwo wymywania jonów potasu. Na tych glebach dawka potasu musi być bezpośrednio odniesiona do potrzeb nawozowych rośliny. Na glebach lekkich o niskiej zasobności w potas, wielkość pierwszej dawki wyznacza jesienne zapotrzebowanie rzepaku kształtujące się w zakresie 50-100 kg K₂O/ha. W praktyce około 1/2 dawki całkowitej powinno stosować się jesienią. Termin stosowania 2-giej części dawki przypada najpóźniej na okres wczesnowiosenny, tuż przed ruszeniem wegetacji.

Na glebach średnich i ciężkich metoda dawek dzielonych nie jest agrotechnicznie uzasadniona. Jedyny wyjątek stanowi sytuacja ekonomiczna gospodarstwa, gdyż wczesnowiosenne uzupełnienie dawki nawozowej, pozwala na pokrycie jej potrzeb pokarmowych w okresie najbardziej intensywnego

Tabela 15. Nawożenie potasem i fosforem w systemie dzielonym (zakładany plon 35 dt/ha; średni poziom zasobności gleby w P i K)

Warianty nawożenia	Potrzeby nawozowe, kg/ha			Przykładowe nawozy	Dawka Nawozu Kg/ha	
	P ₂ O ₅ 105	K ₂ O 180	N 160			
K – nawóz Jednoskładnikowy Jesień	90	-	-	P-20 K-60 or K-40 lub	450	
	-	100	-			
	Wiosna	-	-	40	K-60 or K-40 lub	150
		-	80	-		
	-	-	85***	N-34	250	
K – nawóz wieloskładnikowy Jesień	70	110	40	NPK*	500	
	35	70	63***			NPK**

*mieszanka nawozowa; **- nitrofoska; ***pierwsza dawka azotu

Nawożenie rzepaku potasem (i innymi składnikami)

Tabela 16. Nawożenie rzepaku w ogniwie zmianowania rzepak ozimy → pszenica ozima (Zakładane plony: rzepak – 30-35 dt/ha nasion; pszenica 60-70 dt/ha ziarna)

Składniki bilansu	P ₂ O ₅ , kg/ha	K ₂ O, kg/ha
Potrzeby nawozowe: Rzepak Pszenica	105 60	180 100
Suma składników	165	280
Zwrot składników Słoma rzepaczana	10	90
Potrzeby nawozowe netto zmianowania	155	190

wzrostu. Tą technologię nawożenia można zalecać tylko w stanowiskach zasobnych w potas. Znaczna część potasu (od 1/2 do 2/3) powinna być zastosowana przed siewem rzepaku (tab. 15).

Trzeci wariant stosowania dawek dzielonych jest najbardziej zaawansowanym elementem technologii nawożenia wysoko-wydajnych upraw rolniczych. Podstawowym celem zastosowania niewielkiej dawki potasu tuż przed ruszeniem wegetacji jest przyspieszenie szybkości wzrostu roślin wiosną. Przy czym metoda ta ma uzasadnienie tylko w sytuacji, gdy spodziewać się można plonu większego od dotychczas zbieranego. Dawkę startową potasu należy stosować możliwie jak najwcześniej, gdyż termin późniejszy, niż ruszenie wegetacji, może być ekonomicznie niecelowy, z powodu szybkiego rozwoju roślin i wynikającego stąd dużego zapotrzebowania ładu na potas.

Nawożenie potasem w zmianowaniu

Innym proponowanym rozwiązaniem agrotechnicznym jest zastosowanie całej dawki składnika pod pierwszą roślinę w ogniwie zmianowania, przykładowo: *rzepak ozimy – pszenica ozima* (tabela 16). W systemie tym, w porównaniu do klasycznego, w którym

każdą uprawę nawozi się indywidualnie w zależności od jej potrzeb nawozowych, można i to zdecydowanie zmniejszyć dawkę składników, zwłaszcza potasu. Potas jest tym składnikiem pokarmowym, który w odniesieniu do rzepaku zastosowany w nadmiarze nie szkodzi.

Nawożenie zlokalizowane

Zlokalizowane stosowanie nawozów jest jednym z najbardziej efektywnych metod wykorzystania składnika pokarmowego wprowadzonego do gleby w nawozie. Technika ta wymaga jednakże specjalistycznego sprzętu, a więc siewników wyposażonych w zestaw redlic do oddzielnego wysiewu nasion i nawozów. Granule nawozu umieszcza się w odległości kilku centymetrów od nasion, tak dobranej (w zależności od gleby), aby nie zakłócić kiełkowania nasion. W praktyce metoda ta daje najlepsze wyniki na glebach ubogich w potas, zwłaszcza gdy część dawki całkowitej potasu zostanie zastosowana rzutowo.

4.5. Ekonomiczne efekty nawożenia potasem

W warunkach glebowo-klimatycznych Polski nawożenie, w zakresie od 30 do 60%, decyduje o plonie uprawianych roślin. Przed podjęciem decyzji o redukcji zużycia nawozów

Tabela 17. Nawożenie azotem i potasem a plony rzepaku ozimego, t/ha, Brody 2001

Dawki azotu kg N/ha	Dawki potasu, kg K ₂ O /ha			Przyrost plonu i zysk bezpośredni względem "0"	
	0	80	160	80	160
0	1,328	1,395	1,325	-	-
80	1,790	1,705	1,828	-	-
160	2,500	2,783	2,730	2,78/152 ²	2,73/75 ²
240	2,478	2,635	2,918	1,57/53 ²	4,40/210 ²

¹gleba o wysokiej zasobności w przyswajalny K; ² zysk bezpośredni, zł/ha

należy wpięrow przeprowadzić bardzo gruntowną analizę programów nawozowych każdej uprawianej w gospodarstwie rośliny.

W okresach ciężkich dla rolnictwa, a takie właśnie są obecnie w Polsce, rolnicy zwykle próbują zmniejszyć nakłady, najczęściej redukując koszty zmienne, w tym, głównie nawozów.

Wysokie plony rzepaku nie są możliwe do uzyskania bez ponoszenia znacznych nakładów (tab. 17). Największym problemem dla rolnika staje się wybór sposobu inwestowania środków, aby osiągnąć jak największą opłacalność produkcji rzepaku. Potas jest tym składnikiem produkcji roślinnej gospodarstwa rolnego, który decyduje o efektywnym wykorzystaniu potencjału produkcyjnego gleby, wody i pozostałych środków produkcji. Znaczenie plonotwórcze potasu powinno się oceniać nie tylko w kategorii efektu bezpośredniego, lecz także w aspekcie efektów pośrednich, a to z powodu korzystnego współdziałania z innymi składnikami pokarmowymi, zwłaszcza z azotem. W ocenie ekonomicznej należy uwzględnić specyficzne funkcje potasu, które odnoszą się do wzrostu odporności roślin na działanie czynników stresowych (niedobór wody, choroby, szkodniki, itd.).

Ekonomiczny zysk z nawożenia upraw potasem wynika z:

- wzrostu plonu nasion (tab. 8, 17);
- większej zawartości tłuszczu w nasionach (tab. 8),
- lepszego wykorzystania azotu, który w następstwie sprowadza się do:
 - zmniejszenia jednostkowych kosztów produkcji → mniejsze koszty zakupu nawozów azotowych,
 - zwiększenia odporności rośliny na choroby i szkodniki → mniejsze koszty zakupu środków ochrony roślin,
 - większej tolerancji na stresy → mniejsze straty plonów.

W określaniu optymalnej dawki potasu należy uwzględnić szereg czynników ekonomicznych, takich jak:

- koszty nawozu,
- koszty innych środków produkcji, usług etc.,
- dochody ze sprzedaży nasion;
- stan finansowy gospodarstwa – zasoby kapitału.

5. Pozostałe składniki pokarmowe

1.1. Magnez

Rzepak wykazuje duże zapotrzebowanie na magnez, a dolna granica zasobności gleby w ten składnik nie powinna być mniejsza od 5 mg/100 g gleby na glebach lekkich a 6 mg/100 g gleby na glebach średnich. Taka zawartość magnezu zabezpiecza tylko podstawowe, bytowe potrzeby rzepaku. Przy tym poziomie zasobności gleby wskazane byłoby zastosowanie magnezu w ilości pokrywającej część zapotrzebowania bytowego, które kształtuje się na poziomie 1 kg MgO/1 dt nasion. Najlepiej zastosować 1 dt/ha kizerytu pod orkę siewną, co jest równoznaczne z wprowadzeniem do gleby 27 kg MgO/ha. Alternatywnym rozwiązaniem agrotechnicznym jest dolistne nawożenie roślin magnezem w fazach krytycznego zapotrzebowania na składnik, to znaczy w okresie od fazy rozety do kwitnienia. Praktycznie wskazanym byłoby dwukrotnie przeprowadzenie zabiegu dolistnego nawożenia, w ilości 1,5 kg MgO/ha (w każdym zabiegu) w postaci siarczanu magnezowego. Zabieg ten, o ile nie ma przeciwwskazań, można połączyć z rutynowymi zabiegami ochroniarskimi. Takie działanie, jak wynika z analizy

tabeli 18 prowadzi do wzrostu plonotwórczej efektywności azotu, lecz tylko w połączeniu z optymalnymi dawkami potasu (tab. 8, 17).

Niedobór przyswajalnego magnezu w glebie, to znaczy przy zasobności gleby poniżej 5(6) mg/100 g gleby wymaga uzupełnienia drogą wapnowania lub nawożenia. W stanowiskach kwaśnych źródłem magnezu są nawozy wapniowo-magnezowe. W stanowiskach o odczynie optymalnym dla rzepaku magnez należy wprowadzić w postaci klasycznego nawozu magnezowego, jakim jest kizeryt.

5.2. Siarka

Potrzeby pokarmowe rzepaku względem siarki są w małym stopniu zdiagnozowane agrochemicznie, a więc jedną z podstawowych metod określenia potrzeb nawozowych jest pośrednie szacowanie potrzeb pokarmowych, w oparciu o kryteria glebowe, meteorologiczne i agrotechniczne.

Warunki sprzyjające występowaniu niedoborów siarki w rzepaku:

- oddalenie plantacji rzepaku od ośrodków przemysłowych i miejskich,
- uprawa rośliny na glebach lekkich o małej zawartości próchnicy,

Tabela 18. Efektywność (brutto) plonotwórcza azotu w zależności od dawki i terminu dolistnej aplikacji siarczanu magnezu, dawka N = 160 kg/ha

Dawka, Mg/ha	Faza rozwoju rzepaku	kg nasion/kg N	Przyrost plonu, %
0	-	19,0	100*
1	rozeta w pełni wykształcona	19,9	104
2	rozeta w pełni wykształcona	20,9	110
1	2 tygodnie przed kwitnieniem	19,1	100
2	2 tygodnie przed kwitnieniem	19,4	102
1 + 2	aplikacja w obu terminach	21,8	114
2 + 1	aplikacja w obu terminach	21,9	115

*100 = 30,5 dt/ha nasion

- płytkie uкорzenie się roślin w okresie jesiennej wegetacji,
- intensywne opady jesienno-zimowe,
- brak obornika w zmianowaniu,
- duży udział rzepaku i innych gatunków krzyżowych (i kapustnych) w strukturze zasiewów,
- nawożenie roślin uprawnych nawozami beziarkowymi.

Dawka

Ustalenie dawki siarki jaką należy zastosować w nawożeniu nie jest wcale proste. Niedobór składnika zakłóca wzrost rośliny, a zwłaszcza tworzenie przez nią plonu nasion a nadmiar prowadzi do wzrostu zawartości glukozy-nolanów. Maksymalnie dopuszczalna zawartość glukozy-nolanów wynosi:

- materiał siewny w stopniu elity
 - < 13 mM sumy glukozy-nolanów/g nasion;
- materiał siewny w stopniu oryginalnym
 - < 15 mM sumy glukozy-nolanów/g nasion;
- nasiona do przetwórstwa przemysłowego
 - < 25 mM sumy glukozy-nolanów alkenowych/g beztłuszczowej masy nasion

W warunkach glebowo-klimatycznych Polski, na terenach gdzie już obserwuje się niedobory siarki na znacznym obszarze kraju, dawka składnika nie powinna przekraczać 1/3 - 1/4 dawki azotu,

Tabela 19. Zawartość i ocena stanu odżywienia rzepaku siarką, Schnug 1994

Zawartość siarki, % suchej masy	Ocena stanu odżywienia
< 0,35	Niska
0,36 – 0,55	Niedostateczna
0,56 – 0,65	Optymalna
> 0,65	Wysoka

czyli 30-40 kg S/ha. Podstawową dawkę składnika należy zastosować w formie jednego z nawozów siarkowych. Tuż przed kwitnieniem roślin wskazana jest ocena wizualna plantacji lub przeprowadzenie oceny zawartości siarki w roślinie (tab. 19). Diagnoza odżywienia rzepaku siarką, a także magnezem, pozwala na korektę tego stanu drogą dolistnej aplikacji siarczanu magnezu.

System nawożenia siarką

- 1 Jesień przed siewem
 - superfosfat pojedynczy, siarczan potasu, siarka elementarna, bentonit-S, kizeryt, nawozy wieloskładnikowe zawierające siarkę .
- 2 Przed wiosennym ruszeniem wegetacji
 - siarczan potasu, kizeryt, sól gorzka, siarczan amonu.
- 3 Wegetacja – do fazy kwitnienia
 - siedmiowodny siarczan magnezu, pestycydy zawierające siarkę.

3. Azot

Dane z doświadczeń nawozowych wykazują, że w przeciętnych warunkach glebowych, to znaczy na glebie średniej, w stanowisku po zbożach dawka azotu dla uzyskania plonu nasion rzędu 25-35 dt/ha kształtuje się w zakresie 100-150 kg N/ha. Na glebach lekkich dawkę azotu należy zwiększyć o około 30 kg. W agrotechnice rzepaku ozimego nawożenie azotem obejmuje dwa etapy: jesienny i wiosenny.

Jesień

Dawka azotu nawozowego jesienią w najuboższych stanowiskach nie powinna przekroczyć 50 kg/ha. Typowymi stanowiskami, w których nawożenie azotem jest wskazane, a nawet konieczne to zboża i to bez względu na sposób zagospodarowania

Nawożenie rzepaku potasem (i innymi składnikami)

słomy (przyoranie, spalenie, wywiezienie z pola). W doborze nawozu azotowego powinno preferować się nawozy z grupy umiarkowane – wolno działających, najlepiej saletrzaków, do tego wzbogaconych w magnez. Jeszcze lepszym rozwiązaniem jest nawożenie *amofoskami*. W warunkach bardzo wyraźnych niedoborów azotu pojawiających się w fazie 4 liścia korekcyjnie należy zastosować roztwór mocznika z domieszką nawozu mikroelementowego lub pogłównie saletrę amonową. W łąkach nadmiernie wyrosniętych koniecznym staje się skracanie jesienne za pomocą odpowiednich regulatorów wzrostu.

Wiosna

Terminy stosowania:

- 1 Wiosenne ruszenie wegetacji : 1/2 - 2/3 dawki całkowitej;
- 2 Na początku wzrostu wydłużeniowego : 1/3 - 1/2 dawki całkowitej;

Dobór nawozu

- 1 Dawka I
 - a. Niedostateczne nawożenie P i K jesienią; *Nitrofoski* tak dobrane tak aby uzupełnić do 90% zapotrzebowania rzepaku na fosfor i potas;
 - b. nawożenie startowe P i K – oczekujemy wyższego plonu niż zakładany jesienią tzw. *nitrofoski startowe*; preferowany nawóz z

dużą zawartością azotu i względnie małą potasu i fosforu;

- c. stanowiska zasobne w fosfor i potas, i o uregulowanym odczynie: saletra wapniowo-amonowa; saletra amonowa, RSM;
- d. łąny rzadkie, dużo uszkodzeń mrozowych: *nitrofoski*.

2 Dawka II

- a. gleby ubogie w magnez, optymalne opady: saletra wapniowo-amonowa,
- b. optymalne warunki wzrostu: saletra amonowa, saletra wapniowa.

5.4. Mikroelementy

W stanowiskach systematycznie nawożonych obornikiem rzepak wymaga nawożenia w pierwszej kolejności borem, a o ile odczyn gleby będzie powyżej 6,5 także manganem

Bor

Skutki niedoboru boru:

- mniejsza liczba tłuszczyn na roślinie i nasion w tłuszczynie,
- zmniejszona odporność roślin na choroby. Krytyczną fazę zapotrzebowania rzepaku na bor określa stan zasobności gleby w ten składnik:
- gleby ubogie → od zwarcia rzędów,
- gleby zasobne → w fazie kwitnienia.

Tabela 20. Dawki azotu, kg/ha (zakładany plon 35 dt/ha nasion)

Przedplon	Gleba	
	Lekka	Średnia
Zboża*	180	150
Ziemniaki (wczesne)	140	110
Strączkowe	100	90
Motylkowe pastewne	110	90

*tylko w tym przypadku konieczne jest zastosowanie 30-40 kg N/ha jesienią

W warunkach bardzo niskiej zawartości boru dawka składnika powinna wynosić 1-3 kg B/ha. W stanowisku ubogim w bor pierwszym zabiegiem powinno być nawożenie doglebowe, celem zwiększenia ilości składnika dostępnego roślinom w całym okresie wegetacji. Przykładowo wprowadzenie do gleby 500 kg superfosfatu zawierającego 0,2% B oznacza jednocześnie dostarczenie 1,0 kg B/ha. Tą samą dawkę B dostarcza 9 kg boraksu. Przy większym zapotrzebowaniu na bor wskazane jest stosowanie większych dawek boraksu. Współczesna praktyka nawożenia mikroelementami opiera się na dolistnym odżywianiu roślin tymi składnikami. Dolistna aplikacja składnika zwiększa jego wykorzystanie, a ponadto może być zastosowany w fazach krytycznych. Przy niskiej zasobności gleby w bor wskazany jest 2-krotny oprysk roztworem zawierającym 0,4-0,5 kgB/ha w fazie początku zwierania rzędów (I zabieg) i powtórny w fazie pąkowania rzepaku (II zabieg). W stanowiskach zasobnych w bor wystarczy jedna dawka boru zastosowana w drugim terminie. Ze względu na przygotowanie roślin do zimowego spoczynku należy rozważyć aplikację boru już jesienią, w fazie 5-6 liścia.

Mangan

Niedobór składnika prowadzi do:

- zmniejszenia liczby łuszczyń;
- zmniejszenia zawartości tłuszczu w nasionach.

W warunkach znacznego niedoboru manganu w glebie nawóz powinien być zastosowany doglebowo. Nawozy wodno-rozpuszczalne stosuje się w ilości 10-20 kg Mn/ha (siarczan manganu) a nierozpuszczalne w wodzie (tlenek manganu) w ilości 40-100 kg Mn/ha.

Alternatywnym rozwiązaniem jest nawożenie dolistne, które także

uwzględnia poziom zasobności gleby, jak i formę chemiczną nawozu:

- stanowiska ubogie : faza wzrostu wydłużeniowego pędu głównego (I zabieg) + faza pąkowania (II zabieg).
- stanowisko zasobne : faza pąkowania.

Jednokrotna dawka manganu wynosi 0,5-1,0 kg Mn/ha, gdy chemiczną formą manganu jest siarczan lub 0,1-0,2 kg Mn/ha w przypadku chelatu. Należy także zastanowić się nad zaprawianiem nasion rzepaku manganem. Takie postępowanie zapewnia roślinom rzepaku możliwość korzystania z tego składnika już od początku wzrostu.

6. Podsumowanie

Uzyskanie i utrzymanie w okresie wieloletnim opłacalnej produkcji rzepaku wymaga od rolnika zwrócenia większej niż dotąd, uwagi na gospodarkę nawozową. Rzepak jest rośliną wyczerpującą glebę ze składników pokarmowych w stopniu znacznie większym, niż przykładowo, wysokoplonujące zboża. Składniki pokarmowe gleby, w tym potas, muszą być uzupełniane w dawkach pozwalających na utrzymanie żyzności gleby na poziomie niezbędnym do uzyskania wysokich plonów uprawianych roślin.

Korzyści z nawożenia rzepaku ozimego potasem są wielorakie, a do najważniejszych należą:

- ochrona łanu, ściślej młodych roślin, przed wymarzeniem,
- zwiększenie odporności roślin na stresi wywołane niedoborem wody, ekstremalnymi temperaturami, atakiem chorób i szkodników;
- zmniejszenie podatności na choroby w następstwie niedoboru lub niezbilansowania składników pokarmowych w stosowanych nawozach;
- ochrona roślin przed zbyt wczesnym dojrzewaniem łanu i pogorszeniem jakości nasion;
- dodatnie oddziaływanie na rośliny następcze.

Podstawowym celem nawożenia rzepaku potasem powinna być zwiększenie stopnia wykorzystania azotu przez rzepak. Racjonalna realizacja tego zadania wymaga:

- systematycznego badania stanu zasobności gleb w potas; pola przeznaczone pod uprawę rzepaku powinny być badane co 3 lata ; w przypadku stwierdzenia niedoborów składnika należy postępo-

wać zgodnie z zaleceniami laboratorium agrochemicznego;

- dopasowania dawki składnika do potrzeb rośliny wynikających z oczekiwanego plonu nasion;
- zbilansowanego stosowania składników pokarmowych celem zmniejszenia ujemnych skutków niedoboru jednego z nich na wzrost i plony;
- pozostawienia resztek roślinnych na polu i to zarówno celem wprowadzenia pobranego potasu do obiegu, lecz także celem zwiększenia zawartości próchnicy w glebie;
- wprowadzenia i przestrzegania wszelakich zabiegów uprawowych minimalizujących straty potasu z pola (wymywanie i erozja).

Zapamiętaj!!!!

1. System nawożenia oparty o zasadę maksymalizacji plonów, opracowany w latach korzystnych dla produkcji rzepaku, zmniejsza straty ponoszone w latach niekorzystnych. Podstawowymi elementami efektywnego systemu nawożenia rzepaku jest zarówno azot, jak i potas.
2. Niedostateczne odżywienie rzepaku potasem, zmniejsza możliwość wykorzystania przez roślinę zastosowanego azotu, a tym samym nawożenie azotem staje się wysoce nieefektywne.
3. Korzyści z racjonalnego nawożenia potasem to większe plony nasion, mniejsze koszty produkcji, a w rezultacie większe dochody.

7. Literatura

- Barłóg P., Grzebisz W. 2000.**
Dynamika pobierania składników pokarmowych przez rzepak ozimy. *Rośliny Oleiste*, t 21, 1: 85-96.
- Barłóg P., Potarzycki J., 2000.**
Plonotwórcza i ekonomiczna efektywność magnezu zastosowanego dolistnie w uprawie rzepaku ozimego. W: W. Grzebisz (ed.) Zbilansowane nawożenie rzepaku-aktualne problemy. AR Poznań: 151-155.
- Bartkowiak-Broda I. 2000.**
Postęp genetyczny i hodowlany rzepaku a potrzeby pokarmowe roślin. W: W. Grzebisz (ed.): Zbilansowane nawożenie rzepaku – aktualne problemy. AR Poznań: 61-72.
- Bergmann W. 1992.**
Nutritional disorders of plants. Gustav Fischer, Jena: 17-48, 76-78, 117-132,
- Blecharczyk A. 1994.**
Wpływ nawożenia na plonowanie oraz skład chemiczny nasion i słomy rzepaku uprawianego w monokulturze i zmianowaniu. *Rocz. AR Pozn.* 260, 44: 3-10.
- Blecharczyk A., Małecka I. 2000.**
Wpływ zmianowania, monokultury oraz nawożenia organicznego i mineralnego na plonowanie rzepaku jarego. W: W. Grzebisz (ed.): Zbilansowane nawożenie rzepaku – aktualne problemy. AR Poznań: 185-189.
- Czuba R. (ed.) 1996.**
Zasady stosowania nawozów mineralnych na gruntach ornych. W: Czuba R. (ed.) Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Zakłady Chemiczne "Police" S.A. :110-112.
- De Nobili M., Vittori Antisari L., Sequi P. 1990.**
K-uptake from subsoil. Proceedings of the 22nd Colloquium of the International Potash Institute "Development of K-fertilizer recommendations. :133-144.
- Farat R., Kępińska-Kasprzak, M., Kowalczak, P., Mager, P., (1995).**
Susze w Polsce. *Gospodarka Wodna i Ochrona Wód* 16, 141 s.
- Finck A. 1992.**
Dünger und Düngung. VCH, Weinheim: 271-285, 333-339, 411-429.
- Fotyma M., Gosek S. 2000.**
Zmiany w zużyciu nawozów potasowych i ich konsekwencje dla żyzności gleby i poziomu produkcji roślinnej w Polsce. *Nawozy i Nawożenie* 1, 9-52.
- Gething P.A.**
The potassium-nitrogen partnership. IPI Reserach Topics No. 13, s. 51.
- Grzebisz W. 1996.**
Efektywność i optymalizacja nawożenia. W: Czuba R. (ed.) Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Zakłady Chemiczne "Police" S.A., 201-246.
- Grzebisz W., Gaj R. 2000.**
Zbilansowane nawożenie rzepaku ozimego. W: W. Grzebisz (ed.): Zbilansowane nawożenie rzepaku – aktualne problemy. 83-98.
- Kuchtova P. Vasak J. 2000.**
Wzrost i rozwój rzepaku ozimego. W: W. Grzebisz (ed.): Zbilansowane nawożenie rzepaku – aktualne problemy. AR Poznań: 73-80.
- Koźmiński C., Górski T., Michalska B. 1990.**
Climatic atlas of elements and phenomena hazardous to agriculture, AR Szczecin, IUNG Puławy.

- Marschner H., Kirkby E.A., Cackmak J. 1996.**
Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photo-assimilates and cycling of mineral nutrients. *J. Exp. Botany*: 1255-1263.
- Muśnicki Cz., Toboła P. 2000.**
Stan i perspektywy uprawy roślin oleistych w Polsce. W: W. Grzebisz (ed.): Zbilansowane nawożenie rzepaku – aktualne problemy. AR Poznań: 255-260.
- Orlovius K. 2000.**
Wyniki badań nad wpływem nawożenia potasem, magnezem i siarką na rośliny oleiste w Niemczech. W: W. Grzebisz (ed.) Zbilansowane nawożenie rzepaku-aktualne problemy. AR Poznań: 229-239.
- Orlovius K. 2003.**
Fertilizing for high yield and quality. IPI. Basel-Switzerland, 130 s.
- Plenzler W. 1995.**
The impact of agroclimatological conditions on the agricultural production in Poland. Proceedings; W. Grzebisz, P. Kowalczyk, R. Szymczyk (eds.) *Agrometeorology of Cereals*. IMGW Poznań: 123-132.
- Roczniki Statystyczne Rolnictwa.**
1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002.
- Sturm H., Buchner A., Zerulla W. 1994.**
Gezielter düngen. DLG Verlag, Frankfurt (Main), 319-326.
- Wielebski F., 2000:**
Aktualne problemy nawożenia rzepaku w Polsce. W: W. Grzebisz (ed.) Zbilansowane nawożenie rzepaku – aktualne problemy. AR Poznań: 261-276.
- World Fertilizer use Manual.**
www.Fertilizer.org/ifa/publicat/html/pubman/manual/htm

Fot. 1. Objawy niedoboru azotu



1.2. Łan w fazie kwitnienia.



1.1. Korzeń rośliny odżywionej i niedożywionej azotem.

Fot. 2. Objawy niedoboru Potasu



2.1. Liście – faza strzelania w pęd.



2.2. Liście – faza pąku zielonego.

Fot. 3. Objawy niedoboru magnezu



3.1. Objawy narastające z wiekiem liścia.



3.2. Liść – klasyczny objaw niedoboru magnezu.

Fot. 4. Objawy niedoboru siarki



4.1. Liście – faza rozety.



4.2. Liście – faza pąkowania.



4.3. kwitnienie – łan.



4.4. Kwitnące pędy z narastającymi objawami niedoboru siarki.



4.5. Pęd główny z łuszczynami.



4.6. Łuszczyny z nasionami.

Fot. 5. Objawy niedoboru manganu



5.1. Liście – Liście na pędzie.



5.2. Liście.

Fot. 6. Objawy niedoboru boru



6.1. Liście – Rośliny w łanie.



6.2. Skrócony pęd.



6.3. Przekrój przez pęd.



6.4. Pęd z łuszczynami.

