

***Potas –
system nawożenia***

International Potash Institute
Coordinator Central & Eastern Europe
P.O. Box 1609, CH-4001 Basel, Switzerland
Phone: +41 61 26129-22/23/24, Fax: +41 61 26129-25
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

Potas – system nawożenia

Prof. Dr. Witold Grzebisz

SPIS TREŚCI

1. Plony – potas – prawo minimum	5
Plony potencjalne i rzeczywiste	5
Potas a plony	5
Ograniczenia aktualnej praktyki nawożenia roślin uprawnych	5
2. Niedobór potasu – objawy, skutki	8
Objawy niedoboru potasu	8
Skutki niedożywienia roślin uprawnych potasem	8
3. Źródła potasu	12
Potas w glebie	12
Testy zasobności gleby w potas	12
Resztki roślinne	14
Nawozy organiczne	14
Nawozy mineralne	17
4. Zapotrzebowanie roślin uprawnych na potas	19
Potrzeby pokarmowe	19
Warunki pobierania potasu z gleby	19
Dynamika pobierania	19
5. System nawożenia potasem w zmianowaniu	22
Elementy systemu	22
Potrzeby nawozowe roślin	22
Bilans potasu w mianowaniu	22
Termin nawożenia potasem	23
Techniki nawożenia	25
6. Zapamiętaj	28
7. Literatura uzupełniająca	29

1. Plony – potas – prawo minimum

Plony potencjalne i rzeczywiste

Plony podstawowych upraw polowych w Polsce znacznie odbiegają od poziomu plonów możliwych do uzyskania, rozpatrując zarówno warunki glebowo-klimatyczne kraju, jak i wartość plonotwórczą odmian aktualnie znajdujących się na rynku. W latach, które umownie można określić jako dobre (przykładowo 1991, 1997), średnie plony pszenicy ozimej, jęczmienia jarego, buraka cukrowego, czy też rzepaku ozimego kształtują się w pobliżu 80% plonów potencjalnych a owsa, czy też żyta w granicy 60%. W latach niekorzystnych pogodowo (przykładowo lata 1992, 2003) średnie plony tych samych roślin kształtują się na poziomie o 20-30% niższym (Tab.1).

Potas a plony

Aktualnie, optymalna dawka potasu, wyznaczona na podstawie analizy plonów wiodących producentów rzepaku w Europie, kształtuje się na poziomie nieco powyżej 80 kg K_2O /ha, tym samym pozwala uzyskać plony powyżej 3,5 t/ha nasion (rys. 1). Rolnik Polski stosując 24 kg K_2O /ha rocznie nie może więc 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.

Ograniczenia aktualnej praktyki nawożenia roślin uprawnych – prawo minimum

Od roku 1989 zaznacza się coraz bardziej narastająca zależność uzyskiwanych plonów od przebiegu pogody w sezonie wegetacyjnym. Zjawisko to uniemożliwia racjonalne prognozowanie nie tylko produkcji roślinnej, lecz także całej gospodarki żywnościowej

kraju. Aktualna praktyka nawożeniowa, podlegając silnej presji ekonomicznej, prowadzi do szeregu negatywnych skutków, które zakładając brak racjonalnych działań naprawczych, mogą zagrozić podstawom produkcji żywności w Polsce. Obszary działań naprawczych dotyczą :

1. Niedostatecznej skali wapnowania gleb, zwłaszcza pod uprawy wrażliwe, takie jak rzepak, burak cukrowy, pszenica ozima.
2. Zbyt dużego oparcia praktyki nawożeniowej o azot.
3. Nadmiernej eksploatacji glebowych zasobów potasu i fosforu, do poziomu powodującego degradację żyzności gleby.
4. Nadmiaru azotu przy jednoczesnym niedoborze pozostałych składników pokarmowych; Zakłócenie bilansu nawozowego nie tylko, że nie sprzyja ilościowemu wzrostowi produkcji, lecz uczestniczy w narastającym problemie produkcyjnym i ekologicznym, obejmując :
 - azotany w żywności,
 - azotany w wodzie,
 - gazowe związki azotu w atmosferze.
5. Niedostatecznego wykorzystania metod diagnozowania stanu odżywienia roślin. Rolnik nie dokonuje bieżącej korekty poziomu nawożenia azotem, a także magnezem i mikroelementami.
6. Zmniejszonej odporności roślin uprawnych na choroby i gorszej jakości plonu.
7. Spadku opłacalności produkcji rolniczej, a tym samym dochodów rolników.

Aneks 1. Potas a prawo minimum

Ponad 150 lat temu wielki niemiecki uczyony Justus von Liebig (1803 – 1873) stwierdził: ... Niedobór każdego pojedynczego składnika pokarmowego jest wystarczając aby zmniejszyć plon.

Aktualnie w Polsce prawo to brzmi:

Niedobór potasu w glebie jest na tyle duży, że nie gwarantuje efektywnego przetworzenia stosowanego azotu w plon, nie gwarantując jednocześnie wysokiej jakości, a tym samym stanowi o opłacalności produkcji roślinnej (rys. 2).



Rys. 2. Beczka Liebiga – K w minimum.

Rys. 1. Plony rzepaku ozimego a zużycie potasu w niektórych krajach europejskich

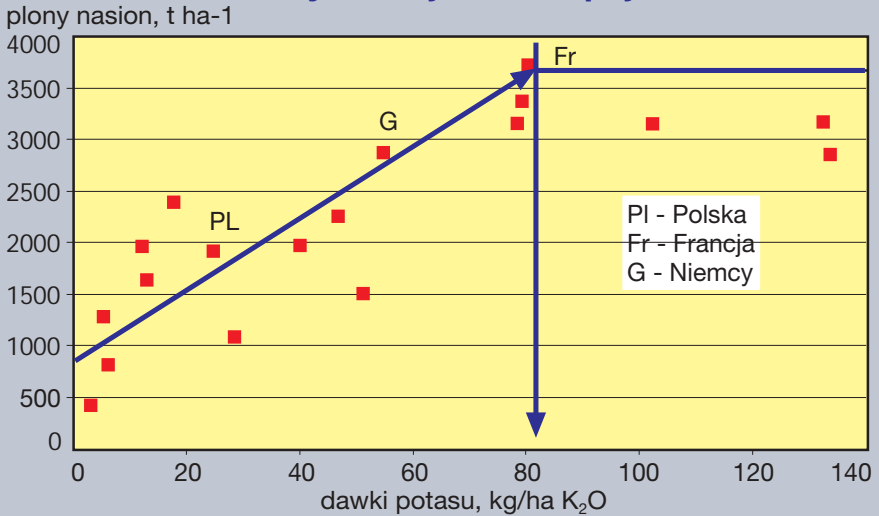


Tabela 1. Plony potencjalne i rzeczywiste w Polsce

Roślina uprawna	Plony potencjalne ¹		Plony rzeczywiste ²					
	t/h	%	1990		1992		1997	
			t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
Żyto ozime	4,4	100	2,61	59	1,96	45	23,1	52,5
Pszenica ozima	4,7	100	3,75	80	3,06	65	32,1	68,3
Jęczmień jary	4,1	100	3,52	86	2,35	57	31,1	75,9
Owies	4,4	100	2,84	65	1,84	42	26,1	59,3
Ziemniaki	31,0	100	19,8	64	13,3	43	15,9	51,3
Burak cukrowy	48,6	100	38,0	78	29,4	60	37,6	77,4
Rzepak ozimy	2,8	100	2,41	86	1,82	65	18,8	67,1

Źródło: ¹Drozd i Nowak (1993); ²roczniki statystyczne GUS

2. Niedobór potasu – objawy, skutki

Objawy niedoboru potasu

Rośliny, dobrze odżywione potasem, w pełni vegetacji w organach wegetatywnych zawierają od 2,5 do 6,0% K.

Umiarkowany niedobór potasu w roślinie, wizualnie ukryty, ujawnia się :

- zwiększoną transpiracją;
- utratą turgoru, przyspieszonym wędnięciem (fot. 1);
- zmniejszoną asymilacją CO₂;
- spowolnieniem szybkości wzrostu,
- wzrostem podatności na choroby grzybowe i bakteryjne.

W warunkach narastającego niedożywienia rośliny potasem niedobory składnika ujawniają się w postaci:

- chlorozy starszych liści (fot. 2),
Widoczne symptomy niedoboru potasu pojawiają się najpierw jako chlorozy i żółtawe przebarwienia dolnych liści. Objawy te obejmują w pierw wierzchołki blaszki liściowej, a następnie rozszerzają się wzdłuż jej brzegów, powodując tzw. *oparzenia liści*. Jony potasu w roślinie są bardzo ruchliwe. W stanie niedoboru jony K⁺ podlegają remobilizacji z liści starszych do organów o największych w danym momencie potrzebach życiowych. Z tej też przyczyny ujawniają się w pierw na liściach starszych.
- nekrotycznych plam (fot. 3-6),
Narastający niedobór potasu prowadzi do przekształcenia *oparzeń* w nekrotyczne żółtawobrazowe plamy, pojawiające się na wierzchołku i krawędzi starszych liści; brzegi liści zwijają się i zwisają w dół.
- wędnięciem i obumieraniem liści,
W ostatnim etapie pogłębiającego

się niedoboru potasu liście wędną i obumierają.

Skutki niedożywienia roślin uprawnych potasem

Skutki niedoboru potasu przejawiają się na roślinach uprawnych w różnych formach, zawsze jednak prowadząc do spadku plonu ziarna, nasion, korzeni, bulw.

Klasyczne objawy:

1. Spowolniony wzrost rośliny ze słabo wykształconymi zdźbłami (łodygami) :
 - przy nadmiarze azotu zachodzi wyleganie łanu (fot. 7);
 - mniejsze rozmiary młodszych liści;
 - słabo rozwinięty system korzeniowy, łatwo atakowany przez choroby głównie zgnilizny;
2. Mniejsza masa całych roślin, karłowacenie (fot. 8).
3. Zwiększona podatność roślin na niskie temperatury. W przypadku roślin ozimych wzrost podatności na wymarznącie i wypadania z łanu.
4. Mniejszy plon, który poza ilością charakteryzuje się :
 - a. zboża – z drobnymi, pomarszczonymi ziarniakami (fot. 9,10);
 - b. kukurydza – ze słabo zaziarnionym wierzchołkiem kolby (fot. 11);
 - c. bulwy ziemniaków – wzrost podatności na ciemnienie (fot. 12)
 - d. rośliny jagodowe, pestkowe – opadanie niedojrzałych owoców;
 - e. niską jakością przechowalniczą.



Fot. 1. Niedobór potasu – wędnięcie roślin buraka cukrowego.



Fot. 3. Niedobór potasu – krawędziowe **poparzenie** liści buraka cukrowego.



Fot. 2. Niedobór potasu – chloroza **krawędziowa** liści marchwi.



Fot. 4. Niedobór potasu – ziemniaki.



Fot. 5. Niedobór potasu – kukurydza.



Fot. 6. Niedobór potasu – pszenica.

+N -K

+N +K



Fot. 7. Wylegnięty łan pszenicy – niezbilansowanie potasu i azotu.

-K

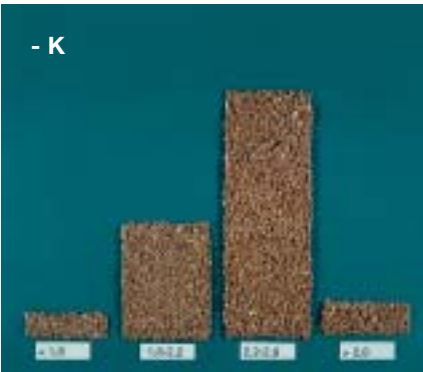
+K



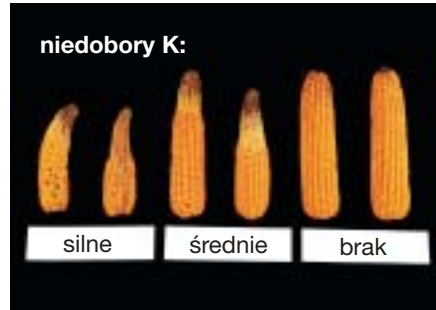
Fot. 8. Niedobór potasu – Słabe zawiązywanie bulw przez ziemniaki.



Fot. 9. Frakcje ziarna pszenicy dobrze odżywionej potasem.



Fot. 10. Frakcje ziarna pszenicy niedostatecznie odżywionej potasem.



Fot. 11. Potas a zaziarnienie kolb kukurydzy.



Fot. 12. Niedobór potasu – ciemnienie bulw ziemniaka.

3. Źródła potasu

Potas w glebie

Głównym źródłem potasu dla roślin jest gleba. Niektóre gleby zawierają w warstwie ornej nawet do 20 000 kg K/ha, lecz zdecydowana większość składnika, gdyż od 90% do 97% występuje w formach niedostępnych roślinie uprawnej (rys. 3). Rośliny uprawne korzystają z łatwo dostępných 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 kilkadziesiąt kg K_2O /ha, a więc jest zbyt niska dla potrzeb wysoko plonującego łanu, przykładowo rzepaku pobierającego 350 – 450 kg K_2O /ha. Z tej też przyczyny, większość gleb uprawnych, wymaga nawożenia potasem.

W glebie wyróżnić można cztery podstawowe formy potasu:

a. rozpuszczalny – łatwo dostępny

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

b. 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 z roztworu glebowego.

c. 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 powolny.

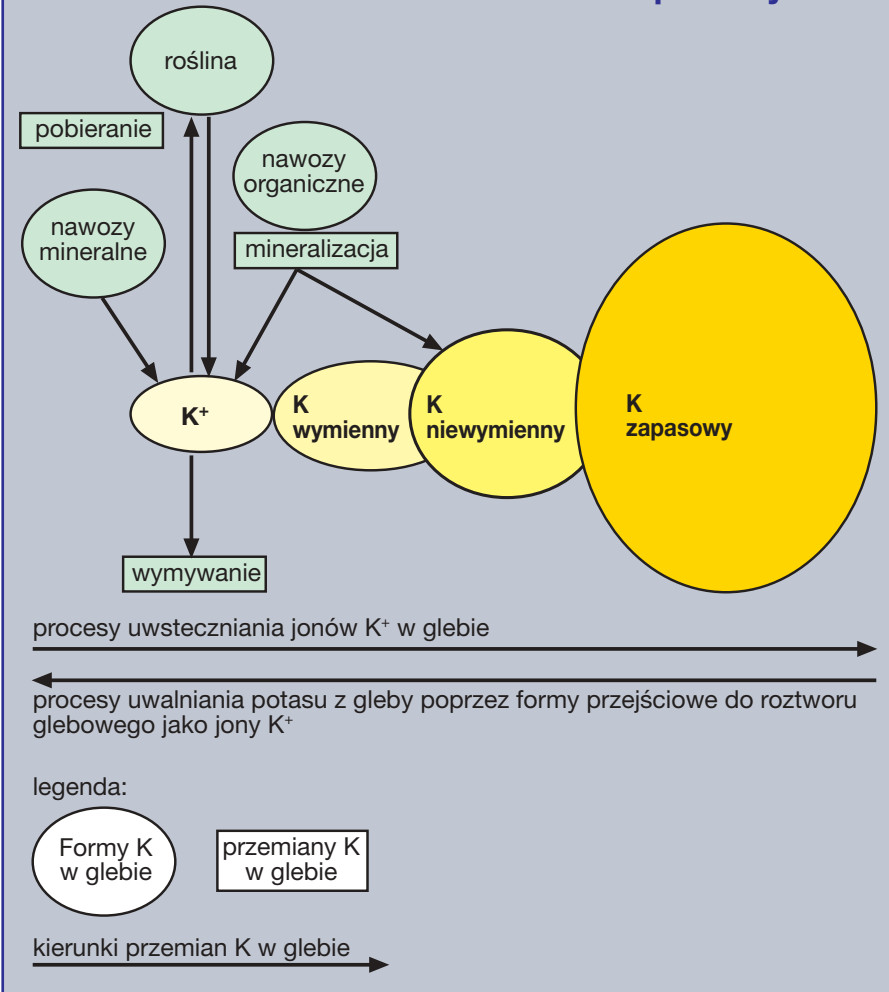
d. Strukturalny – niedostępny

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. Z tego źródła potas uwalnia się w procesach wietrzenia, średnio rocznie w ilości od 0,0% do 2%.

Testy zasobności gleby w potas

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. Z ryciny 4 wynika, że duży plon korzeni buraków można uzyskać dopiero w stanowiskach zasobnych w potas. Oczekiwany przyrost plonu wynosi od 20 do 30%, lecz reakcji na nawożenie potasem należy się spodziewać tylko w warunkach działania czynnika stresowego, przykładowo suszy. Głównym celem stosowania nawozów potasowych jest bowiem stabilizacja zasobności gleby

Rys. 3. Potas w glebie : składniki bilansu, struktura i procesy



na określonym poziomie. W polskiej praktyce rolniczej poziom ten winien być, co najmniej średni.

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 ciężkości gleby (Tab. 2).

Resztki roślinne

Z plonem roślin uprawnych wywozi się, generalnie niewielkie ilości potasu. Resztki roślinne, czyli nie wywiezione z pola organy uprawianej rośliny są cennym i znaczącym źródłem potasu. Sposób zagospodarowania słomy, liści decyduje o bilansie tego składnika w zmianowaniu (Tab. 3)

Nawozy organiczne

Nawozy organiczne stanowią ważne źródło składników pokarmowych wprowadzanych przez rolnika do gleby. W Polsce, w drugiej połowie lat 90-tych, w porównaniu do średniej z lat 1986-90 średnie dawki obornika na 1 ha zmniejszyły się o 1/4 (Tab. 4). Skutki nawożenia zachodzących zmian są oczywiste, czyli negatywne dla wielkości i stabilności plonów. Przykładowo standardowa dawka obornika wynosząca 30 t/ha obornika może być w skali kraju, średnio stosowana raz na 6 lat, lecz w regionie leszczyńskim dwa razy częściej, czyli co 3 lata. Oznacza to, że w średniorocznie w Polsce 1 ha gruntów ornych otrzymuje około 30 kg K_2O /ha a w leszczyńskim 60 kg K_2O /ha. Tym samym poziom plonów musi być zróżnicowany, zarówno w skali regionalnej, jak i między gospodarstwami.

Tabela. 2. Klasy zasobności gleb uprawnych w potas, mg $K_2O/100$ 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

Optymalny zakres przyswajalnego potasu w glebie stanowiska przeznaczonego pod zasiew rzepaku, buraków cukrowych przy braku bezpośredniego nawożenia obornikiem lub w przedplonie

Rys. 4. Plon buraków cukrowych jako funkcja potasu przyswajalnego w glebie

plony korzeni, % plonu maksymalnego

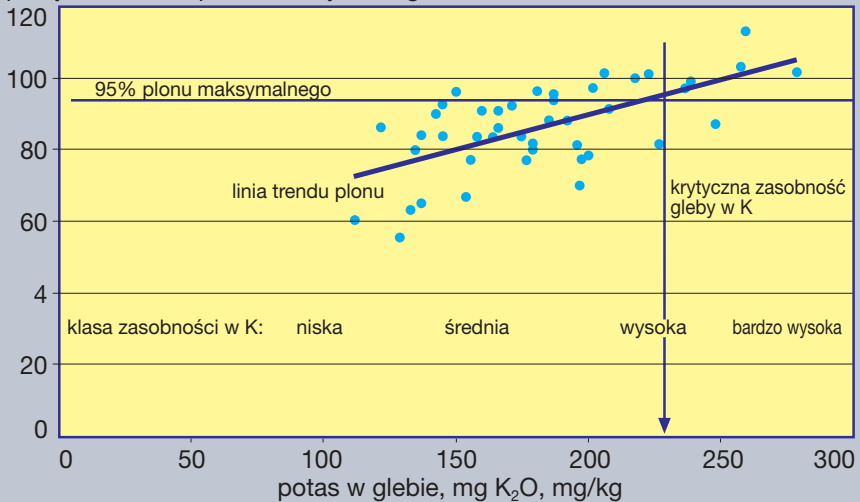


Tabela 3. Pobranie potasu przez rośliny uprawne

Roślina uprawna	Część rośliny	Sucha masa %	Plon Główny/uboczny	kg K ₂ O/t
Pszemica ozima	Ziarno Słoma	85 85	1 : 1,1	4,0 – 6,0 10,0 – 15,0
Pszemżyto ozime	Ziarno Słoma	85 85	1 : 1,3	4,0 – 6,0 10,0 – 16,0
Żyto ozime	Ziarno Słoma	85 85	1 : 1,4	4,0 – 6,0 10,0 – 15,0
Jęczmień ozimy	Ziarno Słoma	85 85	1 : 1,0	4,0 – 7,0 10,0 – 16,0
Jęczmień jary	Ziarno Słoma	85 85	1 : 1,0	4,0 – 7,0 10,0 – 14,0
Owies	Ziarno Słoma	85 85	1 : 1,5	4,0 – 7,0 16,0 – 22,0
Kukurydza	Ziarno Słoma	85 85	1 : 1,2	4,0 – 7,0 16,0 – 26,0
Rzepak	Nasiona Słoma	90 86	1 : 3,0	10,0 – 12,0 16,0 – 24,0
Groch	Nasiona Słoma		1 : 1,5	14,0 – 18,0 16,0 – 20,0
Bobik	Nasiona Słoma		1 : 1,5	12,0 – 16,0 18,0 – 24,0
Łubiny	Nasiona Słoma		1 : 1,4	14,0 – 20,0 16,0 – 20,0
Burak cukrowy	Korzenie Liście	22 15	1 : 0,8	1,5 – 2,0 4,0 – 6,0
Burak pastewny	Korzenie Liście	10 15	1 : 0,5	2,0 – 3,0 4,0 – 7,0
Ziemniaki	Bulwy Łęciny	22 50	1 : 0,1	3,0 – 5,0 2,0 – 3,0
Kukurydza kiszunkowa	Całe rośliny	100		3,5 – 5,5
Lucerna	Całe rośliny	100		4,0 – 6,0
Koniczyna	Całe rośliny	100		4,0 – 6,0
Trawy	Całe rośliny	100		6,0 – 7,0

Nawozy mineralne

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

W tworzeniu koncepcji systemu nawożenia potasem w gospodarstwie ważną jest chemiczna forma związków potasu występująca w nawozie potasowym. Kryterium doboru nawozu potasowego stanowi wrażliwość roślin uprawnych na chlor, jako anion towarzyszący kationowi potasu. Na podstawie tego kryterium rośliny uprawne dzielą się na :

1. *Chlorolubne*: burak cukrowy, burak pastewny, seler, boćwina.
2. *Neutralne*: zboża, kukurydza, rzepak, szparagi, buraczki czerwone, rabarbar, większość kapust.
3. *Tolerancyjne na chlorki* (ważny termin stosowania): słonecznik, winorośl, porzeczka czarna, ziemniaki konsumpcyjne i nasienne, pomidor, rzodkiewka, kalarepa, grochy, szpinak, czosnek, cykorja, rzodkiew.
4. *Wrażliwe na chlorki*: ziemniaki skrobiowe i przeznaczone do przetwórstwa spożywczego (frytki, chipsy), tytoń, rośliny jagodowe (porzeczka czerwona, jeżyny, truskawki, borówka, agrest, bób), ogórek, melony, papryka, cebula, sałata, warzywa szklarniowe, kwiaty doniczkowe.

Charakterystyka mineralnych nawozów potasowych

Sól potasowa 60

Nawóz o skoncentrowanej zawartości potasu. Sól krystaliczna w formie sypkiej lub granulowanej. Nawóz rozpuszczalny w wodzie. Zawiera ponadto 45-47% Cl. Zalecany pod wszystkie uprawy tolerancyjne na chlorki.

Sól potasowa 40 (Korn-Kali)

Nawóz potasowy o dużej zawartości potasu. Nawóz granulowany, rozpuszczalny w wodzie. Skład sformułowany w taki sposób aby poza potasem wprowadzić do gleby odpowiednie ilości magnezu, siarki i sodu. Przydatny w uprawie buraków, rzepaku i szeregu roślin wymagających magnezu, siarki a jednocześnie tolerancyjnych na sód i chlorki.

Kainit-magnezowy

Nawóz pochodzenia naturalnego, rozpuszczalny w wodzie, granulowany, o dużej zawartości sodu a małej potasu. Zawiera siarkę i magnez, a także mikroskładniki. Przydatny w nawożeniu buraków cukrowych i użytków zielonych jako źródło sodu. W krajach Unii Europejskiej zalecany w gospodarstwach posiadających certyfikat produkcji ekologicznej.

Siarczan potasu

Źródło potasu i siarki. Nawóz rozpuszczalny w wodzie, lecz słabiej niż sól potasowa. Polecany w uprawie wszystkich roślin wrażliwych na chlorki.

Patentkali

Siarczan potasu wzbogacony w magnez. Nawóz rozpuszczalny w wodzie. Przydatny w uprawie wszystkich roślin wrażliwych na chlorki. W krajach Unii Europejskiej zalecany w gospodarstwach posiadających certyfikat produkcji ekologicznej.

Tabela 4. Zawartość potasu w oborniku, świeża masa (25% suchej masy)

Rodzaj obornika	Ogółem kg/t	Dostępność ¹ %	Potas dostępny kg/t
Bydłęcy	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
Pomiot ptasi			
a. nioski	9	90	8,1
b. brojlery	18	90	16,0

¹ dostępność potasu z obornika obejmuje procentowy udział składnika dostępnego roślinom uprawianym w 3-letnim zmianowaniu

Tabela 5. Mineralne nawozy potasowe

Nawóz	Składniki, %			
	K ₂ O	MgO	S	Na
Sól potasowa 60 ¹	60	-	-	-
Sól potasowa 40 ¹	40	6	4	3
Kainit magnezowy	11	5	4	4
Siarczan potasu	50	-	18	-
Patentkali	30	10	17	-

¹odniesione do zawartości potasu w nawozie

4. Zapotrzebowanie roślin uprawnych na potas

Potrzeby pokarmowe

Potrzeby pokarmowe roślin uprawnych wynikają z poziomu produkowanych plonów, które w największym stopniu zależą od nawożenia azotem. Efektywność plonotwórczą azotu, w pierwszej kolejności, określa potas, ściślej zasobność gleby w przyswajalny potas.

Większe pobranie azotu i przetworzenie w plon użytkowy zachodzi w stanowiskach zasobnych w potas (rys. 5).

Niskie plony oznaczają względnie niskie zapotrzebowanie roślin na potas, z jednoczesną relacją N : K, jak 1 : 1 lub nawet węższą. Wzrost plonów, wynikający z większej efektywności azotu nawozowego, prowadzi do większego jednostkowego zużycia potasu, lecz jednocześnie stosunek N : K, przyjmuje wartości szersze od 1,0 (Tab. 6).

Warunki pobierania potasu z gleby

Potas jest składnikiem pokarmowym pobieranym przez rośliny, spośród kationów, w ilościach największych. Rozpoznanie mechanizmów i czynników odpowiedzialnych za pobieranie potasu, stanowi podstawowy element efektywnej strategii nawożenia roślin uprawnych.

Pobieranie potasu przez roślinę uprawną kształtują:

- ilość jonów K^+ w roztworze glebowym (tzw. potas dostępny i wymienny);
 - ilość przyswajalnego potasu w glebie → *im większa, tym większe pobieranie.*
 - wilgotność gleby → *najlepszy przedział między się w zakresie polowej pojemności wodnej danej gleby;*
 - głębokość uкорzenia się uprawnej rośliny, a także kolejnych roślin
- w zmianowaniu → *im rośliny głębiej i silniej przerastają glebę, tym większe pobranie potasu i mniejsza reakcja na niedostateczną zasobność gleby;*
 - odczyn → *optymalny przedział między się w zakresie pH od 5,5 do 7,2;*
 - zawartość azotu mineralnego w glebie i poziom nawożenia azotem → *rys. 5;*
 - zawartość pozostałych makro- i mikrośkładników w glebie → *dobra dostępność i odżywienie innymi składnikami pokarmowymi składników zapewnia lepsze pobranie i wykorzystanie potasu ;*
 - zapotrzebowanie uprawianej rośliny na potas w fazie intensywnego przyrostu biomasy → *zawartość potasu poniżej optymalnego oznacza spadek plonu.*

Dynamika pobierania

Potas jest podstawowym składnikiem pokarmowym większości roślin od początku ich rozwoju, co wynika z różnorodności pełnionych funkcji, w tym związanych z procesami wzrostu rośliny. Przedstawiona na ryc. 6 krzywa akumulacji potasu w roślinach buraka cukrowego jednoznacznie wskazuje na przewagę ilościowego pobrania potasu nad azotem. Pierwiastek ten warunkuje bowiem plonotwórcze działanie azotu (rys. 5). Taki przebieg pobierania potasu odnotowano dla wielu roślin uprawnych, w tym pszenicy, rzepaku, ziemniaków, itd.. W fazie intensywnego wzrostu, dzienne zapotrzebowanie roślin na potas waha się od kilku do kilkunastu kg/ha/dzień. Przykładowo rośliny buraka cukrowego w drugiej połowie czerwca i w lipcu pobierają 8-15 kg K/ha/dzień a rzepak ozimy w okresie

**Rys. 5. Reakcja rośliny na nawożenie azotem, zależnie od zasobności gleby w potas;
źródło: Marschner i in., 1996 (modyfikacja)**

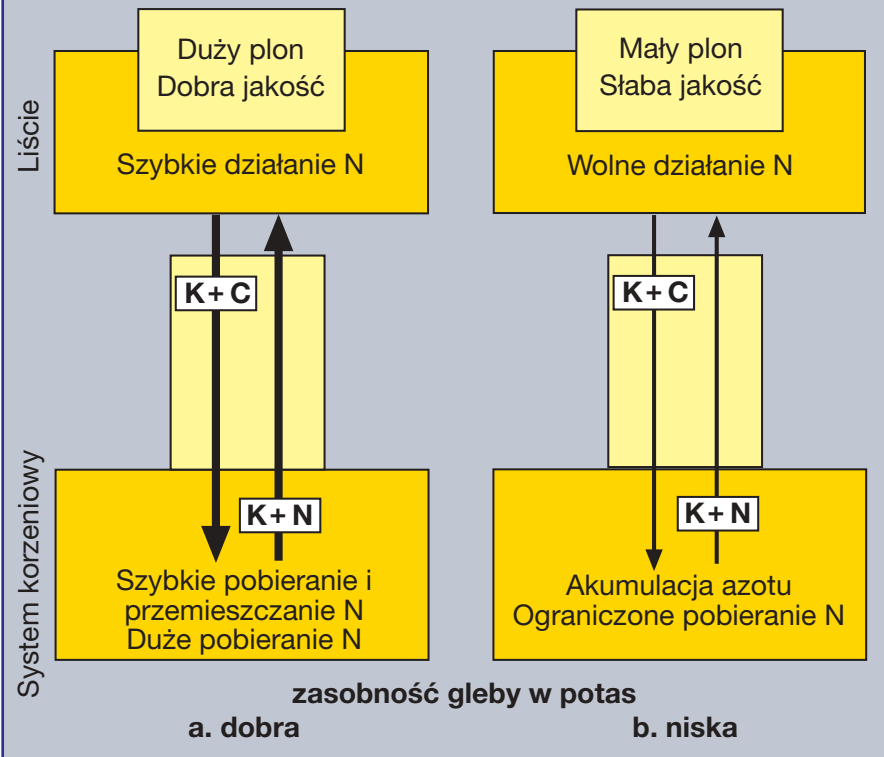
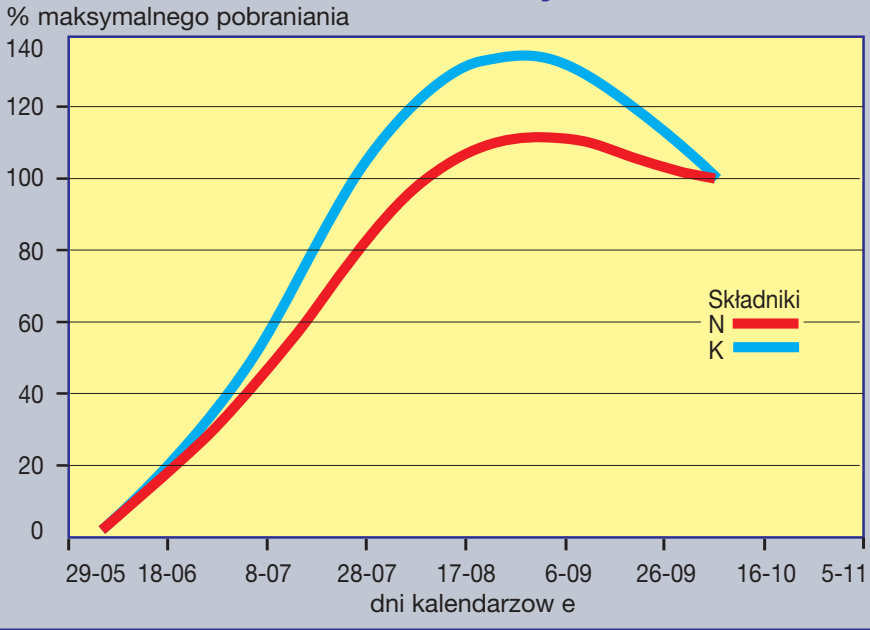


Tabela 6. Wartości stosunku N : K dla roślin plonujących na różnych poziomach

Roślina	Plon i pobranie składników					
	t/ha	N, kg/ha	K ₂ O, kg /ha	t/ ha	N, kg/ha	K ₂ O, kg/ha
Burak ¹ cukrowy	40	180	180	60	240	320
	N : K		1 : 1	K : N		1 : 1,33
Kukurydza ²	6,3	163	119	9,5	191	235
	N : K		1 : 0,73	N : K		1,23

Źródło: ¹ GRZEBISZ, dane niepublikowane; ² World Fertilizer Use Manual, IFA

Rys. 6. Dynamika pobierania azotu i potasu przez burak cukrowy



strzelania w pęd 3-7 kg K/ha/dzień. Jednakże od kwitnienia, niezależnie od gatunku rośliny uprawnej, zachodzi systematyczny spadek ilości potasu zakumulowanego w roślinach, na tyle duży, że tzw. pobranie końcowe tego składnika jest mniejsze niż pobranie maksymalne.

5. System nawożenia potasem w zmianowaniu

Elementy systemu

Założenia przedstawione w poprzednich rozdziałach stanowią podstawę do opracowania systemu nawożenia potasem w gospodarstwie, rozważanego ilościowo dla konkretnego pola a w szerszej skali dla gospodarstwa. W powstającym systemie należy ustalić :

1. Zapotrzebowanie rośliny uprawianej w określonym w zmianowaniu na potas mineralny.
2. System zabiegów uprawowych poprawiających warunki pobierania potasu przez rośliny z gleby.
3. Wartość nawozową innych, poza nawozami mineralnymi, źródłami potasu.
4. Dawkę potasu do zastosowania w formie nawozu mineralnego.
5. Formę chemiczną potasu w nawozie.
6. Technikę stosowania nawozów.

Potrzeby nawozowe roślin

Zakładając optymalny układ warunków glebowych, czynnikiem podstawowym wyznaczającym wielkość potrzeb pokarmowych rośliny względem potasu jest wielkość plonu użytkowego (nasiona, ziarno, bulwy, korzenie, masa zielonki, masa siana) kolejnych roślin w zmianowaniu dla konkretnego pola.

Elementy bilansu potasu, w skali pola, przedstawia równanie nr 1 :

$$K_{pu} + K_{pr} + K_{sn} = K_{dn} + K_{ob} + K_n \quad [1]$$

[kg K₂O/ha]

Dawkę potasu nawozowego wyznacza się z równania nr 2 :

$$K_n = [K_{pu} + K_{pr} + K_{sn}] - [K_{dn} + K_{ob}] \pm \delta K_g \quad [2]$$

[kg K₂O/ha]

gdzie:

K_{pu} – pobranie K z plonem użytkowym,

K_{pr} – akumulacja K w plonie ubocznym (resztki roślinne),

K_{sn} – straty naturalne (wiązananie przez glebę, wymywanie, erozja),

K_{dn} – dopływ naturalny (opady atmosferyczne),

K_{ob} – nawozy organiczne i inne źródła organiczne K,

K_n – nawozy potasowe,

δK_g – zmiana zawartości potasu przyswajalnego w glebie.

Bilans potasu w mianowaniu

Podstawową metodą wyznaczenia dawki nawozowej potasu jest bilans potasu przeprowadzony dla konkretnego zmianowania. W uproszczonej wersji bilansu można pominąć tzw. straty i zyski naturalne, gdyż ilościowo są nieznaczne, a ponadto trudne do kwantyfikacji. Warunkiem podstawowym, prawidłowo przeprowadzonego bilansu potasu jest natomiast realna prognoza plonu. Racjonalne podejście do prognozowania wielkości plonu zakłada możliwość uzyskania plonu średniego biorąc pod uwagę ostatnie pięć lat i ewentualny 5-10% wzrost (Tab. 7).

W równaniu 2-gim dwie składowe wymagają szczególnej uwagi, podczas tworzenia systemu nawożenia potasem, a mianowicie :

- sposób zagospodarowania plonu ubocznego - K_{pr} ;
Wywiezienie z pola liści, czy też słomy to znaczna strata potasu, istotnie zwiększająca tym samym zapotrzebowanie na potas nawozowy;
- zmiana poziomu zasobności gleby w potas - δK_g .

Za optymalny przedział zasobności

gleby w przyswajalny potas należy uznać klasę średnią. Zadaniem rolnika jest doprowadzenie zasobności gleby do tej klasy. Można to uczynić stosując równania 3 lub 4, zależnie od założonego celu (aneks 2) :

$$K_n = (K_{sd} - K_a) \cdot 3 \quad [3]$$

$$K_n = (K_a - K_{sd}) \cdot 3 \quad [4]$$

gdzie:

K_{sd} – górny poziom zawartości K w średniej klasie zasobności gleby, mg K_2O/kg gleby,

K_a – rzeczywisty poziom zasobności gleby w K, mg K_2O/kg gleby,

3 – współczynnik przeliczeniowy zasobności gleby w K na dawki K_2O/ha .

Aneks 2. Przykład regulacji zasobności gleby w przyswajalny potas

Warunki: 1. Gleba średnia

2. Górna wartość zasobności w K, 200 mg $K_2O kg^{-1}$ gleby.

Wariant 1. Gleba uboga w potas; zawartość przyswajalnego K, 80 mg $K_2O kg^{-1}$ gleby
 $K_n = [200 - 80] \cdot 3 = 120 \cdot 3 = 360 \text{ kg } K_2O \times ha^{-1}$

Wariant 2. Gleba średnia; zawartość przyswajalnego K, 300 mg $K_2O kg^{-1}$ gleby
 $K_n = [300 - 200] \cdot 3 = 100 \cdot 3 = 300 \text{ kg } K_2O \cdot ha^{-1}$

W tym drugim przypadku można w ciągu kilku lat zmniejszać poziom zasobności w potas, redukując systematycznie dawki nawozów potasowych.

Uproszczony system przeliczania potrzeb pokarmowych na dawki potasu w zależności od zawartości przyswajalnego potasu w glebie zamieszczono w tabeli 8. W tabeli tej przedstawiono wartości współczynników przeliczeniowych dla dwóch skrajnych systemów produkcji, a mianowicie kla-

sycznego i roślinnego. W pierwszym wariancie założono, że cała masa plonu ubocznego zostaje wywieziona z pola a jedynym źródłem zewnętrznym potasu jest obornik. W drugim założono natomiast, że z pola wywożony jest tylko plon użytkowy.

Aneks 3.

Wartości współczynników korekcyjnych zmieniają się w zależności od systemu gospodarowania materią organiczną i składnikami pokarmowymi w gospodarstwie, i w zmianowaniu.

Termin nawożenia potasem

Racjonalny, a więc efektywny system nawożenia potasem opiera się na założeniu dostosowania technologii nawożenia do potrzeb żywieniowych najbardziej wrażliwej rośliny w zmianowaniu. Podstawową zasadą tego systemu jest zatem doprowadzenie gleby do optymalnego stanu zasobności wymaganego przez roślinę wrażliwą. Praktyczne zadanie postawione przed rolnikiem sprowadza się do wyboru terminu lub terminów zastosowania dawki potasu ustalonej dla danego zmianowania.

Terminy nawożenia potasem wynikają z szeregu czynników i należy rozpatrywać następujące warianty:

1. Pod każdą roślinę w zmianowaniu

Nawożenie pod każdą roślinę, w terminie przed siewem, przeprowadza się w zależności od stanu zasobności gleby, typu gleby i rodzaju nawozu. Generalnie, im mniejsza zasobność gleby w przyswajalny potas, tym większa częstotliwość stosowania nawozu mineralnego. Zasada ta obowiązuje na glebach przepuszczalnych (bardzo lekkie, organiczne) o dużym ryzyku wymycia potasu. Stosowanie nawozów wieloskładnikowych, typu NPK, PK, także uzasadnia aplikację nawozu pod

Tabela 7. Bilans potasu i potrzeby nawozowe roślin w zmianowaniu¹, kg K₂O/ha
zmianowanie : burak cukrowy – jęczmień jary – pszenica ozima

Elementy bilansu potasem	Typ gospodarstwa			
	Klasyczny		Roślinny	
	Straty	Dopływ	Straty	Dopływ
Całe zmianowanie	521	189	521	331
Burak cukrowy ² 50 t ha ⁻¹				
Korzenie	100	-	100	98
Liście	200	-	200	180
Jęczmień 5 t ha ⁻¹				
Ziarno	25	-	25	-
Słoma	70	-	70	63
Pszenica 7 t ha ⁻¹				
Ziarno	28	-	28	-
Słoma	98	-	-	88
Obornik 30 t ha ⁻¹	-	189	-	-
Saldo bilansowe	- 332		- 190	
Potrzeby nawozowe	332		190	

¹ średni poziom zasobności gleby w przyswajalny potas; ² plony organu użytkowego

Tabela 8. Współczynniki przeliczeniowe wartości potrzeb pokarmowych na dawki potasu nawozowego w zależności od klasy zasobności gleby

Klasa zasobności	Produkcja klasyczna ¹		Produkcja roślinna	
	Współczynniki	Zmianowanie ²	Współczynniki	Zmianowanie
Bardzo niska	1,93	622	2,58	490
Niska	1,56	502	1,95	370
Średnia	1,00	322	1,00	190
Wysoka	0,52	172	0,21	40
Bardzo wysoka	-	-	-	-

¹ obornik, dawka – 30t/ha, co 3 lata; ² zmianowanie : burak cukrowy – jęczmień jary – pszenica ozima

roślinę. Jednakże zbyt duże dawki potasu, ze względu na wysoki indeks solny, stanowią potencjalne zagrożenie dla kiełkujących nasion.

2. System dawek dzielonych (dwukrotnie nawożenie potasem w jednym sezonie wegetacyjnym)

System dzielenia dawki potasu w jednym sezonie wegetacyjnym uzasadniają:

1. Rodzaj gleby: piaszczyste i organiczne – ograniczone dawki jesiennej z powodu wymywania,
2. Niekorzystny stan finansowy gospodarstwa w okresie jesiennym,
3. Nawożenie specjalne, tzw. startowe.

Najbardziej uzasadnione jest dzielenie dawki potasu na glebach piaszczystych i organicznych. Głównym czynnikiem, wspomagającym decyzję rolnika jest niebezpieczeństwo wymywania jonów K^+ w okresie spoczynku zimowego roślin. Na glebach przepuszczalnych dawka potasu musi być bezpośrednio odniesiona do potrzeb nawozowych kolejnych roślin w zmianowaniu. Na glebach lekkich o niskiej zasobności w potas, wielkość pierwszej dawki wyznacza jesienne zapotrzebowanie rośliny. W praktyce około 1/2 dawki całkowitej powinno stosować się jesienią. Termin stosowania 2-giej części dawki najpóźniej przypada, na okres wczesnowiosenny, tuż przed ruszeniem wegetacji. Wybór nawozu potasowego ma znaczenie drugorzędne. Większą rolę odgrywa cel zabiegu i cena jednostkowa K w nawozie.

Na glebach średnich i ciężkich metoda dawek dzielonych nie jest agrotechnicznie i ekonomicznie uzasadniona.

Trzeci wariant stosowania potasu w dawkach 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 a to z powodu szybkiego rozwoju roślin i wynikającego stąd dużego zapotrzebowania łąnu na potas (Tab. 9).

Techniki nawożenia

Techniczne rozwiązania w zakresie metod stosowania nawozów potasowych są rozliczne, lecz sprowadzić je można do trzech zasadniczych wariantów technologicznych:

1. Rzutowe (warianty klasyczne: aplikacja rzutowo – powierzchniowa; powierzchniowo-pasowa);
Metody rzutowe mają na celu podniesienie poziomu zasobności gleby w całej warstwie gleby, z którą zostaną wymieszane.
2. Rzędowe (aplikacja nawozu rzędowa z wariantami umieszczania nawozu z boku rzędu nasion (fot. 13); poniżej; wgłębnie);

Metody rzędowe, ściślej zlokalizowane, mają na celu minimalizację kontaktu gleba-nawóz, co tym samym zapewnia wysoką koncentrację składnika i jego dostępność dla rośliny. W tym kontekście rozważań, metody te wskazane są w uprawie roślin w szerokie rzędy, o małym systemie korzeniowym. W odniesieniu do zbóż, a więc grupy roślin o dużym, dobrze rozbudowanym systemie korzeniowym, rozważany jest system jednoczesnej aplikacji ziarna wraz z nawozem, który w wielu badaniach wykazuje przewagę nad metodami rzutowymi.

Tabela 9. Nawożenie potasem w systemie dzielonym w uprawie rzepaku ozimego

Warianty nawożenia	Potrzeby nawozowe kg/ha			Przykłady nawozów	Dawka Nawozu
	P ₂ O ₅	K ₂ O	N		
	105	180	160		kg/ha
K – nawóz Jesień	90	-	-	P-20	450
	-	100	-	K-60 or K-40	170/250
	-	-	40	N-27	150
Wiosna	-	80	85 ²	K-60 or K-40	130/200
				N-34	250
K - NPK					
Jesień	70	110	40	NPK ³	500
Wiosna	35	70	63	NPK ⁴	300

¹ Przykład : rzepak ozimy, plon nasion 3,5 t/ha; średni poziom zasobności gleby w K

² pierwsza dawka azotu

³ mieszanka nawozowa typu blending

⁴ nitrofoska;

Metody te szczególnie zalecane są w technologiach bezorkowych, w których zachodzi sukcesywny proces akumulacji potasu w wierzchnich warstwach gleby, przy jednoczesnym ubożeniu warstw głębszych. Wskazaniem jest więc wgłębną aplikacją nawozu.

3. Dolistne

Dolistna aplikacja potasu jest możliwa, lecz nawet jednorazowe zastosowanie nawozu w fazie krytycznej nie pokryje potrzeb życiowych rośliny i to tylko ze względu na wielkość potrzeb. Wielokrotne zabiegi oznaczają natomiast duże koszty, nie tyle nawozu co samego zabiegu - oprysku.

4. Inne metody nawożenia potasem:

a. jednoczesny wysiew nasion z nawozami; niebezpieczeństwo zasolenia strefy kiełkowania nasion;

b. fertygacja (jednoczesne nawadnianie z nawożeniem);

c. iniekcja (punktowa lub rzędowa)

Przeprowadzone eksperymenty, w tym tylko nieliczne w Polsce, wykazały zdecydowaną przewagę form alternatywnych, względem klasycznych – rzędowych.

Zalety metod rzędowych :

- zmniejszona ilość stosowanego nawozu;
- większa jednostkowa produktywność nawozu;

Wadą tych metod jest generalnie dostępność sprzętu, który ma charakter specjalistyczny.



Fot. 13. Rzędowe stosowanie nawozów.

6. Zapamiętaj

Dodatknie skutki dobrego odżywienia roślin uprawnych potasem to:

1. Większe plony, gdyż
 - rośliny ozime lepiej przezimują,
 - rośliny jare są bardziej odporne na przymrozki,
 - zboża, kukurydza i rzepak są mniej podatne na wyleganie;
 - w latach suchych potas pozwala efektywnie gospodarować pobraną z gleby wodą;
 - rośliny są mniej podatne na atak szkodników i porażenie przez choroby grzybowe i bakteryjne;
 - rośliny strączkowe zawiązują więcej brodawek korzeniowych.
2. Potas zapewnia wyższą jakość konsumpcyjną, przemysłową i paszową produktów roślinnych; przykłady :
 - a. Ziemniaki:
 - akumulują więcej skrobi w bulwach,
 - bulwy zawierają więcej witaminy C;
 - bulwy przeznaczone na frytki, chipsy uzyskują lepszą barwę;
 - bulwy przed i po gotowaniu nie ciemnieją.
 - b. buraki cukrowe – korzenie akumulują więcej sacharozy;
 - c. mąka z ziarna zbóż konsumpcyjnych (pszenica, żyto) posiada lepsze parametry wypiekowe;
 - d. ziarno zbóż paszowych zawiera więcej białka.
3. Niezależnie od warunków ekonomicznych nawożenie roślin potasem gwarantuje stabilizację plonów, a tym samym wyższe dochody z produkcji roślinnej.
4. Potas pomimo, że jako pierwiastek – składnik pokarmowy, względem środowiska naturalnego pozostaje neutralny, to poprzez kontrolę gospodarki azotem w roślinie, ochrania środowisko przez ujemnymi skutkami nadmiaru azotu, czy fosforu.

7. Literatura uzupełniająca

- Amberger A. 1996. *Pflanzenernährung*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, RFN, 319.
- Bergmann W. 1992. *Nutritional disorders of plants*. Verlag Gustav Fisher, Jena, 741.
- Finck A. 1992: *Dünger und Düngung*. VCH, Weinheim, RFN, 488 s.
- 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 (2): 9-50.
- Grzebisz W., Musolf R., Bartóg P., Potarzycki J. 2002. *Potassium fertilization, water shortages during vegetation and crop yielding variability, the case of sugar beets*. Biul. IHAR, 222: 19-30.
- Grzebisz W. 2003: *Nawożenie rzepaku potasem*. IPI-AR Poznań, 50 s.
- Grzebisz W., Diatta J. B., Popp Th., Szczepaniak W. 2004. *Potas w produkcji roślinnej*. IPI-AR, Basel/Szwajcaria/Poznań/Poland, (w druku).
- Johnston A. E., Poulton P. R., Syers J. K. 2001: *Phosphorus, potassium and sulphur cycles in agricultural soils*. Proceedings No. 465, Int. Fert. Society, York, Wielka Brytania, 44 s.
- Marschner H. 1986: *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, Londyn, 674.
- Mengel K. 1991. *Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze*. Gustav Fischer Verlag, Jena, RFN, s. 466.
- Mortvedt J. J., Murphy L. S., Follet R. H. 1999: *Fertilizer technology and application*. Meister Publishing Co., Willoughby, USA, 199 s.
- Prokoshew V. V., Deryugin I. P. 2000. *Potas i nawozy potasowe – zalecenia praktyczne*. Moskwa, Ledum, 185 s (ros.).
- Rehm G., Schmitt M. 1997: *Potassium for production*. Paper No. FO-06794-GO. Univ. of Minnesota, 7 s.
- Rogozińska I. 2002. *Znaczenie potasu dla uzyskania wysokiej jakości ziemniaków w Polsce*. IPI Basel/Szwajcaria, Zakład Przechowalnictwa i Przetwórstwa Produktów Roślinnych A.T.R. Bydgoszcz/Polska.
- Syers J. K. 2003: *Potassium in soils: current concepts. Proceedings of the IPI Congress on Feed the Soil to Feed the People. The role of potash in sustainable agriculture*. (ed. A. E. Johnston), IPI Bazylea, Szwajcaria, 301-310.

