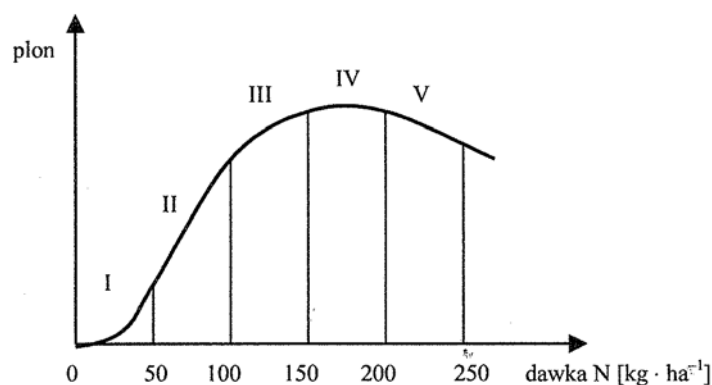


Efektywność i opłacalność nawożenia

Wiadomości wprowadzające

Krzywa reakcji na nawożenie. Zależność między wielkością plonu rośliny (Y) i ilością (dawką) składnika pokarmowego (X), którą roślina ma do dyspozycji, może być przedstawiona w sposób schematyczny w postaci, teoretycznej krzywej reakcji. Na krzywej tej można wyróżnić kilka charakterystycznych odcinków, płynnie przechodzących jeden w drugi.



Rysunek 24.1. Najczęściej spotykana krzywa reakcji na nawożenie azotem

Odcinek I: w jego obrębie roślina może reagować zwiększającymi się, to znaczy więcej niż proporcjonalnymi przyrostami plonu na każdą kolejną dawkę składnika. Z tą częścią krzywej reakcji mamy do czynienia bardzo rzadko i dotyczy ona sytuacji, gdy roślina uprawiana jest na wyczerpanym z danego składnika podłożu.

Odcinek II: w jego obrębie roślina reaguje jednakowymi, to znaczy proporcjonalnymi przyrostami plonu na każdą kolejną dawkę składnika. Jest to tzw. liniowa część krzywej reakcji, z którą mamy do czynienia wówczas, gdy roślina jest uprawiana na ubogim w dany składnik podłożu i w przedziale niewielkich jego dawek dostarczanych w formie nawozów.

Odcinek III: w jego obrębie roślina reaguje malejącymi, to znaczy mniej niż proporcjonalnymi przyrostami plonu na każdą kolejną dawkę składnika. Z tym odcinkiem mamy do czynienia najczęściej w doświadczeniach nawozowych i, wraz z punktem przejścia w odcinek IV, jest on najbardziej interesujący rolniczo. W punkcie przejścia odcinka III w odcinek IV uzyskuje się bowiem największe plony roślin.

Odcinek IV: w jego obrębie roślina nie reaguje zmianą wielkości plonu na wzrastające dawki składnika pokarmowego. Jest to pozioma część krzywej reakcji na nawożenie, z którą w badaniach rolniczych spotykamy się dosyć często.

Odcinek V: w jego obrębie roślina reaguje spadkiem plonu na wzrastające dawki składnika pokarmowego. Wynika to albo z bezwzględnego nadmiaru składnika i jego toksycznego działania (przypadek raczej rzadki), albo z nadmiaru względnego i zachwiania równowagi mineralnego żywienia roślin.

Przedstawiona krzywa reakcji na nawożenie ma, jak już podkreślono, charakter teoretyczny i z pełnym jej kształtem spotykamy się w badaniach nawozowych bardzo rzadko.

Poszczególne odcinki tej krzywej, lub kombinacje dwóch lub więcej odcinków, mają natomiast bardzo duże znaczenie praktyczne i stanowią podstawę tzw. praw nawozowych i funkcji produkcji.

Prawa nawozowe. W początkach rozwoju chemii rolnej sądzono, że rodzaj zależności między wielkością plonu i dawką składnika pokarmowego wynika z prawidłowości wzrostu i rozwoju rośliny i tym samym ma charakter prawa biologicznego. Najbardziej znane są: prawo przyrostów proporcjonalnych albo prawo minimum Liebiga (1855 r.) i prawo przyrostów mniej niż proporcjonalnych Mitscherlicha (1909 r.).

Prawo Liebiga w znacznie uproszczonym brzmieniu stwierdza, że „Zwiększanie ilości (dawki) brakującego składnika powoduje proporcjonalny do dawki przyrost plonu, od plonu minimalnego do plonu maksymalnego, po którego osiągnięciu inny składnik wystąpi w minimum”.

Prawo Liebiga, któremu autor nie nadał wymiaru ilościowego, jest odwzorowane II odcinkiem krzywej reakcji na nawożenie. Odcinek ten może być opisany równaniem regresji liniowej o postaci:

$$Y = a + bX$$

gdzie a stanowi plon minimalny (bez dodatku składnika), b odpowiada przyrostów i plonu na jednostkę zastosowanego składnika nawozowego.

Prawo to do dzisiaj nie straciło aktualności i jest niekiedy używane do opisu i interpretacji wyników doświadczeń nawozowych w niewielkich przedziałach dawek.

Prawo Mitscherlicha stwierdza, że przyrost plonu jest mniej niż proporcjonalny, to znaczy, że każdy następny kilogram dawki nawozu daje mniejszy przyrost plonu niż poprzedni.

Oryginalne brzmienie tego prawa jest następujące: „Przyrost plonu pod wpływem kolejnej dawki składnika jest proporcjonalny do różnicy plonu już osiągniętego i plonu maksymalnego możliwego do uzyskania przy optymalnej dawce składnika”.

Autor nadał swojemu prawu wymiar ilościowy, opisując je równaniem:

$$Y = A(1 - 10^{-cX})$$

albo po zlogarytmowaniu:

$$\log(A - Y) = \log A - cX$$

gdzie A oznacza plon maksymalny, X - dawkę składnika nawozowego, a c jest współczynnikiem proporcjonalności.

Z równania tego wynika, że plon rośliny (Y), w miarę zwiększania dawki składnika (X), dąży do wartości A , nigdy tej wartości nie osiągając. W dużym uproszczeniu można przyjąć, że równanie Mitscherlicha integruje odcinki: I, II i III krzywej reakcji do postaci wykładniczej, neguje natomiast możliwość występowania odcinków IV i V tej krzywej. Mitscherlich mylnie zakładał, że współczynnik c ma wartość stałą dla danego składnika nawozowego. Stałość współczynników c nie została w późniejszych czasach potwierdzona, tym niemniej równanie (nie nazywane już prawem) Mitscherlicha stanowi do dzisiaj jedną z często wykorzystywanych funkcji produkcji. Wadą tego równania jest jego nieliniowość i konieczność wyznaczania współczynników A i c w skomplikowany matematycznie sposób metodą iteracyjną.

Funkcje produkcji (nawozowe). Funkcje nawozowe, opisywane funkcjami matematycznymi, przedstawiają zależność między wielkością plonu rośliny a wielkością dawki składnika nawozowego. Typ funkcji dobierany jest najczęściej metodą najmniejszych

kwadratów z zastosowaniem rachunku regresji i z uwzględnieniem prostoty i łatwości posługiwania się daną funkcją. Do celów dydaktycznych wystarczy omówienie zastosowań najczęściej wykorzystywanej do opisu doświadczeń nawozowych funkcji wielomianowej 2° (tzw. funkcji kwadratowej) o postaci:

$$Y = a + bX + cX^2$$

gdzie Y oznacza plon rośliny, X dawkę składnika nawozowego, a - plon na poziomie X_0 (bez nawozu), b - przeciętny przyrost plonu na 1 kg dawki (efektywność nawożenia), c - współczynnik funkcji wskazujący, o ile następny kilogram dawki da mniejszy przyrost plonu niż poprzedni.

Z funkcji tej można wyznaczyć podstawowe wskaźniki efektywności i opłacalności nawożenia jednym składnikiem nawozowym. Funkcja ta integruje odcinki II, III i V krzywej reakcji, negując występowanie odcinka I i IV. Ma ona charakter symetryczny, to znaczy zakłada, że zarówno zmniejszanie, jak i zwiększanie dawki składnika o 1 kg w stosunku do dawki optymalnej powoduje identyczny spadek plonu. Założenie takie jest biologicznie nieuzasadnione, co stanowi podstawową wadę tej funkcji.

Efektywność nawożenia. Z przytoczonego wyżej wzoru funkcji wielomianowej 2° można wyznaczyć następujące wartości:

- plon w obiekcie bez nawożenia (Y) odpowiadający wyrazowi wolnemu funkcji wielomianowej (plon bez badanego nawozu):

$$Y = a + b_0 + c_0^2 = a$$

- efektywność przeciętną nawożenia (E_p) liczoną jako iloraz różnicowy plonu uzyskanego na dawce X_2 składnika i plonu na dawce X_1 składnika podzielonego przez różnicę dawek składnika wyraża się ją w kg plonu na 1 kg dawki składnika:

$$E_p = Y_2 - Y_1 / X_2 - X_1 = b + c(X_2 - X_1)$$

- efektywność krańcową nawożenia (E_k), jako pierwszą pochodną funkcji wielomianowej:

$$E_k = b + 2cX$$

odpowiadająca przyrostowi plonu na 1 kg składnika przy każdej dowolnej dawce (np. przyrost plonu z dawki 39-40 kg lub 79-80 kg N / ha), po przekroczeniu dawki X_{opt} efektywności krańcowe przybierają wartości ujemne;

- optymalną dawkę składnika (X_{opt}), jako ekstremum funkcji wielomianowej:

$$X_{opt} = -b/2c$$

jako dawkę składnika zapewniającą maksymalny plon rośliny, dla dawki optymalnej efektywność krańcowa nawożenia równa się zero;

- maksymalny plon rośliny (F_{max}), jako plon dla optymalnej dawki składnika:

$$F_{max} = a - b^2/4c$$

Opłacalność nawożenia. Powyżej efektywność nawożenia wyrażana była w mierniku ilościowym, to znaczy w kilogramach plonu i kilogramach dawki składnika. Zależność plon –

dawka, można również przedstawić w mierniku wartościowym, to znaczy w cenie produktu i koszcie nawozów wyrażonych w złotych. Zamiast o efektywności mówimy wówczas o opłacalności nawożenia.

Przy dokonywaniu przeliczeń z efektywności na opłacalność nawożenia należy uwzględnić wskaźnik opłacalności jednostkowej (r) wyliczany ze wzoru:

$$r = P_{naw}/P_{prod}$$

w którym P_{naw} oznacza cenę jednego kilograma czystego składnika nawozowego wraz z kosztami transportu i rozsiewu, i ewentualnie z uwzględnieniem stopy kredytu zaciągniętego na zakup nawozów, a P_{prod} oznacza wartość (cenę sprzedażną) 1 kg produktu roślinnego.

Dysponując wartością r , można przeliczyć wszystkie podane wcześniej wskaźniki efektywności nawożenia na wskaźniki jego opłacalności:

- opłacalność przeciętną nawożenia (O_p), czyli iloraz przeciętnej efektywności nawożenia przez wskaźnik opłacalności jednostkowej:

$$O_p = E_p/r$$

- opłacalność krańcową nawożenia (O_k), czyli iloraz krańcowej efektywności nawożenia przez wskaźnik opłacalności jednostkowej:

$$O_k = E_k/r$$

- optymalną ekonomicznie dawkę nawozów ($X_{opt ek}$), czyli dawkę zapewniającą uzyskanie maksymalnego zysku z nawożenia:

$$X_{opt ek} = -(b-r)/-2c.$$

Dla dawki optymalnej ekonomicznie opłacalność krańcowa nawożenia wynosi 1 złoty wartości plonu na 1 złoty wydany na nawozy.

System doradztwa nawozowego

Celem nawożenia jest:

- zaopatrzenie roślin w składniki pokarmowe umożliwiające uzyskanie wysokich plonów przy wysokiej efektywności nawożenia, co gwarantuje odpowiedni poziom zysku w gospodarstwie;
- zabezpieczenie optymalnego poziomu żyzności gleb;
- zabezpieczenie właściwego składu chemicznego produktów roślinnych mieszczącego się w granicach ustalonych norm i gwarantującego wysoką jakość płodów rolnych;
- zminimalizowanie strat składników nawozowych poza układ gleba-roślina, a tym samym ograniczenie ujemnego wpływu na środowisko.

Warunkiem realizacji wymienionych celów i spełnienia wymaganych kryteriów jest możliwie najlepsze dostosowanie dawek nawozów mineralnych (np. zgodnych z programami nawozowymi) do potrzeb pokarmowych roślin z uwzględnieniem:

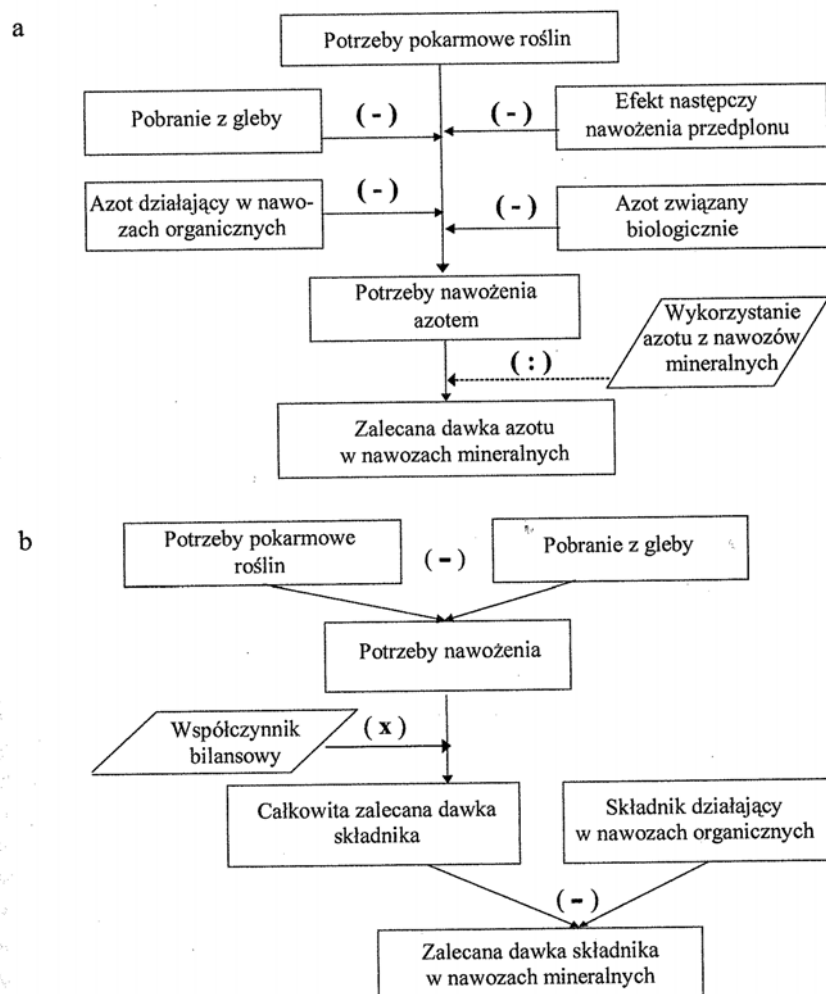
- zasobów dostępnych form składników w glebie,
- dostępności składników z innych źródeł (nawozy organiczne, resztki roślinne przedplonu).

Programy nawozowe dla roślin produkcji polowej. Obecnie w Polsce istnieje tylko jeden system doradztwa nawozowego - program nawozowy o nazwie NAW, opracowany w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa. Obowiązująca aktualnie wersja programu NAW-3 pochodzi z 1997 roku. W systemie tym dawki nawozów mineralnych pod różne rośliny wyznaczone są według wspólnego algorytmu, a zróżnicowanie wielkości dawek wynika jedynie ze specyfiki gatunków w zakresie plonowania, składu chemicznego roślin, zdolności pobierania składników pokarmowych z gleby, a w przypadku azotu także z efektywności wykorzystania tego składnika z nawozów mineralnych. Rozwinięciem programu NAW-3 jest wersja NAW3-M, pomyślana jako narzędzie dla mieszalni nawozów i umożliwiające komponowanie mieszanek nawozów pojedynczych na podstawie zalecanych dawek poszczególnych składników mineralnych.

Obliczanie dawek nawozów mineralnych

Zasady obliczania. Algorytmy obliczeń dawek nawozów azotowych oraz fosforowych i potasowych przedstawiono na rysunku. Wspólnymi elementami dla obu procedur są:

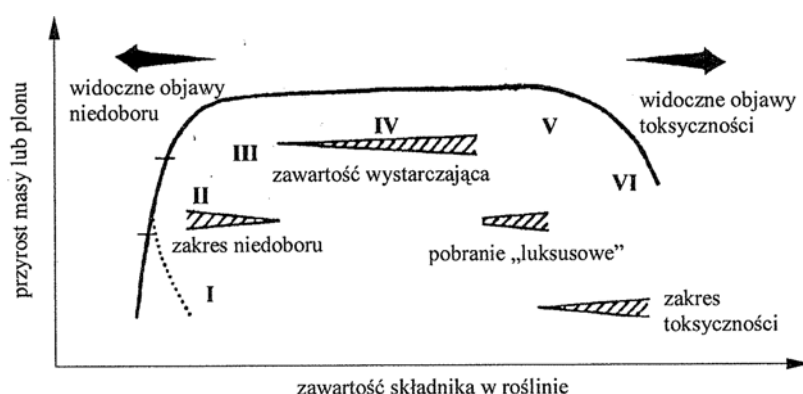
- wyznaczenie potrzeb pokarmowych roślin;
- wycena ilości składników pokarmowych pobieranych z gleby;
- wyznaczanie ilości składników działających w nawozach organicznych.



Schemat obliczania dawek nawozów mineralnych według programu NAW-3:

a - nawozy azotowe, b - nawozy fosforowe i potasowe

Potrzeby pokarmowe roślin definiujemy jako ilość składników pokarmowych, jaka znajduje się w plonie uzyskiwanym w warunkach konkretnego gospodarstwa. Każdy gatunek rośliny ma oczywiście inne wymagania pokarmowe. o czym świadczy zróżnicowany potencjał plonowania oraz procentowa zawartość poszczególnych składników w częściach roślin zbieranych z pola. Poziom uzyskiwanych w gospodarstwie plonów zależy od warunków glebowych i klimatycznych, poprawności stosowanej agrotechniki oraz od zaopatrzenia roślin w składniki pokarmowe. Zależność między plonem a zawartością składników pokarmowych w suchej masie roślin, według Marschnera (1995), ilustruje rysunek. Z punktu widzenia doradztwa nawozowego najbardziej interesujący jest fragment odcinka IV. Wyznacza on zakresy zawartości składników w roślinach, które gwarantują uzyskanie wysokich plonów o odpowiednim składzie chemicznym.



Zależność między plonem a zawartością składników pokarmowych w suchej masie roślin.

Uwzględniając stosunek masy plonu głównego do plonu ubocznego różnych gatunków roślin oraz zawartości składników w produktach (głównych i ubocznych), wyznaczono tzw. pobranie jednostkowe składników. Określa ono, ile kilogramów składnika musi pobrać roślina na wyprodukowanie 1 t plonu głównego z odpowiednią ilością plonu ubocznego. Wartość maksymalna jest progiem, powyżej którego występuje zjawisko „luksusowego” pobierania, a w rezultacie nadmierna koncentracja składników w roślinach. Natomiast wartość minimalna jest granicą, poniżej której występuje ryzyko redukcji plonu. Potrzeby pokarmowe dotyczące azotu i fosforu obliczamy, mnożąc plon osiągalny w gospodarstwie przez maksymalne pobranie azotu i fosforu. Potas może być pobierany w ilościach przewyższających potrzeby pokarmowe roślin, co pogarsza jakość produktów roślinnych. Aby uniknąć „luksusowego” pobrania potasu, w obliczeniach potrzeb pokarmowych dotyczących tego składnika uwzględnia się minimalne pobranie jednostkowe potasu.

Ilość składników pokarmowych pobieranych przez rośliny z gleby wyznacza się jako pobranie z plonami uzyskiwanymi w doświadczeniach polowych w obiektach bez nawożenia badanym składnikiem pokarmowym. Podstawą obliczeń są plony „minimalne” oraz pobranie składników na jednostkę plonu. W przypadku fosforu i potasu do obliczeń przyjmuje się minimalne wartości pobrania jednostkowego w warunkach bardzo niskiej i niskiej zasobności gleb w fosfor i potas, średnie pobranie - przy średniej zawartości tych składników w glebie i pobranie maksymalne – przy zawartości dużej lub bardzo dużej. Dla azotu przyjmuje się minimalne wartości pobrania „jednostkowego”.

Ilość składników pokarmowych dostarczanych w nawozie organicznym oblicza się jako iloczyn dawki nawozu wyrażonej w t / ha i zawartości składników w nawozie. Składniki pokarmowe z nawozów organicznych są uwalniane stopniowo w procesie mineralizacji substancji organicznej. Tempo tego procesu zależy od rodzaju substancji organicznej,

warunków glebowych, meteorologicznych itd. Uwalnianie składników pokarmowych nie jest w pełni zbieżne z rytmem ich pobierania przez rośliny, dlatego pewna ilość tych składników ulega stratom, a inna część zostaje trwale wbudowana w substancję organiczną gleby. Wszystko to sprawia, że niektóre składniki pokarmowe z nawozów organicznych są trudniej dostępne dla roślin niż z nawozów mineralnych. Celem uwzględnienia tego źródła składników w doradztwie, wprowadzono pojęcie „składnika działającego” w nawozach organicznych. Ilość „składnika działającego” wyznaczamy, mnożąc jego zawartość w nawozie organicznym przez równoważnik nawozowy, który określa, jaką ilość składnika z nawozów mineralnych można zastąpić, stosując 1 kg składnika w nawozach organicznych.

Równoważniki nawozowe dla poszczególnych składników i rodzajów nawozów organicznych wyznaczono na podstawie doświadczeń, w których porównywano plonotwórcze działanie nawozów organicznych i mineralnych. Na przykład wartość równoważnika 0,30 oznacza, że 1 kg składnika w nawozie organicznym działa tak samo, jak 0,30 kg składnika w nawozie mineralnym.

Obliczanie dawki nawozów azotowych. Dodatkowym źródłem azotu dla roślin są pozostałości nawozów mineralnych stosowanych pod przedplon oraz azot pozostawiony w glebie po przedplonach roślin motylkowatych. Wyceny następczego działania azotu mineralnego dokonuje się za pomocą tzw. równoważników azotowych. Równoważniki wyznaczono na podstawie ścisłych doświadczeń polowych, w których plony roślin (bez nawożenia azotowego) uzyskiwane wyłącznie w efekcie działania następczego azotu (stosowanego pod przedplon) porównywano z plonami roślin otrzymywanych przy zróżnicowanych dawkach azotu.

Równoważnik azotowy jest to ilość azotu w nawozach mineralnych stosowanych bezpośrednio pod roślinę, która równoważy działanie 1 kg azotu zastosowanego pod przedplon. Wartość 0,3 oznacza, że działanie 1 kg azotu zastosowanego pod przedplon można zrównoważyć, stosując 0,3 kg azotu w nawozach bezpośrednio pod roślinę.

Ozimy wykorzystują więcej azotu niż rośliny jare, ponieważ ich wzrost i pobieranie składnika rozpoczynają się wkrótce po zbiorze przedplonu.

Wegetacja roślin jarych rozpoczyna się wiosną, kiedy część azotu pozostawionego po przedplonie uległa wymyciu poza zasięg systemu korzeniowego roślin, dlatego równoważnik nawozowy przybiera mniejsze wartości niż w przypadku roślin ozimych. Straty azotu w wyniku wymywania są tym wyższe im większa jest ilość opadów w okresie jesienno-zimowym. Równoważnik nawozowy maleje zatem wraz z, wzrostem ilości opadów.

Ilość azotu pozostawionego w glebie po roślinach motylkowatych uzależniona jest od gatunku rośliny oraz ilości opadów.

Różnica między potrzebami pokarmowymi roślin dotyczących azotu a ilością tego pierwiastka pobieranego z gleby, nawozów organicznych, nawozów mineralnych zastosowanych pod przedplon i związanego biologicznie przez przedplony motylkowate wyznacza potrzeby nawożenia azotem, czyli ilość, jaką rośliny muszą pobrać z nawozów mineralnych. Obliczając dawkę nawozów, zapewniającą pokrycie potrzeb nawozowych, musimy brać pod uwagę fakt, iż rośliny wykorzystują tylko część składnika dostarczonego w nawozach. Wynika to częściowo z rozbieżności między terminem stosowania nawozów i tempem pobierania składników przez rośliny, przestrzennym rozmieszczeniem nawozów i systemu korzeniowego, wymywania oraz immobilizacji składników nawozowych w glebie itd. Dawkę nawozów azotowych wyznaczamy, dzieląc potrzeby nawożenia azotem przez współczynnik wykorzystania tego pierwiastka z nawozów mineralnych.

Obliczanie dawki nawozów fosforowych i potasowych. Potrzeby nawożenia fosforem i potasem jest to różnica między potrzebami pokarmowymi roślin a ilością składników pobieranych z gleby. Potrzeby nawożenia modyfikowane są zależnie od zasobności gleby w fosfor i potas. Eksperymentalnie wykazano, że na glebach o małej zawartości tych składników pobranie przez rośliny jest mniejsze od dawki zastosowanej w nawozach, co jest wynikiem immobilizacji składników w glebie. Dawki nawozów muszą być odpowiednio zwiększone, aby pokryć potrzeby nawożenia roślin. Na glebach zasobnych pobranie przez rośliny może przewyższać dopływ fosforu i potasu w nawozach, dzięki wykorzystaniu rezerw glebowych, a zatem dawki nawozów mogą być zmniejszone w stosunku do potrzeb nawożenia roślin. Zalecaną dawkę składnika w nawozach oblicza się, mnożąc potrzeby nawożenia roślin przez tzw. współczynnik bilansowy.

Współczynnik bilansowy jest to wyznaczony empirycznie stosunek zastosowanej dawki nawozu do pobrania składnika przez rośliny. Pozwala on dostosować dawkę nawozu do zasobności gleby w przyswajalną formę składnika.

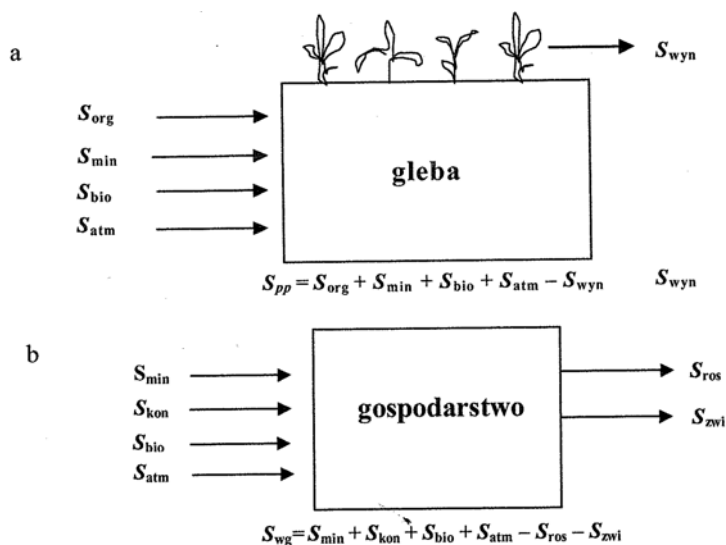
Współczynnik bilansowy większy od 1 oznacza, że zalecana dawka składnika w nawozach musi być większa od potrzeb nawozowych. Zastosowana nadwyżka przeznaczona jest na poprawę zasobności gleby. Na glebach o dużej i bardzo dużej zawartości fosforu i potasu, przy współczynniku mniejszym od 1, dawka składnika w nawozie będzie mniejsza niż potrzeby nawożenia. Niedobór składnika będzie pokrywany z rezerw glebowych.

Wyznaczone w ten sposób dawki fosforu i potasu oznaczają łączne ilości składników w nawozach mineralnych i organicznych. Dawki nawozów mineralnych obliczamy, odejmując ilości fosforu i potasu w nawozach organicznych (o ile oczywiście były one stosowane).

Metody sporządzania bilansów składników pokarmowych

Bilans składników mineralnych jest obecnie powszechnie uznaną metodą kontroli poprawności systemu nawożenia stosowanego na różnych poziomach produkcji rolniczej: pola płodozmiennego, gospodarstwa, wsi, regionu, a także całego kraju. W najprostszym ujęciu wyróżnia się dwie zasadnicze metody sporządzania bilansu składników mineralnych:

- bilans „na powierzchni pola” (rys a),
- bilans „u wrót gospodarstwa” (rys b).



Bilans składników: a - na powierzchni pola, b - u wrót gospodarstwa

W bilansie „na powierzchni pola” po stronie przychodów uwzględniane są ilości składników wprowadzanych do gleby w formie nawozów mineralnych ($S_{\min}$) i organicznych (S_{org}) oraz, w przypadku azotu, ilości składnika wiązanego biologicznie (S_{bio}) i w opadzie suchym i mokrym z atmosfery (S_{atm}). Po stronie rozchodów uwzględnia się ilości składników zabieranych z pola z plonami roślin (S_{wyn}). W tej metodzie dodatnie saldo bilansu sygnalizuje albo wzbogacanie gleby w określony składnik, albo możliwość wystąpienia strat tego składnika z układu gleba-roślina. Ujemne saldo bilansu składników świadczy natomiast o ich uruchamianiu z rezerw glebowych i tym samym o zubożaniu gleby.

W bilansie „u wrót gospodarstwa” po stronie przychodów uwzględniane są ilości składników dopływających do gospodarstwa spoza jego obszaru w formie nawozów mineralnych ($S_{\min}$) i zakupywanych pasz treściwych (S_{kon}), a po stronie rozchodów ilości składników w sprzedawanych produktach roślinnych (S_{ros}) i zwierzęcych (S_{zwi}) — opuszczających obszar gospodarstwa. Do przychodów włącza się często ilość azotu wiązanego biologicznie (S_{bio}) oraz pochodzącego z opadów atmosferycznych (S_{atm}). W tej metodzie saldo bilansu składników jest z reguły dodatnie i jego rozmiar sygnalizuje możliwość zachodzenia strat składników poza obszar gospodarstwa. Straty takie zachodzą głównie w produkcji zwierzęcej.

Bilans składników „na powierzchni pola”

Saldo bilansu składników na powierzchni pola (S_{pp}) wylicza się ze wzoru:

$$S_{\text{pp}} = S_{\text{org}} + S_{\min} + S_{\text{bio}} + S_{\text{atm}} - S_{\text{wyn}}$$

gdzie:

S_{org} - ilość składników wprowadzanych do gleby w nawozach organicznych,

$S_{\min}$ - ilość składników wprowadzanych do gleby w nawozach mineralnych,

S_{bio} - ilość azotu (nie dotyczy fosforu i potasu) wiązanego biologicznie przez bakterie brodawkowe i wolno żyjące,

S_{atm} - ilość azotu (nie dotyczy fosforu i potasu) wprowadzanego do gleby z opadem atmosferycznym,

S_{wyn} - ilość składników zabieranych z gleby z plonami głównymi i ubocznymi roślin.

W celu obliczenia **ilości składników w nawozach organicznych (S_{org})** należy znać średnioroczną obsadę zwierząt, wyrażoną w sztukach fizycznych, i określić sposób ich utrzymywania (obora głęboka, obora lub chlewnia płytka, obora lub chlewnia rusztowa). Sztuki fizyczne przelicza się na sztuki obornikowe i podsumowuje w obrębie sposobów utrzymywania. Następnie wylicza się masę poszczególnych rodzajów nawozów organicznych (obornik, gnojówka, gnojowica) i ilość zawartych w nich składników mineralnych. Obliczenie **ilości składników wprowadzanych w nawozach mineralnych ($S_{\min}$)** jest proste, gdyż w każdym gospodarstwie ilość zakupywanych i zużywanych nawozów jest dokładnie znana.

Obliczanie **ilości azotu wiązanego biologicznie (S_{bio})** dotyczy tylko azotu wiązanego przez bakterie symbiotyczne. W tym celu trzeba znać powierzchnię uprawy roślin motylkowatych lub mieszanek roślin motylkowatych z nie motylkowatymi oraz uzyskiwane plony masy lub nasion. Masę plonu mnoży się przez współczynniki jednostkowego pobrania azotu i przez współczynniki akumulacji azotu z powietrza.

Obliczanie **ilości azotu z opadów atmosferycznych (S_{atm})** - średnio, dla obszaru Polski, przyjmuje się, że opad azotu z atmosfery wynosi 17 kg N / ha / rok użytków rolnych i taką standardową wartość uwzględniamy w bilansie tego składnika.

W celu obliczenia **ilości składników zabieranych z pola z plonami roślin (S_{wyn})** trzeba znać powierzchnię uprawy poszczególnych gatunków roślin i wielkość plonów produktów głównych. Powierzchnię mnoży się przez plony i następnie przez jednostkowe pobranie składników i po zsumowaniu uzyskuje wartość S_{wyn} dla gospodarstwa. Jeżeli występują produkty uboczne (słoma, liście buraka), to uwzględnia się jednostkowe pobranie z plonem głównym. Azot w roślinach motylkowatych uwzględnia się konsekwentnie zarówno po rochodowej (jako S_{wyn}) jak i przychodowej (jako S_{bio}) stronie bilansu.

Bilans składników „u wrót gospodarstwa”

Saldo bilansu składników u wrót gospodarstwa (S_{wg}) wylicza się ze wzoru:

$$S_{\text{wg}} = S_{\text{min}} + S_{\text{kon}} + S_{\text{bio}} + S_{\text{atm}} - S_{\text{ros}} - S_{\text{zwi}}$$

gdzie:

S_{min} - ilość składników w zakupywanych nawozach mineralnych,

S_{kon} - ilość składników w zakupywanych paszach,

S_{bio} - ilość azotu (nie dotyczy fosforu i potasu) wiązanego biologicznie przez bakterie symbiotyczne,

S_{atm} - ilość azotu (nie dotyczy fosforu i potasu) wprowadzanego do gleby z opadem atmosferycznym,

S_{ros} - ilość składników w sprzedawanych produktach roślinnych,

S_{zwi} - ilość składników w sprzedawanych produktach zwierzęcych.

Obliczenie ilości składników w nawozach mineralnych (S_{min}) jest proste, gdyż w każdym gospodarstwie ilość zakupywanych nawozów jest dokładnie znana.

Do obliczenia ilości składników w zakupywanych paszach (S_{kon}) (głównie treściwych albo koncentratów) należy znać rodzaj i ilość tych pasz oraz jednostkową zawartość w nich składników mineralnych.

Sposób obliczania ilości azotu wiązanego biologicznie (S_{bio}) jest analogiczny do opisanego w poprzednim rozdziale, dotyczącym bilansu na powierzchni pola.

Sposób obliczania ilości azotu z opadów atmosferycznych (S_{atm}) jest analogiczny do opisanego w poprzednim rozdziale, dotyczącym bilansu na powierzchni pola.

Ilość składników w sprzedawanych produktach roślinnych (S_{ros}) oblicza się, mnożąc masę tych produktów przez zawartość składników w 100 kg produktu.

Ilość składników w sprzedawanych produktach zwierzęcych (S_{zwi}) oblicza się, mnożąc masę tych produktów przez tabelaryczną zawartość składnika.

Opracowanie planu nawozowego w gospodarstwie rolniczym

Plan nawozowy obejmuje prawidłowy rozdział nawozów organicznych i mineralnych pod poszczególne rośliny i pola w gospodarstwie rolniczym z uwzględnieniem ich dawek i terminów stosowania, a także stanu zakwaszenia i zasobności gleb w przyswajalne formy składników pokarmowych. Musi on być dostosowany do lokalnych warunków glebowo-siedliskowych, co jest szczególnie istotne w gospodarowaniu na użytkach zielonych.

Najważniejszym celem planu nawozowego jest oszacowanie i maksymalne wykorzystanie rezerw składników pokarmowych, jakie tkwią we własnym gospodarstwie. Dotyczy to nie tylko wyceny wartości nawozowej obornika, gnojówki, gnojowicy czy słomy, ale uwzględnienia w nawożeniu także przychodu azotu z opadów atmosferycznych, z roślin motylkowatych uprawianych w gospodarstwie czy składników będących efektem następczego

działania nawozów. Dopiero na tej podstawie należy oszacować potrzeby w zakresie nawożenia mineralnego. Takie podejście pozwala oszczędnie gospodarować jednym z najdroższych środków produkcji, jakim niewątpliwie są nawozy mineralne.

Plan nawozowy ma wyraźnie zaznaczone dwa aspekty: rolniczy i ochrony środowiska.

Aspekt rolniczy polega na uzyskiwaniu wysokich plonów o dobrej jakości, przy wysokiej efektywności nawożenia. Można to osiągnąć przez pełne wykorzystanie „własnej siły nawozowej” w gospodarstwie, co powinno przyczynić się do zwiększenia opłacalności nawożenia przez zmniejszenie ilości nawozów mineralnych zużywanych na wytworzenie jednostki plonu. Pozwala także kontrolować stan zasobności gleby tak, aby nie doprowadzić ani do nadmiernego jej zakwaszenia czy zubożenia w składniki pokarmowe, co jest niekorzystne z punktu widzenia jej żyzności, ani do nadmiernego nagromadzenia składników w glebie, co jest działaniem mało opłacalnym.

Jest jeszcze drugi efekt dokładnego bilansowania składników, jaki uzyskujemy w ramach planu nawozowego. Dzięki znacznemu zwiększeniu „precyzji” nawożenia, w odniesieniu do poszczególnych roślin uprawnych, można znacznie skuteczniej niż przy tradycyjnym podejściu do nawożenia sterować ich jakością, dostosowując nawożenie do przyjętych standardów jakościowych wynikających z przeznaczenia płodów rolnych. Ten element jest coraz bardziej znaczący, gdyż rolnik w coraz większym stopniu musi być nastawiony na spełnianie norm i wymogów jakościowych narzuconych przez rynek lub bezpośredniego odbiorcę płodów rolnych.

Aspekt ochrony środowiska rolniczego związany jest przede wszystkim z tym, że sporządzenie planu nawozowego, dzięki ścisłemu dostosowaniu nawożenia do potrzeb pokarmowych roślin, zmniejsza prawdopodobieństwo zastosowania nadmiernych dawek nawozów, co pośrednio przyczynia się do ograniczenia strat składników na drodze wymywania czy ulatniania do atmosfery. Zapobiega to skażeniu środowiska glebowego, wód i atmosfery.

Plan nawozowy związany jest ściśle z całym gospodarstwem i aby był realny, musi być sporządzony co najmniej na kilka miesięcy naprzód tak, aby uwzględnił plany dotyczące struktury zasiewów roślin i kierunki rozwoju produkcji zwierzęcej.

Plan nawozowy obejmuje następujące elementy:

1. Określenie wymagań (potrzeb) pokarmowych roślin, które planowane są na poszczególnych polach gospodarstwa. Jest to ilość azotu, fosforu i potasu, jakie rośliny teoretycznie pobiorą do wytworzenia założonego plonu. Wymagania pokarmowe są podstawą do ustalania zapotrzebowania na składniki pokarmowe, a tym samym do ustalania zapotrzebowania na nawozy.
2. Wyznaczenie źródeł pokrycia wymagań pokarmowych poszczególnych gatunków roślin na poszczególnych polach w gospodarstwie, do których należą:
 - własne źródła składników pokarmowych
 - gleba, zależnie od poziomu zasobności w przyswajalne składniki nawozowe,
 - zastosowane nawozy organiczne,
 - resztki roślinne pozostawione przez roślinę przedplonową;
 - zewnętrzne źródła składników pokarmowych
 - nawozy mineralne,
 - uszlachetnione odpady przemysłowe, komunalne, pasze i inne.
3. Waloryzację własnych źródeł składników pokarmowych w gospodarstwie
 - wyznaczenie stanu zasobności gleby na poszczególnych polach w gospodarstwie;
 - obliczenie ilości poszczególnych składników pokarmowych wprowadzonych do gleby w danym roku na poszczególnych polach gospodarstwa z nawozami organicznymi i resztkami roślinnymi.

4. Porównanie zapotrzebowania na składniki pokarmowe na poszczególnych polach ze stopniem ich pokrycia z zasobów własnych gospodarstwa.
5. Wyznaczenie potrzeb w zakresie nawożenia mineralnego w stosunku do poszczególnych roślin, pól i całego gospodarstwa.
6. Wyznaczenie potrzeb wapnowania zależnie od składu granulometrycznego i odczynu.

Opracowanie planu nawozowego dla gospodarstwa

Plan nawozowy obejmuje działalności, które muszą być wykonane w ściśle określonej sekwencji. Dla większej przejrzystości, sposób jego sporządzania przedstawiono, dzieląc go na 5 etapów.

Etap I. Uściślenie poziomu nawożenia do planowanej produkcji roślinnej.

Etap ten obejmuje prace wstępne, dotyczące uściślenia powiązań systemu nawożenia stosowanego w gospodarstwie z produkcją roślinną planowaną w danym roku. Uściślenia te odnoszą się w szczególności do:

- podziału gospodarstwa na pola,
- planu struktury użytków rolnych i struktury zasiewów,
- oceny stanu zakwaszenia i zasobności w przyswajalne formy składników pokarmowych itp.

Celem tego etapu sporządzania planu nawozowego jest opisanie w sposób możliwie dokładny istniejącego stanu wyjściowego w zakresie parametrów rolniczych istotnych z punktu widzenia kryteriów sporządzania planu nawozowego. Aby plan nawozowy był realny i dawał spodziewane korzyści, musi być w sposób ścisły skoordynowany z całą produkcją roślinną, a także zwierzęcą planowaną w danym roku.

Prace przygotowawcze polegają na opracowaniu szczegółowego planu obejmującego warunki przestrzenne i glebowe dotyczące działalności rolniczej w gospodarstwie, a w szczególności szkicu gospodarstwa, podziału na pola z zaznaczeniem, ich powierzchni oraz danych dotyczących aktualnego stanu zasobności gleby w przyswajalne formy składników pokarmowych, a także potrzeb wapnowania. Prace przygotowawcze obejmują dwa ściśle ze sobą związane elementy:

- sporządzenie planu pól uprawnych w gospodarstwie (szkic gospodarstwa);
- sporządzenie wykazu pól w formie tabelarycznej.

Plan pól uprawnych jest to szkic sytuacyjny, na którym zaznaczone są granice poszczególnych pól uprawnych, cieki i zbiorniki wodne, zadrzewienia i inne trwałe elementy występujące na obszarze gospodarstwa. Można go także sporządzić na podstawie wypisu z rejestru gruntów. Kształt pól oraz ich powierzchnia musi być dostosowana do lokalnych warunków terenowych. Najistotniejszym elementem planu jest wyznaczenie trwałych pól, których granice nie będą ulegać zmianom w poszczególnych latach. Kwestia ta jest zasadnicza dla planowania nawożenia w dłuższej perspektywie. Pobieranie prób glebowych do analiz chemiczno-rolniczych oraz ocenę zasobności w składniki pokarmowe przeprowadza się każdorazowo w odniesieniu do określonych pól. Zmiana granic pól w gospodarstwie co roku lub co kilka lat znacznie ogranicza możliwość oceny zmian zasobności gleby. Ogranicza to długofalowe korzyści, jakie osiąga się dzięki kontroli stosowanego w gospodarstwie systemu nawożenia.

Wykaz pól uprawnych w formie tabelarycznej jest integralnym elementem planu pól w gospodarstwie. Jest to sporządzona na podstawie wyników analiz stacji chemiczno-rolniczych aktualna ocena stanu zasobności gleby w przyswajalne formy składników pokarmowych oraz ocena potrzeb wapnowania, wykonana w odniesieniu do poszczególnych

pól uprawnych. Dane te są więc podstawą do ustalenia w danym roku dawek nawozów fosforowych, potasowych oraz określenia potrzeb nawożenia magnezem i wapnowania. Wykaz taki sporządza się co 3-4 lata w celu określenia zmian pH i zasobności gleb w składniki pokarmowe w tym czasie. Jest to podstawą planowania nawożenia w gospodarstwie na kilka lat, do następnego okresu pomiaru stanu zasobności gleby.

Wymagania pokarmowe roślin odpowiadają ilości poszczególnych składników pokarmowych, jakie roślina musi pobrać w ciągu wegetacji, aby wydać optymalny plon możliwy do uzyskania w danych warunkach. W praktyce do wyznaczenia wymagań pokarmowych roślin (W_p) potrzebne są dwa parametry:

- jednostkowe pobranie poszczególnych składników: N, P_2O_5 , K_2O (współczynniki pobrania), wyrażone w kg składnika na 1 t wytworzonego plonu (J_p);
 - najczęściej osiągane plony roślin na glebach poszczególnych kompleksów w t/ha (P).
- Oba parametry przedstawiono w postaci syntetycznej. Wymagania nawozowe są iloczynem obu powyższych parametrów:

$$W_p = J_p \cdot P$$

Aby wyliczyć wymagania pokarmowe roślin uprawianych w gospodarstwie, należy:

- sporządzić wykaz gatunków i odmian, które będą uprawiane w danym roku w gospodarstwie na poszczególnych polach;
- zaklasyfikować glebę na poszczególnych polach do określonej klasy bonitacyjnej i kompleksu przydatności rolniczej;
- ustalić poziom spodziewanych plonów w gospodarstwie, biorąc pod uwagę zamieszczony wykaz najczęściej osiąganych plonów na klasach bonitacyjnych i kompleksach przydatności rolniczej gleb;
- obliczyć wymagania pokarmowe roślin na podstawie jednostkowych współczynników pobrania i przyjętych plonów roślin uprawnych w gospodarstwie.

Wykaz gatunków i odmian wynika z przyjętych na dany rok planów dotyczących uprawianych roślin. Sporządzenie planu nawozowego musi być więc poprzedzone planowaniem w zakresie produkcji roślinnej.

Wyznaczenie kompleksu przydatności rolniczej. W celu zaklasyfikowania gleb na poszczególnych polach gospodarstwa do określonego kompleksu należy posłużyć się mapą glebowo-rolniczą dostępną w regionalnym zespole doradztwa rolniczego. W sposób uproszczony można zaliczyć glebę do określonego kompleksu na podstawie klasy bonitacyjnej.

Poziom spodziewanych plonów w danym roku, w gospodarstwie najlepiej oprzeć na danych dotyczących przeciętnych plonów uzyskiwanych w kilku ostatnich latach. Do tego potrzebne są jednak wiarygodne dane pochodzące z ewidencji plonów prowadzonych przez rolnika w okresie ostatnich lat. Najczęściej jednak takich danych brak. W takiej sytuacji najwygodniej posłużyć się wykazem przeciętnych plonów osiąganych średnio na glebach zaliczonych do różnych kompleksów przydatności rolniczej. Dane te mogą zostać odpowiednio skorygowane przez rolnika i doradcę po uwzględnieniu własnego doświadczenia i uwarunkowań lokalnych. Najistotniejsze jest to, aby przyjęte wartości plonu były jak najbardziej realne i możliwe do osiągnięcia w warunkach glebowych konkretnego gospodarstwa.

Przykładowe wyliczenie wymagań pokarmowych roślin:

- roślina: pszenica ozima;

- kompleks przydatności rolniczej: pszenno-wadliwy (klasy bonitacyjne - IIIa, IVa, IVb);
- poziom spodziewanych plonów: 4,4 t/ha;
- jednostkowe pobranie w kg / t: N - 24,0, P₂O₅ - 10,0, K₂O - 22,0;
- wymagania pokarmowe w przeliczeniu na 1 ha ($W_p = J_p \cdot P$): N - $4,4 \cdot 2,4 = 106$ kg, P₂O₅ - $4,4 \cdot 10,0 = 44$ kg, K₂O - $4,4 \cdot 22,0 = 97$ kg;
- wymagania nawozowe w przeliczeniu na powierzchnię pola w kg na pole (np. 1,8 ha): N - $106 \cdot 1,8 = 191$ kg, P₂O₅ - $44 \cdot 1,8 = 79$ kg, K₂O - $97 \cdot 1,8 = 175$ kg.

Etap II. Ocena zakwaszenia i stanu zasobności gleb w przyswajalne formy składników pokarmowych (fosfor, potas, magnez, niektóre mikroelementy).

Ocena stanu zasobności jest ważnym etapem postępowania diagnostycznego. Na tej podstawie możemy ewentualnie skorygować planowane plony osiągalne. Na glebach o niskiej zasobności w składniki pokarmowe osiągalne plony będą mniejsze. Etap ten składa się z następujących elementów:

- pobranie próbek glebowych z zachowaniem warunków ich reprezentatywności oraz przekazanie do laboratorium stacji chemiczno-rolniczej;
- wycena stanu zakwaszenia i zasobności gleb w składniki przyswajalne na poszczególnych polach gospodarstwa na podstawie:
 - składu granulometrycznego gleb (kategoria agronomiczna),
 - wyników analiz gleby: odczynu, zasobności w przyswajalne formy fosforu, potasu i magnezu wykonanych w stacji chemiczno-rolniczej,
 - planu sytuacyjnego pobrania próbek glebowych,
 - klas potrzeb wapnowania i zasobności dla fosforu, potasu, magnezu i mikroelementów (liczby graniczne), oddzielnie dla gleb mineralnych i organicznych.

Wyznaczenie kategorii agronomicznej gleby jest pierwszym etapem wyceny zakwaszenia i zasobności gleb w składniki przyswajalne. Jest ona niezbędna przy posługiwaniu się liczbami granicznymi w dalszym etapie. Na podstawie składu granulometrycznego a dokładniej, zawartości części sypialnych, wyznacza się tzw. grupę granulometryczną. Do jej wyznaczenia można posłużyć się mapą podkładu geologicznego lub wypisem z rejestru gruntów, gdzie oprócz klas bonitacyjnych gleby podana jest także grupa granulometryczna. Można ją także wyznaczyć w stacji chemiczno-rolniczej, wykonując oznaczenia odczynu i zasobności gleb. Wyznaczenie kategorii agronomicznej jest niezbędne dla ustalenia potrzeb wapnowania i wyznaczenia klasy zasobności gleby w potas i magnez. Wynika to z faktu, że optymalny poziom odczynu czy zasobności jest zróżnicowany dla gleb o różnym składzie granulometrycznym.

Wycena stanu zakwaszenia gleby. Na podstawie stopnia zakwaszenia i kategorii agronomicznej gleby wyznacza się odpowiedni przedział potrzeb wapnowania na poszczególnych polach i nanosi do „wykazu pól uprawnych w gospodarstwie”. Warto zwrócić uwagę, że optymalny poziom zakwaszenia, za który można uznać przedział „ograniczone potrzeby wapnowania”, jest zasadniczo inny na glebach lekkich niż na ciężkich oraz że użytków zielonych nie należy wapnować na glebach mineralnych przy pH > 6, a na organicznych przy pH > 5.

Wycena stanu zasobności gleby w potas przyswajalny dla roślin dokonywana jest na podstawie liczb granicznych dla potasu, biorąc pod uwagę czy gleba jest mineralna czy organiczna. W obrębie gleb mineralnych należy wziąć pod uwagę kategorię agronomiczną. Ocenę zasobności dla poszczególnych pól należy zapisać w „wykazie pól uprawnych w gospodarstwie”.

Wycena stanu zasobności gleby w magnez przyswajalny dla roślin przeprowadzana jest na podstawie liczb granicznych dla magnezu, podobnie jak dla potasu.

Wycena stanu zasobności gleby w fosfor przyswajalny dla roślin przeprowadzana jest na podstawie liczb granicznych dla fosforu, podobnie jak dla potasu i magnezu.

Przeprowadzona w tym etapie ocena stanu zakwaszenia gleby i jej zasobności w przyswajalne formy składników pokarmowych zostanie wykorzystana w dalszych etapach do ustalenia dawek nawozów wapniowych, potasowych, fosforowych i magnezowych. Liczby graniczne na glebach organicznych i mineralnych są zróżnicowane co do wartości bezwzględnej.

Wynika to z różnej metody oznaczania składników przyswajalnych. W celu interpretacji uzyskanych wyników należy posługiwać się klasą lub oceną zasobności.

Etap III. Oszacowanie wielkości produkcji i wartości nawozowej nawozów organicznych wytwarzanych w gospodarstwie. Produkcję nawozów organicznych w gospodarstwie najczęściej szacuje się na podstawie obsady inwentarza, który przelicza się na sztuki duże (SD). Mnożąc obsadę zwierząt w gospodarstwie wyrażoną w SD przez roczną jednostkową produkcję nawozów organicznych (od 1 SD), otrzymujemy produkcję nawozów organicznych w gospodarstwie.

Oszacowanie wartości nawozowej nawozów organicznych jako źródła składników pokarmowych dla roślin, które zastępują określoną ilość nawozów mineralnych. Należy jednak podkreślić, że we współczesnym rolnictwie nawozy organiczne pełnią wiele innych ważnych funkcji, które trudno bezpośrednio zwaloryzować.

W celu oszacowania wartości nawozowej nawozów organicznych posługujemy się danymi dotyczącymi składu chemicznego poszczególnych nawozów. Chcąc określić dokładnie wartość nawozową tych nawozów w warunkach konkretnego gospodarstwa, należy pobrać próby nawozów i oznaczyć w nich zawartość składników pokarmowych za pośrednictwem stacji chemicznorolniczej.

Wyznaczenie dawek nawozów organicznych na poszczególne pola w gospodarstwie.

Przy ustalaniu odpowiedniej dawki nawozów organicznych, oprócz ścisłych zasad określających ilość wprowadzonych składników nawozowych, należy kierować się także pewnymi zasadami ogólnymi wynikającymi zarówno z właściwości fizykochemicznych nawozów organicznych, jak i ze złożoności przemian, jakim podlegają te nawozy w glebie w zależności od warunków glebowych, klimatycznych i innych.

Etap IV. Określenie potrzeb nawożenia mineralnego w gospodarstwie dla roślin i pól.

Potrzeby nawożenia mineralnego na poszczególnych polach w gospodarstwie można ustalić przy zastosowaniu technik komputerowych lub klasyczną metodą bilansową.

Ustalenie dawek nawozów mineralnych składa się z następujących etapów:

- określenie wymagań pokarmowych roślin uprawnych w stosunku do azotu fosforu i potasu (omówiono w etapie I);
- oszacowanie źródeł przychodu azotu w gospodarstwie i wyliczenie dawki nawozów azotowych;
- oszacowanie źródeł przychodu fosforu i potasu w gospodarstwie i wyliczenie dawek nawozów fosforowych i potasowych.

Poniżej podano sposób określenia dawek nawozów mineralnych metodą bilansową, która wymaga przeprowadzenia kalkulacji nawozowych.

Oszacowanie źródeł przychodu azotu i obliczenie dawki azotu

Podstawowymi źródłami przychodu azotu, poza nawozami mineralnymi w warunkach określonego pola uprawnego są:

- nawozy organiczne - obornik, gnojowica, gnojówka,
- rośliny motylkowate uprawiane w plonie głównym,
- resztki poźniwne roślin motylkowatych oraz poplony na przyoranie,
- mineralizacja próchnicy glebowej,
- azot mineralny w glebie z poprzedniego roku nie wykorzystany przez przedplon.

Nawozy organiczne - ilość składników pokarmowych wnoszonych w nawozach organicznych na 1 ha (O) oblicza się, mnożąc dawkę nawozu (w t lub m³) przez przeciętną zawartość składników pokarmowych w tym nawozie.

Rośliny motylkowate uprawiane w plonie głównym - pod rośliny te nie stosuje się nawozów azotowych. Zabezpieczają one w pełni swoje potrzeby nawozowe na ten składnik na drodze symbiozy z bakteriami *Rhizobium*. W resztkach poźniwnych roślin motylkowatych znajduje się stosunkowo dużo azotu. Ilość azotu pobierana przez rośliny uprawne w wyniku mineralizacji resztek poźniwnych roślin motylkowatych zależy od gatunku rośliny motylkowej i odległości w zmianowaniu.

Ilość azotu pobierana z resztek poźniwnych roślin motylkowatych jest zawarta w szerokim przedziale. Ilość azotu do bilansu należy uzależnić od plonu rośliny motylkowej. Gdy plon był wysoki, należy wybrać górną wartość przedziału, gdy niski - dolną, gdy przeciętny - średnią.

Mineralizacja próchnicy glebowej. W warunkach pola uprawnego prawie cały azot występuje w postaci glebowej materii organicznej (próchnicy). Są to formy niedostępne bezpośrednio dla roślin uprawnych, stanowiące magazyn azotu glebowego. Corocznie niewielka część substancji organicznej ulega mineralizacji, czyli rozkładowi do form mineralnych, dostarczających azotu i innych składników w formie przyswajalnej dla roślin uprawnych pod wpływem drobnoustrojów glebowych. Im gleba zawiera więcej próchnicy, tym ilość azotu mineralnego dostępnego dla roślin z tego źródła jest większa.

Ilość azotu mineralnego w glebie z poprzedniego roku nie wykorzystanego przez przedplon zależy głównie od dawki azotu zastosowanej pod przedplon, kategorii agronomicznej gleby oraz wysokości opadów atmosferycznych w okresie zimy i wczesnej wiosny. Szacuje się, że ilość azotu nie wykorzystana przez przedplon (poprawnie nawożony) wynosi przy średnich opadach od 3 kg N / ha na glebach lekkich do 15 kg N / ha na glebach ciężkich (tj. 5-20% w stosunku do dawki azotu zastosowanej pod przedplon). Przy opadach poniżej normy należy przyjąć do bilansu wartość górnego przedziału liczbowego, przy opadach powyżej normy - wartości dolne, przy opadach w normie - wartości przeciętne.

Ilość azotu z opadów atmosferycznych, jaka dostaje się z opadami atmosferycznymi do gleby wynosi średnio 17 kg / ha / rok.

Azot w nawozach mineralnych stanowi uzupełnienie naturalnych źródeł azotu w gospodarstwie. Dawkę azotu w formie nawozów mineralnych dla określonej rośliny ustala się przez odjęcie od jej wymagań pokarmowych tej ilości azotu ze źródeł naturalnych, jaka dla danej rośliny w warunkach określonego pola została zapewniona. Wyliczenie wymaga ponadto uwzględnienia wykorzystania poszczególnych składników i zapewnienia ewentualnej korekty dawki ze względu na potrzeby jakościowe plonu.

Oszacowanie źródeł przychodu fosforu i potasu w gospodarstwie i obliczenie dawek nawozów fosforowych i potasowych

Głównymi źródłami fosforu i potasu, które należy uwzględnić przy ustalaniu dawek nawozów mineralnych, są:

- glebowe zasoby przyswajalnych form tych składników określone poprzez wyznaczenie klasy zasobności,
- nawozy organiczne.

Zasobność gleby uwzględnia się przy ustalaniu dawek nawozów za pomocą współczynników przeliczeniowych pobrania fosforu i potasu (wymagań pokarmowych) pozwalających określić wielkość dawki składnika pokarmowego w zależności od klasy zasobności gleby.

Nawozy organiczne uwzględnia się w ustalaniu dawki fosforu i potasu podobnie jak przy ustalaniu dawki azotu.

Wyznaczenie dawek nawozów wapniowych i magnezowych

Podstawą do wyznaczenia dawek nawozów wapniowych jest pomiar stopnia zakwaszenia gleby (pH_{KCl}) i wyznaczenie na tej podstawie przedziału potrzeb wapnowania na poszczególnych polach w gospodarstwie. Na podstawie wyników wieloletnich masowych doświadczeń polowych określono zalecane dawki nawozów wapniowych dla gleb zaliczonych do poszczególnych przedziałów potrzeb wapnowania.

Po wyznaczeniu zalecanej dawki nawozów wapniowych w przeliczeniu na CaO , należy ustalić dawkę określonego nawozu wapniowego na podstawie zawartości CaO w nawozie. Dane te należy uzyskać od dostawcy nawozu. Na glebach bardzo lekkich i lekkich zaleca się wapno węglanowe, a na gleby ciężkie można stosować zarówno wapno węglanowe, jak i tlenkowe. Na glebach ubogich w magnez należy stosować wapno magnezowe.

Etap V. Określenie zapotrzebowania na nawozy mineralne dla całego gospodarstwa.

W etapie tym należy zestawić dawki nawozów mineralnych wyliczone dla poszczególnych roślin na poszczególnych polach tak, aby można było określić:

- dawki czystych składników (N , P_2O_5 , K_2O , CaO) niezbędne do zastosowania na poszczególnych polach gospodarstwa po uwzględnieniu ilości składników z naturalnych źródeł w gospodarstwie głównie z nawozów organicznych;
- zapotrzebowanie na określone nawozy na poszczególnych polach w gospodarstwie;
- całkowite zapotrzebowanie na nawozy mineralne w gospodarstwie.

W następnej kolejności należy sporządzić terminarz stosowania nawozów w gospodarstwie i na tej podstawie terminarz zakupów. Nawozy należy kupować w okresach największych zniżek cen, a stosować w okresach najmniejszego spiętrzenia prac w gospodarstwie z zachowaniem wymogów agrotechnicznych.

Przy planowaniu nawożenia należy w maksymalnym stopniu uwzględnić możliwość zastosowania nawozów wieloskładnikowych. Ponadto między zakupem nawozów a ich wysiewem na polu powinien upłynąć możliwie krótki okres, tak aby nie obciążać gospodarstwa kosztami magazynowania.