

ZRÓWNOWAŻONE NAWOŻENIE ROŚLIN OGRODNICZYCH

Opracowanie zbiorowe pod redakcją

Dr. hab. Pawła Wójcika

Autorzy opracowania:

Dr Jacek Dyśko

Prof. dr hab. Stanisław Kaniszewski

Dr Waldemar Kowalczyk

Dr Jacek Nowak

Dr hab. Paweł Wójcik

Recenzenci:

Prof. dr hab. Augustyn Mika

Dr hab. Bożena Matysiak

Dr Agnieszka Stębowska

Opracowanie redakcyjne:

Mgr Barbara Nowak

Mgr Joanna Miszczak

ISBN 978-83-89800-57-2

© Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice 2014

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część niniejszej monografii nie może być reprodukowana w jakiegokolwiek formie i w jakikolwiek sposób bez pisemnej zgody wydawcy.

Skierniewice 2014

SPIS TREŚCI	
WSTĘP	3
I.NAWOŻENIE SADÓW I PLANTACJI ROŚLIN JAGODOWYCH	4
1. Analiza chemiczna gleby	4
1.1 Nawożenie fosforem, potasem i magnezem na podstawie analizy gleby	4
1.2 Nawożenie azotem na podstawie analizy gleby	4
1.3 Wapnowanie na podstawie analizy gleby	4
2. Analiza chemiczna liści	4
3. Metoda oceny wizualnej roślin	4
4. Nawożenie przed założeniem sadu/plantacji	7
4.1 Nawożenie organiczne	7
4.2 Nawożenie mineralne	8
4.3 Wapnowanie	8
5. Nawożenie w pierwszych dwóch latach prowadzenia sadu/plantacji	8
6. Nawożenie w owocującym sadzie/plantacji	9
6.1 Nawożenie azotem	9
6.2 Nawożenie fosforem	9
6.3 Nawożenie potasem	9
6.4 Nawożenie magnezem	10
6.5 Nawożenie mikroskładnikami	10
6.6 Fertygacja	10
6.7 Dokarmianie dolistne	10
6.8 Wapnowanie	11
Tabele	12
II.NAWOŻENIE ROŚLIN WARZYWNYCH	20
1. Płodozmian	20
2. Nawożenie warzyw w uprawach polowych	22
2.1 Nawożenie organiczne	22
2.2 Wapnowanie i nawożenie mineralne	27
3. Nawożenie warzyw w uprawach pod osłonami	30
3.1 Nawożenie w tradycyjnych uprawach gruntowych	30
3.2. Nawożenie w uprawach bezglebowych	31
4. Dokarmianie dolistne (pozakorzeniowe)	36
Tabele	37
III.NAWOŻENIE ROŚLIN OZDOBNYCH	42
1. Nawożenie pod osłonami	42
1.1. Nawożenie podstawowe	42
1.2 Nawożenie pogłównne	43
1.3 Nawozy do stosowania w uprawach pod osłonami	45
1.4 Diagnostyka nawożenia i zalecenia nawozowe	45
1.5 Nawożenie w zamkniętych systemach uprawy	50
1.6 Nawożenie nawozami o spowolnionym działaniu	50
2. Nawożenie w szkółkach	50
2.1 Uprawa gruntowa	50
2.2 Uprawa kontenerowa (pojemnikowa)	51
3. Dokarmianie dolistne	51
Tabele	52
IV.METODY OKREŚLANIA POTRZEB NAWOZOWYCH ROŚLIN OGRODNICZYCH	58
1. Metoda Egnera-Riehma	58
2. Metoda Schachtschabela	58
3. Odczyn gleby	58
4. Metoda uniwersalna	59
5. Zasady pobierania próbek glebowych w uprawach roślin sadowniczych	59
6. Zasady pobierania liści z upraw roślin sadowniczych	60
7. Pobieranie próbek glebowych z polowych upraw warzywnych i roślin ozdobnych	60
8. Pobieranie próbek podłoża w uprawach szklarniowych	61
9. Pobieranie próbek podłoża z doniczek i pierścieni uprawowych	61
10. Pobieranie próbek wody i pożywki w uprawach bezglebowych	62
11. Pobieranie próbek materiału roślinnego warzyw i roślin ozdobnych	62
12. Metody analityczne oznaczania ogólnych zawartości składników w glebie i materiale roślinnym	63
Tabele	64

WSTĘP

Ogrodnictwo jest ważnym sektorem produkcji roślinnej w Polsce. Produkcja ogrodnicza stanowi ponad 30% wartości towarowej produkcji roślinnej w kraju. Polska jest ważnym producentem i eksporterem owoców, warzyw oraz kwiatów. Przewiduje się, że produkcja ogrodnicza w Europie (w tym w Polsce) będzie stopniowo wzrastała. Jest to związane z coraz większym popytem na produkty ogrodnicze w krajach Europy Wschodniej oraz dostępnością rynków.

Nawożenie jest podstawowym zabiegiem agrotechnicznym, wpływającym zarówno na produktywność roślin, jak i jakość plonu. Szacuje się, że w warunkach glebowo-klimatycznych Polski udział nawożenia w produktywności roślin wynosi 40-50%. Jednocześnie niewłaściwe stosowanie nawozów obniża żyzność gleby przez stymulowanie zakwaszenia, zachwianie równowagi jonowej między składnikami, ograniczenie aktywności mikrobiologicznej, wprowadzenie szkodliwych substancji/pierwiastków lub indukowanie zasolenia. Nawożenie może także wpływać na eutrofizację wód powierzchniowych i zanieczyszczenie wód gruntowych azotanami i azotynami, a nawet potęgować tzw. „efekt cieplarniany”.

Biorąc pod uwagę potencjalne negatywne oddziaływanie nawozów na środowisko oraz wysokie ceny nawozów mineralnych, podstawowym celem nawożenia nie powinno być uzyskanie maksymalnych plonów, lecz takich, przy których zapewniona jest opłacalność produkcji oraz wysoka jakość plonu z jednocześnie minimalnym obciążeniem środowiska naturalnego. Dodatkowym celem nawożenia jest polepszenie lub podtrzymanie żyzności gleby, co umożliwi uzyskiwanie wysokich i stabilnych plonów przez długi czas. Nawożenie, które realizuje powyższe cele określane jest nawożeniem zrównoważonym. W warunkach glebowo-klimatycznych Polski nawożenie jednym lub nawet dwoma składnikami w większości przypadków nie daje dobrych efektów produkcyjnych, gdyż pozostałe, niezbędne dla roślin składniki, na ogół są w glebie w niewystarczających ilościach. W konsekwencji prowadzi to do ograniczenia produktywności roślin lub obniżenia jakości plonu.

Strategia nawożenia roślin ogrodniczych opiera się na znajomości potrzeb pokarmowych poszczególnych gatunków roślin, ocenie wizualnej roślin oraz wynikach testów glebowych i roślinnych. Racjonalne (kontrolowane) stosowanie nawozów na podstawie powyższych kryteriów diagnostycznych nie tylko skutecznie zwiększa produktywność roślin, ale także nie stanowi istotnego zagrożenia dla środowiska naturalnego. Aby nawożenie spełniało oczekiwania produkcyjne, a jednocześnie nadmiernie nie obciążało środowiska, nawozy (zarówno mineralne jak i organiczne/naturalne) muszą być stosowane według określonych zasad.

Biorąc pod uwagę zróżnicowane wymagania pokarmowe roślin sadowniczych, warzywnych i ozdobnych (a nawet gatunków w obrębie każdej z tych grup roślin) oraz odmienne systemy/technologie produkcji, strategie ich nawożenia muszą być różne. Z tego powodu w niniejszej monografii opisane zostały zasady zrównoważonego nawożenia roślin ogrodniczych z podziałem na rośliny sadownicze, warzywne i ozdobne.

I. NAWOŻENIE SADÓW I PLANTACJI ROŚLIN JAGODOWYCH

Dr hab. Paweł Wójcik

Strategia nawożenia roślin sadowniczych opiera się na wynikach analizy gleby i liści oraz na ocenie wizualnej roślin. W kompleksowym nawożeniu roślin należy wykorzystywać wszystkie powyższe kryteria diagnostyczne, gdyż ich wyniki uzupełniają się wzajemnie, zwiększając tym samym prawdopodobieństwo właściwego stosowania nawozów w danych warunkach glebowo-klimatycznych.

1. Analiza chemiczna gleby

Podstawowa analiza gleby obejmuje oznaczenie odczynu (pH) oraz zawartości przyswajalnego fosforu (P), potasu (K) i magnezu (Mg). Uzasadnione jest także oznaczenie zawartości materii organicznej oraz składu granulometrycznego gleby.

1.1 Nawożenie fosforem, potasem i magnezem na podstawie analizy gleby

Nawożenie powyższymi składnikami prowadzone jest na podstawie porównania wyników analizy gleby z tzw. liczbami granicznymi zawartości P, K i Mg ([tab. 1](#)). W zależności od kwalifikacji zawartości składnika w danej glebie do klasy zasobności (klasa: niska, średnia lub wysoka) podejmuje się decyzję o celowości nawożenia danym składnikiem oraz jego dawce.

1.2 Nawożenie azotem na podstawie analizy gleby

Potrzeby nawozowe sadów/plantacji w stosunku do azotu (N) można oszacować na podstawie zawartości materii organicznej w glebie ([tab. 2](#)). Podane dawki N należy traktować jako orientacyjne, porównując je z siłą wzrostu roślin lub zawartością N w liściach.

1.3 Wapnowanie na podstawie analizy gleby

Ocena potrzeb wapnowania oraz dawka wapna zależą od odczynu i kategorii agronomicznej gleby oraz okresu użycia wapna ([tab. 3-5](#)).

2. Analiza chemiczna liści

Analiza chemiczna liści koryguje strategię nawożenia sadów/plantacji (szczególnie w odniesieniu do N) opartą na analizie chemicznej gleby. W nawożeniu roślin wykorzystuje się wyniki analizy liści do porównania zawartości składników w próbce z tzw. liczbami granicznymi ([tab. 6-14](#)).

3. Metoda oceny wizualnej roślin

Metoda opiera się na ocenie kondycji roślin. W ocenie bierze się pod uwagę siłę wzrostu roślin, wygląd liści, intensywność kwitnienia, stopień zawiązywania owoców, jakość i zdolność przechowalniczą owoców oraz ich trwałość w obrocie handlowym. Poszczególne składniki pokarmowe w mniejszym lub większym stopniu wpływają na powyższe parametry.

Objawy braku i nadmiaru składników

W warunkach glebowo-klimatycznych Polski obserwuje się objawy niedoboru lub nadmiaru większości makro- i mikrośladników w uprawach sadowniczych. Objawy niedoboru miedzi (Cu) i siarki (S) w sadach/plantacjach nie były do tej pory obserwowane, ponieważ powyższe składniki stosowane są rutynowo w ochronie roślin przed patogenami grzybowymi. Z tego powodu poniżej opisano objawy niedoboru i nadmiaru składników, pomijając Cu i S.

Azot

Rośliny niedostatecznie odżywione N mają małe, cienkie i jasnozielone liście, które w okresie letnio-jesiennym przybierają kolor żółto-zielony lub czerwono-purpurowy i przedwcześnie opadają. Ogonki liściowe mają barwę czerwono-brunatną. Pierwsze objawy niedoboru N pojawiają się na starszych liściach i stopniową obejmują liście wyżej położone na pędzie. Pędy są cienkie i krótkie. Zawiązywanie pąków kwiatowych jest ograniczone, co obniża plonowanie roślin. Owoce są drobne, mało smaczne, lecz jędrne i dobrze wybarwione (jabłka). Skórka jabłek i gruszek szybko traci zieloną barwę. Owoce mają tendencję do wcześniejszego dojrzewania i opadania.

Nadmiar N w roślinie wywiera także negatywny wpływ na plonowanie oraz jakość owoców. Rośliny przenawożone N później wchodzi w okres owocowania. Pędy są grube, a ich wzrost jest silny. Pędy późno kończą swój wzrost, zwiększając ryzyko ich przemarznięcia w okresie zimowym. Liście są duże, grube i ciemnozielone. Są podatne na wiele chorób grzybowych oraz chętnie zasiedlane przez szkodniki (głównie mszyce i przędziorki). Przy drastycznym przenawożeniu N wierzchołki pędów wraz z najmłodszymi liśćmi zasychają. Owoce są słabo wybarwione (jabłka), miękkie, mało smaczne, podatne na pęknięcie oraz wykazują małą zdolność przechowalniczą i trwałość w obrocie handlowym. Jabłka i gruszki są zielone, nawet gdy osiągną dojrzałość konsumpcyjną.

Fosfor

W warunkach polowych objawy niedoboru P są rzadko spotykane. Niedobór tego składnika powoduje w pierwszej kolejności osłabienie wzrostu pędów. Liście mają przebarwienia w kolorze karminowo-bordowym oraz są osadzone pod ostrym kątem na pędach. Pąki kwiatowe często zamierają. Owoce są drobne, słabo wybarwione (jabłka), miękkie, mało smaczne oraz odznaczają się małą zdolnością przechowalniczą i trwałością w obrocie handlowym.

Wysoka zawartość P w glebie ogranicza pobieranie i transport cynku (Zn) do nadziemnych części roślin. Zbyt wysoka zawartość P w jabłkach może pogarszać ich zdolność przechowalniczą.

Potas

Przy umiarkowanym niedobrze K w roślinie liście są małych rozmiarów. Przy większym niedobrze na liściach, między głównymi nerwami oraz na brzegu blaszki liściowej, tworzą się chlorotyczne plamy. W krótkim czasie chloroza liści przechodzi w nekrozę o barwie brunatnej lub czarnej. Brzegi liści podwijają się ku górze. Przy dużym niedobrze K, nekroza obejmuje prawie całą blaszkę liściową. Pędy z małą zawartością K są krótkie, cienkie oraz podatne na przemarzanie w okresie zimy. Owoce są drobne, słabo wybarwione (jabłka), mało smaczne, lecz dobrze się przechowują oraz są trwałe w obrocie handlowym.

Zbyt wysoka zawartość K w glebie ogranicza pobieranie magnezu (Mg) i wapnia (Ca), powodując ich niedobór w roślinie.

Magnez

W warunkach deficytu Mg między głównymi nerwami liści tworzą się chlorotyczne plamy, które następnie przechodzą w nekrozę. Liście szybko zasychają i opadają. Na pędach pozostają tylko wierzchołkowe liście. Pędy mają obniżoną wytrzymałość na niskie temperatury. W wyniku przedwczesnego opadania liści plon owoców jest zredukowany, owoce są drobne, mało smaczne, słabo wybarwione (jabłka) oraz mają niską zdolność przechowalniczą. Owoce mają tendencję do wcześniejszego opadania.

Wysoka zawartość Mg może prowadzić do ograniczenia pobierania K i Ca. Nadmiar Mg w jabłkach zwiększa podatność na gorzką plamistość podskórną.

Wapń

Objawy niedoboru Ca są rzadko obserwowane na częściach wegetatywnych roślin sadowniczych. Przy niedoborze Ca liście wierzchołkowe są jasnozielone z drobnymi plamkami o barwie żółto-brązowej. Brzegi liści są często postrzępione. W przypadku jabłek i gruszek mała zawartość Ca powoduje ich drobnienie, zwiększenie wrażliwości na pęknięcie, korkowacenie i oparzenia słoneczne. Owoce przechowują się krótko i są mało trwałe w obrocie handlowym oraz podatne na wiele chorób fizjologicznych.

Nadmiar Ca w glebie może powodować niedobór K i Mg w roślinie. W wyniku wapnowania, podwyższającego odczyn gleby do poziomu obojętnego lub zasadowego, dochodzi do niedoboru Zn, żelaza (Fe), manganu (Mn), boru (B).

Bor

W warunkach niedoboru B pąki kwiatowe rozwijają się nieprawidłowo, co prowadzi do zamierania kwiatów. Owoce są drobne, zniekształcone, ordzawione, skorkowaciałe, mało smaczne oraz mają tendencję do wczesnego dojrzewania. Objawy na wegetatywnych częściach roślin pojawiają się jedynie przy dużym niedoborze B. Liście wierzchołkowe są chlorotyczne, wąskie, kruche, z nekrozami na brzegach. Wzrost pędów jest ograniczony, a w skrajnych przypadkach dochodzi do zamierania wierzchołków pędów. Kora pędów staje się chropowata, łuszczy się i często pęka.

Przy nadmiarze B w roślinie zawiązywanie owoców jest osłabione. Owoce są zniekształcone, z tendencją do przedwczesnego dojrzewania. Na ogonkach liściowych oraz dolnej stronie blaszki liściowej tworzą się liczne drobne zgrubienia koloru bordowego. Wierzchołki pędów obumierają. U drzew pestkowych pojawiają się wycieki (gumoza) na pędach, konarach i pniach.

Żelazo

Objawy niedoboru Fe pojawiają się na najmłodszych liściach w postaci chlorozy międzyżyłkowej (nerwy główne pozostają na ogół zielone). Przy silnym niedoborze Fe wierzchołkowe liście przybierają barwę cytrynową. Blisko brzegów liści mogą pojawiać się nekrotyczne plamy. Liście wyginają się ku górze wzdłuż nerwu głównego. Wzrost pędów jest ograniczony. Przy dużym i długotrwałym niedoborze Fe wierzchołki pędów, a nawet całe pędy, zamierają.

W warunkach polowych nadmiar Fe w roślinach sadowniczych nie jest obserwowany, nawet na glebach silnie zakwaszonych.

Mangan

Pierwsze objawy niedoboru Mn pojawiają się na liściach w pełni wyrosniętych (w środkowej części długopędów) w postaci „rozsianej” chlorozy między głównymi nerwami. Chloroza zaczyna się od brzegu blaszki liściowej i nie obejmuje jej nerwów. Wzrost pędów jest ograniczony, a owoce są drobne, mało soczyste, lecz dobrze wybarwione (jabłka). Jabłka i gruszki o małej zawartości Mn szybko tracą zieloną barwę skórki.

Chloroza międzyżyłkowa starszych liści jest wynikiem toksyczności Mn. Liście te żółkną, a następnie zamierają i opadają. Wzrost pędów jest silnie ograniczony, a kora na częściach wieloletnich jest chropowata z licznymi plamami nekrotycznymi. Na pniach oraz u podstawy konarów drzew pestkowych obserwuje się wycieki.

Cynk

Niedobór Zn powoduje tzw. „rozetkowatość liści” w postaci małych i wąskich liści wierzchołkowych, osadzonych na pędzie blisko siebie. Między głównymi nerwami liści oraz na brzegu blaszki liściowej tworzy się chloroza w postaci jasnozielonych rozmytych plam. W warunkach dużego niedoboru Zn wierzchołki pędów zamierają, a pędy wyrastające z ich wierzchołkowej części są krótkie i często zamierają. Pąki kwiatowe nie rozwijają się, co prowadzi do słabego kwitnienia. Owoce są drobne, mało soczyste, spłaszczone i asymetryczne. Objawem fitotoksyczności Zn jest chloroza międzyżyłkowa na starszych liściach. Wzrost pędów jest osłabiony, a zawiązywanie owoców ograniczone. Owoce są drobne i mało soczyste. Biorąc pod uwagę, że w sadach/plantacjach objawy niedoboru składników obserwowane są znacznie częściej niż symptomy ich nadmiaru, w [tabeli 15](#) zamieszczono tylko charakterystyczne objawy deficytu poszczególnych składników w roślinie.

4. Nawożenie przed założeniem sadu/plantacji

4.1 Nawożenie organiczne

Zastosowanie nawozów naturalnych (pozyskiwanych z produkcji zwierzęcej) i organicznych (pochodzących z produkcji roślinnej) przed posadzeniem drzewek/sadzonek na ogół polepsza wzrost i plonowanie w pierwszych latach prowadzenia sadu/plantacji. Pozytywny wpływ nawożenia organicznego na wzrost i rozwój roślin sadowniczych obserwuje się szczególnie na glebach lekkich, słabo próchnicznych, wykazujących chorobę replantacyjną (zmęczenie gleby). Działanie nawozów naturalnych i organicznych w pierwszych latach wzrostu roślin jest wynikiem zarówno dostarczenia roślinom składników mineralnych, jak i polepszenia fizykochemicznych i biologicznych właściwości gleby.

Szczególnie cennym nawozem naturalnym dla roślin sadowniczych jest obornik. Roczna dawka obornika, zastosowanego przed założeniem sadu/plantacji, nie może przekroczyć 170 kg N na ha. Nawóz ten nie może być zastosowany na glebach zalanych wodą, przykrytych śniegiem lub zamarzniętych do głębokości 30 cm. W celu ograniczenia strat N związanych z ulatnianiem się tego składnika, po rozrzuceniu na pole obornik powinien być jak najszybciej przykryty glebą.

Termin zastosowania obornika zależy od okresu zakładania sadu/plantacji oraz kategorii agronomicznej gleby. Na glebach lekkich nie należy stosować go jesienią. Gdy drzewka/sadzonki będą sadzone jesienią, to obornik powinien być zastosowany pod przedplon. W przypadku zakładania sadu/plantacji wiosną na glebie lekkiej dobrze przefermentowany obornik najlepiej zastosować bezpośrednio przed sadzeniem drzewek/sadzonek.

Alternatywą dla obornika są tzw. nawozy zielone, czyli rośliny przeznaczone na przyoranie. Wartość nawozowa tych roślin zależy od wielkości wyprodukowanej biomasy oraz zawartości składników mineralnych. Wysoką wartość nawozową wykazują rośliny bobowate (strączkowe i drobnonasienne). Zaleca się także wysiewać mieszanki roślin bobowatych z innymi roślinami. Najbardziej wartościowe nawozy zielone uzyskuje się z mieszanek roślin strączkowych ze zbożowymi. W mieszance powinny być gatunki roślin o podobnych wymaganiach glebowych. Na glebach lekkich i średnich można zastosować mieszankę łubinu żółtego (140 kg · ha⁻¹) z seradelą (25 kg · ha⁻¹), łubinu żółtego (120 kg · ha⁻¹) z peluszką (80 kg · ha⁻¹) i seradelą (20 kg · ha⁻¹), łubinu żółtego (120 kg · ha⁻¹) z peluszką (60 kg · ha⁻¹) i gorczyką (60 kg · ha⁻¹) lub peluszki (150 kg · ha⁻¹) ze słonecznikiem (15 kg · ha⁻¹). Na glebach ciężkich

można użyć np. mieszanki składającej się z wyki jarej ($120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) z bobikiem ($50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) lub peluszki ($120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) z bobikiem ($50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$). W zależności od warunków glebowo-klimatycznych skład mieszanki oraz proporcje między komponentami mogą być inne niż podano wyżej.

4.2 Nawożenie mineralne

Przed sadzeniem roślin może być konieczne zastosowanie nawozów fosforowych i potasowych. O potrzebie nawożenia P i K oraz ich dawce decyduje zawartość tych składników w glebie ([tab. 1](#)).

Nawozy fosforowe można zastosować zarówno pod przedplon, jak i bezpośrednio przed sadzeniem roślin sadowniczych, natomiast nawozy potasowe najlepiej zastosować bezpośrednio przed założeniem sadu/plantacji. Nawożenie K pod przedplon uzasadnione jest jedynie w przypadku stosowania wysokich dawek K w formie chlorkowej (soli potasowej). Nawozy fosforowe i potasowe muszą być wymieszane z glebą przynajmniej na głębokość 20 cm.

4.3 Wapnowanie

Potrzeby wapnowania zależą od aktualnego odczynu oraz kategorii agronomicznej gleby ([tab. 3](#) i [4](#)). Wapnowanie najlepiej wykonać rok przed założeniem sadu/plantacji. Zbyt późne wykonanie tego zabiegu uniemożliwia podwyższenie odczynu gleby do wymaganej wartości. Przy konieczności podwyższenia, zarówno odczynu gleby jak i zawartości Mg, należy użyć wapna magnezowego w dawce wynikającej z potrzeb wapnowania.

Na glebach lekkich poleca się używać wapna w formie węglanowej, a na glebach średnich i ciężkich w formie tlenkowej (wapno palone) lub wodorotlenkowej (wapno gaszone).

5. Nawożenie w pierwszych dwóch latach prowadzenia sadu/plantacji

Jeśli przed założeniem sadu/plantacji nawożenie było wykonane prawidłowo, to w pierwszych dwóch latach prowadzenia upraw nawożenie mineralne ogranicza się tylko do N.

Dawka azotu

W zależności od zawartości materii organicznej w glebie oraz uprawianego gatunku rośliny, polecane dawki N wynoszą 5-25 g na 1 m^2 powierzchni nawożonej ([tab. 2](#)). Dawki te dotyczą sadów/plantacji, w których utrzymywany jest ugór mechaniczny na całej powierzchni lub w pasach wzdłuż rzędów drzew/krzewów. W przypadku utrzymywania murawy na całej powierzchni sadu/plantacji lub przy silnym zachwaszczeniu wokół roślin, dawki N powinny być zwiększone o około 50%. Dawki N należy także zwiększyć (o 30-50%), gdy w rzędach drzew/krzewów będą wykładane ściółki organiczne o wysokim stosunku węgla do azotu (np. słoma, kora, ścinki gałęzi).

Terminy nawożenia azotem

W pierwszym roku prowadzenia sadu/plantacji nawozy azotowe stosuje się dwukrotnie. Pierwszą dawkę N, stanowiącą około 30% potrzeb nawozowych, rozsiewa się w fazie narzmiowania-pęknięcia pąków, a pozostałą część (70%) – pod koniec czerwca. W drugim roku wzrostu roślin zachodzi także konieczność podzielenia rocznej dawki N na dwie części. Pierwszą dawkę N, stanowiącą 50-70% potrzeb nawozowych, stosuje się wczesną wiosną, a pozostałą (30-50%) – pod koniec czerwca.

Sposób nawożenia azotem

W pierwszych dwóch latach po posadzeniu drzewek/sadzonek, nawozy azotowe stosuje się wokół roślin w promieniu około 1,5 razy większym niż zasięg korony. Przy gęstym sadzeniu

drzewek oraz na plantacjach roślin jagodowych nawozy azotowe rozsiewa się pasowo wzdłuż rzędów roślin.

6. Nawożenie w owocującym sadzie/plantacji

6.1 Nawożenie azotem

W zależności od zawartości materii organicznej w glebie oraz uprawianego gatunku rośliny orientacyjne dawki N dla owocujących sadów/plantacji wahają się od 20 do 120 kg na ha ([tab. 2](#)). Dawki te odnoszą się do sadów/plantacji, w których utrzymuje się ugór herbicydowy/mechaniczny wzdłuż rzędów roślin. W uprawach, w których na całej powierzchni utrzymywana jest murawa lub, gdy w rzędach roślin stosuje się ściółki organiczne o wysokim stosunku węgla do azotu, dawki N należy zwiększyć o 30-50%. Orientacyjne dawki N dla owocujących sadów/plantacji, wynikające z poziomu zawartości materii organicznej w glebie, muszą być weryfikowane przy pomocy wyników analizy liści ([tab. 6-14](#))

W większości przypadków nawozy azotowe stosuje się jednorazowo wczesną wiosną. Na terenach narażonych na wiosenne przymrozki wskazane jest podzielenie dawki N na dwie części. Pierwszą, stanowiącą 50-70% rocznej dawki, stosuje się wczesną wiosną, a drugą (30-50%) – 2-3 tygodnie po kwitnieniu. Jeśli przymrozki wiosenne spowodują duże uszkodzenia kwiatów/zawiązków, to rezygnuje się ze stosowania drugiej dawki N.

W owocującym sadzie/plantacji nawozy azotowe rozsiewa się na całej powierzchni lub pasowo wzdłuż rzędów roślin. Pasowe nawożenie N może być polecane jedynie, gdy w kolejnym roku nawożenie tym składnikiem będzie wykonane na całej powierzchni sadu/plantacji.

6.2 Nawożenie fosforem

Nawożenie P wykonuje się, gdy wyniki analizy gleby/liści wykażą zbyt małą jego zawartość ([tab. 1, 6-14](#)), lub gdy pojawią się objawy niedoboru tego składnika na roślinie. W powyższych przypadkach nawozy fosforowe stosuje się drogą pozakorzeniową. W sadach nawozy fosforowe można rozsiać na powierzchni gleby wzdłuż rzędów roślin, a następnie wymieszać je z glebą do głębokości około 5 cm. Dawka P przy jego wymieszaniu z powierzchniową warstwą gleby wynosi 5-10 g P₂O₅ na 1 m² powierzchni nawożonej.

6.3 Nawożenie potasem

Jeśli przed sadzeniem roślin gleba była właściwie przygotowana, to nawozy potasowe najczęściej stosuje się od trzeciego roku prowadzenia sadu/plantacji. O konieczności nawożenia K oraz jego dawce decyduje zawartość K w glebie i liściach ([tab. 1, 6-14](#)). Dawki K podane w powyższych tabelach odnoszą się do sadów/plantacji, w których utrzymywany jest ugór herbicydowy wzdłuż rzędów roślin. W przypadku utrzymywania murawy na całej powierzchni sadu/plantacji lub silnego zachwaszczenia wokół roślin dawkę K należy zwiększyć o 30-50%. Nawozy potasowe stosuje się wiosną lub jesienią. Wiosenne nawożenie K poleca się na gleby lekkie, a jesienne na gleby średnie i ciężkie. Jesienne nawożenie K uzasadnione jest także przy stosowaniu soli potasowej.

Nawozy potasowe mogą być rozsiewane na całej powierzchni sadu/plantacji lub tylko w pasach ugoru herbicydowego/mechanicznego. Drugi sposób aplikacji musi być powiązany z przemiennym stosowaniem K na całej powierzchni sadu; w jednym roku nawozy potasowe rozsiewa się wzdłuż rzędów roślin, a w kolejnym sezonie na całej powierzchni uprawy.

6.4 Nawożenie magnezem

Stosowanie nawozów magnezowych może być uzasadnione od 3-4 roku po założeniu sadu/plantacji, pod warunkiem, że w czasie sadzenia roślin zawartość Mg w glebie była odpowiednia (klasa zasobności średnia lub wysoka). O celowości nawożenia Mg decyduje analiza gleby ([tab. 1](#)), zawartość Mg w liściach ([tab. 6-14](#)) oraz wygląd roślin. Jeśli zachodzi potrzeba zwiększenia zawartości Mg w glebie, to jego dawki wynoszą 6-12 g MgO na 1 m² powierzchni nawożonej ([tab. 1](#)).

Biorąc pod uwagę, że nawozy magnezowe są drogie, nawożenie tym składnikiem można ograniczyć do powierzchni gleby wzdłuż rzędów roślin. W tym przypadku nawozy magnezowe rozsiewa się w pasach o szerokości 1,5 razy większej niż średnica koron/krzewu. Nawozy magnezowe należy stosować wczesną wiosną.

Jeśli w sadzie/plantacji zachodzi konieczność zwiększenia zawartości Mg oraz podwyższenia odczynu gleby, to należy użyć wapna magnezowego. Dawki nawozów wapniowo-magnezowych, termin oraz sposób ich stosowania wynikają z potrzeb wapnowania.

6.5 Nawożenie mikroskładnikami

O celowości zasilania roślin mikroskładnikami decyduje analiza chemiczna liści ([tab. 6-8, 10](#)) oraz ocena wizualna liści, pędów, owoców. Jeśli analiza chemiczna liści wykaże niedostateczną zawartość mikroskładników, to uzasadnione będzie nawożenie tymi składnikami. Gdy nawozy będą stosowane doglebowo, to dawki mikroskładników dla sadów/plantacji wynoszą: 1-4 kg B, 20-40 kg Fe, 10-20 kg Mn oraz 6-11 kg Zn na 1 ha (Wójcik 2009). W przypadku dolistnego dokarmiania roślin mikroskładnikami dawki nawozów muszą być zgodne z instrukcją stosowania.

6.6 Fertygacja

Jest to sposób nawożenia polegający na zasilaniu roślin składnikami przez system nawodnieniowy. Przy tym systemie nawożenia stosuje się tylko nawozy dobrze rozpuszczalne w wodzie. W przeciwnym razie dochodzi do zapychania emiterów. Fertygacja daje dobre efekty produkcyjne jeśli fizyczno-chemiczne właściwości gleby są optymalne dla wzrostu systemu korzeniowego uprawianego gatunku rośliny. Z tego powodu przed przystąpieniem do fertygacji gleba musi mieć odpowiedni odczyn oraz zawierać wystarczające ilości przyswajalnych składników. Dotyczy to nie tylko pasów gleby wzdłuż rzędów roślin, ale także gleby w międzyrzędziach.

Dawki składników stosowanych w systemie fertygacji są kilkakrotnie mniejsze od dawek polecanych w nawożeniu metodą tradycyjną (Treder 2003). Fertygację roślin prowadzi się od pierwszych dni maja do połowy sierpnia, z częstotliwością co 5-7 dni. Najlepsze efekty produkcyjne uzyskuje się przy łącznym stosowaniu fertygacji z nawożeniem metodą tradycyjną (w dawkach obniżonych o około 50%).

6.7 Dokarmianie dolistne

Nawożenie dolistne należy traktować jako uzupełnienie nawożenia doglebowego. Zabieg ten wykonuje się, gdy roślina nie może pobrać lub przetransportować odpowiedniej ilości składnika do organów/tkanek w okresie największego zapotrzebowania. Może to wynikać z ograniczonej aktywności korzeni (silne zakwaszenie gleby, zbyt duża zwięzłość gleby, stres tlenowy, uszkodzenie korzeni przez mróz lub gryzonie), występowania w glebie składnika w trudno przyswajalnej formie, antagonizmu jonowego w roztworze glebowym, częściowego uszkodzenia tkanek pni, konarów lub pędów, specyficznego transportu składnika do poszcze-

gólnych organów roślin oraz pojawienia się objawów niedoboru danego składnika na roślinie. Rośliny mogą być także zasilane dolistnie niektórymi składnikami (głównie N) w celu wzmocnienia pąków kwiatowych w okresie późnojesiennym.

W uprawie jabłoni i gruszy duże znaczenie mają opryski Ca (Wójcik 2009). Wynika to z faktu, że niedobór Ca w jabłkach i gruszkach pogarsza zdolność przechowalniczą i trwałość w obrocie handlowym oraz zwiększa podatność na pęknięcie, poparzenia słoneczne i niektóre choroby fizjologiczne. Mała zawartość Ca w miąższu jabłek i gruszek jest związana z ograniczonym transportem tego składnika do zawiązków.

6.8 Wapnowanie

Jeśli w czasie sadzenia roślin odczyn gleby był odpowiedni dla danego gatunku rośliny, to wapnowanie należy wykonać po kolejnych 3-4 latach. W zależności od kategorii agronomicznej gleby oraz aktualnego jej odczynu, polecane dawki nawozów wapniowych w sadzie/plantacji wahają się od 500 do 2500 kg CaO na 1 ha (tab. 5). Przy okresowym wapnowaniu rośliny podlegają wahaniom odczynu gleby, co może osłabiać ich wzrost lub obniżać plonowanie. Z tego powodu lepiej utrzymywać odczyn gleby na optymalnym poziomie przez cały okres eksploatacji sadu/plantacji. W celu stabilizacji kwasowości gleby należy stosować corocznie około 300 kg CaO na 1 ha (po wcześniejszym osiągnięciu optymalnego odczynu gleby).

Wapnowanie wykonuje się wczesną wiosną lub późną jesienią. W wiosennym terminie wapno rozsiewa się, gdy powierzchniowa warstwa gleby jest rozmarznięta, a drzewa/krzewy nie wytworzyły jeszcze liści. Jesienne wapnowanie najlepiej wykonać od końca października do pierwszej połowy listopada.

Do wapnowania należy używać tylko środków odkwaszających, mających certyfikat upoważniający do stosowania ich w rolnictwie. Przestrzeganie tego prawa jest szczególnie ważne, gdyż wapno może być pozyskiwane z wielu gałęzi przemysłowych, jako produkt uboczny, zawierający znaczne ilości metali ciężkich.

Literatura

Kłossowski W. 1972. Nawożenie roślin sadowniczych. PWRiL, Warszawa.

Sadowski A., Nurzyński J., Pacholak E., Smolarz K. 1990. Określenie potrzeb nawożenia roślin sadowniczych. SGGW-AR, Warszawa.

Treder W. 2003. Wpływ fertygacji nawozami azotowym i wieloskładnikowym na zmiany chemiczne gleby oraz wzrost i owocowanie jabłoni. Monografie i Rozprawy, ISK, Skierniewice.

Wójcik P. 2009. Nawozy i nawożenie drzew owocowych. Hortpress, Warszawa.

Tabela 1. Wartości graniczne zawartości fosforu (P), potasu (K) i magnezu (Mg) w glebie oraz wysokość dawki do stosowania przed założeniem sadu/plantacji lub w trakcie prowadzenia upraw (Sadowski i in. 1990)

Wyszczególnienie	Klasa zasobności		
	niska	średnia	wysoka
Dla wszystkich gleb: – warstwa orna – warstwa podorna	Zawartość fosforu (mg P · kg ⁻¹)		
	<20	20-40	>40
	<15	15-30	>30
Nawożenie: – przed założeniem sadu – przed założeniem plantacji	Dawka fosforu (kg P ₂ O ₅ · ha ⁻¹)		
	300	100-200	-
	100	100	-
Warstwa orna: <20% części sflawialnych 20-35% części sflawialnych >35% części sflawialnych Warstwa podorna: <20% części sflawialnych 20-35% części sflawialnych >35% części sflawialnych	Zawartość potasu (mg K · kg ⁻¹)		
	<50	50-80	>80
	<80	80-130	>130
	<130	130-210	>210
	<30	30-50	>50
	<50	50-80	>80
	<80	80-130	>130
Nawożenie: - przed założeniem sadu lub plantacji porzeczek i agrestu - przed założeniem plantacji malin i truskawek - w owocującym sadzie lub plantacji	Dawka potasu (kg K ₂ O · ha ⁻¹)		
	150-300	100-200	-
	100-180	60-120	-
	80-120	50-80	-
Dla obu warstw gleby: <20% części sflawialnych ≥20% części sflawialnych	Zawartość magnezu (mg Mg · kg ⁻¹)		
	<25	25-40	>40
	<40	40-60	>60
Nawożenie: – przed założeniem sadu/plantacji – w owocującym sadzie/plantacji	Dawka magnezu (g MgO · m ⁻²)		
	wynika z potrzeb wapnowania		-
	12	6	-
Dla wszystkich gleb niezależnie od warstwy gleby	Stosunek K : Mg		
	bardzo wysoki	wysoki	poprawny
	>6,0	3,6-6,0	3,5

Tabela 2. Orientacyjne dawki azotu (N) w sadach/plantacjach w zależności od zawartości materii organicznej w glebie

Sad/plantacja	Zawartość materii organicznej (%)		
	0,5-1,5	1,6-2,5	2,6-3,5
	Roczna dawka azotu		
Pierwsze 2 lata prowadzenia sadu	15-20*	10-15*	5-10*
Pierwsze 2 lata prowadzenia plantacji porzeczek i agrestu	20-25*	15-20*	10-15*
Pierwsze 2 lata prowadzenia plantacji malin	10-12*	8-10*	6-8*
Pierwszy rok prowadzenia plantacji truskawek:			
– sadzenie wiosenne lub jesienne	50-60**	40-50**	20-30**
– sadzenie wczesno letnie	30-40**	20-30**	10-20**
Sady starsze niż 2 lata	60-80**	40-60**	20-40**
Plantacje porzeczek i agrestu starsze niż 2 lata	100-120**	80-100**	60-80**
Plantacje malin starsze niż 2 lata:			
– owocujące na pędach dwuletnich	60-80**	40-60**	20-40**
– owocujące na pędach jednorocznych	80-100**	60-80**	40-60**
Plantacje truskawek w 2 i 3 roku	40-50**	30-40**	20-30**

* dawki N w g · m⁻² powierzchni nawożonej** dawki N w kg · ha⁻¹ powierzchni nawożonej

Tabela 3. Ocena potrzeb wapnowania gleb mineralnych w zależności od kategorii agronomicznej gleby oraz jej odczynu (wg IUNG)

Potrzeby wapnowania	pH			
	Kategoria agronomiczna gleby			
	bardzo lekka	lekka	średnia	ciężka
konieczne	<4,0	<4,5	<5,0	<5,5
potrzebne	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0
wskazane	4,6-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	6,1-6,5
ograniczone	5,1-5,5	5,6-6,0	6,1-6,5	6,6-7,0
zbędne	>5,5	>6,0	>6,5	>7,0

Tabela 4. Zalecane dawki nawozów wapniowych w zależności od kategorii agronomicznej gleby oraz jej odczynu (wg IUNG)*

Potrzeby wapnowania	Dawka CaO (t · ha ⁻¹)			
	Kategoria agronomiczna gleby			
	bardzo lekka	lekka	średnia	ciężka
konieczne	3,0	3,5	4,5	6,0
potrzebne	2,0	2,5	3,0	3,0
wskazane	1,0	1,5	1,7	2,0
ograniczone	-	-	1,0	1,0

* podane dawki należy stosować tylko przed założeniem sadu/plantacji, najlepiej pod przedplon

Tabela 5. Maksymalne dawki nawozów wapniowych stosowane jednorazowo w sadzie/plantacji (Sadowski i in. 1990)

Odczyn gleby	Kategoria agronomiczna gleby		
	lekka	średnia	ciężka
	Dawka CaO (kg · ha ⁻¹)		
<4,5	1500	2000	2500
4,5-5,5	750	1500	2000
5,6-6,0	500	750	1500

Tabela 6. Liczby graniczne zawartości podstawowych makroskładników w liściach jabłoni (wg Kłossowskiego 1972, zmodyfikowane przez Sadowskiego i in. 1990) oraz polecane dawki składników

Składnik/dawka składnika	Zakres zawartości składnika w liściach			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
	Zawartość składnika w suchej masie			
N (%) <i>Dawka N (kg · ha⁻¹)</i>	<1,80 120-150	1,80-2,09 80-120	2,10-2,40 50-80	>2,40 0-50
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg · ha⁻¹)</i>	-	<0,15 50-100	0,15-0,26 0	>0,26 0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg · ha⁻¹)</i>	<0,70 120-150	0,70-0,99 80-120	1,00-1,50 50-80	>1,50 0
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg · ha⁻¹)</i>	<0,18 120	0,18-0,21 60	0,22-0,32 0	>0,32 0
B (ppm*) <i>Dawka B (kg · ha⁻¹)</i>	<18 3-4	18-24 1-2	25-45 0	>45 0
Mn (ppm) <i>Dawka Mn (kg · ha⁻¹)</i>	<20 15-20	20-40 10-14	41-100 0	>100 0

* ppm – jedna część na milion

Tabela 7. Liczby graniczne zawartości podstawowych makroskładników w liściach gruszy (wg Kłossowskiego 1972, zmodyfikowane przez Sadowskiego i in. 1990) oraz polecane dawki składników

Składnik/dawka składnika	Zakres zawartości składnika w liściach			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
	Zawartość składnika w suchej masie			
N (%) <i>Dawka N (kg · ha⁻¹)</i>	<1,70 120-150	1,70-1,99 80-120	2,00-2,60 50-80	>2,60 0-50
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg · ha⁻¹)</i>	-	< 0,14 50-100	0,14-0,25 0	>0,25 0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg · ha⁻¹)</i>	<0,50 120-150	0,50-0,99 80-120	1,00-1,70 50-80	>1,70 0
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg · ha⁻¹)</i>	<0,12 120	0,12-0,17 60	0,18-0,30 0	>0,30 0
B (ppm*) <i>Dawka B (kg · ha⁻¹)</i>	<10 3-4	10-20 1-2	21-50 0	>50 0
Mn (ppm) <i>Dawka Mn (kg · ha⁻¹)</i>	<25 15-20	25-30 10-14	31-100 0	>100 0
Zn (ppm) <i>Dawka Zn (kg · ha⁻¹)</i>	<15 8-10	15-19 6-7	20-60 0	>60 0

* ppm – jedna część na milion

Tabela 8. Liczby graniczne zawartości podstawowych makroskładników w liściach czereśni (wg Kłossowskiego 1972, zmodyfikowane przez Sadowskiego i in. 1990) oraz polecane dawki składników

Składnik/dawka składnika	Zakres zawartości składnika w liściach			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
	Zawartość składnika w suchej masie			
N (%) <i>Dawka N (kg · ha⁻¹)</i>	<1,50 120-150	1,50-2,00 80-120	2,01-2,50 50-80	>2,50 0-50
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg · ha⁻¹)</i>	-	<0,15 50-100	0,15-0,45 0	>0,45 0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg · ha⁻¹)</i>	<1,00 120-150	1,00-1,49 80-120	1,50-1,90 50-80	>1,90 0
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg · ha⁻¹)</i>	<0,20 120	0,20-0,39 60	0,40-0,60 0	>0,60 0
B (ppm*) <i>Dawka B (kg · ha⁻¹)</i>	-	<20 1-2	20-160 0	>160 0
Mn (ppm) <i>Dawka Mn (kg · ha⁻¹)</i>	<20 15-20	20-29 10-14	30-70 0	>70 0

* ppm – jedna część na milion

Tabela 9. Liczby graniczne zawartości podstawowych makroskładników w liściach wiśni (wg Kłossowskiego 1972, zmodyfikowane przez Sadowskiego i in. 1990) oraz polecane dawki składników

Składnik/dawka składnika	Zakres zawartości składnika w liściach			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
	Zawartość składnika w suchej masie			
N (%) <i>Dawka N (kg · ha⁻¹)</i>	<1,80 120-150	1,80-2,29 80-120	2,30-2,80 50-80	>2,80 0-50
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg · ha⁻¹)</i>	-	<0,15 50-100	0,15-0,30 0	>0,30 0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg · ha⁻¹)</i>	<0,70 120-150	0,70-1,19 80-120	1,20-1,80 50-80	>1,80 0
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg · ha⁻¹)</i>	<0,15 120	0,15-0,25 60	0,26-0,40 0	>0,40 0

Tabela 10. Liczby graniczne zawartości podstawowych makroskładników w liściach śliwy (wg Kłossowskiego 1972, zmodyfikowane przez Sadowskiego i in. 1990) oraz polecane dawki składników

Składnik/dawka składnika	Zakres zawartości składnika w liściach			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
	Zawartość składnika w suchej masie			
N (%) <i>Dawka N (kg · ha⁻¹)</i>	<1,40 120-150	1,40-2,00 80-120	2,01-3,60 50-80	>3,60 0-50
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg · ha⁻¹)</i>	-	<0,20 50-100	0,20-0,60 0	>0,60 0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg · ha⁻¹)</i>	<1,00 120-150	1,00-1,64 80-120	1,65-3,25 50-80	>3,25 0
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg · ha⁻¹)</i>	<0,10 120	0,10-0,30 60	0,31-0,70 0	>0,70 0
B (ppm*) <i>Dawka B (kg · ha⁻¹)</i>	-	<25 1-2	25-60 0	>60 0
Mn (ppm) <i>Dawka Mn (kg · ha⁻¹)</i>	-	<20 10-14	20-140 0	>140 0

* ppm – jedna część na milion

Tabela 11. Liczby graniczne zawartości podstawowych makroskładników w liściach porzeczki czarnej (wg Kłossowskiego 1972, zmodyfikowane przez Sadowskiego i in. 1990) oraz polecane dawki składników

Składnik/dawka składnika	Zakres zawartości składnika w liściach			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
	Zawartość składnika w suchej masie			
N (%) <i>Dawka N (kg · ha⁻¹)</i>	<2,00 <i>120-150</i>	2,00-2,69 <i>100-120</i>	2,70-3,20 <i>80-100</i>	>3,20 <i>0-80</i>
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg · ha⁻¹)</i>	-	<0,24 <i>50-100</i>	0,24-0,30 <i>0</i>	>0,30 <i>0</i>
K (%) <i>Dawka K₂O (kg · ha⁻¹)</i>	<0,80 <i>120-150</i>	0,80-1,24 <i>80-120</i>	1,25-1,70 <i>50-80</i>	>1,70 <i>0</i>
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg · ha⁻¹)</i>	<0,24 <i>120</i>	0,24-0,30 <i>60</i>	0,31-0,45 <i>0</i>	>0,45 <i>0</i>

Tabela 12. Liczby graniczne zawartości podstawowych makroskładników w liściach agrestu (wg Kłossowskiego 1972, zmodyfikowane przez Sadowskiego i in. 1990) oraz polecane dawki składników

Składnik/dawka składnika	Zakres zawartości składnika w liściach			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
	Zawartość składnika w suchej masie			
N (%) <i>Dawka N (kg · ha⁻¹)</i>	<1,60 <i>120-150</i>	1,60-2,19 <i>100-120</i>	2,20-2,50 <i>80-100</i>	>2,50 <i>0-80</i>
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg · ha⁻¹)</i>	-	<0,19 <i>50-100</i>	0,19-0,25 <i>0</i>	>0,25 <i>0</i>
K (%) <i>Dawka K₂O (kg · ha⁻¹)</i>	<1,00 <i>120-150</i>	1,00-1,65 <i>80-120</i>	1,66-2,00 <i>50-80</i>	>2,00 <i>0</i>
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg · ha⁻¹)</i>	<0,12 <i>120</i>	0,12-0,23 <i>60</i>	0,24-0,30 <i>0</i>	>0,30 <i>0</i>

Tabela 13. Liczby graniczne zawartości podstawowych makroskładników w liściach malin (wg Kłossowskiego 1972, zmodyfikowane przez Sadowskiego i in. 1990) oraz polecane dawki składników

Składnik/dawka składnika	Zakres zawartości składnika w liściach			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
	Zawartość składnika w suchej masie			
N (%) <i>Dawka N (kg · ha⁻¹):</i>	<2,00	2,00-2,49	2,50-3,30	>3,30
– dla odmian owocujących na pędach dwuletnich	80-100	60-80	40-60	0-40
– dla odmian owocujących na pędach jednorocznych	100-120	80-100	60-80	0-60
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg · ha⁻¹)</i>	-	<0,15	0,15-0,30	>0,30
		50-100	0	0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg · ha⁻¹)</i>	<0,98	0,98-1,47	1,48-1,89	>1,89
	120-150	80-120	50-80	0
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg · ha⁻¹)</i>	<0,15	0,15-0,29	0,30-0,45	>0,45
	120	60	0	0

Tabela 14. Liczby graniczne zawartości podstawowych makroskładników w liściach truskawki (wg Kłossowskiego 1972, zmodyfikowane przez Sadowskiego i in. 1990) oraz polecane dawki składników

Składnik/dawka składnika	Zakres zawartości składnika w liściach			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
	Zawartość składnika w suchej masie			
N (%) <i>Dawka N (kg · ha⁻¹)</i>	<1,80	1,80-2,29	2,30-2,60	>2,60
	50-60	40-50	30-40	0-30
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg · ha⁻¹)</i>	-	<0,24	0,24-0,30	>0,30
		100	0	0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg · ha⁻¹)</i>	<1,00	1,00-1,49	1,50-1,80	>1,80
	80-100	50-80	0	0
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg · ha⁻¹)</i>	<0,10	0,10-0,20	0,21-0,27	>0,27
	120	60	0	0

Tabela 15. Charakterystyczne objawy niedoboru poszczególnych składników na roślinach sadowniczych

Składnik	Objawy		
	Pędy	Liście	Owoce
Azot	ciennie z krótkimi przyrostami	małe, jasnozielone (lub żółte); pierwsze objawy pojawiają się na starszych liściach	jabłka i gruszki szybko tracą zieloną barwę skórki; mają tendencję do wcześniejszego dojrzewania i opadania
Fosfor		małe, ciemnozielone lub karminowo-bordowe; objawy tworzą się najczęściej w środkowej części pędu	słabo wybarwione, miękkie
Potas		chloroza rozpoczynająca się od brzegu blaszki liściowej, brzegi blaszki często podwijają się ku górze; objawy powstają najpierw u podstawy pędów	drobne, słabo wybarwione
Magnez		plamy chlorotyczne między głównymi nerwami blaszki liściowej; objawy powstają najpierw u podstawy pędu; liście szybko opadają	
Wapń			podwyższona podatność na liczne choroby fizjologiczne, niska zdolność przechowalnicza, mała trwałość w obrocie handlowym
Bor			drobne, zniekształcone, skorkowaciałe, ordzawione, spękane
Żelazo		kremowo-żółte liście wierzchołkowe z zielonymi nerwami głównymi	
Mangan		chloroza na liściach w środkowej części pędu	jabłka i gruszki szybko tracą zieloną barwę skórki
Cynk	bardzo krótkie przyrosty	małe, wąskie, z chlorozą w postaci jasnozielonych plam między nerwami; objawy te dotyczą liści wierzchołkowych	

II. NAWOŻENIE ROŚLIN WARZYWNYCH

Dr Jacek Dyśko, prof. dr hab. Stanisław Kaniszewski

1. Płodozmian

Płodozmian, czyli zaplanowane na wiele lat następstwo roślin po sobie, spełnia istotną rolę w nawożeniu warzyw. Pierwszym zasadniczym celem jest zachowanie i systematyczne podnoszenie żyzności gleby, co gwarantuje uzyskiwanie dobrych plonów przy ograniczonym stosowaniu nawozów sztucznych. Prawidłowo ułożony płodozmian w gospodarstwie jest podstawą zachowania naturalnej równowagi w środowisku, zapobiega erozji powodowanej przez wodę i wiatr oraz przeciwdziała wypłukiwaniu składników pokarmowych z profilu glebowego.

Uprawa jednego gatunku na tym samym polu przez 2-4 lata wpływa niekorzystnie na plon oraz zdrowotność roślin i gleby. Skutkiem braku zmianowania jest stopniowy spadek i pogorszenie jakości plonu. Zjawisko to jest powszechnie określane jako „zmęczenie gleby”. Podstawową zasadą jest, aby ten sam gatunek lub rośliny z gatunków spokrewnionych nie były uprawiane na tym samym polu częściej niż co 4 lata. Zatem minimalna liczba gatunków w płodozmianie powinna wynosić 4, a dla gleb cięższych nawet 5. Ze względów fitosanitarnych lepiej jest uprawiać różne gatunki roślin rolniczych i warzyw. Warto pamiętać, że nadmierne wydłużanie płodozmiannu ogranicza specjalizację produkcji, głównie w małych gospodarstwach.

Dla każdego płodozmiannu powinno się przeprowadzić bilans substancji organicznej na podstawie wskaźników reprodukcji lub degradacji materii organicznej, określonych dla każdej grupy roślin. Współczynniki określają ile substancji organicznej nagromadziło się lub uległo degradacji pod uprawą danej rośliny lub ile przybyło wskutek stosowania nawozów organicznych lub naturalnych. Korzystnymi roślinami w płodozmianie o dodatnim wskaźniku reprodukcji są: wszystkie rośliny z rodziny bobowatych, trawy oraz inne gatunki uprawiane na nawóz zielony. Współczynnik reprodukcji w zależności od gleby dla roślin motylkowych i mieszanek wynosi od +1,89 do 2,10, dla traw od +0,95 do +1,16, dla międzyplonów zielonych od +0,63 do +0,77 a dla strączkowych od +0,32 do +0,38. Ujemną wartość współczynnika posiadają rośliny okopowe, warzywa (z wyjątkiem strączkowych) od -1,26 do -1,54, kukurydza (-1,12 do -1,22) oraz w mniejszym stopniu zboża (od -0,49 do -0,56). Suma współczynników dla całego cyklu płodozmiannu powinna być dodatnia lub co najmniej równa zero. Ujemna wartość świadczy o nieprawidłowym doborze poszczególnych gatunków i niekorzystnym wpływie na glebę. W bilansie uwzględnia się też nawozy naturalne i organiczne, charakteryzujące się dodatnim wskaźnikiem, czyli zwiększające zawartość materii organicznej w glebie. W gospodarstwach prowadzących produkcję integrowaną podstawową zasadą jest ograniczenie zużycia nawozów mineralnych, co prowadzi do obniżenia kosztów produkcji.

Dobór gatunków roślin

W płodozmianie istotny jest dobór gatunków, właściwe następstwo roślin i długość trwania całego cyklu. Największe znaczenie w każdym płodozmianie mają rośliny bobowate, które dzięki symbiozie z bakteriami głównie z rodzaju *Rhizobium* i *Bradyrhizobium* są źródłem azotu wiązanego bezpośrednio z atmosfery. Mają również dobrze rozwinięty system korzeniowy, penetrujący głębsze warstwy gleby, dzięki czemu przyczyniają się do poprawy struk-

tury, a po rozkładzie resztek poźniwnych do udostępniania składników pokarmowych roślinom uprawianym w następnych latach. Ich udział w płodozmianie powinien wynosić 25-30%. Rośliny bobowate na nawóz zielony mogą być uprawiane w czystym siewie lub w mieszance z trawami. Uprawa w mieszankach jest bardziej polecana, gdyż zmniejsza ryzyko zmęczenia gleby, spowodowanego częstym uprawianiem po sobie tych samych gatunków roślin bobowatych.

Drugą ważną grupą roślin w płodozmianie są zboża, które są bardzo dobrym przedplonem dla większości warzyw. Są również bardzo dobrym komponentem nawozów zielonych. Ich udział w ogólnej powierzchni zasiewów nie powinien przekraczać 50%.

Trzecią grupą są rośliny okopowe. Ich oddziaływanie na glebę nie jest korzystne, gdyż pogarszają jej strukturę oraz wpływają na szybszą mineralizację masy organicznej w glebie. Z tego względu ich udział nie powinien przekraczać 20-25%. W płodozmianach warzywnych ta grupa roślin może być ograniczona do wczesnych ziemniaków lub można ją pominąć.

Najbardziej zróżnicowaną gatunkowo grupą są rośliny warzywne. Niektóre z nich, jak fasola, groch, bób należy traktować jak inne rośliny bobowate. Ze względu na przynależność do różnych rodzin botanicznych należy przestrzegać odpowiedniego następstwa roślin, szczególnie w płodozmianach o dużym udziale warzyw. Nieodpowiednia roślina przedplonowa może przyczynić się do zwiększonego występowania chorób i szkodników. Niewłaściwym przedplonem będzie też roślina pozostawiająca słabe stanowisko pod względem zasobności, struktury, zachwaszczenia lub z pozostałościami szkodliwych herbicydów. Ze względu na specjalizację gospodarstw należy także zwrócić uwagę na odpowiednią strukturę upraw warzywnych w sezonie.

Rośliny warzywne mają bardzo zróżnicowane wymagania pokarmowe. Należy dążyć, aby gatunki o różnych wymaganiach uprawiane były na zmianę. Bezpośrednia uprawa po sobie gatunków o dużych wymaganiach pokarmowych może doprowadzić do nadmiernego wyczerpania składników mineralnych z gleby. Niedobór składników mineralnych może nie dotyczyć całego profilu glebowego, ale tylko poszczególnych warstw. Z tego powodu należy uprawiać na przemian rośliny o głębokim i płytkim systemie korzeniowym, co zapobiega wymywaniu składników mineralnych do głębszych warstw i pozwala racjonalnie je wykorzystywać. Do roślin warzywnych o głębokim systemie korzeniowym należą warzywa korzeniowe, kapusty, jarmuż, pomidory. Typowymi roślinami o płytkim systemie korzeniowym są: rzodkiewka, szpinak, ogórek, kalarepa.

Rośliny o dużych wymaganiach pokarmowych powinny być uprawiane na stanowiskach, na których stosowano obornik, kompost lub przyorano rośliny bobowate. Dotyczy to głównie warzyw o bardzo dużych wymaganiach w stosunku do azotu, który jest składnikiem istotnie wpływającym na wysokość plonu, a równocześnie łatwo ulegającym wymyciu w głąb profilu glebowego ([tab. 1](#)).

Na ogół rośliny o bardzo dużym i dużym zapotrzebowaniu na azot potrzebują lepszego zaopatrzenia w fosfor i potas. Większe potrzeby mają również fasola i groch, chociaż ich wymagania w stosunku do azotu są małe. Niektóre gleby są z natury dość zasobne w fosfor i potas. Dlatego znaczenie tych składników w układaniu płodozmiaru jest dużo mniejsze niż azotu.

Źródłem składników mineralnych dla uprawianych roślin są również resztki poźniwne, trafiające do gleby po każdej uprawie. Najbardziej wartościowe są rośliny bobowate i rośliny o głębokim systemie korzeniowym. Resztki poźniwne niektórych warzyw są bogatym źród-

dłem składników pokarmowych, dostarczając samego azotu 30-150 kg na hektar. Dla przykładu poźniwnych łubinu zawartość azotu wynosi około 70 kg/ha natomiast po uprawie koni-czyny czerwonej z trawami 125 kg/ha.

Każdy płodozmian powinien być dostosowany do warunków glebowych, potrzeb gospodarstwa i rynku. Bardziej racjonalne są płodozmiany mieszane, w których uwzględnia się rośliny rolnicze i warzywa. W pobliżu miast, w gospodarstwach nastawionych wyłącznie na produkcję warzyw, możliwe jest zaplanowanie płodozmianu warzywnego. Jest to jednak trudniejsze, gdyż warzywa mają na ogół większe wymagania pokarmowe niż rośliny rolnicze, a niektóre gatunki warzyw, nawet niespokrewnione ze sobą, mogą być atakowane przez te same choroby i szkodniki.

Stosując się do podanych zasad można rozpocząć planowanie płodozmianu, uwzględniając dotychczasowy profil produkcji, opłacalność poszczególnych upraw oraz podział pól i warunki glebowe. Czynnikiem ograniczającym możliwości stosowania następstwa roślin warzywnych jest często specjalizacja gospodarstw uwarunkowana popytem umiejętnościami i posiadanym wyposażeniem (obiekty uprawowe, maszyny). W takich przypadkach lepiej zdecydować się na uprawę jednego gatunku warzyw w zmianowaniu np. z motylkowymi lub zbożami. Pola zajmowane przez poszczególne uprawy powinny być podobnej wielkości. Część pól może być na trwałe wyłączona z płodozmianu lub przeznaczona na specjalne uprawy (uprawy wieloletnie lub tunelach gruntowych). Przyjęło się, że układanie płodozmianu zaczyna się od stanowiska najbardziej zasobnego, tj. nawożonego obornikiem lub z przyoranyymi mieszkankami roślin bobowatych, a następnie przechodzi do stanowisk mniej zasobnych i roślin mniej wymagających. Przy płodozmianach dłuższych niż 4-5 lat konieczne jest ponowne wprowadzenie roślin nawożonych obornikiem, kompostem lub uprawa mieszanek roślin bobowatych.

2. Nawożenie warzyw w uprawach polowych

2.1 Nawożenie organiczne

Celem stosowanego nawożenia organicznego jest nie tylko dostarczenie roślinom niezbędnych składników pokarmowych, ale również budowanie trwałej żyzności gleby, jej mikrobiologii i zapobieganie erozji gleb.

Obornik

Stanowi doskonałe źródło składników pokarmowych i materii organicznej. Jest mieszaniną prefermentowanych odchodów zwierzęcych (stałych i płynnych) oraz ściółki.

Znaczenie obornika w gospodarstwie wynika nie tylko z zawartości składników pokarmowych, ale także z jego wartości jako środka użyźniania gleby i źródła materii organicznej. Zawartość składników pokarmowych w oborniku może być różna i zależy od rodzaju i wieku zwierząt, sposobu ich żywienia i użytkowania oraz ilości i składu chemicznego ściółki. Jest ona jednak trudna do określenia przez rolników, dlatego do kalkulacji ilości składników wnoszonych do gleby wraz z obornikiem przyjmuje się wartości średnie. Średni skład chemiczny dobrze rozłożonego i racjonalnie przechowywanego obornika podano w [tab. 2](#).

Obornik jest nawozem zawierającym dużo wody. Średnia jej zawartość wynosi 75%, ale wahania są duże. Zawartość substancji organicznej wynosi około 20%, a związków mineralnych 5-6%. Około 50% azotu w świeżym oborniku bydlęcym i 75% azotu w nawozie drobiowym występuje w formie organicznej. Na skutek ulatniania się amoniaku następują straty azotu, jeśli

obornik nie jest wymieszany z glebą bezpośrednio po rozłożeniu. W glebie związki azotowe ulegają przemianom, a azot w nich zawarty przechodzi w formę amonową i azotanową i staje się dostępny dla roślin. Formy te łatwo ulegają wymywaniu z gleby, dlatego powinno się unikać stosowania wysokich dawek obornika (zwłaszcza jesienią), przekraczających potrzeby pokarmowe roślin. Proces kompostowania stabilizuje azot zawarty w oborniku.

Obornik stosowany jest tylko w określonych terminach (w odkrytym gruncie od 1 III do 30 IX), dlatego musi być gromadzony i przechowywany w gospodarstwie. Sposób przechowywania wpływa znacząco na skład chemiczny obornika, który ulega w tym czasie przemianom na skutek zachodzących procesów biochemicznych i chemicznych.

Główną częścią składową suchej masy obornika są organiczne związki bezazotowe (węglowodany i tłuszcze), których rozkład prowadzi do znacznego zmniejszenia masy obornika (15-30% w przeliczeniu na suchą masę) oraz zmniejszenia stosunku węgla do azotu (C : N). Głównymi produktami rozpadu tych związków jest dwutlenek węgla (ulatniający się do atmosfery) i woda. Równoległe z rozkładem organicznych związków bezazotowych zachodzą przemiany związków azotowych. Straty azotu z obornika na skutek tych przemian następują przez:

- wypłukiwanie rozpuszczalnych związków azotowych powstających w procesie nityfikacji (formy azotanowe),
- ulatnianie się amoniaku powstającego w procesie amonifikacji,
- ulatnianie się wolnego azotu w procesie denitryfikacji.

Największe straty azotu podczas przechowywania obornika zachodzą w wyniku ulatniania się amoniaku i mogą one dochodzić nawet do 50% zawartości azotu. Przy racjonalnym przechowywaniu można je ograniczyć do 10%. Najczęściej obornik przechowuje się na gnojowni, która powinna być odpowiednio zlokalizowana, stosownie do obowiązujących przepisów sanitarnych. Obornik usuwany codziennie z pomieszczeń inwentarskich układa się w pryzmach (do wysokości najwyżej 2 m), warstwami grubości 20-30 cm, ubijając każdą nowo nałożoną warstwę. Ubijanie obornika zapobiega zbyt niemu przewietrzaniu i przesuszaniu pryzmy oraz zmniejsza straty azotu i substancji organicznej. Utrudnia też zagrzewanie się obornika, przez co temperatura w stosie dochodzi tylko do 40 °C. Jest to tzw. „zimna fermentacja” o spowolnionym rozkładzie obornika.

Dla szybkiego uzyskania dobrze rozłożonego obornika stosuje się fermentację gorącą (kompostowanie). W tym celu obornik na gnojowni układa się w luźnej pryzmie (wysokość 1,5-1,6 m), umożliwiając duży dostęp powietrza i rozwój bakterii termofilnych oraz podwyższenie temperatury do 60-65 °C. W trakcie kompostowania pryzma osiada dlatego wymaga napowietrzania dla utrzymania stałej aktywności termofilnej w odpowiednich warunkach wilgotności. Ten sposób fermentowania obornika zmniejsza ilość bakterii chorobotwórczych i nasion chwastów zdolnych do kiełkowania. Ujemną stroną tej metody jest zwiększenie strat azotu amonowego i mniejsza wartość nawozowa takiego obornika.

Wielkość dawek obornika dostosowuje się do wymagań roślin oraz fizycznych, fizykochemicznych i chemicznych cech gleby. W glebach lekkich obornik rozkłada się szybko, a ponieważ charakteryzują one się mniejszymi właściwościami sorpcyjnymi, dlatego stosuje się mniejsze dawki, ale częściej (co 3-4 lata). Na glebach zwięzłych, o większej zdolności sorbowania składników pokarmowych, można stosować dawki wyższe, ale rzadziej (co 4-5 lat).

Obornik powinien być wymieszany z glebą wkrótce po wywiezieniu w pole. Pozostawienie na polu rozłożonego obornika bez wymieszania z glebą, nawet przez kilka godzin, powoduje duży ubytek jego wartości nawozowej, głównie przez straty azotu na skutek jego ulatniania się. Już w okresie 6 godzin od rozłożenia na polu jego działanie nawozowe obniża się o 10-15%, a w okresie dwóch tygodni obornik rozłożony na powierzchni pola traci połowę swej wartości nawozowej. Jeśli nie wymiesza się obornika z glebą, jego wartość nawozowa będzie niewielka, ale może spełniać rolę mulczowania gleby, np. jesienią w uprawie rabarbaru (warstwa >25 cm). Najkorzystniejszym terminem stosowania dobrze rozłożonego obornika jest okres około 2 tygodni przed uprawą roślin. Pozwala to na częściowy rozkład obornika, przez co zawęża się stosunek C : N we wniesionej masie organicznej i zmniejsza prawdopodobieństwo niedoboru azotu na skutek uwstecznienia. Termin ten jest też korzystny dla przejścia formy amonowej azotu w formę azotanową. Obornik jest stosunkowo bogaty w azot, zwłaszcza w formę amonową szybko pobieraną przez rośliny, szczególnie jeśli gleba jest zimna na wiosnę. Toksyczność dla roślin formy amonowej, określana jako „przypalenie”, występuje najczęściej przy stosowaniu nawozu kurzego. Jest on bogaty w formę amonową i zbyt krótki okres pomiędzy jego stosowaniem a uprawą może powodować znaczące uszkodzenia kiełkujących nasion lub rozsady. W okresie dwóch tygodni od wymieszania obornika z glebą łatwo rozkładająca się frakcja masy organicznej jest już rozłożona i obniża się ryzyko uszkodzenia nasion lub siewek.

Ilość stosowanego obornika zależy od celu nawożenia, jakości i stopnia rozkładu obornika oraz od uprawy, w której ma być stosowany. Najczęściej stosowane dawki obornika wynoszą 20-40 ton na hektar. Maksymalna dawka obornika jest uwarunkowana zawartością w nim azotu, ponieważ zgodnie z Ustawą o nawozach i nawożeniu nie wolno stosować większej ilości nawozów naturalnych niż taka, która wnosi do gleby $170 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ (do 40 t obornika, 4,5 t gnojówki).

Wykorzystanie składników pokarmowych zawartych w oborniku rozkłada się na kilka lat, w zależności od rodzaju gleby. Na glebach ciężkich nawozowe działanie obornika utrzymuje się przez 4 lata, a na glebach lekkich składniki mogą być zużyte w okresie 2 lat ([tab. 3](#)).

Około połowa azotu, jedna czwarta fosforu i prawie cała ilość potasu są dostępne dla roślin w pierwszym sezonie uprawowym. Często ilość dostępnego azotu wynosi tylko 10-25% ogólnej ilości tego składnika w nawozie, w związku z czym może występować obniżenie wysokości plonu. Jeśli obornik jest świeży i charakteryzuje się dużym udziałem ściółki, jego wprowadzenie do gleby może być przyczyną unieruchamiania azotu glebowego przez mikroorganizmy rozkładające masę organiczną. Małą wartość nawozową ma również obornik, z którego duża część dostępnego azotu została wymyta przez wody opadowe.

Gnojówka

Jest przefermentowanym moczem zwierząt gospodarskich. Gnojówka ma odczyn zasadowy i zabarwienie ciemnobrunatne. Skład chemiczny gnojówki zależy od sposobu jej zbierania i przechowywania. Związki azotowe zawarte w gnojówce ulegają szybkiemu rozkładowi, w wyniku którego wytwarzają się duże ilości amoniaku. Dobrze przechowywana gnojówka zawiera przeciętnie 1-3% suchej masy, 0,3-0,6% N, 0,8-1,0% K_2O i poniżej 0,04% P_2O_5 . Jest więc przede wszystkim nawozem azotowo-potasowym. Azot znajdujący się w gnojówce występuje w formie amonowej, a potas w formie łatwo dostępnej dla roślin. W gnojówce występują również substancje stymulujące wzrost roślin oraz związki organiczne.

Gnojówkę można stosować do bezpośredniego nawożenia roślin przed uprawą lub do nawożenia pogłównego przez systemy nawodnień kroplowych. W tym ostatnim przypadku wymaga rozcieńczenia w stosunku 1 : 3 lub 1 : 5. Jeśli zawartość azotu i potasu jest duża stosuje się większe rozcieńczenie. Pełnoskładnikowy nawóz do dokarmiania pogłównego, szczególnie w uprawach pod osłonami, uzyskuje się z gnojówki wzbogaconej dodatkiem mączki fosforowej i poddanej fermentacji przez około 2 tygodnie. Nie wolno stosować dokarmiania gnojówką roślin o jadalnych liściach, części podziemnej i owocujących w strefie styczości z podawanym nawozem, ponieważ grozi to naniesieniem bakterii niebezpiecznych dla człowieka (*E. coli*, *Salmonella* itp.).

Kompost

Stanowi idealną formę nawozu. Zwiększa żyzność gleby i zapewnia wysoką jakość biologiczną uzyskiwanych produktów roślinnych. Kompost jest najbogatszym źródłem materii organicznej w formie próchnicy, która dostarcza roślinom niezbędnych składników pokarmowych, a glebie przywraca i utrzymuje równowagę biologiczną.

Istotą kompostowania jest rozkład materii organicznej przez organizmy glebowe (bakterie, grzyby, promieniowce, nicienie, dżdżownice, owady) i wytworzenie, w drodze biologicznego procesu, specyficznej dla gleby substancji organicznej zwanej próchnicą (humus). Kompostowanie, czyli humifikacja ma miejsce tylko przy dostępie tlenu. Przy jego braku zachodzą procesy gnilne (fermentacja w warunkach beztlenowych) i znaczne obniżenie jakości uzyskanego kompostu.

Regularny dodatek kompostu do gleby, stosowany w dłuższym okresie, zwiększa zawartość materii organicznej i próchnicy. Stosowanie kompostu poprawia strukturę gleby, zmniejszając jej gęstość i zwiększając porowatość, co sprzyja głębszej penetracji korzeni. Przyczynia się też do zwiększenia wymiany gazowej w glebie, przenikania wody i zdolności jej zatrzymywania w strefie korzenienia się roślin. Kompost zwiększa pojemność wymienną gleby oraz stabilność struktury gruzełkowej, zależnej od zawartości humusu. Nawożenie kompostem jest szczególnie ważne w okresie przestawiania gospodarstwa z produkcji konwencjonalnej na produkcję ekologiczną, ze względu na jego dużą rolę w przywracaniu równowagi biologicznej gleby.

Kompost jest nawozem odpowiednim dla każdego rodzaju gleby, o wiele lepszym od obornika, gdyż zawiera dużo próchnicy, która w procesie mineralizacji udostępnia składniki pokarmowe dla roślin. Składniki pokarmowe znajdujące się w kompoście w dużej części występują w formie łatwo przyswajalnej dla roślin. Zawartość składników pokarmowych w kompoście zależy w dużej mierze od tego, z jakich materiałów został przygotowany. Chemiczny skład przeciętnego kompostu jest zbliżony do składu obornika. Komposty z odpadów gospodarskich i obornika zawierają średnio 0,62% N, 0,28% P₂O₅ oraz 0,34% K₂O.

Dawka stosowanego kompostu pod uprawianą roślinę powinno być obliczana jedynie na podstawie zawartości azotu dostępnego dla roślin. Jeśli w tych kalkulacjach uwzględnia się cały azot ogólny, uprawiane rośliny mogą odczuwać brak tego składnika, gdyż w skład azotu ogólnego wchodzi także forma organiczna, z której rośliny nie korzystają bezpośrednio, a dopiero po mineralizacji w glebie, najczęściej w następnym roku. Dawka kompostu w uprawie warzyw wynosi około 20-30 ton na 1 ha, w zależności od zasobności gleby w składniki pokarmowe oraz gatunku warzyw.

Do nawożenia, szczególnie wiosennego, powinno się stosować kompost zupełnie dojrzały, o wąskim stosunku C : N. Kompost niedojrzały lub słabej jakości, o stosunku C : N wyższym niż 20 : 1, w początkowym okresie po zastosowaniu wiąże azot glebowy i obniża dostępność tego składnika dla uprawianej rośliny. W kompoście o wąskim stosunku C : N (8-14 : 1) duża część zawartego azotu jest dostępna dla roślin. Uwzględnienie współczynnika dostępności azotu w kompoście pozwala na zaplanowanie odpowiednich dawek nawozu dla uprawianych gatunków.

Nawozy zielone

Są niezbędnym elementem programu nawożenia i zmianowania w gospodarstwie, jako główne źródło dostępnego azotu i materii organicznej. Szczególnie znaczenie mają w gospodarstwach, w których występuje niedobór obornika i kompostów. Nawozy zielone spełniają w gospodarstwie wielorakie funkcje, a mianowicie: są źródłem materii organicznej i dostępnych składników pokarmowych, zaopatrują uprawiane warzywa w azot (szczególnie rośliny bobowate), poprawiają właściwości fizyczne i chemiczne głębszych warstw gleby. Zwiększają liczbę gatunków w zmianowaniu i ułatwiają dobór następstwa roślin po sobie, przedłużają pokrycie gleby roślinnością i osłaniają powierzchnię gleby, przez co zapobiegają wymywaniu składników w okresie zimy, zagłuszają chwasty i ograniczają problem szkodników i chorób. Niektóre z nich mają także działanie fitosanitarne – obniżają poziom zainfekowania gleby mikroorganizmami patogenicznymi. Nawozy zielone dostarczają też materiału do ściółkowania i kompostowania.

Rola nawozów zielonych to kompleksowe oddziaływanie uprawianych roślin i mikroorganizmów glebowych na właściwości fizyczne, fizykochemiczne, chemiczne i biologiczne gleby. Podstawowym czynnikiem użyźniającym nawozów zielonych jest masa organiczna wprowadzona do gleby, gdzie ulega rozkładowi w drodze humifikacji i mineralizacji. Po zastosowaniu nawozów zielonych wzrasta aktywność biologiczna gleby w wyniku rozkładu przyoranej masy przez mikroorganizmy glebowe. Rozkład takiej masy organicznej jest dość szybki, gdyż stosunek C : N w świeżej masie roślinnej jest wąski.

Wartość nawozową poszczególnych roślin określa się na podstawie ilości wytworzonej przez nie masy organicznej i zawartych w niej składników. Wśród roślin uprawianych na nawozy zielone szczególnie cenne są rośliny bobowate, ze względu na ich zdolność do wiązania wolnego azotu z atmosfery. Zaletą tej grupy roślin, oprócz produkcji dużej masy organicznej i możliwości wiązania wolnego azotu z powietrza, jest głębokie korzenie się i związana z tym zdolność do pobierania składników z głębszych warstw gleby i przemieszczania ich do warstwy ornej (po przyoraniu roślin). Bobowate drobnonasienne (koniczyny, wyka, lucerna, seradela) uważane są za korzystniejsze niż bobowate grubonasienne (strączkowe – łubiny, peluszką, bobik). Rośliny bobowate uprawia się w czystym siewie lub w mieszankach z innymi roślinami, najczęściej trawami lub zbożami.

Na zielony nawóz wykorzystuje się również inne rośliny, które szybko rosną i w krótkim czasie dają wysoki plon zielonej masy (gorczyca, facelia, rzepak, rzodkiew oleista, gryka, zboża i trawy).

Nawozy zielone można uprawiać jako plon główny lub międzyplony (wsiewki poplonowe, poplony letnie i ozime). Każda przerwa w uprawie warzyw w ciągu roku powinna być wykorzystana do uprawy roślin na przyoranie. O doborze sposobu i terminu uprawy oraz gatunku rośliny decydują warunki glebowe, miejsce jakie przeznacza się nawozom zielonym w płodozmianie i następstwo roślin w zmianowaniu oraz czas jaki pozostaje między plano-

wanymi uprawami. Wiele roślin, wykorzystywanych jako nawozy zielone, należy do tych samych rodzin botanicznych, co uprawiane gatunki warzyw. Rośliny spokrewnione nie powinny być stosowane w przerwie między dwiema kolejnymi uprawami. Dotyczy to roślin z rodziny kapustowatych (gorczyca, rzepak, rzodkiew oleista), które są spokrewnione ze wszystkimi kapustnymi, rzodkiewką, rzodkwią, brukwią. Rośliny bobowate nie powinny być uprawiane na zielony nawóz bezpośrednio przed fasolą i grochem. Idealną rośliną na zielony nawóz, niespokrewnioną z żadnym gatunkiem warzyw, jest facelia, która może być uprawiana w ciągu całego okresu wegetacji.

2.2 Wapnowanie i nawożenie mineralne

Gleba zaopatruje rośliny w wodę i mineralne składniki pokarmowe, a jej żyzność zależy m.in. od składu mechanicznego, właściwości fizykochemicznych i biologicznych oraz w znacznej mierze od prowadzonej gospodarki nawozowej.

Wapnowanie

Jednym z najistotniejszych czynników decydujących o walorach użytkowych gleby jest jej odczyn oznaczany jako pH. Odczyn gleb reguluje właściwe pobieranie składników pokarmowych oraz spełnia funkcję fitosanitarną i ekologiczną. Znaczne zakwaszenie przyspiesza wiele procesów, których następstwem jest zubożenie gleb w jony zasadowe (wapń, magnez, potas) oraz uwalnia z kompleksu sorpcyjnego do roztworu glebowego składniki szkodliwe dla roślin (glin, mangan), powoduje także wzrost mobilności i dostępności dla roślin metali ciężkich i pierwiastków śladowych (ołów, kadm, rtęć, chrom, arsen itp.) Gleby o odczynie silnie kwaśnym ($\text{pH} < 5,5$) uznaje się za chemicznie zdegradowane, w których zamiera życie biologiczne, giną pożyteczne drobnoustroje i bakterie, a rozwijają się grzyby. Zakwaszenie gleb w warunkach glebowo-klimatycznych Polski jest procesem naturalnym. Niestety procesy te w ostatnich latach znacznie przyspieszają różne czynniki antropogeniczne, w szczególności nieracjonalne stosowanie nawozów mineralnych. Właściwy odczyn gleby wpływa istotnie na skuteczność nawożenia i stan odżywienia roślin. Większość roślin warzywnych dla właściwego pobierania składników pokarmowych wymaga odczynu od lekko kwaśnego do obojętnego ($\text{pH} 6,0-7,0$). Zakresy optymalnego odczynu gleb (pH w roztworze wodnym gleby) dla poszczególnych gatunków warzyw podano w [tabeli 4](#).

Oznaczenie wartości pH nie wskazuje nam jaką ilość nawozu wapniowego należy zastosować, aby doprowadzić glebę do odpowiedniego odczynu. Gleby kwaśne o takiej samej wartości pH, ale o odmiennych zdolnościach buforowych będą wymagały różnych dawek nawozów wapniowych. Dawki nawozów wapniowych można obliczyć na podstawie oznaczenia kwasowości hydrolitycznej (maksymalna kwasowość gleby oznaczona w środowisku o odczynie obojętnym) lub na zasadzie wyznaczenia krzywej neutralizacji zakwaszenia gleb. Odkwaszanie gleb bardzo kwaśnych prowadzi się w kilku etapach, gdyż jednorazowa dawka nawozów wapniowych w przeliczeniu na CaO nie powinna przekraczać 1 t na 1 ha dla gleb bardzo lekkich, 1,5 t na 1 ha dla gleb lekkich, 2 t na 1 ha dla gleb średnich oraz 2,5 t na 1 ha dla ciężkich. Większe dawki nawozów wapniowych powodują nadmierną mineralizację substancji organicznej i przejściowo mogą pogarszać właściwości fizyczne i chemiczne podłoża.

Na gleby średnie i ciężkie o dużych właściwościach buforowych, gdy zachodzi konieczność szybkiej zmiany odczynu, zaleca się nawozy tlenkowe i wodorotlenkowe. Nawozy te należy stosować nie później niż 2-3 tygodnie przed siewem lub sadzeniem roślin. Na gleby lekkie zaleca się stosować nawozy zawierające węglany wapnia i magnezu. Na glebach tych nie sto-

suje się nawozów tlenkowych, ponieważ istnieje możliwość przewapnowania, zniszczenia struktury gruzełkowej i niekorzystnego przyspieszenia mineralizacji związków organicznych. Nawozy wapniowe najlepiej stosować latem lub jesienią po zbiorze roślin. Nawozy wapniowe należy stosować na glebę suchą i dokładnie wymieszać z całą warstwą orną gleby. Od dokładnego wymieszania nawozów wapniowych z glebą zależy efektywność ich działania. Niektóre rośliny warzywne jak: fasola, groch, ogórek, marchew, pomidor, pietruszka i seler są wrażliwe na wapnowanie bezpośrednio przed ich uprawą, dlatego zabieg ten należy wykonać przed uprawianym przedplonem lub jesienią w roku poprzedzającym. Wapnowania nie stosuje się jednocześnie z obornikiem i nawozami fosforowymi, ponieważ prowadzi to do strat azotu oraz uwstecznienia fosforu. Prawidłowo wykonane wapnowanie poprawia strukturę i żyzność gleb kwaśnych, wpływa korzystnie na rozwój mikroflory glebowej i zachodzące procesy mikrobiologiczne w glebie oraz poprawia właściwości fizyko-chemiczne, przyczyniając się do lepszego wykorzystania przez rośliny składników pokarmowych.

Nawożenie azotem

Spośród wszystkich składników pokarmowych pobieranych przez rośliny najważniejsze znaczenie ma azot. Używanie nawozów azotowych przyczyniło się w znacznym stopniu do zwiększenia produkcji rolnej. Jednak niezależnie od uzyskiwanych korzyści nadmierne stosowanie nawozów azotowych jest zawsze związane z możliwością zanieczyszczenia środowiska naturalnego. Niekorzystne dla środowiska jest nagromadzenie się w glebie dużej ilości azotu mineralnego, zwłaszcza azotanów. Bardzo duży wpływ na zawartość azotanów w roślinach i wodach ma poziom nawożenia azotem. Nawożenie w dawkach optymalnych nie powoduje zmian w środowisku glebowym, natomiast stosowanie dużych dawek nawozów azotowych powoduje pogorszenie jakości plonów i skażenie wód azotanami. Azot pochodzący z nawozów mineralnych jest włączany w cykl przemian azotu glebowego. Z dostarczonej dawki rośliny wykorzystują około połowy azotu, 20% jest unieruchamiane, a 25% stanowią straty. W nawożeniu roślin azot jest stosowany w postaci nawozów mineralnych w formie azotanowej, amonowej lub amidowej. Azotanowa forma azotu ($N-NO_3$) jest stosunkowo łatwo przyswajalna dla roślin. Anion NO_3^- nie podlega sorpcji wymiennej w glebie, a więc jest podatny na wymywanie przez wody opadowe w głąb profilu glebowego. W efekcie tego procesu azot w formie azotanowej przedostaje się do wód gruntowych i powierzchniowych zbiorników wodnych. Wysokie stężenie jonu NO_3^- w powierzchniowych zbiornikach wodnych powoduje nadmierny rozwój glonów oraz obniżenie stężenia tlenu, przyczyniając się do ich eutrofizacji. Forma amonowa azotu ($N-NH_4$) jest natomiast sorbowana przez glebowy kompleks sorpcyjny. Wysokie stężenie jonów NH_4^+ utrudnia lub całkowicie uniemożliwia rozwój bakterii nitryfikacyjnych. Problem nawożenia azotowego nabiera dużego znaczenia w uprawie roślin warzywnych, w której stosujemy duże dawki nawozów azotowych. Ponadto zwiększenie ilości dostępnego azotu może się przyczynić do nadmiernej akumulacji azotanów w roślinie. Standardowe zawartości azotu w polowej produkcji warzyw zamieszczono w [tabeli 4](#). Przy ustalaniu potrzeb nawożenia azotem należy uwzględnić:

- zawartość azotu mineralnego w glebie (na podstawie analizy gleby),
- azot z mineralizacji substancji organicznej (należy znać typ gleby oraz badać zawartość substancji organicznej – analiza wykonywana co 4 lata),
- azot pobrany przez rośliny przy przewidywanym plonie (dla każdego gatunku oddzielnie, [tab. 5](#)),
- straty azotu mineralnego powstałe w trakcie okresu uprawowego (przemieszczanie się do wód gruntowych, ulatnianie się form gazowych do atmosfery – od 15 do 30%).

Ponadto nawożenie azotem zależy od zmianowania, rodzaju przedplonu i wielkości dawki azotu pod przedplon oraz od warunków pogodowych.

Ustaloną dawkę nawozu, szczególnie dla roślin o krótkim okresie wegetacji, stosuje się bezpośrednio przed siewem lub sadzeniem roślin. Roślin warzywnych o krótkim okresie wegetacji nie należy nawozić pogłównie, gdyż zachodzi obawa nadmiernej akumulacji azotanów. Przedwegetacyjna dawka azotu zależy od potrzeb pokarmowych i wrażliwości roślin na stężenie soli w glebie, rodzaju gleby oraz jej wilgotności.

Do nawożenia pogłównego najlepsze są saletry (nawozy z formą azotanową). Nawozów amonowych i mocznika (forma amidowa) nie można stosować na glebach o odczynie kwaśnym. Na glebach o uregulowanym odczynie z możliwością przykrycia nawozów można stosować każdy rodzaj nawozów azotowych. Mocznik stosuje się przedsięwnie i pogłównie, szczególnie u roślin o długim okresie wegetacji, a także dolistnie w formie opryskiwania roztworem o stężeniu 0,5-5%, w zależności od gatunku i rodzaju uprawy (niższe stężenia pod osłonami).

Nawozy azotowe można rozsiewać zarówno na całej powierzchni uprawnej lub pasowo (nawożenie przedwegetacyjne i pogłównie), jak i stosować w sposób zlokalizowany. Nawożenie zlokalizowane polega na umieszczeniu nawozu w głąbnie w rzędzie pod nasionami lub sadzonymi roślinami, albo obok rzędu, co ułatwia szybkie dotarcie korzeni do składników pokarmowych.

Nawozy azotowe mogą być również rozprowadzane w formie płynnej przez fertygację kropłową. Do nawożenia płynnego nadają się nawozy całkowicie rozpuszczalne w wodzie (płynna saletra amonowa oraz saletra wapniowa, potasowa i magnezowa). Płynne nawożenie, przez lepsze wykorzystanie składników pokarmowych, zwiększa plon, pozwala na zmniejszenie zużycia nawozów oraz zanieczyszczenia wód gruntowych.

Nawożenie fosforem

Źródłem fosforu dla roślin są łatwo rozpuszczalne fosforany, znajdujące się w glebie. Jest głównie pobierany w formie jonów kwasu ortofosforowego. Pobranie fosforu przez rośliny zależy w dużym stopniu od zawartości w glebie jego dostępnych form. Zasadniczym czynnikiem ograniczającym przystępność fosforu jest zakwaszenie gleby. Obecność substancji organicznej w glebie zapobiega przechodzeniu form rozpuszczalnych w formy niedostępne dla roślin, przez tworzenie kompleksowych połączeń fosforanów ze związkami próchnicowymi. Nawozy fosforowe stosowane w nadmiernej ilości mogą być źródłem zanieczyszczeń, mających negatywny wpływ na środowisko naturalne. Wprowadzenie fosforu do wód może powodować siedmiokrotnie większy wzrost suchej masy glonów niż wprowadzenie takiej samej ilości azotu. Związki fosforu obecne w wodach powierzchniowych intensyfikują proces eutrofizacji w zbiornikach wodnych. Dodatkowo, na skutek działalności człowieka, rozmieszczenie zasobów fosforu zmienia się w sposób niekorzystny dla ekosystemów. Fosfor wraz ze splotem powierzchniowym przedostaje się w dużych ilościach do wód, powodując ich nadmierne użyźnianie, co indukuje cały łańcuch niekorzystnych zmian zarówno w środowisku wodnym, jak i glebowym. Z jednej strony mogą być one powodem eutrofizacji zbiorników wodnych, z drugiej strony mogą być źródłem metali ciężkich w glebie. Obecnie mimo spadku zużycia nawozów fosforowych w rolnictwie zanieczyszczenie wód nie maleje. Właściwości sorpcyjne gleb pozwalały tylko do pewnego momentu na akumulację fosforu. Jednak w ostatnich latach obserwuje się wysycenie możliwości sorpcyjnych gleb, co skutkuje uwalnianiem fosforu. Zjawisko to nosi nazwę „chemicznych bomb czasowych”. Polska jest na

pierwszym miejscu spośród krajów nadbałtyckich w zanieczyszczeniu Bałtyku i odpowiada za 34% zrzutów fosforu i 27% azotu do morza.

Rośliny pobierają fosfor głównie w formie anionów H_2PO_4^- lub HPO_4^{2-} . Fosfor decyduje bardziej o rozwoju części generatywnych niż wegetatywnych oraz o rozwoju systemu korzeniowego. Na brak fosforu narażone są przede wszystkim rośliny w początkowym okresie wzrostu, wówczas reakcja na nawożenie fosforem jest największa. Pobieranie fosforu w dużym stopniu uzależnione jest od temperatury. Przy niskiej temperaturze, w początkowym okresie wzrostu, często obserwujemy antocyjanowe zabarwienie nadziemnych części, świadczące o niedoborze fosforu, pomimo odpowiedniego poziomu składnika w glebie.

Fosfor jest składnikiem stosunkowo mało mobilnym w glebie. Zwłaszcza w glebach bardzo kwaśnych i zasadowych przechodzi w formy słabo rozpuszczalne, niedostępne dla roślin. Zwykle w glebie znajduje się od 80 do 90% fosforu w postaci trudno dostępnej, około 10% to związki powoli przyswajalne, a tylko 1% przypada na związki łatwo dostępne. Przy obliczaniu dawki nawozów fosforowych należy uwzględnić współczynnik sorpcji tego składnika w glebie, którego wartość zależy od odczynu oraz od zawartości jonów Fe, Ca i Al. Jony te reagują z jonami H_2PO_4^- , tworząc trudno rozpuszczalne fosforany. Poszczególne gatunki warzyw odznaczają się różną zdolnością pobierania fosforu z gleby. Dobrze wykorzystują fosfor z gleby rośliny bobowate oraz niektóre warzywa korzeniowe. Do roślin wrażliwych na niedobór fosforu należą: pomidor, papryka, ogórek, sałata oraz rośliny kapustne.

Nawożenie fosforem stosujemy jesienią lub wczesną wiosną, równomiernie rozrzucając nawozy na powierzchnię uprawną, a następnie mieszamy je z glebą. Nie należy wysiewać nawozów fosforowych równocześnie z nawozami zawierającymi wapń, gdyż fosfor ulegnie uwstecznieniu.

Nawożenie potasem

Potas pobierany jest przez rośliny w formie jonów K^+ , głównie z roztworu glebowego. Zwiększona ilość potasu w glebie przyczynia się do większego pobierania i gromadzenia tego pierwiastka przez rośliny. Potas bardzo łatwo przemieszcza się w roślinie. Standardowe zawartości potasu w glebie dla poszczególnych roślin warzywnych podano w [tabeli 4](#).

3. Nawożenie warzyw w uprawach pod osłonami

3.1 Nawożenie w tradycyjnych uprawach gruntowych

W ostatnich latach w nowobudowanych obiektach uprawowych, szczególnie szklarniowych, bardzo rzadko do uprawy roślin wykorzystuje się macierzystą glebę znajdującą się w tym obiekcie. Wybudowanie oraz prowadzenie upraw w szklarniach jest inwestycją wysoce kosztowną, dlatego też maksymalizacja plonowania jest podstawowym celem tego typu upraw. Grunt w szklarniach i tunelach nie jest najlepszym środowiskiem dla korzeni roślin. Bardzo szybko na skutek upraw monokulturowych (brak właściwego zmianowania) dochodzi do zmęczenia gleby i znacznego obniżenia plonowania. W uprawach pod osłonami wzbogaca się glebę w substancję organiczną, wykorzystuje się specjalnie przygotowywane ziemie ogrodnicze oraz różnego rodzaju podłoża. Na podstawie analizy chemicznej ustala się potrzeby nawozowe, zgodnie z wymaganiami pokarmowymi danego gatunku rośliny warzywnej (a nawet odmiany), uwzględniając okres uprawy, fazę wzrostu roślin, a także właściwości fizyczne podłoża. Dla roślin warzywnych o długim okresie wzrostu (pomidor, papryka, ogórek) bardzo istotne jest nawożenie pogłówne (zwane dokarmianiem) stosowane w całym okresie wzrostu

roślin. W uprawie pod osłonami kolejne nawożenia pogłówne są korygowane na podstawie analizy chemicznej części wskaźnikowej rośliny. Standardowe zawartości składników mineralnych w glebie dla roślin uprawianych pod osłonami przedstawiono w [tabeli 6](#). Przy nawożeniu roślin pod osłonami, ze względu na właściwości sorpcyjne gleb wzbogaconych w substancje organiczne, należy uwzględniać współczynniki sorpcji ([tab. 7](#)).

W uprawie roślin pod osłonami dość często dochodzi do wzrostu zasolenia, spowodowanego intensywnym nawożeniem mineralnym stosowanym prawie przez cały okres uprawy. Dlatego też przed każdą kolejną uprawą w danym roku należy wykonać analizę podłoża, określając zasolenie oraz pH. W zasadzie dla wszystkich uprawianych roślin warzywnych pod osłonami można przyjąć pH na poziomie 5,5-6,5. Przy niższej wartości pH należy zastosować wapniowy nawóz węglanowy, który wolno zmienia odczyn podłoża, dostarczając jednocześnie dużych ilości wapnia. Zbyt wysoki odczyn obniżamy przez mieszanie podłoża z materiałami organicznymi o odczynie kwaśnym, np. torfem wysokim lub niekompostowaną korą drzew sosnowych.

Optymalne stężenie w glebach pod osłonami powinno wynosić 1-3 g NaCl na 1 dm³. Nadmierne zasolenie można usunąć przez wymieszanie substancji organicznej ubogiej w składniki pokarmowe (odkwaszony torf, surowa kora, trociny itp.) z glebą o nadmiernej koncentracji składników pokarmowych. Na glebach lżejszych zasolenie można zmniejszyć przez wypłukanie soli do głębszych warstw za pomocą polewania gleby dużymi dawkami wody.

Warzywa uprawiane pod osłonami pod względem sposobu nawożenia możemy podzielić na dwie grupy. Pierwsza to warzywa o krótkim okresie wegetacji (sałata, rzodkiewka), wymagające doprowadzenia zasobności gleby do wymaganego poziomu przed sadzeniem lub siewem. Druga grupa to warzywa o długim okresie wegetacji (pomidor, ogórek, papryka). W okresie późnowiosennym, podczas silnego wzrostu i kwitnienia, wymagają znacznie większych ilości składników pokarmowych, a jeszcze większe zapotrzebowanie przypada na owocowanie roślin. Znacznie większą ilość składników należy dostarczyć pogłównie niż podczas nawożenia podstawowego. Nawożenie pogłówne w trakcie wegetacji można prowadzić posypowo nawozami stałymi lub podawać składniki pokarmowe w formie fertygacji (podlewanie roślin roztworem rozpuszczonych nawozów) przy każdym nawadnianiu, nie występują wówczas okresowe niedobory składników pokarmowych w podłożu. Przy posypowym nawożeniu nawozimy rośliny w odstępach 2-3-tygodniowych, zapobiega to nadmiernemu zasoleniu podłoża. Jeżeli nawozi się nawozami stałymi, to ich jednorazowa dawka nie powinna przekraczać wartości zamieszczonych w [tabeli 8](#). Pod osłonami, gdzie warzywa uprawiane są w gruncie, a nawożone są dużymi dawkami obornika lub kompostu, nie ma potrzeby dostarczania roślinom mikroelementów, gdyż znajdują się w wystarczającej ilości w nawozach organicznych. W przypadku uprawy warzyw bez nawożenia organicznego nawożenie mikroelementami jest konieczne.

Przy fertygacji warzyw uprawianych w gruncie pod osłonami należy stosować stężenia hydroponiczne składników pokarmowych tak, jak jest to stosowane w uprawach bezglebowych (roztwory 0,1-0,15%). Zastosowanie fertygacji umożliwi stosowanie programów nawożeniowych, które uwzględniają nie tylko dawki nawozów, ale także optymalne dla roślin stężenie i proporcje składników mineralnych w poszczególnych fazach wzrostu.

3.2. Nawożenie w uprawach bezglebowych

W ostatnich latach zwiększa się powierzchnia upraw pod osłonami prowadzona metodami bezglebowymi. Metody te mogą być stosowane we wszystkich obiektach, ale konieczne są

w tych gospodarstwach, gdzie ze względu na zakażenie, bez dezynfekcji dalsza uprawa nie byłaby możliwa. W ramach upraw bezglebowych wyróżnia się uprawy hydroponiczne bez podłoża (hydroponika stagnująca, cienkowarstwowe kultury przepływowe – NFT, aeroponika) oraz hydroponiki z podłożami (mineralnymi, syntetycznymi i organicznymi).

Uprawy bezglebowe, w porównaniu z tradycyjnymi uprawami w gruncie szklarni czy tunelu foliowym, zapewniają wcześniejsze plonowanie, wyższe i jakościowo lepsze plony, przedłużenie okresu uprawowego (ze względu na lepszą zdrowotność i możliwości właściwego odżywiania roślin), zmniejszenie porażenia roślin przez szkodniki i choroby odglebowe. Wszystkie te metody wymagają systematycznego nawadniania wraz z dozowaniem kompletnych pożywek, w których składniki pokarmowe muszą być dostarczane w odpowiednich ilościach i proporcjach w zależności od fazy rozwojowej roślin oraz odmiany, a także warunków klimatycznych. W uprawach tych należy precyzyjnie ustalać skład pożywek oraz właściwie je dozować. Rośliny dla prawidłowego wzrostu i rozwoju potrzebują 16 podstawowych składników, które pobierają z powietrza, wody i nawozów. W skład tych składników wchodzi: węgiel (C), wodór (H), tlen (O), fosfor (P), potas (K), azot (N), siarka (S), wapń (Ca), magnez (Mg), żelazo (Fe), bor (B), mangan (Mn), miedź (Cu), cynk (Zn), molibden (Mo) i chlor (Cl). Pierwiastkiem pożytecznym (ale nie koniecznym) w hydroponicznej uprawie pomidora jest również krzem (Si), który, stosowany w niewielkich ilościach, wpływa na poprawę wzrostu roślin. Jeżeli brakuje któregoś z niezbędnych składników pokarmowych lub występuje on w niewystarczającej bądź nadmiernej ilości, powstają zakłócenia w metabolizmie roślin. Często te zaburzenia wywołują widoczne objawy, takie jak żółknięcie i zasychanie liści i są przyczyną zamierania roślin bądź znacznej obniżki plonu.

Węgiel, wodór i tlen wchodzi w skład wszystkich związków organicznych występujących w roślinach. W odróżnieniu od pozostałych składników pokarmowych pobierane są przez rośliny (z nielicznymi wyjątkami) w formach niejonowych jako CO_2 , H_2O i O_2 . Pozostałe składniki pobierane są w postaci jonowej. Do przygotowania pożywki o określonej koncentracji składników konieczna jest dokładna znajomość składu chemicznego wody. W Polsce do przygotowywania pożywek wykorzystuje się wody o bardzo zróżnicowanym składzie chemicznym, ponieważ nie obowiązują normy określające dopuszczalne stężenie składników w wodzie. W wielu wypadkach używa się wody bardzo złej jakości (o wysokim odczynie i nadmiernej zawartości wodorowęglanów HCO_3^- oraz zbyt dużej ogólnej zawartości soli). Ogólna zawartość soli w wodzie nie powinna przekraczać $160 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ dla roślin bardzo wrażliwych oraz $800 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ dla roślin tolerujących wysokie zasolenie. Przy obliczaniu składu pożywek należy uwzględnić wszystkie składniki zawarte w wodzie. Należy zwrócić szczególną uwagę na zawartość wapnia, magnezu, siarczanów i chlorków. Najłatwiej przygotować pożywkę z wody zawierającej minimalne zawartości makro- i mikroelementów. Pożywki sporządzane z wód o wysokim pH (powyżej 7,5) i o wysokiej koncentracji składników (EC powyżej $1,0 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$) są na ogół źle zbilansowane. Jeżeli ustalono dobrze podstawowe składniki, to zawyżono zawartość siarczanów lub chlorków.

Duże trudności w prawidłowym przygotowaniu pożywek sprawiają występujące w wodzie w nadmiernych ilościach niektóre mikroelementy (np. mangan, bor). Zdarza się, że te składniki występują w ilościach toksycznych dla roślin. Aby taką wodę można było wykorzystać do sporządzania roztworów nawozowych, należy ją uzdatnić, np. przez zmieszanie z wodą deszczową zbieraną z dachów szklarni.

Odczyn wody ma ścisły związek z ilością kwaśnych węglanów (HCO_3^-). Wraz ze wzrostem odczynu wzrasta zawartość kwaśnych węglanów. W zakresie pH od 5,5 do 7,0 zależność ta ma charakter zbliżony do prostoliniowego. Najlepsza przyswajalność większości składników w uprawach hydroponicznych jest przy pH 5,5-5,8. Dla doprowadzenia wody do wymaganego odczynu należy wyznaczyć krzywą zakwaszenia wody za pomocą jednego z kwasów (azotowego, fosforowego lub solnego). Znając stężenie kwaśnych węglanów w wodzie można w przybliżeniu obliczyć ilość kwasów (HNO_3 , H_3PO_4 , HCl) potrzebną do obniżenia pH wody do 5,5 stosując wzór:

$$V_{\text{HNO}_3} = \frac{m_{\text{HCO}_3^-} - 50}{M_{\text{HCO}_3^-}} \times \frac{M_{\text{HNO}_3}}{C\%_{\text{HNO}_3} \cdot d_{\text{HNO}_3}}$$

gdzie:

V_{HNO_3} – objętość kwasu na 1000 dm^3 wody,

$m_{\text{HCO}_3^-}$ – zawartość HCO_3^- w wodzie,

50 – przy zawartości węglanów $50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ odczyn wody wynosi 5,5,

$M_{\text{HCO}_3^-}$ – masa cząsteczkowa $\text{HCO}_3^- = 61$,

M_{HNO_3} – masa cząsteczkowa $\text{HNO}_3 = 63$,

$C\%_{\text{HNO}_3}$ – stężenie procentowe kwasu azotowego,

d_{HNO_3} – gęstość kwasu azotowego.

Przy odkwaszaniu wody wraz z kwasami podanymi w [tabeli 9](#) wprowadzamy do pożywki również składniki pokarmowe (w zależności od kwasu: azot, fosfor lub chlor), których zawartość można obliczyć korzystając z następujących wzorów:

$$(1) m_k = C\% \cdot d \cdot V_k$$

gdzie:

m_k – masa kwasu,

d – gęstość kwasu,

$C\%_{\text{HNO}_3}$ – stężenie procentowe kwasu azotowego,

V_k – objętość kwasu użyta do regulacji odczynu.

$$(2) \text{Zawartość N w } \text{HNO}_3 (\text{mg/l}) = \frac{m_k \cdot \%N \cdot 10}{1000}$$

$$(3) \%N = M_N : M_{\text{HNO}_3} \cdot 100$$

gdzie:

$\%N$ – procentowa zawartość azotu w kwasie azotowym,

M_N – masa atomowa azotu = 14,

M_{HNO_3} – masa cząsteczkowa $\text{HNO}_3 = 63$.

Uwzględniając składniki zawarte w wodzie, a także w kwasach użytych do korekty odczynu, możemy obliczyć ilość nawozów potrzebnych do sporządzenia pożywki (w g na 1000 dm^3 wody) według wzoru:

$$\text{Brakująca ilość nawozu (g)} = \frac{\text{brakująca ilość składników (mg} \cdot \text{dm}^{-3}) \times \text{objętość wody (dm}^3)}{\% \text{ zawartość składnika w nawozie} \times 10}$$

Stabilizację pH pożywki można również uzyskać przez zmiany stężenia jonu amonowego (NH_4^+) w roztworze, który działa zakwaszająco. Zwiększenie zawartości formy amonowej w roztworze powoduje obniżenie odczynu. Należy jednak utrzymywać niskie stężenia NH_4^+ w roztworze, tylko do kilkunastu $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ pożywki, gdyż większe zawartości, szczególnie na podłożach inertnych i w czystych hydroponikach, mogą być toksyczne dla roślin.

Koncentrację składników pokarmowych w pożywce mierzy się przewodnictwem właściwym roztworu EC i wyraża w $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$. Przeciętne zawartości składników pokarmowych w pożywkach hydroponicznych wynoszą od 1,5 do 4,5 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$.

Oprócz makroelementów (tab. 10) do przygotowywania pożywek wykorzystuje się mikronawozy uwzględniające 6 mikroelementów (tab. 11). Stosowane są nawozy mikroelementowe jednoskładnikowe: żelazowe, manganowe, miedziowe, cynkowe, borowe i molibdenowe oraz nawozy mikroelementowe wieloskładnikowe, zawierające dwa lub więcej mikroelementów. Ze względu na szybkie uwstecznianie się rozpuszczonych nawozów mikroelementowych (soli technicznych i tlenkowych form mikroelementowych) w stężonych pożywkach (pod wpływem zbyt wysokiego pH, stężenia innych składników, temperatury i światła) i spadku ich dostępności dla roślin, stosuje się chelaty mikroelementowe. Charakteryzują się dobrą rozpuszczalnością w szerokim zakresie odczynu. Z nawozów chelatowych duże znaczenie w uprawie roślin mają połączenia z żelazem, miedzią, manganem i cynkiem. Bor i molibden nie tworzą połączeń kompleksowych z typowymi chelatorami. Z wyników doświadczeń z chelatami znakowanymi izotopowo wynika, że chelaty są pobierane przez korzenie jako całe cząsteczki i podlegają w roślinie przemieszczaniu podobnie jak pierwiastki zjonizowane. W roślinie mikroelementy związane z chelatorem są uwalniane i mogą być wykorzystywane w różnych procesach metabolicznych.

Pożywki do upraw hydroponicznych mogą być przygotowywane w stężeniach odpowiadających potrzebom pokarmowym roślin (tzw. roztwory robocze). W jednym zbiorniku rozpuszcza się wszystkie potrzebne do sporządzenia pożywki nawozy w następującej kolejności: kwas, saletra wapniowa, pozostałe nawozy pojedyncze lub dwuskładnikowe (lub nawóz wieloskładnikowy) i mikroelementy. W uprawie na większych powierzchniach, przy stosowaniu specjalnych urządzeń dozujących, pożywki przygotowywane są jako roztwory stężone (najczęściej 100-krotnie w stosunku do roztworów roboczych). Stężonych roztworów nie możemy umieszczać w jednym zbiorniku, gdyż reakcje zachodzące pomiędzy poszczególnymi jonami powodują wytrącanie nierozpuszczalnych związków, które mogą zatykać elementy nawadniające. Dotyczy to związków wapnia, siarczanów i fosforanów. Stężone roztwory nawozów wapniowych (saletra wapniowa, chlorek wapnia) umieszczamy w jednym zbiorniku (A), a nawozy fosforowe (fosforan monopotasowy), potasowe i mikroelementowe w drugim zbiorniku (B). Kwasy służące do regulacji odczynu (najczęściej kwas azotowy, fosforowy i solny) – w trzecim zbiorniku (C). Na mniejszych plantacjach (szczególnie przy wykorzystaniu do dozowania pożywek proporcjonalnych dozowników typu Dosatron) stężone roztwory pożywek przygotowywane są tylko w dwóch zbiornikach A i B, wtedy kwas fosforowy wlewa się do zbiornika B, natomiast kwas azotowy do zbiornika A lub część do zbiornika A, a drugą część do zbiornika B.

Uprawy bezglebowe z substratami są systematycznie nawożone roztworami nawozów o stężeniach hydroponicznych. Pomimo stosowania niewielkich stężeń pożywek w podłożach uprawowych dochodzi do zatężania i zmiany proporcji składników, a tym samym do ich gor-

szego pobierania przez rośliny. Większe zateżnienie pożywki występuje w podłożach o dużej sorpcji mechanicznej i fizycznej i o silnych właściwościach retencyjnych. Tego rodzaju sorpcję posiada również najczęściej stosowane podłoże, jakim jest wełna mineralna. Aby nie dopuścić do niekorzystnego wzrostu ilości składników mineralnych w podłożu, konieczne jest stosowanie większych ilości pożywek w celu przepłukiwania mat i pojemników uprawowych. Ilość dodatkowej pożywki, określana jako przelew lub wody drenarskie, uzależniona jest od gatunku uprawianej rośliny, jakości wody, stężenia stosowanych roztworów nawozowych (EC) oraz warunków klimatycznych. Przeciętna wielkość przelewu w uprawie pomidora na wełnie mineralnej lub innych substratach o bardzo niskiej sorpcji chemicznej i wymiennej (np. kokos, perlit) wynosi 25.

Fertygacja w technologiach bezglebowych odbywa się w systemach otwartych lub zamkniętych. W systemie otwartym nadmiar pożywki, służący do przepłukiwania podłoża, przecieka bezpośrednio w głąb gruntu, a w szklarniach z posadzką betonową odpływa do ścieków (kanalizacji). W układzie zamkniętym nadmiar pożywki jest zbierany i powtórnie wykorzystywany do nawożenia. W naszym kraju bezglebowa uprawa pomidora i ogórka jest prawie w 100% prowadzona w otwartych systemach nawożenia. W systemie zamkniętym pożywka nie zawsze jest z powrotem wprowadzana do obiegu. W gospodarstwach o małej powierzchni upraw hydroponicznych, przelewy mogą być gromadzone w zbiornikach, a następnie wykorzystywane do nawożenia roślin uprawianych pod osłonami w systemach glebowych lub do fertygacji upraw polowych. Zateżnionymi wodami drenarskimi mogą być również nasączone odpadowe materiały organiczne (rozwłóknione trociny, słoma, kora). Po przekompostowaniu powstałe w ten sposób nawozy organiczno-mineralne mogą być stosowane do nawożenia roślin uprawianych w odkrytym gruncie. W gospodarstwach o dużej powierzchni rozwiązanie takie, ze względu na duże ilości pożywki uzyskanej z przelewu, nie zawsze jest możliwe. W tych gospodarstwach najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie zamkniętych układów nawożenia z recyrkulacją pożywki.

Systemy zamknięte z recyrkulacją pożywki są stosowane w Polsce jedynie w nowoczesnych metodach produkcji rozsad roślin warzywnych na stołach i posadzkach zalewowych, hydroponicznej uprawie sałaty i roślin przyprawowych, a także w produkcji niektórych roślin ozdobnych. W Holandii powszechnie stosowaną praktyką jest nawożenie upraw bezglebowych pod osłonami w systemie recyrkulacji pożywki. Podstawową trudnością przy stosowaniu recyrkulacji pożywki jest właściwe zbilansowanie wszystkich składników pokarmowych. Jest to zdecydowanie bardziej skomplikowane niż przy uprawie w systemie otwartym (bez recyrkulacji). Pożywka po przejściu przez układ hydroponiczny jest bardziej skoncentrowana w porównaniu z pożywką stosowaną pod rośliny. Wody drenarskie, pochodzące z upraw na podłożu organicznym, zawierają niższe stężenia składników mineralnych, a więc są mniej toksyczne dla środowiska przyrodniczego w porównaniu do przelewów z upraw na wełnie mineralnej. Z 1 ha uprawy pomidorów przedostaje się do gruntu szklarni z wodami drenarskimi prawie 4,7 ton nawozów w tym około 1000 kg azotu oraz mikroelementy w postaci schelatowanej.

Zmiany składu pożywki, pochodzącej z przelewu, są w okresie uprawy zróżnicowane i zależą od fazy wzrostu roślin, warunków klimatycznych, wody stosowanej do sporządzania pożywek, rodzaju mat uprawowych oraz kondycji samych roślin. Pożywka pochodząca z wód drenarskich, przed ponownym użyciem wymaga odpowiedniego uzdatnienia. Polega ono na roz-

cieńczeniu nadmiernej koncentracji jednych składników i uzupełnieniu innych oraz obniżeniu odczynu pożywki. Uzdatnienie pożywki pochodzącej z przelewu nie jest zabiegiem prostym, nie ma gotowych receptur, w jakich ilościach należy dodawać składniki pokarmowe, ponieważ nie ma zasad, które określałyby, w jakim stopniu wzrośnie koncentracja poszczególnych pierwiastków. Dlatego w uprawie roślin w systemie zamkniętym z recykulacją pożywki konieczna jest częsta, najlepiej cotygodniowa, kompletna analiza roztworu wyciekającego z mat uprawowych. Jedynie kompletna analiza jego składu chemicznego pozwala na precyzyjne zbilansowanie pożywki na następny tydzień.

4. Dokarmianie dolistne (pozakorzeniowe)

W praktyce nawożenie dolistne stosuje się w przypadku niedoborów lub trudności z pobieraniem niektórych składników pokarmowych. Najczęściej uzupełniamy w ten sposób niedobory fosforu wczesną wiosną, wapnia, magnezu, żelaza i pozostałych mikroelementów. W usuwaniu niedoborów najskuteczniejsze jest opryskiwanie roślin specjalistycznymi, wieloskładnikowymi nawozami, zawierającymi odpowiednie makro- i mikroelementy.

Literatura

- Breś W., Golcz A., Komosa A., Kozik E. 2012. Żywnienie roślin ogrodniczych. Podstawy i perspektywy. Praca zbiorowa pod redakcją naukową A. Komosy. PWRiL, Poznań, 390 s.
- Fink M., Feller C., Scharpf H.C., Weier U., Maync A., Ziegler J., Paschold P.J., Strohmeyer K. 1999. Nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium contents of field vegetables – Recent data for fertilizer recommendations and nutrient balances. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 162: 71-73.
- Nowosielski O. 1978: Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie. PWRiL, Warszawa, 221 s.
- Sady W. 2000. Nawożenie warzyw polowych. Plantpress Sp. z o.o., Kraków, 97 s.
- Starck J.R. 1997. Uprawa roli i nawożenie roślin ogrodniczych. PWRiL, Warszawa, 201 s.

Tabela 1. Uszeregowanie gatunków warzyw wg wymagań w stosunku do azotu

Wymagania roślin warzywnych w stosunku do azotu*		
duże	średnie	małe
papryka, oberżyna, pomidor, kapusty, seler, brukselka, ogórek	rzodkiew, brokuł, jarmuż, por, fasola, burak, kalarepa, cykorja, marchew, pietruszka	sałata, rzodkiewka, groch, roszponka, szparag, fasola karłowa

* w obrębie każdej grupy rośliny uszeregowano, zaczynając od najbardziej wymagającej

Tabela 2. Średni skład chemiczny świeżej masy obornika mieszanego (od różnych zwierząt) (Starck 1997)

Makroskładniki	Zawartość (%)	Mikroskładniki	Zawartość (mg · kg ⁻¹)
Azot (N)	0,50	Bor (B)	5,0
Fosfor (P ₂ O ₅)	0,25	Miedź (Cu)	4,7
Potas (K ₂ O)	0,60	Mangan (Mn)	30,0
Magnez (MgO)	0,15	Cynk (Zn)	43,5
Wapń (CaO)	0,40	Molibden (Mo)	0,4
Siarka (S)	0,08	Kobalt (Co)	0,2

Tabela 3. Wykorzystanie składników pokarmowych (%) z obornika stosowanego na różnych glebach (wg Starcka 1997)

Rodzaj gleby	Wykorzystanie składników z obornika w kolejnych latach po zastosowaniu (%)			
	1 rok	2 rok	3 rok	4 rok
Ciężkie	40	30	20	10
Średnie	60	30	10	-
Lekkie	70	30	-	-

Tabela 4. Optymalne zakresy odczynu oraz standardowe zawartości makroskładników dla roślin warzywnych w uprawie polowej

Roślina	mg · dm ⁻³						pH
	N	P	K	Ca	Mg	S-SO ₄	
Burak ćwikłowy	70-100	50-70	175-250	1500-2000	60-80	20-40	6,0-7,5
Brokuł	100-120	50-60	170-200	1000-1500	50-60	20-40	6,2-7,0
Cebula	100-150	60-80	175-250	1500-2000	60-80	20-40	6,5-7,8
Chrzan	50-130	40-60	175-225	1500-2000	60-80	20-40	5,5-6,7
Fasola szparagowa	30-80	40-60	125-175	1000-2000	50-70	20-40	6,5-7,8
Groch	30-80	40-60	125-175	1000-2000	60-80	20-40	6,5-7,8
Kalafior	100-140	50-70	160-220	1000-1500	50-80	20-40	6,4-7,5
Kapusta biała	100-140	50-70	160-210	800-1200	60-80	20-40	6,2-7,8
Kapusta brukselska	100-120	60-80	190-220	1000-1500	60-80	20-40	6,2-7,8
Marchew	80-130	60-80	150-200	1500-2500	60-80	20-40	6,5-7,5
Ogórek	80-100	60-80	175-250	1500-2000	60-80	20-40	6,0-7,2
Papryka	120-180	150-300	200-280	1500-2000	60-80	20-40	6,0-7,0
Pietruszka	60-80	40-60	150-250	1500-2000	70-80	20-40	6,5-7,5
Pomidor	100-150	60-80	200-250	1200-1500	60-80	20-40	5,5-6,5
Por	70-120	60-80	175-200	1000-1500	50-70	20-40	6,0-7,4
Rabarbar	100-150	60-80	175-250	1000-1500	60-80	20-40	5,5-6,5
Rzodkiewka	30-80	40-60	120-150	1000-1500	60-80	20-40	6,0-7,4
Salata	30-80	50-70	150-200	1000-1500	60-80	20-40	6,0-7,5
Seler	100-130	60-80	200-250	1500-2500	60-80	20-40	6,5-7,5
Skorzonera	100-130	60-80	200-250	1500-2000	60-80	20-40	6,4-7,5
Szparag	50-130	40-60	150-200	1500-2000	60-80	20-40	6,4-7,5
Szpinak	30-80	50-70	175-250	1000-1500	60-80	20-40	6,0-7,5

Tabela 5. Średnie ilości azotu, fosforu i potasu pobrane z plonem przez warzywa w uprawie polowej (Fink i in. 1999)

Roślina	Plon całkowity (t · ha ⁻¹)	Pobranie składników w przeliczeniu na plon całkowity z 1 ha		
		kg N · ha ⁻¹	kg P · ha ⁻¹	kg K · ha ⁻¹
Brokuł	90	333,0	41,4	360,0
Burak ćwikłowy	100	270,0	46,0	460,0
Cebula	65	123,5	21,1	130,0
Cykorcia sałatowa	50	125,0	20,0	200,0
Fasola	35	119,0	14,0	126,0
Fenkuł	70	168,0	23,8	294,0
Jarmuż	45	207,0	31,05	229,5
Kalafior	100	320,0	48,0	330,0
Kalarepa	60	180,0	27,0	210,0
Kapusta brukselska	90	423,0	60,3	459,0
Kapusta pekińska	120	192,0	43,2	324,0
Kapusta głowiasta biała	120	276,0	39,6	324,0
Kapusta głowiasta czerwona	90	234,0	33,3	288,0
Kapusta włoska	80	304,0	40,0	288,0
Marchew	100	170,0	36,0	410,0
Ogórek	120	204,0	48,0	366,0
Por	70	182,0	24,5	217,0
Rzodkiewka	35	70,0	10,5	98,0
Sałata masłowa	60	108,0	18,0	180,0
Sałata krucha	80	104,0	20,0	200,0
Seler korzeniowy	75	202,5	41,25	352,5
Szpinak	40	144,0	20,0	220,0

Tabela 6. Zalecane zawartości makroskładników dla roślin warzywnych uprawianych w podłożach mineralnych (gleba, substraty) i organicznych pod osłonami

Roślina	mg · dm ⁻³									pH	EC (mS · cm ⁻¹)	zasolenie (g NaCl · dm ⁻³)
	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Ca	Mg	S-SO ₄	Na	Cl			
Ogórek	<60	220-270	190-230	250-300	500-1500	180-220	50-100	<100	<100	5,5-6,5	<1,9	~1
Papryka	<50	180-250	190-300	300-350	1500-2000	180-220	50-100	<50	<100	5,5-6,5	<1,9	~1
Pomidor	<50	200-250	190-230	300-350	500-1500	180-220	100-150	<100	<100	5,5-6,5	<1,9	~1
Sałata	<20	100-150	200-250	200-300	500-2000	60-80	50-100	<30	<30	6,0-6,5	<1,9	~1

Tabela 7. Współczynniki sorpcji w glebach mineralnych i podłożach organicznych

Składnik	Gleby mineralne	Podłoża organiczne
N	1,0-1,2	1,0-1,2
P	3-5*	1,0-1,4
K	1,0-1,6	1,0-1,4
Mg	1,0-1,5	1,2-1,4

*3-4 – gleby lekko kwaśne i obojętne, 4-5 – gleby kwaśne i zasadowe

Tabela 8. Największe jednorazowe dawki stosowanych składników pokarmowych do posypowego pogłównego nawożenia roślin w uprawie pod osłonami (Nowosielski 1978, zmodyfikowane Komosa 2012)

Wrażliwość roślin na zasolenie	Jednorazowa dawka (g · m ⁻²)					
	N	P	K	Mg	S	Soli ogółem
Duża*	5-10	10-20	10-30	4-8	4-8	100-150
Średnia i mała**	10-20	10-30	20-30	5-10	5-10	150-250

*sałata głowiasta, rzodkiewka, rzodkiew, pietruszka, marchew, endywia zimowa i młode rośliny

**ogórek, pomidor, kalafior, kalarepa

Tabela 9. Kwasy nieorganiczne stosowane do przygotowywania pożywek

Rodzaj kwasu	Gęstość (kg · dm ⁻³)	Zawartość składnika w 1 dm ³
Kwas azotowy 65%	1,39	199 g N
Kwas azotowy 63%	1,38	191 g N
Kwas azotowy 59%	1,36	177 g N
Kwas azotowy 57%	1,35	160 g N
Kwas azotowy 37%	1,23	100 g N
Kwas fosforowy 85%	1,69	460 g P
Kwas fosforowy 75%	1,58	379 g P
Kwas fosforowy 70%	1,54	344 g P
Kwas solny 36%	1,18	412 g Cl
Kwas solny 33%	1,16	372 g Cl

Tabela 10. Podstawowe nawozy makroelementowe używane do przygotowywania pożywek

Nazwa nawozu	Wzór chemiczny	Zawartość składników pokarmowych
Saletra wapniowa szklarniowa	Ca(NO ₃) ₂	N – 15,5% (NO ₃ – 14,5%, NH ₄ – 1%), Ca – 19%
Saletra potasowa	KNO ₃	N – 13,5%, K – 38%
Saletra magnezowa	Mg(NO ₃) ₂	N – 10,8%, Mg – 9,4%
Saletra amonowa	NH ₄ NO ₃	N – 34% (NO ₃ – 17%, NH ₄ – 17%)
Siarczan potasu	K ₂ SO ₄	K – 42%, S – 18%
Siarczan magnezu jednowodny	MgSO ₄ · 1H ₂ O	Mg – 16%, S – 17,2%
Siarczan magnezu siedmiowodny	MgSO ₄ · 7H ₂ O	Mg – 9,6%, S – 13%
Fosforan monopotasowy	KH ₂ PO ₄	P – 23%, K – 28%
Fosforan monoamonowy	NH ₄ H ₂ PO ₄	N-NH ₄ – 12%, P – 26,7%
Chlorek wapnia	CaCl ₂ · 6H ₂ O	Ca – 18%, Cl – 32%
Chlorek potasu	KCl	K – 51,6%, Cl – 47%

Tabela 11. Przykłady nawozów mikroelementowych najczęściej stosowanych w pożywkach hydroponicznych

Nazwa nawozu	Zawartość składników pokarmowych
Boraks	B – 11%, Na – 12%
Kwas borowy	B – 17,5%
Chelat boru Symfonia B	B – 20%
Chelat cynku Librel EDTA	Zn – 14%
Chelat cynku Symfonia Zn EDTA	Zn – 10%
Siarczan cynku 1H ₂ O	Zn – 33%, S-SO ₄ – 16%
Siarczan cynku 7H ₂ O	Zn – 23%, S-SO ₄ – 11%
Chelat manganu Librel EDTA	Mn – 12,8%
Chelat manganu Symfonia Mn EDTA	Mn – 10%
Chelat manganu Mikrovit Mn EDTA	Mn – 3%
Siarczan manganu 1H ₂ O	Mn – 32%, S-SO ₄ – 18%
Siarczan manganu 4H ₂ O	Mn – 25%, S-SO ₄ – 14%
Chelat miedzi Forte HEEDTA	Cu – 12%
Chelat miedzi Librel EDTA	Cu – 14%
Chelat miedzi Symfonia Cu EDTA	Cu – 10%
Siarczan miedzi 5H ₂ O	Cu – 25,2%, S-SO ₄ – 12%
Molibdenian amonowy	Mo – 49%, N-NH ₄ – 9,2%
Molibdenian sodowy	Mo – 39%, Na – 18%
Chelat molibdenu symfonia Mo	Mo – 10%
Chelat żelaza Librel SP DTPA	Fe – 6%
Chelat żelaza Librel Fe-DP DTPA	Fe – 7%
Chelat żelaza Librel Fe – DP6L	Fe – 6%
Chelat żelaza Librel Fe – HI	Fe – 7%
Chelat żelaza Librel Fe – LO	Fe – 13,2%
Chelat żelaza Tenso EDDHMA	Fe – 6%
Chelat żelaza Forte HEEDTA	Fe – 7%
Chelat żelaza Symfonia Fe EDTA	Fe – 10%
Librel MIX B	Fe – 3,2%, Mn – 1,5%, Zn – 0,6%, B – 0,8%, Cu – 1,6%, Mo – 2,5%
Pionier Mikro	Fe – 1,42%, Mn – 0,54%, Zn – 0,1%, B – 0,2%, Cu – 0,1%, Mo 0,03%

III. NAWOŻENIE ROŚLIN OZDOBNYCH

Dr Jacek Nowak

Nawożenie roślin ozdobnych, w zależności od technologii uprawy, oparte jest na analizie podłoża/gleby, pożywek, wód drenarskich oraz obserwacji wyglądu roślin. W niektórych przypadkach uzasadnione jest także wykonanie analizy liści. Strategia nawożenia obejmuje doprowadzenie i utrzymanie optymalnego stanu zaopatrzenia roślin we wszystkie niezbędne składniki pokarmowe w każdej fazie wzrostu roślin, uwzględniając także wpływ czynników środowiska na efektywność nawożenia.

1. Nawożenie pod osłonami

1.1. Nawożenie podstawowe

Wykonuje się je w czasie przygotowywania podłoża/gleby w celu stworzenia optymalnych warunków odżywiania roślin bezpośrednio po ich posadzeniu. Nawożenie nie może być zbyt intensywne, gdyż może powodować nadmierny wzrost stężenia soli w podłożu, co wpływa niekorzystnie na przyjmowanie się i wzrost młodych roślin. Przygotowując glebę/podłoże uprawowe dla roślin ozdobnych należy zwrócić szczególną uwagę na odczyn, nawożenie organiczne oraz nawożenie składnikami trudno przemieszczającymi się w podłożu/glebie, tj. fosforem, potasem i mikroelementami. Najczęściej w nawożeniu podstawowym stosuje się nawozy wieloskładnikowe, a po 3-4 tygodniach uprawy rozpoczyna się nawożenie pogłównie.

Odczyn podłoża

Odczyn podłoża/gleby w uprawie roślin ozdobnych najlepiej regulować za pomocą nawozów wapniowych w formie węglanowej (kreda, drobno zmielony dolomit). Dolomit powinno się stosować do dłuższej trwających upraw. Jest to nawóz wolnodziałający, zawierający znaczne ilości wapnia i magnezu oraz niewielkie ilości boru, manganu, molibdenu, cynku i miedzi. Wapnowanie wykonuje się na co najmniej 4 tygodnie przed sadzeniem roślin. Dawkę wapna oblicza się na podstawie wykreślenia krzywej pH.

Odczyn podłoża jest ściśle powiązany z dostępnością składników mineralnych dla roślin. Najkorzystniejszy jest odczyn lekko kwaśny ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 5,7-6,8), który nie ogranicza drastycznie dostępności niezbędnych składników dla roślin, zwłaszcza fosforu.

Nawożenie organiczne

Nawożenie organiczne poprawia właściwości fizyczne podłoży/gleb mineralnych, zwiększając porowatość oraz zawartość substancji organicznej. Znaczna zawartość substancji organicznej wpływa korzystnie na strukturę podłoży/gleby, zwiększa ich sorpcję wymienną oraz jest źródłem dla tworzenia się związków próchnicznych, w tym kwasów fulwowych. Poza rolę strukturotwórczą, poprawiającą właściwości fizyczne i biologiczne podłoży/gleb, nawozy organiczne/naturalne są źródłem stopniowo uwalnianych składników mineralnych. Rodzaj składników i tempo ich uwalniania zależą od stosowanego nawozu organicznego. Podstawowym nawozem naturalnym jest obornik. Pod osłonami powinno się stosować obornik dobrze rozłożony. Dawki obornika w uprawach gruntowych pod osłonami mogą dochodzić do 3-5 kg na 1 m². W uprawach roślin ozdobnych pod osłonami można użyć także kompostu z roślin zielonych. Kompost powinien być użyty w formie dobrze rozłożonej, najlepiej w postaci ziemi kompostowej lub w formie granulowanej. Dawki kompostu mogą być zróżnicowane w zależności od formy kompostu, rodzaju podłoża/gleby, metody uprawy oraz wymagań roślin. W przypadku

kompostu w postaci sypkiej, dawki w uprawach pojemnikowych powinny wynosić od 10 do 20% objętości podłoża, natomiast w uprawach na zagonie w ilości 20-40 litrów na 1 m².

Nawożenie mikroelementami

Przyswajalność mikroelementów jest silnie powiązana z odczynem podłoża. Ze względu na małe ilości dodawanych nawozów mikroelementowych w nawożeniu podstawowym, powinny one być dokładnie wymieszane z podłożem/glebą. Jako źródło mikroelementów używa się soli lub chelatów ([tab. 1](#)). Chelaty są łatwiej przyswajalne przez rośliny i nie ulegają szybkiemu przechodzeniu w formy trudno dostępne. Stosowanie nawozów mikroelementowych jest nieuzasadnione w przypadku użycia nawozów organicznych i naturalnych. W uprawie roślin ozdobnych, zwłaszcza uprawianych w podłożach organicznych, istnieje potrzeba dodatkowego nawożenia pogłównego mikroelementami. Należy zwrócić szczególną uwagę na zawartość niektórych mikroelementów w wodzie do nawadniania. Dotyczy to głównie boru, który może się kumulować w podłożu/glebie do poziomu toksycznego dla roślin.

Nawożenie fosforem

W podłożach/glebie o większym udziale ziemi mineralnej (dobrze sorbującej i magazynującej fosfor) nawożenie fosforem przed rozpoczęciem uprawy powinno wystarczyć na cały okres uprawy roślin. W tym przypadku wystarczająca jest dawka 250 g superfosfatu pojedynczego lub 150 g superfosfatu potrójnego na 1 m² powierzchni zagonu. W przypadku przygotowywanego podłoża na pryzmie, dawka pojedynczego lub potrójnego superfosfatu powinna wynosić odpowiednio 2,5-3,5 kg i 1,5-2,0 kg na 1 m³. W podłożach organicznych fosfor jest słabiej sorbowany i dużo szybciej się wypłukuje. Nawożenie w powyższych dawkach gwarantuje dostateczne zaopatrzenie roślin w fosfor tylko przez 3-6 miesięcy. Przy dłużej trwających uprawach należy kontrolować zawartość fosforu w podłożu/glebie i ewentualnie uzupełniać jego zawartość w nawożeniu pogłównym. Dawka fosforu powinna być obliczona po wykonaniu analizy chemicznej podłoża/gleby zgodnie z zasadami opisanymi w podrozdziale 1.4.

Nawożenie magnezem

Magnez potrzebny jest roślinom ozdobnym w dość dużych ilościach. Jeśli podłoże/gleba było odkwaszane dolomitem, to zawarty w nim magnez powinien być dostępny dla roślin przez kilka miesięcy. Podłoża/gleby niewymagające odkwaszania należy wzbogacać w magnez w ilości 20-50 g na 1 m² zagonu lub 120-350 g na 1 m³ podłoża/gleby. Z reguły przy uprawie roślin ozdobnych wymagane jest dodatkowe nawożenie pogłównie magnezem. Dawki magnezu zależą jednak od zawartości tego składnika w wodzie do nawadniania. Dawka magnezu powinna być obliczona po wykonaniu analizy chemicznej podłoża/gleby zgodnie z zasadami opisanymi w podrozdziale 1.4.

1.2 Nawożenie pogłowne

Nawożenie to ma na celu wprowadzenie składników mineralnych, które nie zostały w wystarczającej ilości dostarczone do podłoża/gleby w nawożeniu podstawowym, lub gdy zmniejszyła się ich zawartość w podłożu/glebie poniżej wartości optymalnej, wskutek pobierania przez rośliny lub strat wynikających z wypłukiwania. Nawożenie pogłównie azotem i potasem jest niezbędne w celu dostarczenia składników łatwo wypłukujących się z podłoża/gleby. Kompletnie nawożenie pogłównie jest niezbędne w przypadku upraw bezglebowych – na podłożach inertnych, gdzie mamy do czynienia z ograniczoną objętością podłoża, brakiem sorpcji wymiennej i intensywnym wzrostem roślin. W tych przypadkach stosujemy fertygację.

Stężenie soli

Stężenie soli odgrywa zasadniczą rolę w pobieraniu wody, a tym samym składników pokarmowych z podłoża. Zależy od ilości rozpuszczonych w wodzie soli mineralnych zawartych w podłożu. W uprawach pod osłonami stosuje się wysokie dawki nawozów, co przy dość częstym podlewaniu powoduje wzrost stężenia soli. Najczęściej problemy te wynikają ze zbyt wysokiej koncentracji jonów NO_3^- , K^+ , SO_4^{2-} , Na^+ lub Cl^- . Wysokie zawartości azotu w formie azotanów oraz potasu w podłożu są konsekwencją stosowania nadmiernych dawek tych składników. Siarczany kumulują się na skutek stosowania nawozów w formie siarczanowej. Źródłem sodu i chloru jest głównie woda używana do nawadniania.

Stężenie soli zmniejsza się w miarę pobierania składników przez roślinę. Z tego powodu należy stosować nawozy, z których zarówno kation jak i anion jest pobierany przez rośliny. Wrażliwość roślin ozdobnych na stężenie soli w podłożu zależy od gatunku, fazy rozwojowej oraz warunków wzrostu roślin ([tab. 2](#)). Rośliny w fazie siewki lub sadzonki są bardzo wrażliwe na zasolenie.

W celu ograniczenia ryzyka zasolenia podłoża w uprawach pod osłonami należy: stosować małe, jednorazowe dawki nawozów o wysokiej koncentracji składników i niskiej zawartości jonów balastowych, używać dobrej jakości wody do nawadniania roślin, dodawać do podłoża dodatkową ilość komponentów ubogich w składniki mineralne np. torfu, kory, piasku oraz przemywać podłoża dużą ilością wody, tj. 100-200 litrów wody na 1 m² zagonu lub 1 litr wody na litr podłoża przy uprawie pojemnikowej.

Nawożenie azotem

Powinno być oparte na analizach chemicznych podłoża/gleby i odpowiadać aktualnemu zapotrzebowaniu i ubytkom azotu, wynikającym z jego wymywania i pobierania przez rośliny. Azot pobierany jest przez rośliny w formie azotanowej (N-NO_3^-) oraz amonowej (N-NH_4^+). Rośliny ozdobne preferują formę azotanową. Forma amonowa w podłożu dla roślin ozdobnych nie powinna przekraczać 30% zawartości azotu w formie azotanowej. Nadmiar formy amonowej w podłożu/glebie powoduje uszkodzenie korzeni, osłabienie wzrostu i kwitnienia, skórzastość liści oraz występowanie drobnych nekrotycznych plam. Nawozy azotowe są na ogół dobrze rozpuszczalne w wodzie. Dlatego z powodzeniem można używać nawozów azotowych w systemie fertygacyjnym. Pozwala to na systematyczne zaspokojenie potrzeb pokarmowych roślin, nie powodując gwałtownych zmian stężenia soli w roztworze odżywczym.

Nawożenie potasem

Nawożenie potasem powinno odpowiadać aktualnemu zapotrzebowaniu rośliny oraz ubytkom potasu, wynikającym z jego wymywania i pobierania przez rośliny. Należy je wykonywać na podstawie wyników analizy chemicznej podłoża/gleby. Potas jest składnikiem pokarmowym pobieranym w dużych ilościach i w znacznym stopniu sorbowanym wymiennie. Musi być dostarczany systematycznie w miarę wzrostu roślin, najlepiej poprzez fertygację.

Nawożenie w uprawach bezglebowych

Postęp w rozwoju technologii uprawy roślin ozdobnych pod osłonami spowodował wprowadzenie do praktyki fertygację, pozwalającą efektywnie wykorzystywać nawozy i wodę. W uprawach bezglebowych, zwłaszcza na podłożach inertnych (wełna mineralna, perlit), fertygacja jest jedynym możliwym sposobem nawożenia. Taki system nawożenia umożliwia bardzo precyzyjne żywienie roślin, ponieważ pożywka może być dowolnie modyfikowana i dopasowana do fazy rozwojowej rośliny.

1.3 Nawozy do stosowania w uprawach pod osłonami

W nawożeniu roślin ozdobnych pod osłonami stosuje się nawozy pojedyncze, wieloskładnikowe i kompleksowe. Do przygotowania pożywek wykorzystuje się także sole techniczne i kwasy mineralne. Nawozy można stosować posypowo (również do nawożenia podstawowego) lub w systemie fertygacyjnym. Do fertygacji używa się tylko nawozów bardzo dobrze rozpuszczalnych w wodzie, charakteryzujących się dużą „czystością” ([tab. 1](#)).

1.4 Diagnostyka nawożenia i zalecenia nawozowe

Nawożenie roślin ozdobnych pod osłonami opiera się na diagnostyce, polegającej na ocenie stanu odżywienia roślin oraz stopnia zasobności podłoża/gleby w składniki pokarmowe. Na tej podstawie formułuje się zalecenia nawozowe. Głównym zadaniem programów nawozowych jest utrzymanie optymalnego stanu zaopatrzenia roślin we wszystkie składniki pokarmowe. W uprawach ściśle kontrolowanych (standardowe podłoże, ściśle określona technologia uprawy) można polecać programy nawożenia roślin, w których technologia nawożenia dopasowana jest do fazy rozwojowej rośliny.

Nawożenie kontrolowane

Podstawą nawożenia kontrolowanego jest systematyczna obserwacja wyglądu roślin, kontrola zawartości składników pokarmowych w podłożu oraz analiza chemiczna części wskaźnikowych roślin.

Obserwacja wyglądu roślin

Zmiany w wyglądzie roślin, pojawiające się na skutek nieprawidłowego odżywiania, obserwuje się, gdy zawartość składnika jest na bardzo niskim poziomie lub znacznie przekracza optymalny poziom. Objawy niedoboru i nadmiaru składnika w roślinie są często nieodwracalne. Należy podkreślić, że podobne objawy jak przy niedoborach lub nadmiarze składników mineralnych w roślinie mogą być powodowane także przez niesprzyjające warunki środowiskowe.

Niedobór azotu

Jego niedobór skutkuje zahamowaniem wzrostu rośliny oraz jasnozieloną lub żółtozieloną barwą liści. Pierwsze objawy pojawiają się na najstarszych liściach. Duży niedobór azotu powoduje drobnienie liści. Niedobór azotu występuje najczęściej w uprawie na podłożach o małej pojemności sorpcyjnej.

Nadmiar azotu

W warunkach nadmiaru azotu w roślinie obserwuje się bardzo silny wzrost. Rośliny późno kwitną, a liście mają ciemnozielony kolor. Nadmiar azotu w formie $N-H_4^+$ prowadzi często do niedoboru potasu w roślinie, szczególnie przy stosowaniu wysokich dawek saletry amonowej.

Niedobór fosforu

Niedobór fosforu u roślin ozdobnych występuje bardzo rzadko i głównie w uprawach bezglebowych, na podłożach inertnych. W warunkach deficytu fosforu następuje zahamowanie wzrostu, rośliny przybierają barwę ciemnozieloną, a liście mają fioletowo-czerwone brzegi. U róż, starsze liście są matowe o kolorze szaro-zielonym.

Nadmiar fosforu

Zjawisko to jest rzadko spotykane. Przy nadmiarze fosforu w podłożu dochodzi do zahamowania pobierania miedzi, żelaza, cynku lub wapnia. Ryzyko ograniczenia pobierania powyższych składników przez roślinę w wyniku nadmiaru fosforu w podłożu jest szczególnie wysokie w okresie jesienno-zimowym przy małej intensywności światła.

Niedobór potasu

Pojawia się najpierw na najstarszych liściach. Zaczyna się zwykle chlorozą międzyżyłkową, która stopniowo przechodzi w równomierną chlorozę. Silny niedobór potasu prowadzi do żółknięcia, brązowienia i zamierania brzegów blaszki liściowej. W środkowej części liścia mogą pojawić się duże, nieregularne nekrotyczne plamy. Kwitnienie jest osłabione, pędy kwiatowe są krótkie, a pąki małe. Niedobór potasu związany jest także z tworzeniem się większej liczby pędów płonnych.

Nadmiar potasu

Objawia się chlorozą i zamieraniem brzegów blaszki liściowej, podobnie jak w przypadku zasolenia. Rośliny są matowe, słabo rosną, obserwuje się także więdnienie najmłodszych pędów i zamieranie młodych liści. Nadmiar potasu hamuje pobieranie magnezu i wapnia przez rośliny, co powoduje powstawanie objawów niedoboru magnezu na liściach (tzw. marmurkowatość liści).

Niedobór wapnia

Może wystąpić zarówno na liściach jak i korzeniach. Występuje zwykle przy słabej transpiracji, a jego nasilenie zależy od zawartości boru – im więcej boru, tym objawy niedoboru wapnia są mniej widoczne. W zależności od gatunku rośliny objawy przyjmują różną postać, np. zanik ząbkowatości brzegów liści, zasychanie brzegów liści u goździka, nekrozę przykwiatków u poinsecji, występowanie ślepych pędów u róż i chryzantem, wodnistość i przewracanie się pędów tulipanów. Młode liście stają się żółte, a starsze szarozielone. Na liściach może wystąpić także deformacja i brązowienie brzegów. System korzeniowy rozwija się wolniej, korzenie są zgrubiałe i śluzowate. Występowaniu objawów niedoboru wapnia sprzyja szybki wzrost rośliny i wysoka wilgotność powietrza.

Nadmiar wapnia

Ma wpływ na pobieranie niektórych składników – przy nadmiarze wapnia w podłożu, pobieranie żelaza i boru jest osłabione.

Niedobór magnezu

Ujawnia się na najstarszych liściach, na których pomiędzy nerwami pojawiają się chlorotyczne, a następnie brązowe plamy. Są one rozmieszczone symetrycznie po obu stronach nerwu głównego. Niedobór magnezu w roślinie występuje zwykle przy intensywnym nawożeniu potasem.

Nadmiar magnezu

Nadmiar magnezu ujawnia się jako zamieranie nerwów na liściach. Mogą pojawiać się także objawy niedoboru wapnia i potasu.

Niedobór żelaza

Powstaje głównie z powodu małej przyswajalności w podłożu, indukowanej obojętnym/zasadowym odczynem podłoża, zalaniem, zbyt wysoką lub niską temperaturą bądź nadmiarem manganu, cynku, fosforu lub wapnia. Objawy występują zawsze na najmłodszych liściach. Są żółte, a przy dużym niedoborze stają się prawie białe. Główne nerwy blaszki liściowej pozostają zielone.

Nadmiar żelaza

Ryzyko nadmiaru żelaza u roślin ozdobnych występuje tylko na podłożu kwaśnym. Może powodować niedobór manganu, miedzi lub cynku.

Niedobór manganu

W uprawie roślin ozdobnych objawy niedoboru manganu są podobne do symptomów deficytu żelaza.

Nadmiar manganu

Występuje tylko na podłożu o kwaśnym odczynie. Objawia się utratą połysku liści, nekrotycznymi, zapadniętymi, brunatnymi plamkami na starszych liściach, które powiększają się i łączą w większe, nieregularne plamy otoczone chlorotyczną obwódką. U róż nadmiar manganu powoduje zmiany barwy liści od żółto-zielonej do żółto-pomarańczowej.

Niedobór boru

Występuje głównie na podłożu o odczynie kwaśnym. Objawia się osłabieniem wzrostu rośliny, zamieraniem wierzchołków pędów i korzeni, intensywnym krzewieniem, deformacją liści i kwiatów oraz kruchością tkanek. Na pędach, ogonkach liściowych i szypułkach kwiatowych pojawiają się często rdzawe cętki (skorkowacenia), powstające na skutek pęknięcia naskórka.

Nadmiar boru

Objawy toksyczności obserwuje się głównie na starszych liściach. Początkowo są one bez połysku, później pojawia się na nich nekroza, a brzegi stają się brunatne. Może pojawić się także chloroza lub ciemnobrązowe plamy nekrotyczne między nerwami.

Niedobór miedzi

Występuje głównie przy uprawie w podłożach torfowych. Objawy pojawiają się na młodych liściach, które szybko więdną, zwijają się i ostatecznie zasychają. U poinsecji może powodować nekrozę brzegów liści.

Nadmiar miedzi

Nadmiar miedzi powoduje zamieranie wierzchołków korzeni, brązowienie i zamieranie brzegów liści, a nawet całych liści.

Niedobór molibdenu

Jego niedobór objawia się żółknięciem części blaszki liściowej, czasami pojawia się brzeźna chloroza. Dochodzi do deformacji młodych liści. U poinsecji niedobór molibdenu powoduje nekrozę brzegów liści.

Zasolenie

Objawia się zahamowaniem wzrostu rośliny, przebarwianiem, a następnie nekrozą wierzchołków i brzegów blaszki liściowej.

Analiza chemiczna podłoża

Podstawowa analiza obejmuje: pH, EC oraz zawartość N-NO₃, N-NH₄, P, K, Ca, Mg, Cl, S-SO₄ i Na. Dodatkowo można oznaczyć podstawowe mikroelementy, tj. Mn, Fe, Zn, B i Cu. Do interpretacji wyników analizy chemicznej niezbędna jest znajomość liczb granicznych (tab. 3), czyli optymalnych przedziałów zawartości składników dla uprawianego gatunku rośliny.

Analiza chemiczna materiału roślinnego

Jeśli wyniki analizy chemicznej podłoża budzą wątpliwości, lub gdy są one trudne do zinterpretowania, poleca się wykonanie analizy materiału roślinnego. Jeżeli rośliny nawożone są według ustalonego programu nawożenia, analiza materiału roślinnego (przeważnie liści) powinna być wykonywana sporadycznie. Wyniki analiz odnosi się do wyznaczonych krytycznych zawartości danego składnika w roślinie.

Dawki nawozów i skład pożywek do fertygacji

Przy opracowywaniu zaleceń nawozowych, z optymalnego przedziału zawartości danego składnika wybiera się tzw. wartość standardową. Powinna ona być efektem rozważenia wszystkich czynników wpływających na wzrost rośliny. Strategię nawożenia planuje się w taki sposób, aby zawartość danego składnika doprowadzić do poziomu zbliżonego do war-

tości standardowej. Do opracowania planu nawożenia bierze się także pod uwagę rezerwy danego składnika w podłożu/glebie. Ich źródłem mogą być nawozy organiczne lub nawozy o spowolnionym działaniu. Przy opracowywaniu zaleceń nawozowych należy także uwzględnić rodzaj gleby i sposób nawożenia. Przyjmuje się, że dla upraw w początkowej fazie wzrostu oraz w warunkach odbiegających od optymalnych, wartość standardowa powinna być bliższa dolnej liczbie granicznej. Jeśli wzrost roślin jest intensywny, a warunki uprawy są optymalne, to wartość standardowa powinna być bliższa górnej liczbie granicznej.

Przy optymalnych warunkach uprawy wartość standardowa dla fosforu, potasu i magnezu ustalana jest na poziomie górnej liczby granicznej już na początku uprawy (przy nawożeniu podstawowym). Takie postępowanie uzasadnione jest przy podłożach kwaśnych i zasadowych, na których obserwuje się silną sorpcję chemiczną fosforu; w tych warunkach standardowa zawartość fosforu powinna zostać zwiększona 1,5-2,5-krotnie. Przy niekorzystnych warunkach świetlnych zwiększa się także wartość standardową dla potasu, ze względu na zdolność fizjologicznego kompensowania niedoboru światła przez ten składnik.

W nawożeniu podstawowym określenie wielkości dawek nawozów jest proste. Znając niedobór składników mineralnych, obliczony z różnicy między zalecaną zawartością składnika dla danego gatunku rośliny a rzeczywistą jego zawartością w podłożu/glebie, używa się odpowiedniej ilości nawozu/nawozów.

Przykład obliczenia dawki nawozu

Przygotowanie podłoża/gleby pod uprawę roślin. Przykładowo, niedobór składników w podłożu wynosi w $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ podłoża: N – 140, P – 32 ($73,6 \text{ P}_2\text{O}_5$), K – 175 ($210 \text{ K}_2\text{O}$). Do nawożenia użyty zostanie nawóz Azofoska (13,6% N, 6,4% P_2O_5 , 19,1% K_2O , 4,5% MgO). Dawka powyższego nawozu w celu zaspokojenia potrzeb pokarmowych rośliny wynosi:

1 g Azofoski zawiera 191 mg K_2O ,

x g Azofoski zawiera 210 mg K_2O ,

x = 1,1 g Azofoski na 1 dm^3 podłoża (1,1 kg na 1 m^3 podłoża).

Z obliczoną dawką nawozu wprowadza się także:

– azot w ilości:

1 g Azofoski zawiera 136 mg N,

1,1 g Azofoski zawiera x mg N,

x = 149,6 mg N;

– fosforu w ilości:

1 g Azofoski zawiera 64 mg P_2O_5 ,

1,1 g Azofoski zawiera x mg P_2O_5 ,

x = 70,4 mg P_2O_5 ;

– magnezu w ilości:

1 g Azofoski zawiera 45 mg MgO,

1,1 g Azofoski zawiera x mg MgO,

x = 49,5 mg MgO.

W celu bardziej precyzyjnego nawożenia składnikami należy użyć nawozów pojedynczych.

W nawożeniu pogłównym dawki nawozów potrzebne do uzupełnienia niedoboru składników oblicza się w identyczny sposób jak w nawożeniu podstawowym. W nawożeniu pogłównym nawozy można zastosować na powierzchnię podłoża/gleby lub przez system nawadniania.

Przy nawożeniu posypowym nawozy rozsypuje się równomiernie na całą powierzchnię gleby, unikając bezpośredniego kontaktu nawozu z mokrą rośliną. Następnie nawozy miesza się z wierzchnią warstwą gleby. Jest to szczególnie ważne dla nawozów azotowych zawierających amonową formę. Nawozy powinny być zastosowane na wilgotną glebę.

W porównaniu do posypowego nawożenia, fertygacja jest bardziej efektywnym nawożeniem głównym. Wynika to m.in. z lepszej równomierności rozmieszczania nawozu w podłożu/glebie. Im mniejsze jest stężenie roztworów, a fertygację wykonuje się częściej, tym równomierność dawkowania nawozu jest większa. Fertygacja jest obecnie powszechnie stosowana w uprawach roślin ozdobnych pod osłonami, zwłaszcza w uprawach na podłożach inertnych.

Przygotowywanie pożywek do fertygacji

Jakość wody jest podstawowym czynnikiem decydującym o możliwości stosowania fertygacji. Woda nie może zawierać zanieczyszczeń mechanicznych, które mogłyby zapychać emiterzy lub chemicznych, które mogą wpływać toksycznie na rośliny. Woda używana do nawadniania często zawiera znaczne ilości wapnia i magnezu, które należy uwzględnić przy przygotowywaniu pożywki. Do fertygacji (i nawadniania zarazem) najlepiej nadają się wody deszczowe oraz pozyskane w wyniku procesu odwróconej osmozy i powolnej filtracji w blokach piaskowych. Woda ze stawów i rzek ma ograniczoną przydatność do fertygacji ze względu na znaczną zmienność składu mineralnego w sezonie oraz obecność różnego rodzaju zanieczyszczeń. Z kolei woda studzienna (z płytkich warstw) zawiera często znaczne ilości składników balastowych i odżywczych. Maksymalne zawartości zanieczyszczeń w wodzie przeznaczonej do nawadniania roślin ozdobnych zamieszczono w [tabeli 4](#).

Przed użyciem wody do fertygacji, musi zostać ona zakwaszona do pH 5,5-5,8. W tym celu dodaje się do wody kwasu azotowego lub ortofosforowego. Przy obliczaniu dawek nawozów do przygotowania pożywki o pożądanym składzie, należy uwzględnić składniki mineralne zawarte w wodzie używanej do nawadniania. Dotyczy to szczególnie wapnia, magnezu i siarczanów, gdyż ich zawartości w wodzie są znaczne.

Pożywki do ciągłego nawożenia roślin mogą być przygotowywane w stężeniach odpowiadających potrzebom roślin (roztwory robocze) lub w podwyższonych stężeniach, które są następnie rozcieńczane za pomocą odpowiednich urządzeń dozujących. Sporządzając stężone roztwory, nie można umieszczać wszystkich soli w jednym zbiorniku, gdyż reakcje zachodzące pomiędzy poszczególnymi jonami mogą powodować powstawanie nierozpuszczalnych związków wytrącających się w postaci osadu. Z tego powodu stężone roztwory soli wapnia umieszcza się w jednym zbiorniku, a związki fosforu w drugim. Jeśli system nawadniający umożliwia automatyczną regulację odczynu, to kwasy umieszcza się w dodatkowym zbiorniku. Skład pożywki do fertygacji ma podstawowe znaczenie dla prawidłowego żywienia roślin. Musi on być dopasowany do wymagań poszczególnych gatunków roślin i ich faz rozwojowych ([tab. 5](#)), składu chemicznego wody oraz zasobności podłoża w składniki. Najprościej przygotować pożywkę, gdy podłoże nie zawiera składników mineralnych. W tym przypadku wszystkie niezbędne składniki pokarmowe muszą być dostarczone roślinie. Gdy podłoże zawiera pewne ilości składników pokarmowych, należy najpierw wykonać analizę chemiczną podłoża, w celu oznaczenia ilości dostępnych form składników, i na tej podstawie wprowadzić korekty do składu pożywki.

Przygotowanie stężonego roztworu

Nawozy powinny być dokładnie odważone. Najlepiej rozpuszczać nawozy w mniejszej objętości wody i wlewać do zbiornika wypełnionego do 2/3 objętości. Siarczan potasu i fosforan

monopotasowy należy rozpuszczać w ciepłej wodzie. Do przygotowania stężonych roztworów używa się co najmniej dwóch zbiorników. W jednym zbiorniku rozpuszcza się saletrzane nawozy azotowe, chelaty żelaza oraz połowę obliczonej dawki kwasu azotowego. W drugim zbiorniku rozpuszcza się nawozy siarczanowe, fosforanowe, mikroelementowe oraz dodaje się drugą połowę obliczonej dawki kwasu azotowego.

Kontrola nawożenia

Fertygacja jest precyzyjnym sposobem nawożenia, ale wymaga dokładności i określenia wyjściowych parametrów chemicznych i fizycznych podłoża przed rozpoczęciem uprawy. Dotyczy to również wody używanej do nawadniania. Bardzo ważna jest także kontrola pH i EC pożywki, wód drenarskich oraz analiza chemiczna podłoża. Kontrolę pH i EC pożywki należy wykonywać regularnie, co najmniej trzy razy w tygodniu o tej samej porze dnia. EC i pH w układzie zasilającym należy mierzyć codziennie. Na podstawie kontroli zasobności podłoża/gleby w składniki (co 4-6 tygodni) jest możliwość modyfikacji składu pożywki. Gdy zawartość składników odbiega znacznie od zawartości optymalnych (ponad 20%), należy dokonać korekty, zmniejszając lub zwiększając ilość składnika w pożywce i po kolejnych 4-6 tygodniach powtórzyć analizę. W praktyce skład pożywki może być modyfikowany zależnie od intensywności światła, pory roku, przebiegu uprawy itp.

1.5 Nawożenie w zamkniętych systemach uprawy

Przy uprawie roślin w obiegach zamkniętych wymagana jest regularna kontrola pH i EC wód drenarskich oraz ścisła kontrola składu pożywki nawozowej. Wody drenarskie często zawierają więcej niektórych składników niż pożywka, co powoduje jej zateżnienie. Z tego powodu pożywka przed ponownym użyciem powinna być rozcieńczona. Konieczne jest także uzupełnienie pożywki o niektóre składniki mineralne, których jest za mało. Dotyczy to głównie fosforu, żelaza i manganu. Wody drenarskie przed ponownym zastosowaniem powinny być poddane dezynfekcji.

1.6 Nawożenie nawozami o spowolnionym działaniu

W uprawie roślin ozdobnych stosuje się często nawozy o spowolnionym działaniu. Stosuje się je w uprawach młodych roślin (produkcja rozsady), w uprawie roślin balkonowych i rabatowych oraz kilkumiesięcznej uprawie roślin doniczkowych ozdobnych z liści i kwiatów. Nawozy te z reguły stosuje się przed sadzeniem roślin (mieszanie z podłożem). W zależności od gatunku i fazy rozwojowej ich dawka wynosi od 1,5 do 5 kg na 1 m³ podłoża. Dawka jest tym większa, im dłuższy jest czas działania nawozu.

2. Nawożenie w szkółkach

2.1 Uprawa gruntowa

W uprawie gruntowej największy udział mają mateczniki, drzewa alejowe, krzewy iglaste oraz róże. Rośliny te rosną w tym samym miejscu przez długi okres (2-3 lata), dlatego ważne jest właściwe przygotowanie gleby przed ich sadzeniem. W tym celu należy wyregulować odczyn oraz wzbogacić glebę w materię organiczną (z użyciem np. torfu, kompostu korowego) w dawce około 5 kg materii organicznej na 100 m². Dodatkowo można zastosować dobrze rozłożony obornik w dawce 300 kg na 100 m² lub kompost w dawce 100 kg na 100 m².

Nawożenie azotem powinno być wykonywane standardowo, uwzględniając wymagania nawozowe poszczególnych grup roślin w stosunku do tego składnika ([tab. 6](#)) oraz konieczność dzielenia rocznej dawki azotu ([tab. 7](#)). Nawożenie fosforem ([tab. 8](#), [9](#)), potasem ([tab. 10](#) i [11](#))

i magnezem ([tab. 12](#)) w uprawach gruntowych wykonuje się na podstawie wyników analiz chemicznych gleby.

2.2 Uprawa kontenerowa (pojemnikowa)

Nawożenie podstawowe

Dodanie do podłoża składników mineralnych zaspokaja potrzeby pokarmowe roślin tylko przez pewien czas. W nawożeniu podstawowym zaleca się używać nawozów wieloskładnikowych w dawce około 1 kg na 1 m³ podłoża lub nawozy o spowolnionym działaniu w dawce uzależnionej od gatunku i fazy rozwojowej rośliny.

Nawożenie pogłównne

Do nawożenia pogłównego można stosować nawozy o spowolnionym działaniu lub tradycyjne nawozy mineralne (głównie nawozy wieloskładnikowe). Nawozy wieloskładnikowe stosuje się posypowo na powierzchnię podłoża, podczas gdy nawozy o spowolnionym działaniu można rozsiać, zarówno na powierzchnię podłoża, jak i aplikować miejscowo do wykonanego otworu w podłożu.

Fertygacja jest najbardziej racjonalnym sposobem nawożenia roślin w szkółkach kontenerowych. Należy ją rozpocząć po miesiącu od posadzenia roślin. Strategia fertygacji uzależniona jest od wymagań pokarmowych roślin ([tab. 13](#)). Rośliny o porównywalnych wymaganiach pokarmowych uprawia się na jednej kwaterze. Podstawowy skład pożywki do fertygacji roślin ozdobnych o zróżnicowanych wymaganiach pokarmowych podano w [tabeli 14](#). Zasady przygotowania pożywki do fertygacji oraz polecane nawozy przy tym sposobie nawożenia są takie same jak w przypadku innych upraw, gdzie prowadzona jest fertygacja.

Istotnym problemem w uprawie kontenerowej na zewnątrz są zmiany zawartości składników mineralnych w podłożu w ciągu okresu wegetacyjnego. Wynika to głównie z intensywnego wypłukiwania składników z podłoża przy obfitych opadach deszczu. Z tego powodu w uprawie pojemnikowej na zewnątrz zachodzi konieczność dokonania korekty ilości podawanych składników w zależności od intensywności opadów ([tab. 15](#)).

3. Dokarmianie dolistne

Powinno być oparte na obserwacji roślin. Nawożenie to stosowane jest wyłącznie do likwidacji objawów niedoboru składników lub do wzmocnienia kondycji roślin w okresach stresowych. Roztwór nawozu powinien dobrze zwilżyć powierzchnię liści. Zabiegi powinny być wykonywane w godzinach rannych. Do dokarmiania dolistnego najlepiej używać nawozów chelatowych.

Literatura

- Aendekerk T. 1997. Fertilization guide for nursery crops. Boomteeltpraktijkonderrzoek Boskoop.
- Bos van Den A.L., Kreij de C., Voogt W. 1999. Bemestingsadviesbasis grond. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente Vestiging Naaldwijk.
- Chochura P. 2006. Strategia nawożenia roślin w szkółce. Nawożenie szkółek gruntowych i pojemnikowych. Szkółkarstwo 4.
- Chochura P., Stębowska A. 2010. Nawozy i środki wspomagające do upraw pod osłonami. Plantpress, Kraków, s. 5-25.
- Komosa A. 2004. Nowe liczby graniczne dla roślin ozdobnych uprawianych pod osłonami. Hasło Ogrodnicze 6: 124-127.
- Matysiak B. 2004. Nawożenie w szkółkach roślin ozdobnych. Szkółkarstwo 4.
- Straver N., Kreij de C., Verberkt H. 1999. Bemestingsadviesbasis potplanten. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente Vestiging Naaldwijk.
- Strojny Z. 1993. Nawożenie roślin ozdobnych pod osłonami. Centrum Ogrodnicze, Skierniewice.

Tabela 1. Nawozy, sole techniczne i kwasy do sporządzania pożywek w uprawie roślin ozdobnych (Chochura i Stębowska 2010)

Nawóz, sól techniczna, kwas	Wzór chemiczny	Procentowa zawartość składnika pokarmowego
Kwas azotowy (65%)	HNO_3	N – 22 (w objętości)
Kwas fosforowy (85%)	H_3PO_4	P – 43 (w objętości)
Saletra amonowa	NH_4NO_3	N- NH_4 – 17,5; N- NO_3 – 17,5
Saletra wapniowa	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	N- NO_3 – 14,7; N- NH_4 – 0,8; Ca – 18,5
Saletra potasowa	KNO_3	N- NO_3 – 13,0; K – 38,2
Saletra magnezowa	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	N- NO_3 – 11,0; Mg – 9,5
Siarczan potasu	K_2SO_4	K – 44,8; S – 17,0
Siarczan magnezu	$\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Mg – 9,9; S – 13
Fosforan monopotasowy	KH_2PO_4	K – 28,2; P – 22,3
Fosforan amonu	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	N- NH_4 – 12,0; P – 26,2
Chelat żelaza	EDTA, HEDTA, DTPA, EDHMA	Fe – od 6 do 13 w zależności od chelatu
Siarczan manganawy	$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Mn – 32,3
Chelat manganu	Mn-EDTA	
Siarczan cynku	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Zn – 22,0
Chelat cynku	Zn-EDTA	
Siarczan miedzi	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Cu – 25,6
Chelat miedzi	Cu-EDTA	
Molibdenian amonowy	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Mo – 54,3
Molibdenian sodowy	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Mo – 25,0
	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Mo – 40,0
Boraks	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	B – 11,3

Tabela 2. Ocena stopnia zasolenia podłoża pod kątem wpływu na poszczególne grupy roślin ozdobnych (Strojny 1993)

Stężenie soli (g NaCl · dm ⁻³)	Ocena stopnia zasolenia
poniżej 0,5	Stężenie bardzo niskie – optymalne do wysiewów, sadzonkowania oraz aklimatyzacji roślin „ze szkła” rozmnażanych metodą <i>in vitro</i> (przy roślinach szczególnie wrażliwych nie powinno przekraczać 0,3 g · dm ⁻³)
0,5 – 1,0	Stężenie niskie – optymalne dla rozsad oraz w uprawie roślin bardzo wrażliwych na zasolenie podłoża (np. <i>Calathea</i> , <i>Dendrobium</i> , <i>Tilandsia</i>)
1,0 – 2,0	Stężenie średnie – odpowiednie do uprawy roślin średnio wrażliwych na zasolenie (np. <i>Anemone</i> , <i>Irys</i> , <i>Lilium</i> , <i>Gerbera</i>) oraz dla roślin mało wrażliwych – przy niekorzystnych warunkach uprawy, nadmierne dla roślin bardzo wrażliwych, szczególnie przy niekorzystnych warunkach
2,0 – 3,0	Stężenie wysokie – tolerowane przez rośliny mało wrażliwe na zasolenie podłoża (np. <i>Sansevieria</i> , <i>Senecio</i> , <i>Rosa</i> , <i>Alstroemeria</i>), nadmierne dla roślin średnio wrażliwych i wrażliwych
3,0 – 4,0	Stężenie bardzo wysokie – tolerowane tylko przez rośliny szczególnie odporne na zasolenie podłoża, przy korzystnych warunkach uprawy i intensywnym wzroście (np. <i>Asparagus densiflorus</i> , <i>Dendranthema</i> , <i>Dianthus</i>)
powyżej 4,0	Stężenie nadmierne – szkodliwe dla wszystkich roślin

Tabela 3. Liczby graniczne dla roślin ozdobnych uprawianych w podłożach mineralnych i organicznych pod osłonami (Komosa 2004)

Roślina	N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Ca	Mg	pH	Stężenie soli (g NaCl · dm ⁻³)
	mg · dm ⁻³ podłoża							
Anturium uprawne	<40	150-200	130-180	180-230	500-1500	140-190	5,5-6,5	<2,0
Chryzantema	<60	200-300	180-280	250-350	500-1000	190-240	5,5-6,5	<3,0
Cyklamen	<40	150-200	140-180	200-250	500-1000	140-180	5,5-6,5	<2,0
Frezja	<30	120-170	80-130	140-190	500-1000	100-150	5,5-6,5	<2,0
Gerbera	<50	190-240	180-220	230-280	1000-1500	190-240	5,5-6,5	<2,5
Glorioza	<50	200-250	150-200	250-300	500-1000	180-230	5,5-6,5	<2,5
Goździk	<40	200-250	180-230	220-300	500-1000	180-230	5,5-6,5	<3,0
Hortensja	<50	170-220	160-210	180-230	200-600	150-200	4,5-5,5	<2,0
Lilia	<30	120-170	80-130	140-190	500-1000	100-150	5,5-6,5	<2,0
Niecierpek	<40	180-230	160-210	200-250	500-1500	150-200	5,5-6,5	<2,5
Nefrolepis	<50	200-250	150-200	250-300	500-1500	150-200	5,5-6,5	<3,0
Pelargonja	<60	200-280	180-250	250-350	500-1500	200-250	5,5-6,5	<3,0
Poinsecja	<60	250-300	180-250	250-300	500-1500	200-250	5,5-6,5	<3,0
Róża	<50	180-230	180-220	220-270	500-1000	180-220	5,5-6,5	<2,5
Sępolia	<40	150-200	140-180	200-250	500-1500	160-210	5,5-6,5	<2,0
Syningia	<40	140-180	90-140	150-200	500-1500	120-170	5,5-6,5	<2,0
Strelicja	<40	180-230	150-200	200-250	200-600	150-200	5,5-6,5	<2,5
Szparag gęstokwiatowy ¹	<60	200-300	150-220	250-300	500-1500	200-250	5,5-6,5	<3,0
Ozdobne z liści ²	<40	150-200	100-150	200-250	500-1500	150-200	5,5-6,5	<2,0

Objaśnienia:

¹ między innymi odmiany ‘Sprengeri’, ‘Meyeri’, ‘Myriocladus’

² bluszcz, difenbachia, dracena, fatsja, figowiec, filodendron, jukka, kodieum (kroton), zielistka

Tabela 4. Maksymalna zawartość w wodzie szkodliwych jonów dla roślin ozdobnych o zróżnicowanej wrażliwości (Strojny 1993)

Składnik	Jednostka	Rośliny		
		wrażliwe	średnio wrażliwe	odporne
Chlorki	mg · dm ⁻³	50	150	300
Sód	mg · dm ⁻³	50	100	150
Bor	mg · dm ⁻³	0,5	1,0	2-10
Żelazo	mg · dm ⁻³	1-10		
Lit	mg · dm ⁻³	0,05	0,1	0,2
Fluor	mg · dm ⁻³	1,0	1,5	1,5
Siarczany	mg · dm ⁻³	100	200	300
Kwaśne węglany	mg · dm ⁻³	40	40-500	500
EC	mS · cm ⁻¹	0,35	0,65	1,4
Twardość ogólna	dH	6	20	30
Twardość węglanowa	dH	4	15	25

Tabela 5. Skład pożywek do fertygacji wybranych gatunków roślin ozdobnych z uwzględnieniem fazy rozwojowej rośliny (Bos van Den i in. 1999; Straver i in. 1999)

Roślina	Faza rozwojowa	EC (mS · cm ⁻¹)	pH	N	P	K	Ca	Mg	S
				mg · dm ⁻³					
Pelargonium	wegetatywna	2,0-2,2	5,5-5,8	217	61,8	284,7	160	24,3	41,6
	kwitnienie	1,6-2,4	5,5-5,8	140	46,3	253,5	100	24,3	56
Necierpek	wegetatywna	1,1-1,7	5,5-5,8	110,6	30,9	144,3	80	12,2	22,4
	kwitnienie	1,1-1,7	5,5-5,8	92,4	39	171,6	60	12,2	34,4
Gerbera na kwiat cięty		1,5-2,0	5,4-5,8	178,5	38,7	215	120	24	40
Róża na wełnie mineralnej	nasączanie mat	2,0	5,5	175	60	137	178	48	40
	wegetatywna	2,0	5,5	175	39	137	150	30	40
	od 1 pąka	2,0	5,5	190	39	220	130	30	40
Anturium doniczkowe	wegetatywna	1,7-2,5	5,5	168	31	215	120	18,2	35
	kwitnienie	1,5-2,2	5,5	123	31	215	100	18,2	35
Anturium na kwiat cięty	-	1,0	5,5	93,8	24	125,5	52	24,3	25,6

Tabela 6. Wielkość dawek azotu w szkółkach gruntowych (Matysiak 2004)

Grupa roślin	Rok uprawy	Dawka N (kg · ha ⁻¹)
Siewki liściastych	1	150
	2	120
Siewki iglastych	1	120
	2	80
Krzewy liściaste	1	80
	2	140
Róże	1	90
	2	150
Różaneczniki (materiał handlowy)		200-240
Drzewa alejowe	1. rok po przesadzeniu	70
	2. rok po przesadzeniu	100
Krzewy iglaste		80

Tabela 7. Terminy i liczba dawek nawozów azotowych w szkółkach gruntowych (Matysiak 2004)

Grupa roślin	Termin stosowania (miesiąc)	Liczba dawek
Liściaste	IV-VI	1-3
Różaneczniki	IV i VI	2
Młódzież	IV	1
Iglaste:		
<i>Abies, Pinus, Picea</i>	IV	1
<i>Chamaecyparis, Taxus</i>	IV i VI	2
<i>Juniperus, Thuja</i>	IV, VI i VII	2(3)

Tabela 8. Ocena zasobności gleby w fosfor w gruntowych szkółkach roślin ozdobnych (Matysiak 2004)

Zasobność	Zawartość P w dwóch warstwach gleby (mg · 100 g ⁻¹)	
	0-20 cm	20-40 cm
Wysoka	>10	>6,5
Średnia	6,5-10	3,5-6,5
Niska	<6,5	<3,5

Tabela 9. Nawożenie fosforem w szkółkach gruntowych (Matysiak 2004)

Grupa roślin	Potrzeby pokarmowe	Dawka P w zależności od zawartości składnika w glebie ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$)		
		zasobność wysoka	zasobność średnia	zasobność niska
Róże	wysokie	25	40	45
Liściaste (w tym podkładki, młodziż), iglaste	średnie	20	25	40
<i>Populus, Salix</i>	niskie	10	15	20

Tabela 10. Ocena zasobności gleby w potas w gruntowych szkółkach roślin ozdobnych (Matysiak 2004)

Zasobność	Zawartość K w dwóch warstwach gleby ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)					
	gleby lekkie		gleby średnie		gleby ciężkie	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
Wysoka	>12,5	>6,6	>20,8	>10,0	>25	>12,5
Średnia	8,3-12,5	4,0-6,6	12,5-20,8	6,6-10,0	16,6-25,0	8,3-12,5
Niska	<8,3	<4,0	<12,5	<6,6	<16,6	<8,3

Tabela 11. Nawożenie potasem w szkółkach gruntowych (Matysiak 2004)

Grupa roślin	Potrzeby pokarmowe	Dawka K w zależności od zawartości składnika w glebie ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$)		
		zasobność wysoka	zasobność średnia	zasobność niska
Drzewa owocowe, ziarnkowe i pestkowe	wysokie	170	200	280
Iglaste	średnie	85	125	170
Liściaste – ozdobne	niskie	85	85	125

Tabela 12. Ocena zasobności gleby w magnez i nawożenie tym składnikiem w gruntowych szkółkach roślin ozdobnych (Matysiak 2004)

Zasobność	Zawartość Mg ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)			Dawka Mg ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$)
	gleba lekka	gleba średnia	gleba ciężka	
Wysoka	>5,0	>7,0	>12,0	-
Średnia	2,5-5,0	3,5-7,0	6,0-12,0	30-40
Niska	<2,5	<3,5	<6,0	60-80

Tabela 13. Klasyfikacja roślin ozdobnych w zależności od wymagań pokarmowych (Aendekerk 1997)

Grupa roślin	Roślina
Rośliny o niskich wymaganiach pokarmowych	<i>Abies, Acer</i> (wolno rosnące gatunki), <i>Andromeda, Aristolochia, Betula, Calluna, Caragana, Catalpa, Chaenomeles, Chamaecyparis, Colutea, Cornus, Corylus, Cotinus, Daphne, Erica, Fagus, Gaultheria, Genista, Ginkgo, Hamamelis, Kalmia, Leucotho, Magnolia, Mahonia, Pahysandra, Parthenocisus, Picea, Pieris, Pinus, Pseudotsuga, Rhododendron</i> (karłowe gatunki, azalie japońskie), <i>Robinia, Stephanandra, Taxus, Tsuga</i>
Rośliny o średnich wymaganiach pokarmowych	<i>Acer</i> (gatunki szybko rosnące), <i>Actinidia, Aesculus, Ailanthus, Alnus, Berberis, Buddleja, Buxus, Callicarpa, Campsis, Carpinus, Celastrus, Clematis, Cotoneaster, Cratageus, Cupressocyparis, Cytisus, Deutzia, Eleagnus, Euonymus, Forsythia, Fraxinus, Gleditsia, Hedera, Hibiscus, Hippopha, Hydrangea, Hypericum, Ilex</i> (gatunki i odmiany wolno rosnące), <i>Juglans, Juniperus, Kerria, Kolkwitzia, Laburnum, Larix, Lavandula, Ligustrum, Liriodendron, Lonicera, Malus, Morus, Paeonia, Philadelphus, Potentilla, Prunus, Pyrus, Quercus, Rhododendron</i> (gatunki i odmiany szybko rosnące), <i>Rhus, Ribes, Rosa, Rubus, Salix, Sambucus, Spiraea, Symphoricarpos, Tamarix, Taxodium, Thuja, Ulmus, Vaccinium, Viburnum, Weigela, Wisteria</i>
Rośliny o wysokich wymaganiach pokarmowych	<i>Ilex</i> (gatunki i odmiany szybko rosnące), <i>Photinia, Platanus, Populus, Pyracantha, Skimmia, Sorbus, Syringa, Tilia</i>

Tabela 14. Podstawowy skład pożywki do fertygacji roślin ozdobnych o zróżnicowanych wymaganiach pokarmowych (Aendekerk 1997)

Wymagania pokarmowe roślin	N	P	K	Mg	Ca	S
	mg · dm ⁻³					
Niskie	70	15,5	58,5	12	60	16
Średnie	98	23,2	78	18	80	24
Wysokie	126	31	97,5	24	100	32

Tabela 15. Korekta podstawowego składu pożywki do fertygacji roślin ozdobnych w zależności od wielkości użytego pojemnika oraz opadów w ciągu tygodnia (Aendekerk 1997)

Wielkość pojemnika	Wymagania pokarmowe roślin	Opady 15-35 mm	Opady >35 mm
<7 dm ³	niskie	+ 50%	+ 100%
	średnie	+ 50%	+ 100%
	wysokie	+ 50%	+ 100%
7-30 dm ³	niskie	+ 50%	+ 50%
	średnie	+ 50%	+ 50%
	wysokie	+ 50%	+ 50%
>30 dm ³	niskie	0	+ 50%
	średnie	0	+ 50%
	wysokie	0	+ 50%

IV. METODY OKREŚLANIA POTRZEB NAWOZOWYCH ROŚLIN OGRODNICZYCH

Dr Waldemar Kowalczyk

Jednym z ważniejszych czynników, mających bezpośredni wpływ na wzrost i rozwój rośliny, jest zasobność środowiska systemu korzeniowego (gleba, podłoże uprawowe, roztwór pożywki w uprawach bezglebowych na podłożach inertnych). Do oceny zasobności gleby i podłoża opracowano szereg metod analitycznych. W zależności od formy oznaczanego składnika stosuje się selektywne roztwory (dla pojedynczych składników) lub uniwersalne, pozwalające na ekstrakcję większej ilości pierwiastków z jednej próbki.

W zależności od potrzeb w środowisku korzeniowym oznaczane są formy łatwo dostępne dla roślin, przyswajalne, wymienne, ogólne oraz całkowite. Z powodu różnorodności metod analitycznych stosowanych w wielu krajach, istnieje możliwość błędnej interpretacji wyników analizy przedstawianych przez różnych autorów. Co więcej, nie należy porównywać ze sobą wyników uzyskanych metodą uniwersalną i metodą Egnera-Riehma z tzw. metodą „podwójną” lub metodą z użyciem słabego roztworu chlorku wapnia powszechnie stosowaną w Holandii. Co prawda dla niektórych metod opracowano współczynniki korelacji i wyniki analizy mogą być przeliczane, ale tylko w pewnych zakresach.

W wielu krajach wprowadzono jednolite metody analizy – tzw. „metody referencyjne” lub „metody odniesienia”. Obecnie dąży się do ujednoczenia metod analitycznych w ramach wspólnoty europejskiej (normy EN) i całego świata (ISO 9000). W Polsce, w rolnictwie i ogrodnictwie obowiązują dwie metody oznaczania potrzeb nawozowych: metoda Egnera-Riehma i metoda Schachtschabela dla upraw rolniczych i sadowniczych (Karczewska i Kabała 2008; Wójcik 2009) oraz metoda uniwersalna dla warzyw, roślin ozdobnych i szkółkarskich (Nowosielski 1988).

1. Metoda Egnera-Riehma

Za pomocą tej metody oznacza się tylko fosfor oraz potas. Jest ona metodą pracochłonną, ze względu na stosowanie specyficznego roztworu ekstrakcyjnego (zbuforowany roztwór mleczanu wapnia i kwasu mlekowego o pH 3,55). Zawartość fosforu i potasu w glebie porównuje się z tzw. liczbami granicznym i klasyfikuje glebę w zależności od jej zasobności ([tab. 1](#) w rozdziale I – Nawożenie Sadów i Plantacji).

2. Metoda Schachtschabela

Metoda polega na ekstrakcji magnezu z gleby roztworem 0,0125 M CaCl_2 , przy stosunku gleby do roztworu (m/v) wynoszącym 1 : 10. Liczby graniczne, określające stopień zasobności gleby w magnez, stosowane w Stacjach Chemiczno-Rolniczych, odnoszą się wyłącznie do tej metody ekstrakcji ([tab. 1](#) w rozdziale I – Nawożenie Sadów i Plantacji).

3. Odczyn gleby

W uprawach rolniczych i sadowniczych oznaczenie odczynu (pH) gleb mineralnych wykonuje się w powietrzu suchej glebie, przesianej przez sito o średnicy oczek 1 mm i traktowanej roztworem 1 M KCl. Pomiar wykonuje się w zawieszynie po 24 godzinach od momentu jej otrzymania. Należy podkreślić, że wyniki oznaczania pH gleby z użyciem roztworu KCl nie są tożsame z wynikami uzyskanymi w wodzie ([tab. 1](#)).

4. Metoda uniwersalna

Jest stosowana w uprawie roślin ogrodniczych pod osłonami oraz w uprawie polowej warzyw i roślin ozdobnych. W metodzie uniwersalnej ekstrakcję łatwo przyswajalnych form składników (azot, fosfor, potas, magnez i wapń) przeprowadza się za pomocą wspólnego wyciągu (0,03 N kwas octowy), przy stosunku podłoże/gleba – roztwór ekstrakcyjny (v/v) jak 1 : 10. W wyciągu oznacza się także sód, chlorki, siarczany i bor. Metoda uniwersalna pozwala na oznaczenie przyswajalnych form mikroskładników (Fe, Mn, Cu, Zn) z użyciem roztworu Lindsaya opartym na EDTA (Nowosielski 1988).

Do analizy zawartości składników pokarmowych pobiera się wilgotną glebę w stanie naturalnym, zbliżonym do warunków uprawy w polu czy szklarni.

Według metody uniwersalnej odczyn oznacza się w świeżej glebie/podłożu, w wodzie destylowanej przy stosunku objętościowym 1 : 3. W zawiesinie wodnej oznacza się jednocześnie ogólną zawartość rozpuszczonych soli w przeliczeniu na NaCl.

5. Zasady pobierania próbek glebowych w uprawach roślin sadowniczych

Miejsce pobierania

Próbki gleby pobiera się oddzielnie z miejsc o odmiennym ukształtowaniu terenu (z górnej, środkowej i dolnej części wzniesienia) oraz historii nawożenia. Biorąc pod uwagę różnorodność gleby na całym obszarze naszego kraju, reprezentatywna próbka gleby (oddawana do laboratorium agrochemicznego) nie powinna pochodzić z kwatery o powierzchni większej niż 2 ha. Jeśli drzewka/sadzonki sadzone będą w miejscu po wcześniej wykarczowanym sadzie/plantacji, to próbki gleby należy pobierać oddzielnie z dawnych pasów herbicydowych oraz spod murawy.

W istniejącym sadzie/plantacji próbki gleby pobiera się tylko z pasów herbicydowych wzdłuż rzędów drzew/krzewów. W obrębie pasów herbicydowych, próbki pobiera się w połowie odległości między linią rzędu roślin a skrajem murawy. Gdy rośliny nawadniane są systemem kropelkowym, to próbki gleby należy pobrać około 20 cm od emitera.

Głębokość pobierania

W istniejącym sadzie/plantacji próbki gleby pobiera się z dwóch poziomów, tj. z warstwy 0-20 cm i 21-40 cm. Przed założeniem sadu/plantacji wskazane jest pobranie próbki z trzeciej warstwy, tj. z głębokości 41-60 cm.

Termin pobierania

Przed założeniem sadu/plantacji próbki gleby najlepiej pobrać rok przed sadzeniem roślin. Jest wtedy dostatecznie dużo czasu, aby wykonać niezbędne zabiegi polepszające żyzność gleby. W istniejącym sadzie/plantacji, próbki gleby można pobierać przez cały okres wegetacji. Należy jednak unikać pobierania próbek bezpośrednio po zastosowaniu nawozów.

Częstotliwość pobierania

W sadzie/plantacji próbki pobiera się raz na 3-4 lata, na glebach lekkich pobiera się raz na 3 lata, a na glebach cięższych raz na 4 lata (Sadowski 2009).

Technika pobierania próbek oraz ich przygotowanie

Próbki gleby najlepiej pobierać laską Egnera lub świdrem. Przy ich braku można użyć szpadla. Pobierając próbki gleby szpadlem, należy wycinać plastry gleby o porównywalnej głębokości i szerokości. Ma to duże znaczenie, gdyż próbka mieszana (pochodząca z jednorodnej kwatery) powinna składać się z 20-25 indywidualnych próbek. Po dokładnym wymieszaniu

indywidualnych próbek gleby w wiadrze, pobiera się około 1 kg gleby (tzw. próbka reprezentatywna). Powinno się ją wysuszyć w zacienionym miejscu, wsypać do płóciennego woreczka lub torebki polietylenowej i przesłać do Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej lub laboratorium agrochemicznego, mającego akredytację obejmującą oznaczanie odczynu gleby oraz zawartości P, K i Mg. Do każdej próbki należy dołączyć kartkę z następującymi informacjami: imię i nazwisko, adres zamieszkania/korespondencyjny, oznaczenie kwatery w sadzie, wiek sadu jabłoniowego oraz głębokość pobrania próbki (Wójcik 2009).

Na podstawie wyników analizy gleby Stacje Chemiczno-Rolnicze, Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach lub uczelnie wyższe o profilu rolniczym/przyrodniczym mogą wykonywać zalecenia nawozowe oraz potrzeby wapnowania dla sadów.

6. Zasady pobierania próbek liści z upraw roślin sadowniczych

Sposób pobierania

Próbki liści pobiera się oddzielnie z miejsc o odmiennym ukształtowaniu terenu oraz historii nawożenia. Jeśli na danej kwaterze odmiany danego gatunku mają porównywalny wzrost i plonowanie, to próbki liści można pobrać wspólnie dla tych odmian. Jeśli wzrost i plonowanie roślin różnią się znacznie między odmianami, to próbki liści należy pobierać oddzielnie dla poszczególnych odmian.

Liście pobiera się tylko z owocujących drzew/krzewów, ze środkowej części jednorocznych przyrostów. Próbki liści pobiera się z 20-25 roślin. Z każdego drzewa/krzewu pobiera się 5-7 liści. Nie należy pobierać liści bezpośrednio po ulewnym deszczu oraz oprysku nawozami dolistnymi.

Termin i częstotliwość pobierania

Liście pobiera się po zakończeniu wzrostu pędów. Dla większości gatunków roślin sadowniczych uprawianych powszechnie w Polsce przypada to na okres od 15 lipca do 15 sierpnia. Biorąc pod uwagę dużą zmienność odżywiania roślin między sezonami wegetacyjnymi, próbki liści najlepiej pobierać w dwóch kolejnych latach w cyklach 4-letnich.

Przygotowanie próbek

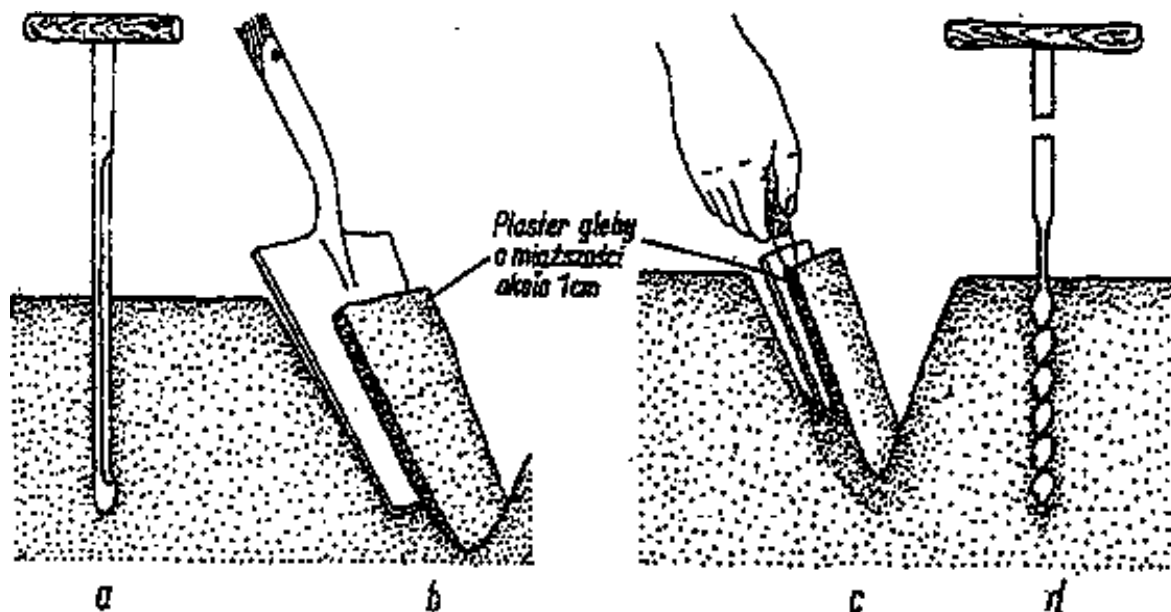
Zebrane liście umieszcza się w papierowych torebkach. Liście należy jak najszybciej wysuszyć (najlepiej tego samego dnia) w temperaturze 60-70 °C. Jeśli nie ma możliwości wysuszenia ich na miejscu, to próbkę liści można przetrzymać przez 1-2 dni w lodówce, a następnie dostarczyć ją do najbliższej Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej. W liściach oznacza się zawartość N, P, K i Mg. W przypadku podejrzenia wystąpienia niedoboru mikrośladników w roślinie analiza chemiczna liści powinna być poszerzona o powyższe składniki. Do próbek liści dołącza się następujące informacje: imię i nazwisko sadownika, adres zamieszkania/korespondencyjny, oznaczenie kwatery oraz wiek, gatunek i odmianę rośliny.

7. Pobieranie próbek glebowych z polowych upraw warzywnych i roślin ozdobnych

Próbka powinna reprezentować pole jednolite pod względem rodzaju gleby, przedplonu, historii uprawy i nawożenia oraz ukształtowania terenu. Do laboratorium dostarcza się próbkę mieszaną, na którą składają się próby indywidualne (cząstkowe) w liczbie 15-20 (im więcej prób cząstkowych, tym trafniejsza ocena zasobności gleby). Próby cząstkowe z upraw warzyw polowych i roślin ozdobnych pobiera się losowo z możliwie równomiernie rozmieszczonych miejsc z warstwy ornej oraz gdy zachodzi taka potrzeba z warstwy podornej. Z tak

przygotowanej próbki mieszanej gleby należy pobrać 0,25-0,5 dm³ gleby i umieścić ją w plastikowej torebce, pojemniku lub innym opakowaniu. Po odpowiednim zaetykietowaniu, próbkę należy dostarczyć do laboratorium w możliwie krótkim czasie.

W uprawach polowych jedną próbkę mieszaną pobiera się z powierzchni nie większej niż 1-2 ha. Z terenu pagórkowatego pobiera się oddzielne próby z zagłębienia, skłonu i szczytu. Należy unikać pobierania prób bezpośrednio po deszczu i nawadnianiu, a także w czasie silnego przesuszenia gleby. Do pobierania prób indywidualnych można użyć sondy, zwanej łaską Egnera, szpadla, łopatki ogrodniczej lub odpowiedniego świdra (rysunek 1).



Rys. 1. Sposoby pobierania próbek glebowych: a – łaską Egnera, b – szpadlem, c – łopatką ogrodniczą, d – świdrem (wg Nowosielskiego 1988)

8. Pobieranie próbek podłoża w uprawach szklarniowych

Z upraw szklarniowych pobiera się indywidualne próbki z parapetu, stołu, zagonu lub inspektu, łącząc je w jedną próbkę mieszaną. Najlepiej pobrać oddzielne próbki mieszane z każdej sekcji, stołu itd. Liczba prób indywidualnych nie musi być tak duża jak w przypadku upraw polowych. Wystarczy 5-10 próbek cząstkowych. Przy dużym zróżnicowaniu przekroju warstwy uprawnej (np. w uprawach w tunelu foliowym bezpośrednio w gruncie) pobiera się dodatkowo próbki z głębszych warstw gleby.

9. Pobieranie próbek podłoża z doniczek i pierścieni uprawowych

Do analizy należy wytypować najbardziej reprezentatywne rośliny. Próbkę indywidualną z doniczki pobiera się przez wybite podłoża doniczki z całą bryłą korzeniową i wygarnięcie podłoża z pomiędzy korzeni na całej wysokości doniczki. Można także wykroić nożem wycinek bryły korzeniowej o kącie 30-40°. Należy pamiętać aby usunąć z pobranego podłoża części korzeni. Należy pobierać podłoże z całej wysokości bryły. Jeżeli korzenie mocno przerosły podłoże, należy wybrać je łyżeczką, unikając uszkodzenia systemu korzeniowego.

Przy pobieraniu próbek podłoża z pierścieni najczęściej nie jest możliwe wyjęcie rośliny z całą bryłą korzeniową. W takim przypadku należy użyć łaski Egnera, świdra lub innego sprzętu (metalowej lub plastikowej rurki o odpowiedniej średnicy), w taki sposób, aby

w próbce znalazło się podłoże zarówno z górnej, środkowej jak i dolnej części systemu korzeniowego. Większe fragmenty podłoża, takie jak: duże kawałki kory, kamienie, obornik, itp. powinny być usunięte.

Duże trudności w oznaczaniu składników metodą uniwersalną sprawiają podłoża typu kora, węgiel brunatny, keramzyt oraz podłoża przeznaczone do tzw. „upraw dachowych”. W powyższych przypadkach zasadnym jest pobranie większej objętościowo próby podłoża i zastosowanie odpowiedniej procedury analitycznej.

10. Pobieranie próbek wody i pożywki w uprawach bezglebowych

Istotnym czynnikiem w powodzeniu produkcji warzyw i roślin ozdobnych w podłożach inertnych jest jakość wody przeznaczonej do nawadniania i fertygacji. Woda złej jakości może w znacznym stopniu modyfikować środowisko odżywcze i wpływać na plon i jego jakość.

Oprócz składników pokarmowych woda przeznaczona do fertygacji może zawierać jony balastowe (chlorki, sól, siarczany), które przyczyniają się głównie do podwyższenia przewodnictwa właściwego (EC) pożywki. Wysoka zawartość tych pierwiastków ogranicza, a często eliminuje ze składu pożywki nawozy potrzebne do zbilansowania składu mineralnego. Analiza chemiczna wody do nawadniania i fertygacji obejmuje szereg oznaczeń, takich jak: odczyn (pH), twardość ogólna i węglanowa, EC, zawartość N-NO₃⁻, N-NH₄⁺, PO₄³⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, Cl⁻, jonów siarczanowych (SO₄²⁻) oraz mikroelementów (Mn, Cu, Zn, B, Fe). Nadmierna zawartość niektórych składników utrudnia przygotowanie pożywki o ściśle wymaganym składzie. Z tego powodu przed rozpoczęciem uprawy i przynajmniej raz w czasie jej trwania powinna być przeprowadzona dokładna analiza składu chemicznego wody.

Właściwe pobranie próbki wody nie jest trudne i polega na napełnieniu plastikowej butelki wodą. Wodę należy pobierać bezpośrednio z ujęcia. Tak pobrana próbka wody nie musi być natychmiast dostarczona do laboratorium. Można przesłać ją pocztą lub przekazać w inny dogodny sposób do laboratorium agrochemicznego.

W uprawach bezglebowych, szczególnie w podłożach inertnych, ważne jest kontrolowanie składu mineralnego środowiska systemu korzeniowego. Znajomość składu chemicznego roztworu pożywki w macie uprawowej jest ważna nie tylko ze względu na wymagania uprawianej rośliny, ale także ze względu na zanieczyszczenie gleby tzw. „przelewem” z mat uprawowych.

W uprawach bezglebowych pożywkę pobiera się za pomocą strzykawki zakończonej grubą igłą lub cienką plastikową rurką. Zasady pobierania prób roztworu w podłożach bezglebowych (liczba próbek indywidualnych i mieszanych) są takie same jak dla gleb. Jediną trudnością może być uzyskanie odpowiedniej ilości wyciągu. Do wykonania pełnej analizy chemicznej pożywki należy pobrać ok. 0,2-0,4 dm³ roztworu.

11. Pobieranie próbek materiału roślinnego warzyw i roślin ozdobnych

W celu oceny stanu odżywienia roślin pobiera się próbki roślinne z części wskaźnikowych, dla których zostały opracowane optymalne/krytyczne zawartości składników pokarmowych. Sposób pobierania próbek materiału roślinnego zależy od gatunku i wieku rośliny oraz składnika, jaki chcemy oznaczać.

W początkowym stadium wzrostu za część wskaźnikową można traktować całą nadziemną część rośliny (młoda rozsada sałaty, pomidora, kapusty, ogórka). Z roślin starszych pobiera się te części, dla których opracowano zawartości krytyczne. Przeważnie są to najmłodsze,

w pełni rozwinięte liście ze środkowej lub górnej części pędu. W przypadku pomidora i ogórka szklarniowego, gdzie usuwa się dolne liście w miarę wzrostu roślin, polecaną częścią wskaźnikową jest 5–8 liść, licząc od wierzchołka pędu. Przy pobieraniu próbek roślinnych ważne jest, aby pobrany materiał był reprezentatywny. Do analizy należy wytypować 20–30 roślin, równomiernie rozmieszczonych na powierzchni uprawy (pola, szklarni, tunelu, rabaty, parapetu, zagonu).

12. Metody analityczne oznaczania ogólnych zawartości składników w glebie i materiale roślinnym

- Mineralizacja „na sucho” w piecu muflowym i roztwarzanie otrzymanego popiołu w kwasach mineralnych (dla oznaczenia makro- i mikrośladników).
- Stapianie z węglanami metali alkalicznych (dla oznaczenia Al, Fe, Ca, Mg, Mn, Zn, Cu, Cr).
- Spalanie „na sucho” w obecności tlenku wapnia (dla oznaczenia B).
- Mineralizacja „na mokro” w kwasie siarkowym (Ca, K, Mg, Mn, Na, P, Zn, N ogólny), kwasie azotowym, kwasie nadchlorowym i kwasie siarkowym (Al, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn), kwasie azotowym (S ogólna) lub w kwasie chlorowodorowym i kwasie fluorowodorowym (mikroelementy i metale ciężkie).

Instrumentalne metody oznaczania pierwiastków w ekstraktach i roztworach po mineralizacji

- Kolorymetryczne (P, S, N-NO₃, N-NH₄, B, Mo, Al).
- Potencjometryczne (pH, N-NO₃, N-NH₄, Cl).
- Konduktometryczne (zasolenie, EC).
- Spektrometria atomowa (kationy, pierwiastki lotne i śladowe, metale ciężkie):
 - bezpłomieniowa (mikroelementy i metale ciężkie w ilościach śladowych),
 - płomieniowa (K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn),
 - fotometria płomieniowa (K, Ca, Na),
 - spektrometria plazmowa – ICP (bardzo szeroka gama pierwiastków w bardzo szerokim zakresie stężeń).

Literatura

- Karczewska A., Kabała C. 2008. Metodyka analiz laboratoryjnych gleb i roślin. Wydawnictwo UP Wrocław, 45 s. www.up.wroc.pl/~kabela/Analizy2008v4.doc
- Nowosielski O. 1988. Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie. Wydanie II uzupełnione. PWRiL, 310 s.
- Sadowski A. 2009. Jak pobierać próbki z gleby i liści z sadów? Hasło Ogrodnicze 7.
- Wójcik P. 2009. Nawozy i nawożenie drzew owocowych. Hortpress, 252 s.

Tabela 1. Odczyn gleby/podłoża w zależności od zastosowanej metody

Odczyn gleby/podłoża	pH (1 M KCl)	pH (H ₂ O)
Bardzo kwaśny	do 4,5	do 5,0
Kwaśny	4,6-5,5	5,1-6,0
Lekko kwaśny	5,6-6,5	6,1-6,7
Obojętny	6,6-7,2	6,7-7,4
Zasadowy	>7,3	>7,5