

Uprawa roślin ogrodniczych z uwzględnieniem nawożenia i rodzaju gleb

Opracowanie przygotowane w ramach zadania celowego 4.1.:
„Racjonalne nawożenie”

Finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Skierniewice, 2025 r.

Autorzy:

Dr inż. Jacek S. Nowak
Dr. Hab. Paweł Wójcik, prof. IO-PIB
Prof. dr hab. Stanisław Kaniszewski
Dr hab. Jerzy Lisek, prof. IO-PIB
Dr hab. Jadwiga Treder, prof. IO-PIB
Dr inż. Jacek Filipczak
Dr inż. Zbigniew Buler
Dr Waldemar Kowalczyk
Mgr. inż. Artur Kowalski

Zakład Uprawy i Nawożenia Roślin Ogrodniczych
Instytut Ogrodnictwa – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Konstytucji 3 Maj 1/3, 96-1000
Skierniewice

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część niniejszego opracowania nie może być reprodukowana w jakiegokolwiek formie i w jakikolwiek sposób bez pisemnej zgody autorów.

Nakład: wersja elektroniczna

Wstęp

Ogrodnictwo to ważna gałąź rolnictwa. Obejmuje ono produkcję owoców (drzewa i krzewy owocowe), warzyw gruntowych i spod osłon, roślin ozdobnych uprawianych w gruncie (w tym drzew i krzewów ozdobnych) i pod osłonami. Ogrodnictwo ma istotne znaczenie z punktu widzenia rosnącego udziału w całej produkcji towarowej oraz dużej roli owoców i warzyw w diecie konsumentów.

Dobór upraw ogrodniczych do odpowiedniego stanowiska jest jednym z najważniejszych czynników determinujących sukces produkcji. Każdy gatunek rośliny ma określone wymagania w stosunku do gleby, klimatu i warunków siedliskowych. Dlatego decyzja o wyborze gatunku lub odmiany powinna być poprzedzona dokładną analizą środowiska glebowego i mikroklimatu, a także oceną potencjału gospodarstwa i możliwości rynkowych. Gleba, jako podstawowe środowisko wzrostu roślin, odgrywa kluczową rolę w dostarczaniu wody, składników pokarmowych i powietrza do systemu korzeniowego. Jej struktura, odczyn, zasobność w próchnicę oraz zdolność do zatrzymywania wody wpływają na wzrost, rozwój i plonowanie roślin w stopniu porównywalnym do warunków klimatycznych.

W Polsce występuje duże zróżnicowanie rodzaje gleb, od lekkich piasków luźnych, poprzez gleby średnie o dobrych właściwościach wodno-powietrznych, aż po ciężkie gliny i łą. Każda z tych kategorii agronomicznych wymaga innego podejścia do doboru gatunków i technologii uprawy. Na przykład rośliny korzeniowe, takie jak marchew czy pietruszka, lepiej rosną na glebach lekkich i przepuszczalnych, podczas gdy kapustne czy seler preferują gleby zwarte i bogate w próchnicę. W przypadku roślin sadowniczych czy jagodowych szczególnie ważna jest ocena głębokości wody gruntowej oraz unikanie stanowisk narażonych na zastoiska mrozowe i nadmierne uwilgotnienie.

Oprócz czynników glebowych i przyrodniczych, duże znaczenie mają także uwarunkowania praktyczne i ekonomiczne. Produkcja ogrodnicza wymaga dostosowania do zmieniających się trendów konsumenckich, rosnących kosztów produkcji i wymogów rynku. Istotne jest nie tylko zapewnienie odpowiedniej jakości plonu, ale także optymalizacja kosztów transportu, ograniczenie strat po zbiorach oraz uwzględnienie możliwości mechanizacji i automatyzacji prac polowych.

Niniejsze opracowanie ma na celu przedstawienie kompleksowych zasad doboru roślin ogrodniczych do różnych rodzajów gleb w warunkach Polski. Omówiono w nim kryteria wyboru stanowisk, charakterystykę gleb pod kątem ich właściwości fizycznych, chemicznych

i biologicznych, a także wymagania glebowe najważniejszych gatunków roślin sadowniczych, warzywniczych i ozdobnych. Szczególną uwagę poświęcono racjonalnemu nawożeniu, gospodarce wodnej oraz zabiegom poprawiającym strukturę i żyzność gleby, które umożliwiają zwiększenie efektywności produkcji.

Poradnik jest skierowany zarówno do producentów profesjonalnych, jak i osób planujących założenie plantacji czy ogrodu towarowego. Wiedza w nim zawarta pozwoli świadomie podejmować decyzje, które zwiększą szanse powodzenia uprawy i umożliwią uzyskanie wysokich, zdrowych i wartościowych plonów, przy jednoczesnym poszanowaniu zasad zrównoważonego gospodarowania zasobami glebowymi.

Spis treści

1. Kryteria wyboru upraw ogrodniczych.....	6
1.1. Ukształtowanie terenu	6
1.2. Warunki klimatyczne i mikroklimat związany z glebą	7
1.3. Gleba i jej właściwości	9
1.4. Aspekty praktyczne i ekonomiczne	11
2. Ocena jakości gleb na terenie gospodarstwa.....	13
2.1. Właściwości chemiczne gleby	13
2.2. Właściwości fizyczne	17
2.3. Właściwości biologiczne	21
3. Wymagania glebowe dla wybranych gatunków roślin ogrodniczych.....	23
3.1. Wymagania glebowe roślin sadowniczych.....	23
3.1.1. Wymagania roślin w stosunku odczynu gleby.....	23
3.1.2. Przydatność gleb dla poszczególnych roślin sadowniczych	25
3.2. Wymagania glebowe warzyw	28
3.3. Wymagania glebowe roślin ozdobnych.....	30
3.3.1. Wymagania roślin w stosunku odczynu gleby.....	30
3.3.2. Przydatność gleb dla poszczególnych grup roślin	31
4. Przygotowanie gleby i nawożenie upraw ogrodniczych	34
4.1. Odchwaszczanie	34
4.1.1. Odchwaszczanie sadów i jagodników	40
4.1.2. Odchwaszczanie plantacji roślin warzywnych	41
4.1.3. Odchwaszczanie plantacji roślin ozdobnych	41
4.2. Nawożenie sadu/plantacji	42
4.2.1 Nawożenie przed założeniem sadu/plantacji	42
4.2.2. Nawożenie w istniejących sadach/plantacjach	46
4.3. Nawożenie warzyw w uprawach polowych	68
4.4. Nawożenie roślin ozdobnych w uprawach polowych	78
4.4.1. Nawożenie przed siewem lub sadzeniem roślin	78
4.4.2. Nawożenie pogłównie.....	83
4.5. Metody określania potrzeb nawozowych roślin ogrodniczych	87
5. Nawadnianie roślin ogrodniczych.....	90
5.1. Wymagania wodne roślin	90
5.2. Metody nawadniania.....	91
5.3. Fertygacja	93
Literatura	96

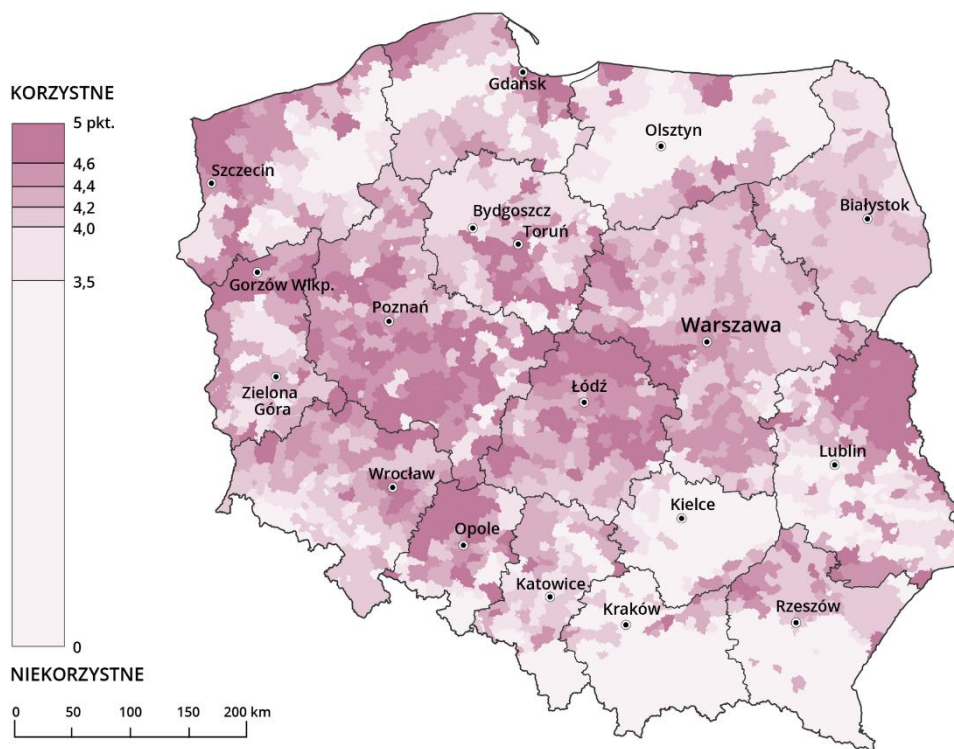
1. Kryteria wyboru upraw ogrodnich

Wybór odpowiedniego stanowiska pod uprawy roślin ogrodnich jest jednym z kluczowych czynników determinującym zdrowotność roślin oraz wysokość i jakość plonów. Główne kryteria wyboru to: ukształtowanie terenu, warunki klimatyczne i mikroklimat związany z glebą, właściwości fizyczne gleby, żyzność i zasobność w składniki pokarmowe, odczyn gleby, retencja wodna i dostępność wody, aspekty praktyczne i ekonomiczne.

1.1. Ukształtowanie terenu

Ukształtowanie terenu – rzeźba terenu, wpływa na warunki przyrodnicze oddziałując pośrednio na uprawy ogrodnice determinując stabilność pokrywy glebowej, jej grubość i wilgotność, określa charakter warunków cieplnych oraz ogranicza lub przyspiesza tempo spływu wód powierzchniowych. Ukształtowanie terenu ma również bezpośredni wpływ na uprawy ogrodnice, np. na terenach górzystych zużywa się więcej energii podczas wykonywania prac polowych oraz w transporcie, występują utrudnienia w mechanicznej uprawie roli – dobór zabiegów i rodzajów maszyn rolniczych oraz wolniej wykonuje się wszelkie prace polowe.

Do uprawy roślin ogrodnich najlepsze są równiny i tereny lekko faliste. Tereny górzyste i strome zbocza wymagają dodatkowych nakładów i zabiegów ułatwiających uprawę roślin. W uprawach sadowniczych zaleca się aby teren przeznaczony pod sad lub plantację był płaski lub lekko nachylony (do 5–8%), co sprzyja odpływowi zimnego powietrza i ogranicza ryzyko występowania przymrozków wiosennych oraz zastoisk mrozowych. Pod uprawy ogrodnice nie należy wybierać terenów zagłębionych (dolin, kotlin), w których występują zastoiska mrozowe, mgły i długo utrzymująca się wilgoć, co sprzyja porażeniu roślin przez patogeny.



Rys. 1. Ukształtowanie terenu – rzeźba terenu w Polsce. Im wyższa liczba punktów, tym bardziej korzystne dla rolnictwa ukształtowanie terenu.

Źródło: zpe.gov.pl

1.2. Warunki klimatyczne i mikroklimat związany z glebą

Klimat jest ważnym czynnikiem glebotwórczym wpływającym istotnie na rozwój produkcji rolnej. W Polsce, klimat cechuje się dużą zmiennością pogody wynikającą z ruchu i ścierania się różnych mas powietrza nad naszym terytorium. Powoduje to znaczne zróżnicowanie warunków w zależności od regionu. W części wschodniej kraju odnotowuje się bardziej ostre i trwające dłużej zimy niż w zachodniej części kraju, gdzie okres wegetacyjny rozpoczyna się wcześniej. Ma to istotne znaczenie w planowaniu upraw i uzyskaniu szybszych zbiorów oraz większych możliwości dojrzewania owoców. Warunki klimatyczne, obok gleb, wpływają na rodzaj i efektywności produkcji ogrodniczej. Do głównych czynników klimatycznych zaliczamy:

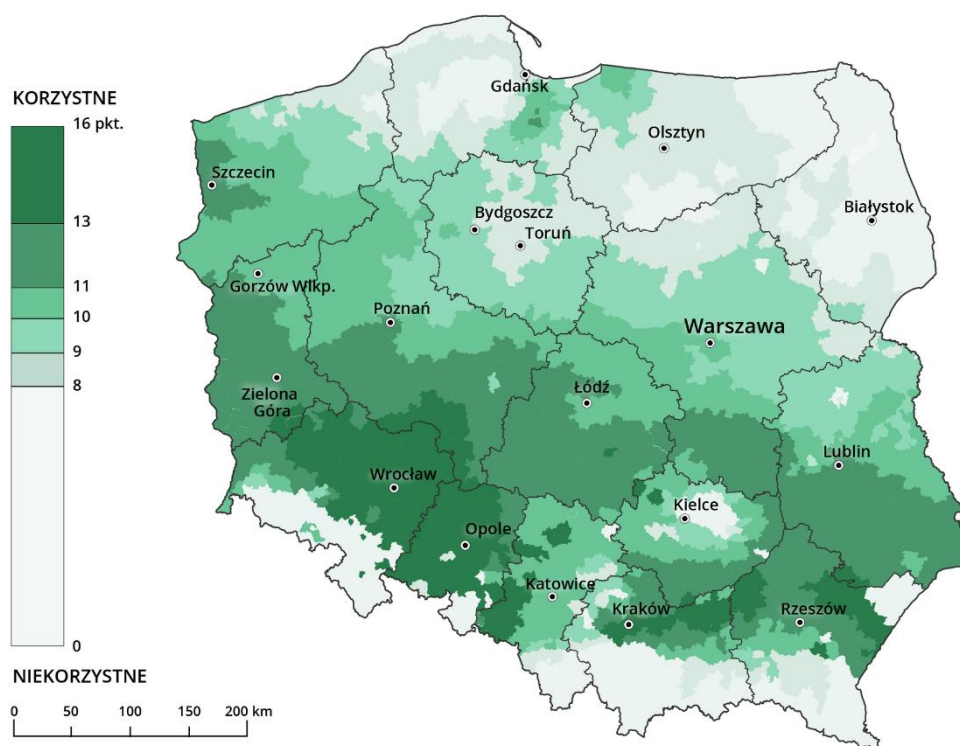
- **nasłonecznienie:** w zależności od regionu wynosi od 1390 do 1900 godzin i jest zróżnicowane ze względu na porę roku, największe występuje w czerwcu, najniższe w grudniu;

- **temperaturę:** dla wyboru upraw ogrodniczych duże znaczenie ma temperatura minimalna. Na wielu obszarach Polski występują wiosenne i jesienne przymrozki (spadki temperatury poniżej

0 °C powodują wymarzenie pąków kwiatowych i kielkujących roślin lub niszczenie owoców). Na obszarach górskich pokrywa śnieżna zalega dłużej co powoduje opóźnienie prac polowych. Temperatura ma istotny wpływ na długość okresu wegetacyjnego, który w Polsce trwa średnio 200 dni. Najdłuższy okres wegetacyjny występuje w południowo-zachodniej części kraju (około 220 dni), najkrótszy w północno-wschodnich regionach (około 190 dni);

- **opady atmosferyczne:** w Polsce największe opady występują latem i są zróżnicowane w zależności od regionu kraju. Największą sumą opadów charakteryzują się tereny górskie (> 1000 mm.) najniższą treny w Polsce środkowej oraz Wielkopolsce (< 500 mm.);

- **wiatr:** pełni role pozytywne (zapylenie roślin) jak i negatywne (przenoszenie grzybów chorobotwórczych, osuszanie gleby).



Rys. 2. Jakość klimatu w Polsce. Im wyższa liczba punktów, tym bardziej korzystne dla rolnictwa warunki klimatyczne.

Źródło: zpe.gov.pl

1.3. Gleba i jej właściwości

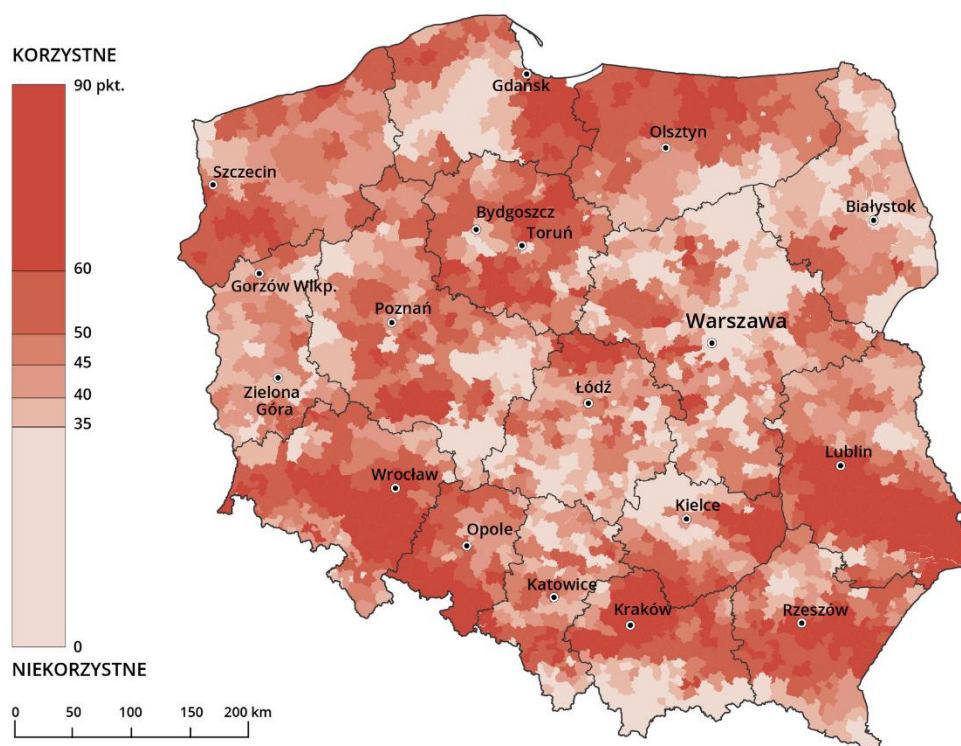
Gleba jest naturalnym tworem wierzchniej warstwy skorupy ziemskiej powstałym z różnych skał macierzystych pod wpływem czynników glebotwórczych (organizmów i czynników klimatycznych). Jest ona złożonym, ożywionym, dynamicznym tworem przyrody, w którym zachodzą ciągle procesy rozkładu i syntezy zarówno związków mineralnych jak i organicznych oraz ich przemieszczanie i akumulacja. Gleba składa się z fazy stałej, ciekłej i gazowej – układ 3-fazowy. Faza stała obejmuje stałe cząstki gleby pochodzenia mineralnego (piaski, gliny, iły i inne), organicznego (koloidy) i organiczno-mineralnego o różnym stopniu rozdrobnienia a także organizmy żywe (glony, bakterie i inne). Koloidy glebowe stanowią najdrobniejszą część fazy stałej gleby i tworzą kompleks sorpcyjny gleby. Faza ciekła gleby to woda i rozpuszczone w niej związki mineralne i organiczne. Poprzez system korzeniowy dostarcza ona roślinom składniki pokarmowe w formie jonów przemieszczających się w roztworze glebowym. Faza gazowa gleby wypełnia wolne przestrzenie w glebie, zaopatrując korzenie roślin w tlen i wpływa na aktywność biologiczną gleby. Stosunek fazy stałej do ciekłej i gazowej ma bardzo duży wpływ na jakość gleby i jej strukturę. Dobra struktura umożliwia prawidłowy dostęp korzeni roślin do wody i powietrza oraz składników pokarmowych i zależy w dużej mierze od składu granulometrycznego gleby – uziarnienia. Wymiary ziarn, z których zbudowana jest gleba są jednym z kryteriów klasyfikacji utworów glebowych. Skład granulometryczny gleby kształtuje cechy podłoża takie jak:

- **właściwości fizyczne** (gęstość, porowatość, pojemność wodna, pojemność powietrzna, retencja wody). Gleby o dużym udziale części piaszczystych charakteryzują się większą przepuszczalnością względem wody oraz mniejszą retencją. Oznacza to, że gleby bardzo lekkie i lekkie są bardziej podatne na przesychanie i wymywanie składników pokarmowych. Cechują się także niższą retencją w stosunku do wody. Gleby ciężkie są bardziej narażone na tworzenie zastoisk wodnych, są gorzej napowietrzone i wolniej się nagrzewają co może opóźniać wschody roślin;

- **właściwości chemiczne** (odczyn gleby, zawartość substancji organicznej, zawartość składników pokarmowych roślin, pojemność sorpcyjna gleby). Gleby o dużym udziale części piaszczystych charakteryzują się mniejszą zasobnością w składniki pokarmowe i materię organiczną. Na roślinach uprawianych na glebach bardzo lekkich i lekkich obserwuje się częściej objawy niedoborów składników pokarmowych. Gleby o większym udziale części

piaszczystych z reguły posiadają niższe pH, co może limitować uprawę niektórych gatunków roślin ogrodniczych. Właściwości sorpcyjne gleby zależą od ilości iłu koloidalnego w glebie i zawartości próchnicy, dlatego na glebach bardzo lekkich i lekkich utrzymanie dobrych właściwości sorpcyjnych ma szczególne znaczenie w odżywianiu roślin;

- **właściwości biologiczne** (organizmy bytujące w glebie wpływające na rozkład materii organicznej, bakterie *Rhizobium* czy *Azotobacter* istotne w procesie wiązania azotu; grzyby mikoryzowe wspomagające rośliny w pobieraniu składników pokarmowych, mikroorganizmy wspierające rośliny w warunkach stresowych; mikroorganizmy rozkładające substancje szkodliwe). Gleby o większym udziale najdrobniejszych cząstek oraz substancji organicznej (gleby średnie i ciężkie) charakteryzują się większym bogactwem życia mikrobiologicznego;



Rys. 3. Jakość gleb w Polsce. Im wyższa liczba punktów, tym bardziej korzystne dla rolnictwa warunki glebowe.

Źródło: zpe.gov.pl

- **retencję glebową** (zatrzymywanie wody w profilu glebowym powyżej zwierciadła wody gruntowej). Gleby piaszczyste, ły i gliny cechują się niewielką zdolnością do gromadzenia wody. Takie gleby wymagają odpowiednich zabiegów agrotechnicznych zwiększających retencję wody.

1.4. Aspekty praktyczne i ekonomiczne

Polowa uprawa roślin ogrodniczych może być istotnym źródłem dochodu, ale plantatorzy chcący odnaleźć się na ciągle zmieniającym rynku, muszą pamiętać o dostosowaniu się do zmieniającego popytu, potrzeb konsumentów, cen produktów oraz kosztów inwestycji. Jak założyć sad, plantację roślin jagodowych czy roślin ozdobnych lub warzyw gruntowych, jak je uprawiać, żeby uzyskać wysokie i dobrej jakości plony to dla przyszłego ogrodnika są wyzwania często trudne do osiągnięcia. Zadanie nie jest łatwe ale możliwe do zrealizowania. Wymaga to szczegółowej analizy, szczególnie tej ekonomicznej. Podstawowe kryteria doboru upraw na różnych rodzajach gleb przedstawiono powyżej. Na strukturę wielkość produkcji ogrodniczej mają przede wszystkim wpływ warunki przyrodniczo-klimatyczne oraz warunki glebowe, które w głównej mierze wpływają na powstawanie nowych plantacji ogrodniczych. Poniżej kilka praktycznych rad dotyczących zakładania/planowania upraw ogrodniczych.

Duże znaczenie przy wyborze gatunków upraw ogrodniczych mają czynniki ekonomiczno-organizacyjne, które w dużym stopniu decydują o wykorzystaniu potencjału produkcyjnego gospodarstwa (ziemia, kapitał). Czynniki organizacyjne to struktura agrarna, zasoby siły roboczej, poziom agrotechniki, infrastruktura techniczna gospodarstwa oraz tradycje i poziom kultury ogrodniczej. Uwarunkowania ekonomiczne to m.in. ceny i ich relacje, zasoby środków trwałych, poziom nakładów inwestycyjnych, dostępność i poziom dopłat i wsparcia środkami publicznymi. W Polsce potencjał ogrodniczy jest dość wysoki ale jest duże zróżnicowanie jeśli chodzi o uwarunkowania organizacyjno-ekonomiczne. Taki stan może znacznie obniżyć możliwości zakładania nowych plantacji/upraw ogrodniczych, będzie bardziej wymuszał postępującą już specjalizację istniejących gospodarstw, ponieważ umożliwi to wzrost wydajności pracy i poziomu dochodów.

Uprawę roślin ogrodniczych należy rozpocząć od oceny możliwości zbicia uzyskanego plonu. Następnie można przystąpić do prowadzenia upraw próbnych, mających na celu

sprawdzenie, jak dany gatunek zachowuje się na wybranym przez nas terenie, czy warunki glebowo-klimatyczne są wystarczające oraz czy plon i jakość uzyskanego plonu jest zadowalająca. Należy pamiętać również o pracochłonności uprawy i postępowaniu z plonem po zbiorze. W następnym etapie istotny jest dobór odpowiednich gatunków i odmian roślin, przygotowanie gleby, siew/sadzenie roślin, nawożenie i ewentualne nawadnianie. Należy tu również uwzględnić wpływ warunków środowiskowych na wielkość i jakość plonów. Istotne może być wprowadzenie metod intensyfikujących uprawy związanych z racjonalnym nawożeniem dostosowanym nie tylko do gatunków ale i odmian czy wprowadzenie upraw zintegrowanych. W uprawach ogrodniczych problemem jest zachwaszczenie plantacji. Stosowanie odpowiednich zabiegów agrotechnicznych jak płodozmian, uprawa przedplonów, ściółkowanie czy mechaniczne usuwanie chwastów może okazać się nie wystarczające (patrz rozdział 4). W uprawach ogrodniczych, obecnie stosuje się metody uprawy zintegrowane, które są szczegółowo opracowane i dostępne na stronie internetowej Instytutu Ogrodnictwa – Państwowy Instytut Badawczy w Skierniewicach tj. www.inhort.pl.

Uprawy ogrodnicze powinny być zakładane w regionach, aby całość kosztów produkcji, a także kosztów przewozu uzyskanych plonów do punktu skupu były jak najniższe. W szczególności uprawy sadownicze i uprawy warzyw nie powinny być lokalizowane w sąsiedztwie zakładów przemysłowych, dróg szybkiego ruchu ani innych źródeł, które zanieczyszczają powietrze i glebę. W przypadku roślin sadowniczych również bliskość starych, zaniedbanych sadów lub plantacji nie jest wskazana, ponieważ stanowią one rezerwuaria patogenów. Należy także unikać lokalizacji, w których występują naturalne bariery terenowe (np. ściany lasu, wzgórze) lub zabudowania ograniczające swobodny spływ zimnego powietrza. Najodpowiedniejszym rozwiązaniem dla zakładania dochodowego sadu lub plantacji jest zakładanie upraw na stanowiskach, gdzie wcześniej nie prowadzono upraw sadowniczych ani nie występowały wieloletnie monokultury. Pozwala to uniknąć skutków tzw. zmęczenia gleby (choroby replantacyjnej) oraz pogorszenia jej żyzności, objawiającego się osłabieniem wzrostu i plonowania roślin. W przypadku planowania zakładania sadu lub plantacji po wcześniejszych nasadzeniach drzew czy krzewów owocowych, należy zachować 2–3-letni okres przygotowania gleby pod względem zdrowotnym i właściwości fizykochemicznych. W tym okresie powinno się uprawiać rośliny fitosanitarne (np. gorczycę białą, facelię błękitną lub grykę), a także rośliny przeznaczone na nawozy zielone.

2. Ocena jakości gleb na terenie gospodarstwa

Jakość gleb na terenie gospodarstwa określana jest za pomocą parametrów chemicznych, fizycznych i biologicznych. Określają one przydatność gleb do uprawy roślin i wskazują na jej ogólny stan ekologiczny. Właściwości te wpływają na retencję wody, dostępność składników pokarmowych, aktywność mikrobiologiczną i inne procesy zachodzące w glebie. Znajomość tych parametrów pozwala ocenić stan gleby i dostosować zabiegi agrotechniczne w celu poprawy jej właściwości i uzyskaniu lepszych plonów.

2.1. Właściwości chemiczne gleby

Odczyn gleby (pH)

Odczyn gleby to właściwość gleby wyrażona przez stosunek stężenia jonów wodorowych H^+ do jonów wodorotlenkowych OH^- w roztworze glebowym. Odczyn wskazuje na kwasowość lub zasadowość gleby. Wyrażony jest w skali pH od 0 do 14. Skala pH wskazuje czy roztwór jest kwaśny ($pH < 7,0$), obojętny ($pH = 7,0$) lub zasadowy ($pH > 7,0$). Odczyn określa więc stopień zakwaszenia gleb i podłoży (stężenie jonów wodorowych w środowisku korzeniowym/roztworze glebowym). Jest to jeden z najistotniejszych parametrów chemicznych gleby, wpływa na żyzność gleby, jej strukturę oraz dostępność i przyswajalność składników mineralnych. Na glebach kwaśnych i bardzo kwaśnych dostępność mikroelementów (żelazo, mangan, cynk, miedź, bor) oraz azotanowej (saletrzaney) formy azotu wzrasta. W takich warunkach obserwuje się także spowolnienie pobierania fosforu, magnezu i molibdenu, wzrost mobilności metali ciężkich szczególnie kadmu, niklu i cynku oraz glinu, zmniejszenie aktywności mikroorganizmów biorących udział w procesach rozkładu materii organicznej co wiąże się ze zmniejszeniem zawartości próchnicy. Wraz z podwyższaniem pH wzrasta dostępność wapnia i magnezu oraz amonowej formy azotu (NH_4^+). Większość składników mineralnych niezbędnych dla prawidłowego funkcjonowania roślin pobierana jest w największych ilościach w glebach o odczynie lekko kwaśnym. Zakwaszenie gleb, oprócz negatywnego wpływu na wzrost i plonowanie roślin obniża efektywność nawożenia oraz powoduje duże straty składników pokarmowych z nawozów. Jedynym sposobem na podniesienie odczynu jest wapnowanie gleb (więcej informacji nt. wapnowania gleb w dalszej części opracowania).

Buforowość gleby

Buforowość gleby jest to zdolność gleby do utrzymywania jej stałego pH. Nagłe i duże zmiany odczynu gleby zarówno w stronę odczynu kwaśnego jak i zasadowego powodują zakłócenia wielu procesów zachodzących w glebie, co wpływa negatywnie na wzrost i rozwój roślin. Brak zdolności utrzymania stałego odczynu gleby ogranicza szereg procesów zachodzących w glebie, również tych warunkujących dostępność makro- i mikroskładników. Właściwości buforowe gleb mają istotne znaczenie przy planowaniu wapnowania. Dużą rolę odgrywa tu stopień zbuforowania gleb, który zależy od ilości i jakości koloidów glebowych (upraszczając – od kategorii agronomicznych gleby). Gleby lekkie, piaszczyste charakteryzują się słabą buforowością, gleby ciężkie, gliniaste dużą buforowością. W zależności od właściwości buforowych gleb obserwuje się różne efekty wapnowania. Na glebach lekkich, piaszczystych (słabo zbuforowanych) już niewielka dawka nawozu wapniowego spowoduje znaczną zmianę pH gleby. W przypadku gleb ciężkich w celu uzyskania podobnej zmiany odczynu jak w przypadku gleb lekkich należy zastosować o wiele wyższą dawkę nawozu wapniowego. Podobne zmiany obserwuje się na glebach zakwaszonych niektórymi nawozami (zakwaszającymi). W takich przypadkach w uprawach ogrodniczych zaleca się stosowanie na glebach lekkich niskie dawki nawozów wapniowych w formie węglanowej (CaCO_3), natomiast na glebach ciężkich można stosować wyższe dawki nawozów wapniowych i może to być forma tlenkowa (CaO).

Zawartość substancji organicznej

Substancja organiczna w glebie pochodzi głównie z resztek roślinnych i obumarłych organizmów glebowych. Jest substancją naturalną i mimo, że zawiera wszystkie niezbędne składniki pokarmowe roślin nie niesie za sobą zagrożenia przenawożenia roślin czy zasolenia gleby. Materia organiczna jest podstawowym wskaźnikiem jakości gleb decydującym o ich właściwościach fizykochemicznych (zdolności sorpcyjne i buforowe) i biologicznych (aktywność biologiczna). Decyduje więc o zdolności do zatrzymywania i uwalniania składników mineralnych do roztworu glebowego, zdolności gleby do zatrzymywania i gromadzenia wody, aktywności pożytecznych mikroorganizmów glebowych, wpływa dodatnio na tworzenie struktury gruzelkowatej, poprawia właściwości termiczne gleby, reguluje odczyn oraz ogranicza podatność gleb na erozję. Utrzymanie wysokiej zawartości substancji organicznej – próchnicy w glebie jest istotne nie tylko ze względu na utrzymanie

produkcyjnych funkcji gleb, ale również z punktu widzenia roli gleb w sekwestracji węgla atmosferycznego.

Ilość substancji organicznej w glebie jest zależna od czynników naturalnych jak skład granulometryczny gleby (uziarnienie), położenie w terenie oraz właściwości wodne (poziom lustra wody gruntowej). Materia organiczna jest jednak w głównej mierze kształtowana przez nawożenie naturalne i organiczne, uprawę roli oraz płodozmian, np.:

- przyorywanie słomy i nawozów zielonych,
- uprawa poplonów i międzyplonów,
- uprawa roślin bobowatych,
- stosowanie nawozów naturalnych (obornik) i organicznych (kompost).

W Polsce, większość gleb jest uboga w materię organiczną. Jej średnia zawartość w 2020 roku wynosiła 2,9%. Wyższą zawartością materii organicznej charakteryzują się gleby (obszary) położone wzdłuż północnej i południowej granicy kraju niż gleby w Polsce środkowej.

Właściwości sorpcyjne

Gleba charakteryzuje się zdolnością zatrzymywania i pochłaniania różnych składników, w tym jonów. Taka zdolność nazywaną jest sorpcją a zjawiska z nią związane – zjawiskami sorpcyjnymi. W glebie możemy wyróżnić sorpcję mechaniczną, biologiczną, fizyczną, wymienną i chemiczną. Właściwości sorpcyjne gleb odgrywają ważną rolę jako czynnik regulujący wymywanie składników pokarmowych z gleby, decydują o efektywności nawożenia i regulują odżywianie roślin. Dzięki właściwościom sorpcyjnym możliwa jest regulacja odczynu gleby i magazynowanie dostarczanych składników pokarmowych roślin. Gleby o dużej pojemności sorpcyjnej to gleby dobrze zbuforowane, zdolne do utrzymania stałego odczynu gleby – przeciwstawiania się gwałtownym zmianom pH. Za zjawiska sorpcyjne w glebie odpowiada koloidalna faza stała zwana kompleksem sorpcyjnym, którą tworzą mineralne i organiczne składniki fazy stałej gleby. Kompleks sorpcyjny jest odpowiedzialny za magazynowanie jonów na drodze sorpcji wymiennej – wymianie jonów pomiędzy roztworem glebowym a kompleksem sorpcyjnym. Jony związane wymiennie mogą być pobierane przez rośliny przejściu z kompleksu sorpcyjnego do roztworu glebowego lub pobrane przez korzenie włóśnikowe bezpośrednio z kompleksu sorpcyjnego. Właściwości sorpcyjne przyczyniają się także do neutralizacji szkodliwych dla organizmów żywych substancji, które dostają się do gleby.

Zasobność w składniki mineralne

Rośliny pobierają większość składników pokarmowych niezbędnych im do życia z gleby. Zasobność gleb w składniki mineralne jest więc podstawowym czynnikiem zaspokajającym potrzeby pokarmowe roślin. Ważna jest również forma występowania składników (pierwiastków), która wpływa w znacznym stopniu na ich dostępność. Zasobność w składniki mineralne oraz ich dostępność zależy od wielu czynników, m.in. od typu gleby, właściwości sorpcyjnych, zawartości próchnicy i minerałów, odczynu gleby czy zabiegów agrotechnicznych. Pierwiastki – składniki mineralne niezbędne roślinom dzieli się na dwie grupy: makroelementy (makroskładniki) i mikroelementy (mikroskładniki). **Makroelementy** występują w glebach w dużych stężeniach i rośliny pobierają je w dużych ilościach. Niedobory makroelementów w glebie mogą powodować zahamowanie wzrostu roślin. Dla roślin ogrodniczych niebezpieczny jest również nadmiar makroelementów. Do makroelementów niezbędnych dla roślin zalicza się: węgiel, wodór, tlen, azot, fosfor, potas, wapń, magnez, sód, siarka, żelazo. Zasobność gleb w Polsce w podstawowe makroskładniki uwzględniane w strategii nawożenia roślin ogrodniczych w uprawach polowych tj. fosfor, potas i magnez jest zróżnicowana. Najwyższą zasobnością gleb w fosfor przyswajalny charakteryzują się województwa: kujawsko-pomorskie, wielkopolskie i śląskie. Najmniej gleb o wysokiej i bardzo wysokiej zasobności w ten składnik występuje w województwach małopolskim i podkarpackim. Najwięcej gleb o niskiej zasobności w potas występuje w województwach: mazowieckim, podlaskim, łódzkim, małopolskim, opolskim, dolnośląskim i warmińsko-mazurskim. Gleby o wysokiej i bardzo wysokiej zawartości potasu stanowią w skali Polski niespełna 26%. Najlepiej pod tym względem wypadają województwa: warmińsko-mazurskie, dolnośląskie, lubelskie i śląskie. Najwięcej gleb ubogich w magnez występuje w województwach lubelskim i zachodniopomorskim. Najmniej gleb ubogich w magnez jest w województwach: małopolskim, warmińsko-mazurskim i świętokrzyskim. Najlepszą zasobnością w ten składnik charakteryzują się gleby województwa małopolskiego, podkarpackiego i świętokrzyskiego.

Mikroelementy w glebach występują w śladowych ilościach. Rośliny ogrodnicze mają niskie zapotrzebowanie na mikroskładniki ale są one niezbędne do prawidłowego wzrostu i rozwoju roślin. W roślinie, biorą udział w procesach fizjologicznych jak fotosynteza, oddychanie czy powstawanie chlorofilu. Zarówno niedobór jak i nadmiar mikroelementów powoduje niekorzystne objawy występujące na roślinach. Do mikroelementów niezbędnych dla roślin zalicza się: mangan, cynk, bor, molibden, chlor, krzem.

2.2. Właściwości fizyczne

Gęstość gleby

Gęstość gleby jest to stosunek masy fazy stałej gleby do objętości zajmowanej przez tę fazę. Gęstość uzależniona jest od składu mineralnego gleby oraz zawartości substancji organicznej. Wraz ze zwiększeniem ilości minerałów gęstość gleby wzrasta, a maleje wraz ze wzrostem zawartości substancji organicznej. Gęstość gleby charakteryzuje tylko fazę stałą i jest niezmienna dla danej gleby. Bardziej przydatnym parametrem jest *Gęstość objętościowa gleby*, która charakteryzuje trój- lub co najmniej dwufazowy układ gleby. Gęstość objętościowa jest wielkością zmienną i inną dla każdej gleby. Zwiększa się w miarę zagęszczania fazy stałej i jednoczesnego zmniejszania objętości porów oraz w miarę wypełniania porów wodą. Gęstość objętościowa warstwy ornej gleb uprawnych jest zwykle niższa od głębszych profili glebowych. Im bardziej gęstość objętościowa jest zbliżona do jej gęstości właściwej, tym gleba jest mniej porowata – jest bardziej zagęszczona, zmniejsza się także dostępność powietrza. Gęstość objętościowa wpływa istotnie na porowatość i dostępność powietrza co ma znaczenie dla prawidłowego wzrostu i rozwoju systemu korzeniowego.

Porowatość gleby

Porowatość gleby jest to stosunek objętości wolnych przestrzeni do całkowitej objętości gleby. Zwykle wyrażana jest w procentach. Porowatość, często nazywana *porowatością ogólną*, warunkuje stosunki powietrzno-wodne ale jest ściśle skorelowana z gęstością objętościową gleby. Charakteryzuje ją nie tylko ilość porów (wolnych przestrzeni) ale również i wielkość tych porów. W związku z tym wyróżnia się pory duże zwane makroporami, pory średniej wielkości zwane mezoporami oraz pory najdrobniejsze zwane mikroporami. W makroporach woda i powietrze poruszają się swobodnie, w mezo- i mikroporach ruch powietrza jest utrudniony, natomiast ruch wody polega tylko na powolnym przemieszczaniu się pod wpływem sił kapilarnych. Porowatość gleby zależy od wielu czynników. Upraszczając można wyodrębnić dwie grupy czynników. Pierwsza to grupa czynników wewnętrznych, związana ze składem granulometrycznym rodzajem minerałów ilastych, ilością i rodzajem próchnicy, stopniem wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami, składem kationów wymiennych, rodzajem i trwałością struktury a także innych właściwości, od których zależy podatność gleby na zmiany objętości. Druga grupa to czynniki zewnętrzne, związane z warunkami meteorologicznymi, szatą roślinną rodzajem zastosowanych zabiegów agrotechnicznych i melioracyjnych.

Skład granulometryczny

Skład granulometryczny, nazywany również uziarnieniem, jest to procentowy udział cząstek glebowych różnej wielkości. Jest jednym z podstawowych parametrów kształtujących właściwości powietrzno-wodne, zdolności retencyjne gleby zarówno pod względem wody, jak i składników pokarmowych (właściwości sorpcyjne gleby). Cząstki glebowe w zależności od ich wielkości dzieli się na części szkieletowe (średnica $> 1,0$ mm.: kamienie > 20 mm., żwir 1-20 mm.) oraz części ziemiste (średnica < 1 mm.: piasek 1,0-0,1 mm, pył 0,1-0,02 mm., ił $< 0,02$ mm.). Biorąc pod uwagę powyższe wyróżnia się pięć kategorii agronomicznych gleby:

1. Gleby bardzo lekkie – piaski luźne i słabogliniaste;
2. Gleby lekkie – piaski gliniaste;
3. Gleby średnie – gliny piaszczyste, gliny lekkie, pyły gliniaste i pyły zwykłe;
4. Gleby ciężkie – gliny piaszczysto-ilaste, gliny zwykłe, gliny ilaste, gliny pylasto-ilaste i pyły ilaste;
5. Gleby bardzo ciężkie – ły piaszczyste, ły pylaste, ły zwykłe, ły ciężkie.

Znajomość kategorii agronomicznej gleby przy wyborze upraw ma istotne znaczenie dla ogrodnictwa, ponieważ ma wpływ na dobór odpowiednich gatunków roślin, nawożenie, gospodarkę wodną oraz dobór odpowiednich narzędzi i technik uprawy. Przykładowo, na glebach lekkich można uprawiać marchew, pietruszkę, cebulę, dynię, truskawki, lawendę na glebach ciężkich, gliniastych kapustę, seler, dalie i róże.

Gleby lekkie i bardzo lekkie zawierają w większości cząstki o większej średnicy, są to utwory piaszczyste i bardziej luźne. Gleby średnie zawierają części drobniejszej niż piasek ale o większej średnicy niż ił. Największym udziałem najdrobniejszej frakcji cząstek glebowych (zawierają ił o średnicy $< 0,02$ mm.) charakteryzują się gleby ciężkie.

Skład granulometryczny kształtuje także kilka innych cech ważnych w uprawach ogrodniczych, m.in.:

Strukturę gleby – kształtowana jest przez uziarnienie, zawartość substancji organicznej, aktywność organizmów glebowych i warunki wilgotnościowe. Jest to często używany termin oznaczający żyzność gleby. Struktura gleby to przestrzenny układ (stan zagregowania) cząstek elementarnych fazy stałej gleby, uwzględniający kształt, wielkość, trwałość, powiązanie i przestrzenny układ cząstek mineralnych i organicznych gleby. Pod określeniem 'struktura gleby' rozumie się makrostrukturę gleby, tj. strukturę widoczną gołym okiem. Dobra struktura zapewnia optymalne warunki dla wzrostu i rozwoju systemu korzeniowego, utrzymując optymalne właściwości powietrzno-wodne, zapobiega również erozji. Opisanych

jest kilka typów struktur glebowych. Najbardziej znane i powszechnie oczekiwane przez rolników/ogrodników są struktury agregatowe (złożone), wśród których możemy wyróżnić określenie 'struktura gruzełkowa'. Oznacza ona agregaty kuliste, porowate, trwałe, w których spoiwem są przede wszystkim polimery próchniczne, śluzы bakteryjne i minerały ilaste.

Retencję glebową – zdolność gleby do zatrzymywania wody w profilu glebowym, w tzw. strefie nienasyconej, powyżej zwierciadła wody gruntowej. Potencjał retencyjny gleb w Polsce jest wysoki, ale wymaga działań wspierających. Działania te obejmują:

1. Wdrażanie zabiegów agrotechnicznych, m.in. głęboką orkę, spulchnianie gleb zwięzłych, wapnowanie, wzbogacanie gleb lekkich w substancje organiczną. Zabiegi te prowadzą do poprawy struktury gleby;
2. Ograniczenie ewapotranspiracji z powierzchni gruntu i roślin poprzez stosowanie odpowiedniego płodozmianu;
3. Ograniczenie spływu powierzchniowego oraz zwiększenie zasilania wód gruntowych;
4. Prawidłowa gospodarka wodna na obiektach melioracyjnych.

Zwiężłość gleby – właściwości gleby charakteryzowane przez tarcie wewnętrzne i jej spójność. Bywa różnie definiowana i wyrażana, najczęściej stosowaną jednostką zwiężłości jest N/cm^2 . Zwiężłość gleby zależy od składu granulometrycznego i wilgotnością oraz struktury gleby (czynników wpływających na tworzenie się agregatów) i składu chemicznego roztworów glebowych. Największą zwiężłością charakteryzują się gleby ciężkie, o konsystencji zwartej, zwłaszcza gleby ciężkie zawierające duże ilości frakcji piasku i żwiru. W takich glebach w miarę wzrostu wilgotności zwiężłość zazwyczaj maleje. Gleby lekkie, piaszczyste wykazują natomiast pewien wzrost zwiężłości w miarę wzrostu wilgotności. Zwiężłość gleb wpływa w istotny sposób na opory przy pracy narzędzi. Ocenę zwiężłości gleby można przeprowadzić w warunkach polowych ściskając między kciukiem a palcem wskazującym próbkę wyciętą nożem – bloczek/sześcian o średnicy ok 3 cm.. Test powinien być przeprowadzony na próbce świeżej (o naturalnej wilgotności). Poniżej (tabela 1) przedstawiono klasy zwiężłości i opis przeprowadzanego testu.

Tabela 1. Klasy zwiężłości gleby i ich charakterystyka

Klasa zwiężłości	Charakterystyka
Luźna	Brak zwiężłości, nie jest możliwe uzyskanie materiału do testów
Słabo zwięzła	Rozgniata się z łatwością pod bardzo delikatnym naciskiem palców
Średnio zwięzła	Łatwo rozgniata się pod delikatnym lub średnim naciskiem kciuka i palca wskazującego

Zwięzła	Rozgniata się pod średnim naciskiem kciuka i palca wskazującego; wyraźny opór
Zbita	Rozgniata się pod silnym naciskiem między kciukiem i palcem wskazującym
Bardzo zbita	Nie jest możliwe rozgniecenie bloczka pomiędzy kciukiem a palcem wskazującym

Zagęszczanie gleby – występuje gdy cząsteczki glebowe zostają ściśnięte pod wpływem przyłożonej siły, w wyniku czego dochodzi do zwiększenia masy fazy stałej gleby w odniesieniu do zajmowanej przez nią objętości. W uprawach dochodzi zwykle do zagęszczania gleby podczas wykonywania zabiegów i przejazdów po polu. Skład granulometryczny oraz wilgotność gleby ma istotne znaczenie na podatność gleb na zagęszczenie. Wraz ze wzrostem udziału frakcji ilowej i spadkiem zawartości substancji organicznej podatność gleb na zagęszczenie wzrasta. Gleby suchsze są bardziej odporne na zagęszczenie niż gleby wilgotne. Zagęszczeniu gleb sprzyja stosowanie ciężkich maszyn, brak w strukturze zasiewów roślin głęboko korzeniących się (bobowate) oraz brak ostrych zim, podczas których gleba głębiej przemarza (woda zamarzająca zwiększa swoją objętość i dochodzi do rozluźniania warstwy gleby). Podatność gleb na zagęszczenie jest zjawiskiem niekorzystnym w uprawach roślin, przyczyniając się do obniżenia wysokości i jakości plonu oraz efektywności nawożenia. Zagęszczenie utrudnia wzrost i rozwój systemu korzeniowego, zwłaszcza roślin płytko korzeniących się, takich jak warzywa gruntowe i większość gatunków roślin ozdobnych.

Właściwości wodne gleby

Zdolność gleby do gromadzenia i zatrzymywania wody zależy przede wszystkim od jej składu granulometrycznego, budowy profilu, zawartości materii organicznej, zagęszczenia oraz struktury warstwy ornej i jej trwałości. Cechy te wpływają na porowatość i strukturę porów glebowych, co decyduje o całokształcie właściwości wodno-powietrznych gleby. W glebie występuje kilka rodzajów wody, najczęściej jednak, właściwości wodne gleb charakteryzowane są przez trzy wskaźniki tj.:

1. Polowa pojemność wodna – woda, jaką gleba może zatrzymać po swobodnym odcieknięciu wody grawitacyjnej. W warunkach naturalnych taki stan występuje zwykle wiosną po roztopach lub po obfitych opadach deszczu. O jej wartości decyduje głównie udział frakcji ilastej w składzie granulometrycznym gleby, zawartość substancji organicznej oraz struktura gleby.

2. Punkt trwałego wędnięcia – woda utrzymywana w glebie z siłami przewyższającymi siłę ssącą korzeni. Taki stan powoduje trwałe wędnięcie roślin wynikające z niedostępności wody. Największe ilości wody niedostępnej dla roślin występuje w glebach ciężkich o dużej ilości frakcji ilastej.
3. Woda ogólnie dostępna dla roślin – woda łatwo dostępna dla roślin tzw. woda użyteczna. Stanowi różnicę pomiędzy połową pojemnością wodną a punktem trwałego wędnięcia. Dużą ilość wody dostępnej dla roślin charakteryzują się gleby wytworzone z pyłów (lessy), natomiast małą ilością wody dostępnej cechują się gleby ciężkie (mimo stosunkowo wysokiej połowej pojemności wodnej).

Właściwości wodne gleb to również ich przepuszczalność. Pojęcie to określa warunki ruchu wody podczas *wchłaniania wody opadowej* oraz *przesiākania*, czyli filtracji wody gruntowej. Wchłanianie to przede wszystkim pionowy ruch wody w glebie odbywający się w dwóch fazach: pierwsza bezpośrednio po opadach – następuje nasiākanie gleby wodą, druga po uzyskaniu połowej pojemności wodnej to pionowe przesiākanie wody wolnej (tzw. infiltracja). Szybkość wchłaniania wody zależy od rodzaju gleby, struktury, w początkowej fazie również od wilgotności gleby. Przesiākanie to przemieszczanie się wody gruntowo-glebowej w porach w pełni nasyconych wodą w kierunku naporu mniejszego. Na glebach słabo przepuszczalnych obserwuje się stagnację wody lub spływ powierzchniowy, który powoduje gorsze wykorzystanie wody opadowej przez gleby i przyczynia się do erozji. Stagnowanie wody na powierzchni gleby powoduje m.in. wymakanie roślin uprawnych, zmniejszenie natlenienia gleby oraz nasilenie procesów redukcyjnych. Gleby przepuszczalne ssą glebami suchymi, w których dochodzi do dużych strat składników nawozowych w wyniku przemieszczania się wody opadowej.

2.3. Właściwości biologiczne

Znaczenie różnorodności mikrobiologicznej w środowisku glebowym jest niezwykle ważne ze względu na funkcje mikroorganizmów w agroekosystemie. Mikroorganizmy odgrywają kluczową rolę w procesie rozkładu biomasy i tworzeniu próchnicy, obiegu składników pokarmowych i oporności gleby na działanie szkodliwych czynników, a tym samym w utrzymaniu żyzności i budowaniu właściwej struktury gleby. Mają także duży wpływ na wzrost i zdrowotność roślin, kiełkowanie nasion, rozwój systemu korzeniowego oraz na poprawę struktury gleby. Różnorodność i aktywność mikroorganizmów sprawia, że uczestniczą one w większości procesów przemian składników pokarmowych, co ma znaczenie dla dostępności tych składników dla roślin. Do podstawowych właściwości mikrobiologicznych,

wykorzystywanych w ocenie stanu ekologicznego gleb, należą m.in. następujące parametry: ogólna liczebność bakterii i grzybów, aktywność dehydrogenaz oraz aktywność respiracyjna. Na obniżenie różnorodności i aktywności mikroorganizmów wpływają uprawy roślin w monokulturze, które prowadzą do obniżenia liczebności mikroorganizmów w środowisku glebowym oraz zawartości substancji organicznej w glebie. W praktyce ogrodniczej często dochodzi do degradacji gleb, dlatego ważne jest stosowanie praktyk wspomagających naturalną aktywność mikrobiologiczną gleb. Więcej informacji nt. metod polepszania jakości gleb można znaleźć na

https://www.inhort.pl/files/program_wieloletni/PW_2015_2020_IO/spr_2019/Broszura_Szczech_2019_Metody_polepszania_jakosci_gleb_zad.3.2.pdf

3. Wymagania glebowe dla wybranych gatunków roślin ogrodniczych

3.1. Wymagania glebowe roślin sadowniczych

Większość gatunków roślin sadowniczych uprawianych w Polsce ma umiarkowane wymagania glebowe. Drzewa owocowe wymagają na ogół lepszych gleb niż rośliny jagodowe. Nie zawsze odpowiednie gleby dla roślin rolniczych są jednocześnie przydatne dla drzew i krzewów owocowych. Cechy i właściwości gleby decydujące o jej przydatności dla sadów/plantacji obejmują nie tylko zasobność w składniki pokarmowe, ale także fizyczno-chemiczne właściwości podglebia, wysokość i stabilność wody gruntowej oraz układ, miąższość i skład granulometryczny (uziarnienie gleby) poszczególnych poziomów genetycznych. Gleby, w których zmiany fizyczno-chemiczne są stopniowe, a barwa profilu jednolita, są generalnie bardziej odpowiednie dla głęboko korzeniących się gatunków roślin niż te, w których występują raptowne i wyraźne zmiany w profilu. Jeśli w profilu gleby na niewielkiej głębokości znajduje się nieprzepuszczalna warstwa lub zalega woda gruntowa, to takie gleby nie nadają się dla roślin sadowniczych. Plonowanie roślin sadowniczych na glebach bardzo lekkich oraz ciężkich na ogół jest słabsze niż na glebach średnich. Zjawisko to występuje niezależnie od zasobności gleby w składniki pokarmowe.

W celu określenia cech i właściwości gleby, znacząco wpływających na rozwój drzew i krzewów owocowych, konieczne jest przed ich sadzeniem wykonanie odkrywki glebowej. Wykonuje się je na obszarze jednorodnym pod względem ukształtowania terenu. Odkrywki należy wykopywać oddzielne na obszarze wzniesionym, na stoku oraz położonym najniżej. Przy wyborze miejsca pod odkrywkę glebową należy unikać bliskości zabudowań, dróg i rowów, ponieważ w tych miejscach naturalny układ poziomów genetycznych na ogół jest zmieniony.

Przeciętne rozmiary odkrywki glebowej powinny wynosić: długość - 180-200 cm, szerokość - 70-100 cm oraz głębokość - 150-200 cm dla drzew owocowych lub 120 cm dla roślin jagodowych. Odkrywki glebowe najlepiej wykonać wiosną, ponieważ w tym okresie poziomy genetyczne są dobrze widoczne, a poziom wody gruntowej wysoki.

3.1.1. Wymagania roślin w stosunku odczynu gleby

Wśród gatunków roślin sadowniczych powszechnie uprawianych w klimacie umiarkowanym występuje zróżnicowanie pod względem optymalnego odczynu gleby (tabela

2). Brzoskwinia, morela, śliwa, czereśnia, wiśnia, orzech włoski, leszczyna i winorośl właściwa wymagają gleb o odczynie zbliżonym do obojętnego. Borówka wysoka i żurawina rosną natomiast tylko na glebach silnie zakwaszonych. Pozostałe gatunki roślin z powodzeniem rosną na glebach lekko kwaśnych.

Tabela 2. Optymalne zakresy odczynu gleby dla poszczególnych gatunków roślin sadowniczych

Gatunek roślin	Wartości odczynu gleby (pH)*.**
Agrest	6,2-6,7
Aronia	6,0-6,6
Borówka wysoka	3,5-4,5
Brzoskwinia	6,2-6,8
Czereśnia	6,2-7,0
Grusza	6,0-6,7
Jabłoń	6,0-6,7
Leszczyna	6,5-7,2
Malina	6,2-6,7
Morela	6,2-6,8
Orzech włoski	6,5-7,2
Porzeczki	6,2-6,7
Śliwa	6,2-7,0
Truskawka	5,5-6,5
Winorośl	6,5-7,2
Wiśnia	6,2-7,0
Żurawina	3,5-4,5

* Odczyn mierzony w roztworze KCl

** Na glebach lżejszym, optymalna wartość odczynu w podanym zakresie jest niższa

Należy podkreślić, że optymalny odczyn gleby dla drzew owocowych może zależeć od podkładki. Na przykład jabłonie szczepione na podkładce P 22 są mniej wrażliwe na kwaśny odczyn niż na M.26.

Wrażliwość roślin na kwaśny lub zasadowy odczyn gleby zależy także od składu granulometrycznego, zasobności w przyswajalne składniki oraz zawartości materii organicznej. Przyjmuje się zasadę, że na glebach średnich i ciężkich optymalny odczyn powinien wahać się od 6,1 to 7,2, a na glebach lżejszych od 5,1 do 6,0. Zarówno niższe jak i wyższe wartości

odczynu dla poszczególnych kategorii agronomicznej ujemnie wpływają na właściwości gleby, a w konsekwencji na produktywność roślin i/lub jakość plonu.

3.1.2. Przydatność gleb dla poszczególnych roślin sadowniczych

Aronia

Gatunek ten ma niewielkie wymagania glebowe. Dobrze rośnie na glebach płowych i bielicowych. Dobre efekty produkcyjne uzyskuje się na glebach piaszczystych i piaszczysto-gliniastych. Preferuje gleby umiarkowanie wilgotne, ale nie podmokłe. Toleruje okresowe niedobory i nadmiary wody. Optymalny poziom wody gruntowej wynosi 80-100 cm.

Agrest i porzeczki

Najlepiej udają się na glebach zasobnych w materię organiczną, wytworzonych z glin lekkich i średnich oraz utworów lessowych. Preferują gleby umiarkowanie wilgotne. Słabo znoszą okresowe przesuszenia. Poziom wody gruntowej powinien utrzymywać się na poziomie około 60 cm. W odróżnieniu od porzeczki czerwonej i białej a także agrestu, porzeczka czarna jest bardziej wymagająca pod względem azotu. Porzeczka czerwona i agrest odznaczają się podwyższonymi wymaganiami w stosunku do potasu.

Borówka wysoka i żurawina

Wymagają gleb lekkich, próchnicznych i przepuszczalnych. Dobrze rosną na torfie wysokim oraz glebie bielicowej i płowej. Do zakładania plantacji borówki i żurawiny nadają się szczególnie gleby przyłesne i śródleśne (lasów iglastych). Pod nasadzenia nie nadają się torfy niskie. Są bardzo wrażliwe na zastoiska wodne oraz przesuszenia. Poziom wody gruntowej powinien znajdować się na głębokości nie wyższej niż 40 cm.

Brzoskwinia

Za najbardziej odpowiednie dla brzoskwiń uważa się gleby brunatne i płowe wytworzone z piasków gliniastych mocnych oraz glin lekkich, zalegających na głębokości około 100 cm na glinie lekkiej i średniej lub na utworach pyłowych. Dobre efekty produkcyjne uzyskuje się także na głębokich rędzinach. Ze względu na głęboki system korzeniowy brzoskwiń, woda gruntowa nie powinna znajdować się płycej niż na głębokości 180 cm.

Czereśnia

Najlepiej udaje się na glebach brunatnych i płowych wytworzonych z glin lekkich, utworów pyłowych oraz lessów. Dobry wzrost i owocowanie obserwuje się także na glebach wytworzonych z piasków gliniastych, zalegających na przepuszczalnej glinie średniej lub lessach na głębokości około 100 cm. Czarnoziemy wykształcone z lessów oraz głębokie rędziny także mogą być przeznaczone pod sady czereśniowe. System korzeniowy czereśni na siewkach czereśni ptasiej lub F12/1 jest głęboki, co sprawia, że uprawa tego gatunku jest możliwa tylko na glebach, w których woda gruntowa występuje na głębokości 180-200 cm. Dla czereśni słabiej rosnących (np. na podkładkach P-HL A, Gisela 5) poziom wody gruntowej powinien znajdować się na głębokości 120-150 cm.

Grusza

Grusze najlepiej udają się na glebach brunatnych i płowych wykształconych z piasków gliniastych lub glin lekkich i średnich, zalegających na utworach zwięźlejszych, lecz przepuszczalnych. Grusza dobrze rośnie i owocuje także na czarnoziemach wykształconych z lessów. Dla grusz szczepionych na siewkach gruszy kaukaskiej woda gruntowa nie powinna występować płycej niż na głębokości 180 cm. Dla grusz karłowych (np. na podkładkach Pigwa S1, Pigwa MA, Pigwa MC, Pyrodwarf) poziom wody gruntowej powinien być na głębokości około 120 cm.

Jabłoń

Pod sady jabłoniowe najbardziej przydatne są gleby brunatne, bielcowe i płowe, wytworzone z glin lekkich, piasków naglinowych, utworów pyłowych oraz lessów. Jabłoń dobrze rośnie również na czarnoziemach lessowych, madach pyłowych lekkich i średnich oraz na głębokich rędzinach. Jest wrażliwa na wysoki poziom wody gruntowej, a zwłaszcza na jego duże wahania w okresie wegetacyjnym. Z tego powodu pod jabłonie silnie rosnące (np. na podkładce MM.106, Antonówka, A2) nie należy przeznaczać gleb, w których woda gruntowa zalega płycej niż na głębokości 160 cm. Dla jabłoni karłowych (np. na podkładkach P 22, P 59, M.9, P 16, P 2), wytwarzających płytki system korzeniowy, woda gruntowa powinna znajdować się na głębokości co najmniej 100 cm.

Leszczyna

Najbardziej odpowiednie są gleby płowe, brunatne oraz czarnoziemy, wykształcone z piasku gliniastego mocnego, glin lekkich lub średnich, lessu bądź utworów lessopodobnych. Dobre

efekty w uprawie leszczyny uzyskuje się także na głębokich rędzinach. Roślina ta dobrze rośnie na glebach bogatych w próchnicę, zawierających w podglebiu znaczne ilości CaCO_3 . Poziom wody gruntowej w okresie wegetacyjnym nie powinien sięgać płycej niż 120 cm.

Morela

Najbardziej przydatne są gleby płowe i brunatne wykształcone z piasków gliniastych, zalegających na głębokości poniżej 100 cm, na glinie lekkiej lub utworach pyłowych. Morela dobrze rośnie także na czarnoziemach wykształconych z lessów oraz na głębokich rędzinach. Gleby nadmiernie wilgotne nie nadają się pod nasadzenia moreli. Ma ona silnie rozwinięty system korzeniowy, dlatego dobrze rośnie na glebach suchych, w których woda gruntowa zalega poniżej 180 cm. Znaczna zawartość CaCO_3 w podglebiu sprzyja jej rozwojowi.

Orzech włoski

Szczególnie przydatne są gleby płowe i brunatne, wytworzone z przepuszczalnych glin lekkich, lessów oraz utworów lessopodobnych. Orzech włoski dobrze rośnie również na głębokich rędzinach. Wymaga gleb przewiewnych i głębokich, ponieważ jego korzenie rosną głównie pionowo. Z tego powodu woda gruntowa nie powinna zalegać płycej niż 180 cm.

Śliwa

Najbardziej odpowiednie są gleby brunatne i płowe, wykształcone z glin lekkich i średnich, lessów oraz utworów lessopodobnych. Przydatne są także rędziny średnio zwięzłe, mady średnie oraz czarne ziemie średnie. Śliwa doskonale rośnie i owocuje na glebach wilgotnych, bogatych w materię organiczną, o odczynie obojętnym, a nawet zasadowym. Ze względu na płytki system korzeniowy udaje się na glebach, w których woda gruntowa znajduje się na głębokości około 100 cm. Drzewa karłowe, szczepione na siewkach Węgierki Wangenheim, tworzą płytki system korzeniowy i z tego powodu woda gruntowa powinna znajdować się wyżej, czyli na głębokości około 80 cm.

Truskawka i malina

Najlepiej rosną na glebach brunatnych, płowych i bielcowych, wytworzonych z piasków gliniastych lekkich oraz glin lekkich. Nie tolerują zastoisk wodnych – wymagają gleb dobrze przepuszczalnych, ale o odpowiedniej pojemności wodnej. Poziom wody gruntowej powinien znajdować się na głębokości około 60 cm. Preferują gleby zasobne w próchnicę.

Winorośl właściwa

Najlepiej rośnie na glebach brunatnych, rędzinach i czarnoziemiach, utworzonych z utworów lessowych. Gleby powinny być dobrze przewiewne i głębokie (kamienisto-piaszczyste, piaszczyste i piaszczysto-gliniaste). Winorośl nie lubi gleb ciężkich, podmokłych i zbitych. Preferuje gleby o umiarkowanej wilgotności – źle znosi zarówno przesuszenie, jak i zalewanie korzeni. Poziom wody gruntowej powinien znajdować się poniżej 150 cm.

Wiśnia

Najbardziej przydatne są gleby bielcowe, brunatne i płowe, wykształcone z piasków słabo gliniastych, zalegających na głębokości około 100 cm, na glinie lekkiej lub utworach pyłowych. Wiśnia dobrze rośnie także na głębokich rędzinach. Biorąc pod uwagę, że jej korzenie sięgają głęboko, może być uprawiana na glebach lżejszych, mniej przydatnych dla innych gatunków drzew owocowych. Cechuje się dużą tolerancją względem odczynu gleby.

3.2. Wymagania glebowe warzyw

Gleba i jej zdrowotność jest fundamentem rentownej i stabilnej produkcji warzyw. Kluczową sprawą dla zachowania i budowania trwałej żyzności i zdrowotności gleby w jest odpowiednia gospodarka składnikami pokarmowymi, stymulowanie wzrostu zawartości materii organicznej i rozwoju życia biologicznego gleby.

Większość roślin warzywnych najlepiej rośnie na glebach żyznych, próchnicznych, przepuszczalnych, ale dobrze zatrzymujących wilgoć, o pH lekko kwaśnym do obojętnego (pH 6,2–7,2), dobrze napowietrzonych, bogatych w składniki pokarmowe. Są to gleby zaliczane do klas bonitacyjnych I, II, III i IV. O przydatności gleb do uprawy poszczególnych gatunków warzyw decyduje ich skład granulometryczny, warunki wodne, zawartość próchnicy, pojemność sorpcyjna, kwasowość i stopień wysycenia kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi.

Warzywa potrzebują gleb dobrze nawożonych, z dużą zawartością materii organicznej. Wiąże się to z dostarczaniem do gleby takich materiałów pochodzenia organicznego, które mogą być rozłożone przez mikroorganizmy glebowe na składniki pobierane przez rośliny. Ważnym elementem gospodarki składnikami mineralnymi w glebie jest ustalanie właściwego następstwa roślin po sobie, które nie spowoduje wyczerpania rezerw składników pokarmowych, ważnych dla zachowania i poprawiania żyzności gleb. Składniki mineralne,

które są zabierane z gleby z plonem uprawianych roślin powinny do niej wracać z wnoszonymi nawozami organicznymi i pozostawionymi po zbiorze resztkami roślin. Naturalny obieg składników pokarmowych w przyrodzie jest podstawowym założeniem produkcji warzyw, nie stanowiącym zagrożenia dla środowiska.

Gleba o odpowiednich właściwościach fizycznych, chemicznych i biochemicznych, zapewnia roślinom odpowiednią ilość składników pokarmowych, powietrza i wody. Duże znaczenie mają, także, substancje próchniczne, a szczególnie związki kwasów humusowych. Wpływają one na tworzenie się wodoodpornej gruzełkowatej struktury gleby, co sprzyja dobremu przewietrzaniu gleby. Dobre przewietrzanie gleby i możliwość swobodnej wymiany gazów między glebą a atmosferą sprzyja właściwemu rozwojowi systemu korzeniowego,

Gleba zasobna w substancje organiczne jest też przyjaznym środowiskiem dla rozwoju wielu mikroorganizmów, owadów i zwierząt, które mają korzystny wpływ na utrzymanie równowagi w środowisku, a przez to także na wzrost uprawianych roślin. Zauważalna obecność fauny glebowej, dżdżownic, żab i innych zwierząt świadczy o kształtowaniu się korzystnego środowiska, a zmniejszanie się liczebności określonych gatunków sygnalizuje występowanie procesu odwrotnego.

Bardzo dobre do uprawy roślin warzywnych są gleby torfowe z odpowiednio uregulowanymi stosunkami wodnymi. Wadą gleb torfowych jest późne ogrzewanie się tych gleb, z tego powodu nie nadają się do uprawy warzyw wczesnych oraz warzyw ciepłolubnych.

Wymagania warzyw w stosunku do gleby zależą od gatunku, jednak w doborze gleb pod poszczególne gatunki należy stosować następujące zasady:

- unikać gleb bardzo lekkich, piaszczystych o małej zawartości składników pokarmowych
- unikać gleb bardzo ciężkich, gliniastych na których mogą powstać zastoiska wody oraz gleb podmokłych i zimnych.

Wczesne warzywa kapustowate, fasola groch i pomidory uprawiane są najczęściej na glebach wytworzonych z piasków gliniastych, utworów pyłowych pochodzenia wodnego, glin lekkich charakteryzujących się umiarkowanym uwilgotnieniem, średnią zawartością próchnicy i dostateczną zasobnością.

Uprawa kapusty późnej oraz kalafiora i brokułu w uprawie jesiennej prowadzona jest najczęściej na glebach cięższych o umiarkowanym uwilgotnieniu. Są to gleby wytworzone z glin, iłów i utworów pyłowych zaliczane do klas bonitacyjnych I, II i III.

Warzyw korzeniowe uprawiane są najczęściej na glebach lekkich, przepuszczalnych glinach, glebach pyłowych. Są to gleby bielcowe, brunatne czarnoziemy i czarne ziemie.

Warzywa dyniowate uprawiane są glebach o dobrej strukturze i dostatecznej zawartości próchnicy. Wchodzą tu gleby bielcowe, brunatne czarnoziemy, czarne ziemie, mady zaliczane do klas bonitacyjnych I, II i III.

Tabela 3. Podział warzyw ze względu na wymagania glebowe

Warzywa o dużych wymaganiach glebowych	Warzywa o średnich wymaganiach glebowych	Warzywa o małych wymaganiach glebowych
kapusta (wszystkie gatunki) kalafior brokuł seler korzeniowy seler naciowy por pomidor papryka ogórek dynia, cukinia	marchew pietruszka burak ćwikłowy cebula czosnek groch fasola szparagowa bób cykoria saładowa	rzodkiewka rzepa sałata szpinak jarmuż

3.3. Wymagania glebowe roślin ozdobnych

Wymagania glebowe większości ozdobnych są przeciętne, chociaż niektóre gatunki do prawidłowego wzrostu i rozwoju potrzebują specyficznych warunków. Większość gatunków dobrze rośnie na większości naturalnie występujących glebach w Polsce. W celu określenia cech i właściwości gleby, znacząco wpływających na rozwój roślin ozdobnych konieczne jest przed ich sadzeniem wykonanie analizy fizycznej i chemicznej gleby, m.in. skład granulometryczny, polowa pojemność wodna, zawartość substancji organicznej, odczyn gleby i zawartość dostępnych form składników pokarmowych.

3.3.1. Wymagania roślin w stosunku odczynu gleby

Większość roślin ozdobnych preferuje gleby o odczynie obojętnym lub lekko kwaśnym. Wiele z nich charakteryzuje się wysoką tolerancją i dobrze rośnie także poza odczynem optymalnym. Preferują one gleby obojętne, ale posadzone w podłożu kwaśnym lub zasadowym także będą rosły prawidłowo, chociaż trochę słabiej. Specjalną grupę stanowią rośliny kwaśnolubne, które wymagają podłoża kwaśnego lub bardzo kwaśnego, a uprawiane w glebach o wyższym odczynie nie rosną prawidłowo, a nawet zamierają. Odczyn gleby wyrażany przez pH (tabela 4) jest jednym z podstawowych parametrów decydującym o prawidłowym wzroście roślin ozdobnych. Charakteryzują się dobrą żyznością i wyższą zawartością próchnicy. Są

korzystniejsze do upraw roślin ozdobnych. Na takich glebach nie można uprawiać roślin wymagających kwaśnego odczynu gleby.

Tabela 4. Odczyn gleby dla upraw roślin ozdobnych zależnie od wartości pH.

Odczyn gleby	pH
Zasadowy	>7,2
Obojętny	6,6 – 7,2
Lekko kwaśny	5,6 – 6,5
Kwaśny	4,6 – 5,5
Bardzo kwaśny	<4,5

3.3.2. Przydatność gleb dla poszczególnych grup roślin

Drzewa i krzewy iglaste

Znaczna część gatunków dobrze rośnie na większości naturalnie występujących glebach w Polsce. Zwykle w przypadku roślin iglastych nie ma potrzeby specjalnego doboru/przygotowywania gleby do ich uprawy. Problemy z glebą do uprawy drzew i krzewów iglastych mogą występować właściwie tylko na glebach silnie zasadowych (pH>8). Takie gleby tolerują tylko cisy i niektóre gatunki sosen. Wiele gatunków dobrze rośnie także na glebach kwaśnych (jałowce, sosny, świerki). Większym ograniczeniem w uprawie niektórych gatunków drzew i krzewów iglastych może być wilgotność gleby. Do odpornych na suszę należy większość jałowców i sosen. Suchych, piaszczystych gleb nie tolerują żywotniki zachodnie, cyprysiki japońskie i groszkowe, cyprysniki i metasekwoje.

Drzewa i krzewy liściaste

Wymagania glebowe większości drzew i krzewów liściastych są przeciętne, chociaż niektóre gatunki do prawidłowego wzrostu i rozwoju potrzebują specyficznych warunków. Przydatność gleb do uprawy drzew i krzewów liściastych możemy ogólnie, ale z praktycznego punktu widzenia, podzielić na:

- gleby lekkie, piaszczyste, przepuszczalne, szybko przesychające, o pH lekko kwaśnym, szybko nagrzewające się na wiosnę. Rośliny sadzone na takich glebach powinny być w miarę potrzeby nawadniane i nawożone częściej, ale mniejszymi dawkami nawozów mineralnych. Dobrze rosnące na tego typu glebach są: brzozy, sumaki, topole, robinie, karagany, janowce, pięciorniki, szczodrzeńce, śnieguliczki i żarnowce. Przy uprawie drzew i krzewów liściastych

o wyższych wymaganiach pod względem składników pokarmowych oraz wody, zaleca się do takich gleb stosować nawozy naturalne lub organiczne zwiększające zawartość próchnicy.

- gleby średnie, piaszczysto-gliniaste, gleby zwykle wilgotne, ale dobrze przepuszczalne, o pH w granicach obojętnego. Takie gleby są odpowiednie dla większości drzew i krzewów liściastych. Na glebach średnich dobrze rosną: graby, klony, jesiony, lipy, lilaki, hortensje i tawuły. Na tego typu glebach, ale o pH lekko kwaśnym, dobrze rosną magnolie.

- gleby ciężkie, gliniaste, żyzne, wilgotne, pH obojętne do zasadowego, długo nagrzewające się na wiosnę. Do uprawy na tego rodzaju glebach najlepiej nadają się: buki, surmie, tulipanowce, wiśnie piłkowane, wiązy, pigwowce i krzewuszki.

Należy pamiętać, że niektóre rośliny, takie jak: olsze, wierzby czy dereń rozłogowy, wymagają gleb wilgotnych, a nawet podmokłych.

Rośliny wrzosowate

Warunkiem powodzenia w uprawie wrzosowatych jest zapewnienie kwaśnego odczynu gleby o pH 4 - 5,5. W warunkach naturalnych rośliny wrzosowate przystosowały się do wzrostu na terenach o bardzo kwaśnym odczynie podłoża (pH nawet poniżej 3,0). Większość roślin wrzosowatych dobrze rośnie na glebach stale wilgotnych ale przepuszczalnych, z dużą zawartością substancji organicznej – gleby torfowe. Wyjątkiem są wrzosi i wrzośce oraz inne niskie krzewinki, które nie tolerują zbyt dużej wilgotności i częstego podlewania. Pozostałe wrzosowate wymagają wyższej wilgotności gleby. Plantacje roślin wrzosowatych w uprawie gruntowej najlepiej zakładać na glebach lekkich i ubogich w składniki pokarmowe ale bogatych w substancję organiczną. Niższej wilgotności gleby wymagają rośliny zrzucające liście na zimę np. azalia wielkokwiatowa, wyższej rośliny zimozielone np. wrzośce czy rododendrony.

Róża

Róża wymaga gleb żyznych. Dla ich uprawy nie nadają się tylko gleby podmokłe, o stałym wysokim poziomie wody gruntowej. Optymalne pH to zakres od 5,5 do 6,5 czyli gleby lekko kwaśne. Róże źle znoszą wysokie pH gleby, zwłaszcza *Rosa rugosa* i jej mieszańce.

Byliny

Byliny najlepiej rosną w żyznej, bogatej w składniki pokarmowe, dobrze utrzymującej wilgoć ale przepuszczalnej glebie. Gleby piaszczyste i przepuszczalne nie są odpowiednie dla roślin wilgociolubnych, natomiast gleby nadmiernie zbite i zlewne, słabo zdrenowane nie nadają się do uprawy większości gatunków bylin. Gleby o złej strukturze można przystosować do uprawy bylin poprzez dodanie do nich nawozów naturalnych, nawozów organicznych lub

torfu. W przypadku gleb ciężkich można zmieszać wierzchnią warstwę z gruboziarnistym piaskiem. Zabiegi ulepszające strukturę gleby wykonuje się przed sadzeniem roślin.

Wybierając stanowisko pod uprawę bylin należy zwrócić uwagę na odczyn gleby. Większość gatunków wymaga gleb o odczynie zbliżonym do obojętnego lub lekko kwaśnego. Gleby piaszczyste są z reguły glebami kwaśnymi, więc mogą być przeznaczone pod uprawy roślin kwaśnolubnych. Takie gleby mogą być również przystosowane do uprawy gatunków wymagających wyższego odczynu poprzez zastosowanie nawozu wapniowego (formy węglanowe). Gleby ciężkie, wilgotne są zwykle glebami zasadowymi, odpowiadają więc gatunkom wymagającym odczynu lekko kwaśnego do zasadowego. Należy pamiętać, że gleby ciężkie, podmokłe często wymagają założenia drenażu przy uprawie roślin wrażliwych na nadmiar wody.

Rośliny cebulowe

Rośliny cebulowe zalicza się do gatunków o małych lub umiarkowanych wymaganiach co do żyzności gleby oraz nawożenia. Wszystkie rośliny cebulowe wymagają jednak zdrenowanych pól o sporej zawartości materii organicznej.

4. Przygotowanie gleby i nawożenie upraw ogrodniczych

4.1. Odchwaszczanie

Zagrożenia powodowane przez chwasty i ich rola w agrocenozie

Chwasty to rośliny rozwijające się w nieodpowiednim miejscu i czasie, których wystąpienie prowadzi do strat ekonomicznych. Niekontrolowany rozwój zachwaszczenia ogranicza wzrost i plonowanie roślin uprawnych. Chwasty konkurują z roślinami ogrodniczymi o wodę, substancje pokarmowe i światło; mają niekorzystne oddziaływanie chemiczne (allelopatia); pogarszają warunki fitosanitarne, co sprzyja rozwojowi chorób grzybowych oraz szkodników (m. in. gryzoni, przędziorków, mszyc, drutowców), utrudniają lub wręcz uniemożliwiają zmechanizowany (kombajnowy) zbiór płodów rolnych. W nasadzeniach drzew i krzewów owocowych zwiększają ich uszkodzenia przez przymrozki wiosenne. Z drugiej strony, chwasty jako najważniejszy składnik tzw. flory synantropijnej (towarzyszącej działalności człowieka) pełnią pożyteczne funkcje, określane mianem usług ekosystemowych (środowiskowych). Są podstawą biologicznej różnorodności, ograniczają erozję, ugniatanie i zasolenie gleby oraz wymywanie składników pokarmowych. Biorą udział w obiegu substancji pokarmowych oraz w sekwestracji (wiązaniu) atmosferycznego dwutlenku węgla i jego gromadzeniu w formie organicznej w glebie. Szczególnie ważne jest utrzymanie flory synantropijnej w sadach i na plantacjach w okresie jesienno-zimowym, kiedy służy ona jako roślinność okrywowa. Zaleca się aby ogrodnik wdrożył zespół działań utrzymujących zachwaszczenie na odpowiednio niskim poziomie, który pozwala na dobry rozwój i plonowanie roślin uprawnych. Takie podejście do ochrony przed chwastami jest definiowane jako regulowanie zachwaszczenia.

Gatunkowe zróżnicowanie zbiorowisk chwastów

Racjonalne regulowanie zachwaszczenia wymaga jasnego określenia zagrożeń powodowanych przez chwasty (szkodliwości), poprawnej identyfikacji chwastów oraz znajomości ich biologii. W oparciu o biologię rozwoju, chwasty dzielimy na jednoroczne, dwuletnie i wieloletnie (trwałe). Do powszechnie występujących chwastów jednorocznych należą: prosowate (chwastnica jednostronna, włośnica sina, włośnica zielona, palusznik krwawy), wiechlina roczna, owies głuchy, (jednoliścienne), bodziszek drobny, fiołek polny (bratek), gwiazdnica pospolita, jasnota purpurowa, komosa biała, komosa wielonasienna, łoboda rozłożysta, pokrzywa żegawka, przytulia czepna, rdest ptasi, rdestówka powojowata

(rdest powojowaty), rdest plamisty, szarłat szorstki, tasznik pospolity, tobołki polne, maruna bezwonna (nadmorska) i inne rumianowate, starzec zwyczajny, żółtlica drobnokwiatowa, mlecz zwyczajny, mlecz kolczasty, przetaczniki w tym perski i bluszczykowy (dwuliścienne), przymiotno kanadyjskie (rozwija się także w cyklu dwuletnim), psianka czarna. Do najważniejszych gatunków wieloletnich zachwaszczających sady i plantacje należą: skrzyp polny (skrzypowate), perz właściwy, trzcinnik piaszkowy, życia trwała (jednoliścienne), mniszek pospolity, wierzbowica gruczołowata, mlecz polny, ostrożeń polny, powój polny, pokrzywa zwyczajna, bylica pospolita, rzepicha leśna, ślaz zaniedbany (rzadziej jako roślina dwuletnia), szczaw polny, szczaw tępolistny, szczaw kędzierzawy, jaskier rozłogowy, pięciornik rozłogowy, pięciornik gęsi, babka zwyczajna, babka lancetowata. Oprócz wymienionych gatunków, licznie może wystąpić kilkadziesiąt, a przygodnie nawet kilkaset innych.

Skład gatunkowy zachwaszczenia kształtują dwie grupy czynników – środowiskowe i antropogeniczne (związane z działaniami człowieka). Najważniejsze czynniki środowiskowe to warunki klimatyczne oraz glebowe. Niektóre z chwastów mogą posłużyć jako tzw. rośliny wskaźnikowe, które cechuje wąski zakres tolerancji na określone czynniki środowiskowe, takie jak np.: rodzaj podłoża, odczyn gleby, wilgotność czy nasłonecznienie. Ich masowa obecność na danym terenie wyraźnie wskazuje na określone parametry gleby. Do takich przykładów należą:

- Rośliny wskaźnikowe gleb kwaśnych (o pH od 4,5 do 6,7): szczaw polny, fiołek trójbarwny, rumian polny, rzodkiew świrzepa, koniczyzna polna, kłosówka miękka.
- Rośliny wskaźnikowe gleb zasadowych (o pH powyżej 7,2): mak polny, jaskier polny, pięciornik rozłogowy, gorczyca polna, tobołki polne, dymnica pospolita, pokrzywa żegawka, poziwnek polny, ostróżeczka polna.
- Rośliny wskaźnikowe gleb piaszczystych: mak piaszkowy, przymiotno kanadyjskie, koniczyzna polna, babka lancetowata, krwawnik pospolity.
- Rośliny wskaźnikowe gleb ciężkich i gliniastych: podbiał pospolity, rumian pospolity, szczaw kędzierzawy, bylica pospolita, komosa biała, kurzyślak polny, mlecz kolczasty.
- Rośliny wskaźnikowe gleb wilgotnych i podmokłych: podbiał pospolity, jaskier rozłogowy, czyściec błotny, mydlnica lekarska, rdest gruczołowaty, rdest kolankowy.
- Rośliny wskaźnikowe gleb ubogich w azot: babka zwyczajna, babka lancetowata, koniczyzna biała, wyka drobnokwiatowa, wyczyniec polny.

- Rośliny wskaźnikowe gleb bogatych w azot: glistnik jaskółcze ziele, pokrzywa zwyczajna, przetaczniki np. p. perski, szczaw tępolistny, komosa biała, gwiazdnica pospolita, przytulia czepna, tasznik pospolity, perz właściwy.

Do najważniejszych czynników antropogenicznych decydujących o składzie zachwaszczenia zaliczane są rodzaj i system uprawy roślin użytkowych, płodozmian, sposób pielęgnacji gleby, nawożenia i nawadniania. Zachwaszczenie pola przeznaczonego pod sad lub plantację zostało ukształtowane przez warunki środowiskowe i jego historię. Efektywne ograniczanie zachwaszczenia może okazać się procesem trudnym, kosztownym, a niekiedy długotrwałym. Dlatego przy ocenie przydatności pola pod określoną działalność ogrodniczą należy wziąć pod uwagę także zachwaszczenie i ocenić na ile dostępne metody ograniczania zachwaszczenia będą przydatne i skuteczne.

Profilaktyka zachwaszczenia przed sadzeniem/siewem roślin ogrodniczych

Celowe jest aby w już uprawach poprzedzających sadzenie lub siew upraw ogrodniczych, a w szczególności warzywnych i ozdobnych zadbać o zmniejszenie co ograniczy kompensację czyli ukierunkowany wzrost zachwaszczenia. Przedplon powinien pozostawić pole wolne od dużej liczby chwastów i być zbierany odpowiednio wcześniej, aby dać czas na właściwe przygotowanie pola pod wybraną uprawę. Ze względu na dużą liczbę gatunków uprawnych należy zapoznać się szczegółowo z zaleceniami dotyczącymi właściwego przedplonu dla potencjalnych upraw. Takie dane są zawarte między innymi w Metodykach Integrowanej Ochrony Roślin dostępnymi online na stronie Instytutu Ogrodnictwa-PIB w Skierniewicach. Konieczność starannego wyboru przedplonu dla planowanej uprawy wynika między innymi z możliwości wspólnych chorób i szkodników pozostających w glebie i materiale roślinnym. Do najbardziej uniwersalnych przedplonów należą zboża, gorczyca biała, gryka i facelia błękitna. Należy unikać pól silnie zachwaszczonych chwastami trwałymi. W szczególności dotyczy to upraw warzywnych, ozdobnych oraz jagodników (plantacje truskawki i krzewów), gdzie nie będzie możliwości efektywnego i bezpiecznego zwalczania chwastów trwałych. Dla wymienionych grup upraw niewskazane są także pola po rzepaku, który licznie osypuje nasiona i będzie źródłem samosiewów.

Istotne elementy profilaktyki ograniczającej przyszłe zachwaszczenie to:

- terminowe i właściwie wykonywanie zabiegów uprawowych, takich jak podorywka, głęboka orka zimowa, uprawa przedsiewna. Rozłogi i kłącza chwastów wieloletnich, które po orce znalazły się w powierzchniowej warstwie gleby, należy kilkakrotnie usunąć broną

typu chwastownik, kultywatorem lub agregatem uprawowym. Mechaniczne niszczenie perzu właściwego prowadzi się na różne sposoby. Może być to np. głębokie przyoranie pługiem z przedpłużkiem (zalecane na ciężkich glebach); głęboka podorywka i usunięcie kłączy kultywatorem, broną średnią i zgrabiarką lub kilkukrotna uprawa broną talerzową, prowadzona późną wiosną i wczesnym latem. Jeśli istnieją ku temu możliwości to przedsięwzięcie bronowanie lub uprawę agregatem zaleca się wykonać po 7-10 dniach od deszczowania pola, co umożliwi efektywne zniszczenie kiełkujących chwastów.

- chemiczne niszczenie uciążliwych i głęboko korzeniących się chwastów trwałych. Herbicydy dolistne posiadające odpowiednie zapisy w aktualnych etykietach rejestracyjnych należy stosować od połowy maja do października, na zielone chwasty o wysokości nie mniejszej niż 10–15 cm, unikając opryskiwania kwitnących roślin. Jeśli średnia dobową temperatura powietrza po zabiegu herbicydowym wynosi minimum 12–15°C, to rośliny można bezpiecznie siać/sadzić po 3-4 tygodniach od opryskiwania glifosatem i po 5–6 tygodniach od opryskiwania syntetycznymi odpowiednikami auksyn z grupy fenoksykwasów. Chłody i susza wydłużają okres rozkładu herbicydów. Niektóre herbicydy używane w uprawach rolniczych np. aminopyralid, zalegają w glebie lub resztkach poźniwnych. Wyklucza to siew większości warzyw lub sadzenie truskawek, wcześniej niż po 18 miesiącach od ich zastosowania. Ograniczenia dotyczą także słomy i innych resztek poźniwnych z opryskiwanych upraw, które powinny być przyorane przynajmniej 6 miesięcy przed siewem/sadzeniem wrażliwych roślin. Dlatego należy przeanalizować historię zabiegów na polu przeznaczonym pod plantację i zapoznać się z charakterystyką użytych wcześniej herbicydów.
- połączenie prowokacyjnej uprawy gleby ze stosowaniem dolistnych herbicydów układowych. W ramach uprawy prowokacyjnej, głęboką orkę łączymy z głęboszowaniem, które rozluźnia głębsze warstwy gleby i poprawia jej stosunki wodne (retencję, czyli zatrzymywanie wody, oraz infiltrację – przemieszczanie wody w głębsze warstwy gleby). Jest to jeden z warunków ograniczenia skrzypu polnego, który rozwija się na glebach o niewłaściwym obiegu wody, z nieprzepuszczalną warstwą w podglebiu. Jednocześnie głębosz podcina rozłogi chwastów, co pobudza je do bardziej intensywnego rozwoju. Odrosty chwastów, po wytworzeniu odpowiedniej powierzchni liściowej i masy i przy optymalnych warunkach pogodowych są opryskiwane odpowiednimi herbicydami. Głęboszowania nie należy wykonywać na polach zachwaszczonych głęboko korzeniącymi się chwastami trwałymi, jeśli poprzestajemy na uprawie mechanicznej i nie stosujemy herbicydów. Prowadzi ono wtedy do intensywnego rozwoju chwastów trwałych.

- nawożenie organiczne lub użycie biostymulatorów biosfery gleby, które uaktywniają procesy mikrobiologiczne, prowadzące do inaktywacji nasion chwastów. Obornik lub kompost użyty do nawożenia powinien być odpowiednio przygotowany (fermentacja z fazą termiczną), aby nie zawierał żywych nasion chwastów.
- ograniczanie glebowego banku nasion, zarówno przed sadzeniem/siewem roślin ogrodniczych, jak i w trakcie prowadzenia sadu/plantacji. Nie dopuszczamy do wysiewania się nasion chwastów oraz roznoszenia ich nasion i rozłogów z maszynami. W sąsiedztwie sadu/plantacji należącym do gospodarstwa ograniczamy występowanie i kwitnienie chwastów, których nasiona są przenoszone z wiatrem (np. mniszek pospolity, przymiotno, wierzbowica, nawłóć).
- zaplanowanie odpowiedniej obsady roślin, a przede wszystkim szerokości międzyrzędzi dostosowanych do posiadanych narzędzi i maszyn. Właściwa rozstawa roślin ma umożliwić sprawne wdrożenie mechanicznych, chemicznych, fizycznych oraz innych metod regulacji zachwaszczenia, a najlepiej ich połączenie w ramach integrowanej ochrony.

Integrowana ochrona przed chwastami

W gospodarstwach towarowych, odchwaszczanie musi spełniać wymogi integrowanej ochrony roślin. Integrowana ochrona bazuje na połączeniu podstawowych metod regulowania zachwaszczenia w uprawach ogrodniczych, takich jak: aplikacja herbicydów, uprawa i ściółkowanie gleby, koszenie zbędnej roślinności, utrzymanie roślin okrywowych. Przy ciągłym ograniczaniu możliwości chemicznego zwalczania chwastów, producenci sięgają również po metody alternatywne, takie jak zwalczanie chwastów palnikiem propanowym lub gorącą wodą. Podstawowe zasady stosowania wskazanych metod są podobne, zarówno w uprawach roślin sadowniczych, warzywnych i ozdobnych.

Użycie herbicydów w uprawach ogrodniczych jest uwarunkowane odpowiednimi przepisami dotyczącymi ochrony roślin. Zakres a więc gatunek uprawny lub grupa roślin (np. krzewy ozdobne), sposób użycia chemicznych środków chwastobójczych, w tym maksymalna liczba zabiegów w sezonie, powinny być zgodne z aktualnymi etykietami. Opryskiwanie herbicydami należy wykonać w warunkach i w sposób, który umożliwi osiągnięcie maksymalnej potencjalnej skuteczności i będzie bezpieczny dla ludzi, środowiska i roślin uprawnych. Optymalny efekt opryskiwania jest osiągany przez prawidłowy wybór: rodzaju środka i adiuwanta (wspomagacza), jeśli taki jest zalecany, dawek, terminu zabiegu –

z uwzględnieniem fazy rozwojowej chwastów i warunków pogodowych, objętości cieczy opryskowej oraz techniki opryskiwania.

Środki ochrony roślin należy stosować zgodnie z podanymi w etykiecie zaleceniami oraz w taki sposób, aby nie dopuścić do zagrożenia zdrowia człowieka, zwierząt lub środowiska.

Wykaz dopuszczonych w Polsce środków ochrony roślin w tym herbicydów jest publikowany w rejestrze środków ochrony roślin. Informacje o zakresie stosowania pestycydów w poszczególnych uprawach zamieszczane są w etykietach. Narzędziem pomocniczym przy wyborze pestycydów jest wyszukiwarka środków ochrony roślin. Aktualne informacje dotyczące stosowania środków ochrony roślin można znaleźć na stronach MRiRW pod adresem <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/ochrona-roslin>.

Przydatne informacje dotyczące ochrony roślin – włącznie z identyfikacją, biologią i zwalczaniem chwastów są publikowane na stronie Instytutu Ogrodnictwa-PIB w Internetowym Systemie Wspomagania Decyzji w Ochronie Roślin Ogrodniczych HortiOchrona (<https://www.inhort.pl/serwis-ochrony-roslin/>). Pod tym samym adresem, w Programach Ochrony Roślin są dostępne szczegółowe i aktualne informacje dotyczące stosowania herbicydów w najważniejszych uprawach sadowniczych, warzywnych i ozdobnych.

W okresie wegetacji roślin gleba jest uprawiana płytko, na głębokość kilku centymetrów, przy użyciu narzędzi dostosowanych do potrzeb danego gatunku uprawnego. Uprawy są wykonywane po masowych wschodach chwastów, obfitych opadach deszczu i po powstaniu skorupy glebowej. Liczba zabiegów wykonywanych wiosną i latem, powinna być ograniczona do 4-6 zabiegów w ciągu sezonu, aby ograniczyć degradację i erozję gleby. Ostatni z nich zaleca się wykonywać nie później niż w sierpniu.

Ze względu na odmienną biologię i technologię produkcji poszczególnych grup roślin, przydatność poszczególnych metod, sposób ich łącznego stosowania – współrzędnie (pasowo), w rotacji (przemienne) lub uzupełniająco (np. dodatkowe pienenie w ściółkach) oraz technika używana przy zabiegach różnią się istotnie.

4.1.1. Odchwaszczanie sadów i jagodników

Specyfiką odchwaszczania wieloletnich upraw, takich jak sady drzew owocowych i plantacje krzewów jest układ pasowy. Poszczególne metody regulowania zachwaszczenia występują wtedy w oddzielnych strefach. Pod koronami drzew i krzewów najczęstszą metodą utrzymania gleby jest ugór herbicydowy. Aktualnie, szczególnie w sadach, ugór nie jest stały lecz okresowy, gdyż podstawą chemicznej ochrony jest aplikacja herbicydów powschodowych (dolistnych). W ciągu roku wykonywanych jest najczęściej od 2 do 4 opryskiwań herbicydami, w zależności od potrzeb i stanu zachwaszczenia. Pierwszy z zabiegów wykonywany jest zwykle w kwietniu lub w maju, a ostatni późną jesienią lub na przedzimiu. Szerokość pasów herbicydowych waha się od 0,5 m w młodych nasadzeniach do 2,0 m w sadach drzew pestkowych i na starszych plantacjach niektórych krzewów. Opcjonalną wersją dla pasów herbicydowych jest strefa uprawiana mechanicznie lub ściółkowana. Do uprawy gleby pod koronami drzew służą glebogryzarki lub pielniki sadownicze (typ kultywator) na bocznym wysięgniku, które mogą być agregatowane z gwiazdami palcowymi. Dostępne są konstrukcje z uchylnymi sekcjami, pracujące także w linii drzew. Do redukcji zachwaszczenia w sadach i na plantacjach krzewów wykorzystywane są ściółki syntetyczne – czarna folia polietylenowa, czarna agrotkanina lub włóknina polipropylenowa oraz ściółki pochodzenia naturalnego – odpadki włókiennicze i papiernicze, słoma zbożowa i rzepakowa, trociny, zrębki roślinne, kora drzewna, obornik, węgiel brunatny, kompost, wytloki owocowe). W międzyrzędziach sadów i plantacji jest utrzymywana regularnie koszona murawa z wieloletnich traw łąkowych lub naturalne zadarnienie. Zadarnianie odbywa się zwykle w trzecim roku od posadzenia drzew lub krzewów. Na terenach pagórkowatych lub żyznych glebach jest ono zwykle utrzymywane już od założenia sadu. W sadach i na plantacjach krzewów owocowych może być wdrożona kompleksowa technologia pielęgnacji gleby, określana metodą „sandwicha” (kanapki). W ramach tego systemu, pośrodku rzędu drzew pozostawia się nieuprawiany pas roślinności zielnej o szerokości 30-50 cm. Pas ten może być opcjonalnie obsiany roślinami okrywowymi, koszony, okresowo opryskiwany herbicydami, wypalany palnikiem propanowym lub traktowany gorącą wodą. Po obydwu stronach rzędu drzew, znajduje się pas płytko uprawianej gleby o szerokości 60-90 cm. Uprawy są wykonywane na głębokość 5-10 cm, po osiągnięciu przez chwasty około 10 cm wysokości, 5-6 razy w okresie kwiecień-sierpień, najczęściej przy użyciu glebogryzarki samonapędowej, brony sprężynowej lub talerzowej na bocznym wysięgniku. Pośrodku międzyrzędzi utrzymywana jest murawa. Na plantacjach truskawki podstawowym sposobem utrzymania gleby jest uprawa mechaniczna, przy pomocy różnej

konstrukcji glebogryzarek i pielników, często w formie agregatów składających się z gęsiostópek, zębów, noży kątowych, wałków strunowych i gwiazd palcowych w różnych konfiguracjach. Uprawa mechaniczna może być uzupełniana aplikacją herbicydów doglebowych lub powschodowych. Na plantacjach truskawek deserowych gleba pod koniec kwitnienia truskawek jest ściółkowana słomą zbożową, co ogranicza brudzenie i gnienie owoców oraz rozwój chwastów. Opcjonalnym rozwiązaniem jest sadzenia truskawek na wałach pokrytych czarną włókniną lub agrotkaniną.

4.1.2. Odchwaszczanie plantacji roślin warzywnych

Do podstawowych metod odchwaszczania należą zwalczanie mechaniczne czyli uprawa gleby i stosowanie herbicydów. Obok tradycyjnych pielników z takimi elementami jak gęsiostópki, noże kątowe i międzyrzędowe wałki strunowe, coraz częściej używane są nowoczesne pielniki, które umożliwiają odchwaszczanie znacznie bliżej roślin uprawnych. Należą do nich tzw. pielniki szczotkowe, torsyjne oraz palcowe (gwiazdy). Przed aplikacją herbicydów, szczególnie doglebowych i w uprawach z siewu wymagane jest staranne wyrównanie powierzchni gleby i skuteczne rozdrobnienie brył. Umożliwia to równomierne pokrycie gleby cieczą opryskową, a tym samym efektywne działanie środków chwastobójczych. Po zastosowaniu herbicydów doglebowych nie należy wykonywać upraw glebowych, gdyż ograniczy to lub zlikwiduje ich działanie następce. Ze względu na ograniczenie asortymentu zalecanych herbicydów, alternatywą dla nich jest płomieniowe zwalczanie chwastów palnikiem propanowym zasilanym z butli gazowej. W uprawie roślin z rozsady możliwe jest zastosowanie ściółek w formie czarnych agrowłóknin, folii polietylenowej lub biodegradowalnej, produkowanej najczęściej na bazie skrobi kukurydzianej.

4.1.3. Odchwaszczanie plantacji roślin ozdobnych

Kategoria roślin ozdobnych obejmuje wiele taksonów co czyni ich biologię i technologię uprawy bardzo zróżnicowaną. Regulowanie zachwaszczenia jest tu prowadzone wszystkimi dostępnymi metodami. Większość gatunków rocznych, uprawianych z siewu lub z rozsady jest odchwaszczana metodami zbliżonymi do tych, które opisano w akapicie dotyczącym odchwaszczania roślin warzywnych. Do określonych rozmiarów roślin przydatne będą precyzyjne pielniki przeznaczone do upraw rzędowych oraz palniki propanowe. Do odchwaszczania roślin ozdobnych przeznaczona jest ograniczona liczba herbicydów, a dla niektórych gatunków nie zarejestrowano żadnych środków chwastobójczych. W uprawach

roślin ozdobnych z rozsady, a w szczególności w uprawach wieloletnich, takich jak szkółki drzew i krzewów ozdobnych mogą być wykorzystywane ściółki syntetyczne – czarne agrotkaniny, włókniny, folia polietylenowa oraz ściółki pochodzenia naturalnego, np. kora drzewna, trociny, zrębki roślinne, rozdrobniona słoma i węgiel brunatny.

4.2. Nawożenie sadu/plantacji

4.2.1 Nawożenie przed założeniem sadu/plantacji

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 fizyko-chemicznych 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 rozrzuconiu 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 gorczycą (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 kg ha⁻¹) z bobikiem (50 kg ha⁻¹) lub peluszki (120 kg ha⁻¹) z bobikiem (50 kg ha⁻¹). W zależności od warunków glebowo- klimatycznych skład mieszanki oraz proporcje między komponentami mogą być inne niż podano wyżej.

Nawożenie mineralne

Przed sadzeniem roślin może być konieczne zastosowanie nawozów fosforowych, potasowych i magnezowych. O potrzebie nawożenia P i K oraz ich dawce decyduje zawartość tych składników w glebie (tabele 5-7).

Tabela 5. Nawożenie doglebowe fosforem (P) przed założeniem sadu/plantacji w zależności od przyswajalności P w glebie* (Kłossowski, 1972 zmodyfikowane przez Wójcika i Kowalczyka, 2021).

Zasobność warstwy próchnicznej w P		
niska	optymalna	wysoka
Zawartość P (mg kg ⁻¹)		
<40	40-80	>80
Nawożenie fosforem przed założeniem sadu/plantacji (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) ^a		
100-150 ^b	50-100 ^b	0-50 ^b

* Przyswajalność P w glebie oznaczona metodą Egnera-Riehma.

^a Dawka fosforu podana na powierzchnię nawożoną.

^b Zmniejszone lub zwiększone dawki fosforu o 20% stosować, gdy jego zawartość w warstwie poniżej poziomu próchnicznego wynosi odpowiednio > 40 mg P kg⁻¹ oraz < 20 mg P kg⁻¹

Tabela 6. Nawożenie doglebowe potasem (K) przed założeniem sadu/plantacji w zależności od przyswajalności K w glebie* oraz składu granulometrycznego (Kłossowski, 1972 zmodyfikowane przez Wójcika i Kowalczyka, 2021).

Udział w części ziemistej cząstek gleby o wielkości <0,02 mm [%]	Zasobność warstwy próchnicznej w K		
	niska	optymalna	wysoka
<20	Zawartość K (mg kg ⁻¹)		
	<50	50-80	> 80
	Nawożenie potasem przed założeniem sadu/plantacji (kg K ₂ O ha ⁻¹) ^a		
	150-200 ^b	100-150 ^b	-
20-35	Zawartość K (mg kg ⁻¹)		
	< 80	80-130	>130
	Nawożenie potasem przed założeniem sadu/plantacji (kg K ₂ O ha ⁻¹) ^a		
	200-250 ^c	150-200 ^c	-
>35	Zawartość K (mg kg ⁻¹)		
	< 130	130-210	> 210
	Nawożenie potasem przed założeniem sadu/plantacji (kg K ₂ O ha ⁻¹) ^a		
	250-300 ^d	200-250 ^d	-

* Przyswajalność K w glebie oznaczona metodą Egnera-Riehma.

^a Dawka potasu podana na powierzchnię nawożoną.

^b Zmniejszone lub zwiększone dawki potasu o 20% stosować, gdy jego zawartość w warstwie bezpośrednio poniżej poziomu próchnicznego wynosi odpowiednio >50 mg K kg⁻¹ oraz <30 mg K kg⁻¹.

^c Zmniejszone lub zwiększone dawki potasu o 20% stosować, gdy jego zawartość w warstwie bezpośrednio poniżej poziomu próchnicznego wynosi odpowiednio >80 mg K kg⁻¹ oraz <50 mg K kg⁻¹.

^d Zmniejszone lub zwiększone dawki potasu o 20% stosować, gdy jego zawartość w warstwie bezpośrednio poniżej poziomu próchnicznego wynosi odpowiednio >130 mg K kg⁻¹ oraz <80 mg K kg⁻¹.

Tabela 7. Nawożenie doglebowe magnezem (Mg) przed założeniem sadu/plantacji w zależności od przyswajalności Mg w glebie* oraz składu granulometrycznego (Kłossowski, 1972 zmodyfikowane przez Wójcika i Kowalczyka, 2021).

Udział w części ziemistej cząstek gleby o wielkości <0,02 mm (%)	Zasobność warstwy próchnicznej w Mg		
	niska	optymalna	wysoka
<20	Zawartość Mg (mg kg ⁻¹)		
	<30	30-50	>50
	Nawożenie magnezem przed założeniem sadu/plantacji (kg MgO ha ⁻¹) ^{a,b}		
	80-100 ^c	60-80 ^c	-
≥20	Zawartość Mg (mg kg ⁻¹)		
	<50	50-70	>70
	Nawożenie magnezem przed założeniem sadu/plantacji (kg MgO ha ⁻¹) ^{a,b}		
	100-120 ^d	80-100 ^d	-

* Przystawalność Mg w glebie oznaczona metodą Schachtschabela.

^a Dawka magnezu podana na powierzchnię nawożoną.

^b W przypadku gdy odczyn warstwy próchnicznej jest poniżej optymalnej wartości dla danego gatunku rośliny, należy użyć wapno magnezowe w dawce wynikającej z potrzeb wapnowania.

^c Zmniejszone lub zwiększone dawki magnezu o 20% stosuje się, gdy jego zawartość w warstwie bezpośredniej poniżej poziomu próchnicznego wynosi odpowiednio $>50 \text{ mg Mg kg}^{-1}$ oraz $<35 \text{ mg Mg kg}^{-1}$.

^d Zmniejszone lub zwiększone dawki magnezu o 20% stosuje się, gdy jego zawartość w warstwie bezpośredniej poniżej poziomu próchnicznego wynosi odpowiednio $>70 \text{ mg Mg kg}^{-1}$ oraz $<50 \text{ mg Mg kg}^{-1}$.

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.

Wapnowanie

Potrzeby wapnowania zależą od aktualnego odczynu oraz kategorii agronomicznej gleby (tabele 8, 9). 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).

Tabela 8. Ocena potrzeb wapnowania gleb mineralnych w zależności od kategorii agronomicznej gleby oraz jej odczynu (wg IUNG, 1986)

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 9. Zalecane dawki nawozów wapniowych w zależności od kategorii agronomicznej gleby oraz jej odczynu (wg IUNG, 1986)*

Potrzeby wapnowania	Dawka CaO (tony 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

4.2.2. Nawożenie w istniejących sadach/plantacjach

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 azotu (N).

W zależności od zawartości materii organicznej w glebie oraz uprawianego gatunku rośliny, polecane dawki N wynoszą 2-25 g na 1 m² powierzchni nawożonej (tabela 10). 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).

Tabela 10. Orientacyjne dawki azotu (N) w sadach i plantacjach roślin sadowniczych w zależności od zawartości materii organicznej w glebie (Wójcik i Kowalczyk, 2021).

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 (z wyjątkiem sadu brzoskwiniowego i morelowego)	15-20*	10-15*	5-10*
Pierwsze 2 lata prowadzenia sadu brzoskwiniowego i morelowego	20-25*	15-20*	10-15*
Pierwsze 2 lata prowadzenia plantacji aronii i żurawiny	3-4*	2-3*	-
Pierwsze 2 lata prowadzenia plantacji porzeczek i agrestu	20-25*	15-20*	10-15*
Pierwsze 2 lata prowadzenia plantacji malin, porzeczki czerwonej i borówki wysokiej	10-12*	8-10*	6-8*
Pierwszy rok prowadzenia plantacji truskawek: - sadzenie wiosenne lub jesienne - sadzenie wczesno letnie	50-60** 30-40**	40-50** 20-30**	20-30** 10-20**
Sady (z wyjątkiem sadów brzoskwiniowych i morelowych) starsze niż 2 lata	60-80**	40-60**	20-40**
Sady brzoskwiniowe i morelowe starsze niż 2 lata	100-120**	80-100**	60-80**
Plantacje aronii i żurawiny starsze niż 2 lata	20-30**	10-20**	-
Plantacje porzeczek i agrestu starsze niż 2 lata	100-120**	80-100**	60-80**
Plantacje porzeczki czerwonej starsze niż 2 lata	80-100**	60-80**	40-60**
Plantacje borówki starsze niż 2 lata	60-80**	40-60**	20-40**
Plantacje malin starsze niż 2 lata: - owocujące na pędach dwuletnich - owocujące na pędach jednorocznych	60-80** 80-100**	40-60** 60-80**	20-40** 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.

W pierwszym roku prowadzenia sadu/plantacji nawozy azotowe stosuje się dwukrotnie. Pierwszą dawkę N, stanowiącą około 30% potrzeb nawozowych, rozsiewa się w fazie nabrzmiewania-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.

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.

Nawożenie w owocującym sadzie/plantacji

Nawożenie azotem

W zależności od zawartości materii organicznej w glebie oraz uprawianego gatunku rośliny orientacyjne dawki N dla owocujących sadów/plantacji wahają się od 10 do 120 kg ha⁻¹ (tabela 11). 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 (tabele 12-27).

Tabela 11. Liczby graniczne zawartości składników w liściach agrestu^a (wg Kłossowskiego 1972, uzupełnione i zmodyfikowane przez Wójcika 2021) oraz polecane dawki składników stosowanych doglebowo na owocującej plantacji.

Składnik/dawka składnika w nawożeniu*	Zakres zawartości składnika			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
N (%) <i>Dawka N (kg ha⁻¹)</i>	<1,60 100-120	1,60-2,19 80-100	2,20-2,50 60-80	>2,50 0-80
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,14 50**	<0,14-18 50**	0,19-0,25 0	>0,25 0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg ha⁻¹)</i>	<1,00 140-160	1,00-1,65 120-140	1,66-2,00 80-120	>2,00 0
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg ha⁻¹)</i>	<0,12 100-120	0,12-0,23 60-100	0,24-0,30 0	>0,30 0

B (mg kg⁻¹) <i>Dawka B (kg ha⁻¹)</i>	<15 3-4	15-24 1-2	25-40 0	-
Fe (mg kg⁻¹) <i>Dawka Fe (kg ha⁻¹)</i>	<30 15-20***	30-49 10-15***	50-100 0	-
Mn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Mn (kg ha⁻¹)</i>	<20 10-15***	20-29 5-10***	30-150 0	-
Zn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Zn (kg ha⁻¹)</i>	<12 7-10***	12-19 5-7***	20-50 0	-
Cu (mg kg⁻¹) <i>Dawka Cu (kg ha⁻¹)</i>		<4 3-5***	5-12 0	-

^a Liście z ogonkami pobierane bezpośrednio po zbiorze owoców, ze środkowej części jednorocznych przyrostów.

* Dawki składników w przeliczeniu na powierzchnię nawożoną.

** Stosować nawozy fosforowe na bazie polifosforanów.

*** W przypadku gleb przepapnowanych lub węglanowych stosować nawozy chelatowe lub wykonać opryski Fe, Mn, Zn i/lub Cu.

Tabela 12. Liczby graniczne zawartości składników w liściach borówki wysokiej^a (wg Ecka 1988 dla N, P, K, Mg, wg Hansona i Hancocka 1996 dla pozostałych składników, uzupełnione i zmodyfikowane przez Wójcika 2021) oraz polecane dawki składników stosowanych dogłębowo na owocującej plantacji posadzonej na glebie mineralnej.

Składnik/dawka składnika w nawożeniu*	Zakres zawartości składnika		
	niski/deficytowy	optimalny	wysoki/toksyczny
N (%) <i>Dawka N (kg ha⁻¹)</i>	<1,70 70-90	1,80-2,10 50-60	>2,50 0
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,10 50**	0,12-0,40 0	>0,80 0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg ha⁻¹)</i>	<0,30 80-120	0,35-0,65 50-70	>0,95 0
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg ha⁻¹)</i>	<0,10 60	0,12-0,25 0	>0,45 0
Ca (%) <i>Dawka CaO (kg ha⁻¹)***</i>	<0,13	0,3-0,8	>1,2
S (%) <i>Dawka S (kg ha⁻¹)****</i>	-	0,12-0,2	>0,5
B (mg kg⁻¹) <i>Dawka B (kg ha⁻¹)</i>	<18 2-3	25-70 0	>150 0
Fe (mg kg⁻¹) <i>Dawka Fe (kg ha⁻¹)</i>	<60 20-25*****	60-250 0	>400 0
Mn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Mn (kg ha⁻¹)</i>	<25 10-15*****	50-300 0	>450 0
Zn (mg kg⁻¹)	<8	15-30	>80

<i>Dawka Zn (kg ha⁻¹)</i>	6-9*****	0	0
Cu (mg kg⁻¹)	<4	5-20	>50
<i>Dawka Cu (kg ha⁻¹)</i>	5-7*****	0	0

^a Liście z ogonkami, jako 3.-5. od wierzchołka pędu jednorocznego, pobierane w połowie lipca.

* Dawki składników w przeliczeniu na powierzchnię nawożoną.

** Stosować nawozy fosforowe na bazie polifosforanów.

*** Wapń dostarczyć z wapnem w dawce wynikającej z potrzeb wapnowania do docelowego pH 4,0

**** Siarkę dostarczyć jako siarczan amonu i/lub siarczan potasu według potrzeb nawozowych w stosunku do azotu i/lub potasu

***** Na glebach o pH >5,5 stosować nawozy chelatowe lub wykonać opryski Fe, Mn, Zn i/lub Cu.

Tabela 13. Liczby graniczne zawartości składników w liściach brzoskwini^a (wg Wójcika 2009) oraz polecane dawki składników stosowanych dogłębowo w owocującym sadzie.

Składnik/dawka składnika w nawożeniu*	Zakres zawartości składnika			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
N (%) <i>Dawka N (kg ha⁻¹)</i>	<1,80 120-150	1,80-2,30 100-120	2,31-4,00 80-100	>4,00 0
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	-	<0,14 100-150	0,14-0,30 0	>0,30 0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg ha⁻¹)</i>	<1,20 120-150	1,20-1,90 100-120	1,91-3,00 80-100	>3,00 0
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg ha⁻¹)</i>	<0,13 100-120	0,13-0,29 80-100	0,30-0,60 0	>0,60 0
B (mg kg⁻¹) <i>Dawka B (kg ha⁻¹)</i>	<11 3-4	11-19 1-2	20-50 -	>50 -
Mn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Mn (kg ha⁻¹)</i>	<10 16-20**	10-49 10-15**	50-100 0	>100 0
Zn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Zn (kg ha⁻¹)</i>	<6 9-11**	6-19 6-8**	20-60 0	>60 0
Cu (mg kg⁻¹) <i>Dawka Cu (kg ha⁻¹)</i>	<4 6-8**	4-9 5**	10-20 0	>20 0

^a Liście z ogonkami pobierane w okresie od 15 lipca do 15 sierpnia ze środkowej części jednorocznych przyrostów.

* Dawki składników w przeliczeniu na powierzchnię nawożoną.

** W przypadku gleb przewapnowanych lub węglanowych stosować nawozy chelatowe lub wykonać opryski Mn, Zn i/lub Cu.

Tabela 14. Liczby graniczne zawartości składników w liściach czereśni^a (wg Kłossowskiego 1972, uzupełnione i zmodyfikowane przez Wójcika 2021) oraz polecane dawki składników stosowanych doglebowo w owocującym sadzie.

Składnik/dawka składnika w nawożeniu*	Zakres zawartości składnika			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
N (%) <i>Dawka N (kg ha⁻¹)</i>	<1,50 100-120	1,50-2,00 80-100	2,01-2,50 20-80	>2,50 0
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,11 150	0,11-0,14 100	0,15-0,45 0	>0,45 0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg ha⁻¹)</i>	<1,00 120-140	1,00-1,49 80-120	1,50-1,90 50-80	>1,90 0
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg ha⁻¹)</i>	<0,20 100-120	0,20-0,39 60-100	0,40-0,60 0	>0,60 0
B (mg kg⁻¹) <i>Dawka B (kg ha⁻¹)</i>	<15 3-4	15-24 1-2	25-160 0	>160 0
Mn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Mn (kg ha⁻¹)</i>	<20 15-20**	20-29 10-14**	30-70 0	>70 0
Fe (mg kg⁻¹) <i>Dawka Fe (kg ha⁻¹)</i>	<30 30-40**	30-49 20-30**	50-150 0	-
Zn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Mn (kg ha⁻¹)</i>	<12 8-11**	12-19 6-7**	20-50 0	-
Cu (mg kg⁻¹) <i>Dawka Mn (kg ha⁻¹)</i>	-	<5 5**	5-28 0	-

^a Liście z ogonkami pobierane bezpośrednio po zbiorze owoców ze środkowej części jednorocznych przyrostów.

* Dawki składników w przeliczeniu na powierzchnię nawożoną.

** W przypadku gleb przewapnowanych lub węglanowych stosować nawozy chelatowe lub wykonać opryski Fe, Mn, Zn i/lub Cu.

Tabela 15. Liczby graniczne zawartości składników w liściach gruszy^a (wg Kłossowskiego 1972) oraz polecane dawki składników stosowanych doglebowo w owocującym sadzie.

Składnik/dawka składnika w nawożeniu*	Zakres zawartości składnika			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
N (%) <i>Dawka N (kg ha⁻¹)</i>	<1,70 100-120	1,70-1,99 80-100	2,00-2,60 20-80	>2,60 0
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	-	< 0,14 100	0,14-0,25 0	>0,25 0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg ha⁻¹)</i>	<0,50 120-160	0,50-0,99 100-120	1,00-1,70 80-100	>1,70 0
Mg (%)	<0,12	0,12-0,17	0,18-0,30	>0,30

<i>Dawka MgO (kg ha⁻¹)</i>	<i>100-120</i>	<i>60-100</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
B (mg kg⁻¹)	<10	10-20	21-50	>50
<i>Dawka B (kg ha⁻¹)</i>	<i>3-4</i>	<i>1-2</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Mn (mg kg⁻¹)	<25	25-30	31-100	>100
<i>Dawka Mn (kg ha⁻¹)</i>	<i>15-20**</i>	<i>10-14**</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Zn (mg kg⁻¹)	<15	15-19	20-60	>60
<i>Dawka Zn (kg ha⁻¹)</i>	<i>8-11**</i>	<i>6-7**</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Cu (mg kg⁻¹)	-	<6	6-20	>20
<i>Dawka Cu (kg ha⁻¹)</i>		<i>5**</i>	<i>0</i>	<i>0</i>

^a Liście z ogonkami pobierane w okresie od 15 lipca do 15 sierpnia ze środkowej części jednorocznych przyrostów.

* Dawki składników w przeliczeniu na powierzchnię nawożoną.

** W przypadku gleb przewapnowanych lub węglanowych stosować nawozy chelatowe lub wykonać opryski Mn, Zn i/lub Cu.

Tabela 16. Liczby graniczne zawartości składników w liściach jabłoni^a (wg Kłossowskiego 1972, uzupełnione i zmodyfikowane przez Sadowskiego i in. 1990 oraz Wójcika 2021) oraz polecane dawki składników stosowanych dogłębowo w owocującym sadzie.

Składnik/dawka składnika w nawożeniu*	Zakres zawartości składnika			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
N (%)	<1,80	1,80-2,09	2,10-2,40	>2,40
<i>Dawka N (kg ha⁻¹)</i>	<i>100-120</i>	<i>80-100</i>	<i>20-80</i>	<i>0</i>
P (%)	<0,11	0,11-0,14	0,15-0,26	>0,26
<i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<i>150</i>	<i>100</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
K (%)	<0,70	0,70-0,99	1,00-1,50	>1,50
<i>Dawka K₂O (kg ha⁻¹)</i>	<i>120-140</i>	<i>80-120</i>	<i>50-80</i>	<i>0</i>
Mg (%)	<0,18	0,18-0,21	0,22-0,32	>0,32
<i>Dawka MgO (kg ha⁻¹)</i>	<i>100-120</i>	<i>60-100</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
S (%)**	-	0,004-0,009	0,01-0,2	-
B (mg kg⁻¹)	<18	18-24	25-45	>45
<i>Dawka B (kg ha⁻¹)</i>	<i>3-4</i>	<i>1-2</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Mn (mg kg⁻¹)	<20	20-40	41-100	>100
<i>Dawka Mn (kg ha⁻¹)</i>	<i>15-20***</i>	<i>10-14***</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Zn (mg kg⁻¹)	<10	10-14	15-60	-
<i>Dawka Zn (kg ha⁻¹)</i>	<i>8-11***</i>	<i>6-7***</i>	<i>0</i>	
Fe (mg kg⁻¹)	<21	21-79	80-250	-
<i>Dawka Fe (kg ha⁻¹)</i>	<i>30-40***</i>	<i>20-29***</i>	<i>0</i>	
Cu (mg kg⁻¹)	<3	3-4	5-12	-
<i>Dawka Cu (kg ha⁻¹)</i>	<i>6-7***</i>	<i>5***</i>	<i>0</i>	
Mo (mg kg⁻¹)	-	0,04-0,09	0,1-0,3	-
<i>Dawka Mo (kg ha⁻¹)</i>		<i>0,03-0,06</i>	<i>0</i>	

^a Liście z ogonkami pobierane w okresie od 15 lipca do 15 sierpnia ze środkowej części jednorocznych przyrostów.

* Dawki składników w przeliczeniu na powierzchnię nawożoną.

** Stosować siarczan potasu według potrzeb nawozowych w stosunku do potasu.

*** W przypadku gleb przewapnionych lub węglanowych stosować nawozy chelatowe lub wykonać opryski Fe, Mn, Zn i/lub Cu.

Tabela 17. Wartości graniczne zawartości składników w liściach leszczyny^a (wg Wójcika 2009) oraz polecane dawki składników stosowanych dogłębowo na owocującej plantacji.

Składnik/dawka składnika w nawożeniu*	Zakresy zawartości składnika			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
N (%) <i>Dawka N (kg ha⁻¹)</i>	<1,80 90-120	1,80-2,20 70-90	2,21-2,50 50-70	>2,50 0
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,10 150	0,10-0,14 100	0,15-0,40 0	>0,40 0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg ha⁻¹)</i>	<0,50 120-150	0,50-0,90 100-120	0,91-1,50 80-100	>1,51 0
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg ha⁻¹)</i>	<0,18 80-100	0,18-0,25 60-80	0,26-0,50 0	>0,50 0
B (mg kg⁻¹) <i>Dawka B (kg ha⁻¹)</i>	<25 3-4	25-35 2-3	36-80 0	>80 0
Mn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Mn (kg ha⁻¹)</i>	<20 16-20**	20-30 10-15**	31-500 0	>500 0
Zn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Zn (kg ha⁻¹)</i>	<10 9-11**	10-20 6-8**	21-50 0	>50 0
Cu (mg kg⁻¹) <i>Dawka Cu (kg ha⁻¹)</i>	<2 7-10**	2-5 5**	6-20 0	>20 0

^a Liście z ogonkami pobierane w okresie od 15 lipca do 15 sierpnia ze środkowej części jednorocznych przyrostów.

* Dawki składników w przeliczeniu na powierzchnię nawożoną.

** W przypadku gleb przewapnionych lub węglanowych stosować nawozy chelatowe lub wykonać opryski Mn, Zn i/lub Cu.

Tabela 18. Liczby graniczne zawartości składników w liściach malin^a (wg Kłossowskiego 1972, uzupełnione i zmodyfikowane przez Wójcika 2021) oraz polecane dawki składników stosowanych dogłębowo na owocującej plantacji.

Składnik/dawka składnika w nawożeniu*	Zakres zawartości składnika			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
N (%) <i>Dawka N (kg ha⁻¹):</i> – dla odmian owocujących na pędach dwuletnich	<2,00 80-100	2,00-2,49 60-80	2,50-3,30 40-60	>3,30 0

– dla odmian owocujących na pędach jednorocznych	100-120	80-100	60-80	0
P (%) Dawka P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$)	<0,11 50**	0,11-0,14 50**	0,15-0,30 0	>0,30 0
K (%) Dawka K_2O ($kg\ ha^{-1}$)	<0,98 100-120	0,98-1,47 80-100	1,48-1,89 60-80	>1,89 0
Mg (%) Dawka MgO ($kg\ ha^{-1}$)	<0,15 80-100	0,15-0,29 60-80	0,30-0,45 0	>0,45 0
B ($mg\ kg^{-1}$) Dawka B ($kg\ ha^{-1}$)	<15 3-4	15-24 1-2	25-35 0	-
Fe ($mg\ kg^{-1}$) Dawka Fe ($kg\ ha^{-1}$)	<30 15-20***	30-49 10-15***	50-100 0	-
Mn ($mg\ kg^{-1}$) Dawka Mn ($kg\ ha^{-1}$)	<20 10-15***	20-39 5-10***	40-150 0	-
Zn ($mg\ kg^{-1}$) Dawka Zn ($kg\ ha^{-1}$)	-	<20 5-7***	20-40 0	-
Cu ($mg\ kg^{-1}$) Dawka Cu ($kg\ ha^{-1}$)	-	3-4 3-5**	5-12 0	-

^a Liście bez ogonków, ze środkowej części jednorocznych przyrostów, pobierane bezpośrednio po zbiorze owoców dla odmian owocujących na pędach dwuletnich oraz tuż przed kwitnieniem dla odmian owocujących na pędach jednorocznych.

* Dawki składników w przeliczeniu na powierzchnię nawożoną.

** Stosować nawozy fosforowe na bazie polifosforanów.

*** W przypadku gleb przewapnowanych lub węglanowych stosować nawozy chelatowe lub wykonać opryski Fe, Mn, Zn i/lub Cu.

Tabela 19. Liczby graniczne zawartości składników w liściach moreli^a (wg Kłossowskiego 1972) oraz polecane dawki składników w owocującym sadzie.

Składnik/dawka składnika w nawożeniu*	Zakresy zawartości składnika			
	deficytowa	niska	optymalna	wysoka
N (%) Dawka N ($kg\ ha^{-1}$)	<2,00 100-120	2,00-2,90 80-100	2,91-3,60 60-80	>3,60 0
P (%) Dawka P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$)	- -	0,19 100-150	0,20-0,26 0	>0,26 0
K (%) Dawka K_2O ($kg\ ha^{-1}$)	<1,00 100-120	1,00-1,69 80-100	1,70-2,20 60-80	>2,20 0
Mg (%) Dawka MgO ($kg\ ha^{-1}$)	<0,10 80-100	0,10-0,30 60-80	0,31-0,70 0	>0,70 0
B ($mg\ kg^{-1}$) Dawka B ($kg\ ha^{-1}$)	<13 3-4	13-25 2	26-60 -	>60 -
Mn ($mg\ kg^{-1}$) Dawka Mn ($kg\ ha^{-1}$)	<20 16-20**	20-24 10-15**	25-60 0	>60 0

Zn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Zn (kg ha⁻¹)</i>	<10 9-11**	10-49 6-8**	50-65 0	>65 0
Cu (mg kg⁻¹) <i>Dawka Cu (kg ha⁻¹)</i>	-	<3 5**	3-20 0	>20 0

^a Liście z ogonkami pobierane w okresie od 15 lipca do 15 sierpnia ze środkowej części jednorocznych przyrostów.

* Dawki składników w przeliczeniu na powierzchnię nawożoną.

** W przypadku gleb przewapnowanych lub węglanowych stosować nawozy chelatowe lub wykonać opryski Mn, Zn i/lub Cu.

Tabela 20. Wartości graniczne zawartości składników w liściach orzecha włoskiego^a (wg Wójcika 2009) oraz polecane dawki składników stosowanych doglebowo w owocującym sadzie.

Składnik/dawka składnika w nawożeniu*	Zakresy zawartości składnika			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
N (%) <i>Dawka N (kg ha⁻¹)</i>	<2,00 150	2,00-2,30 120-140	2,31-2,90 100-120	>2,90 0
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,10 150	0,10-0,13 100	0,14-0,50 0	>0,50 0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg ha⁻¹)</i>	<1,00 120-150	1,00-1,50 100-120	1,51-2,50 80-100	>2,50 0
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg ha⁻¹)</i>	<0,20 80-100	0,20-0,25 60-80	0,26-0,70 0	>0,70 0
B (mg kg⁻¹) <i>Dawka B (kg ha⁻¹)</i>	<60 4-5	60-90 3	91-150 0	>150 0
Mn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Mn (kg ha⁻¹)</i>	<20 16-20**	20-40 10-15**	41-200 0	>200 0
Zn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Zn (kg ha⁻¹)</i>	<10 9-11**	10-15 6-8**	16-50 0	>50 0
Cu (mg kg⁻¹) <i>Dawka Cu (kg ha⁻¹)</i>	<2 7-10**	2-5 5**	6-30 0	>30 0

^a Listki szczytowe z ogonkami z jednorocznych przyrostów pobierane w okresie od 15 lipca do 15 sierpnia.

* Dawki składników w przeliczeniu na powierzchnię nawożoną.

** W przypadku gleb przewapnowanych lub węglanowych stosować nawozy chelatowe lub wykonać opryski Mn, Zn i/lub Cu.

Tabela 21. Liczby graniczne zawartości składników w liściach porzeczki czarnej^a (wg Kłossowskiego 1972, uzupełnione i zmodyfikowane przez Wójcika 2021) oraz polecane dawki składników stosowanych dogłębowo na owocującej plantacji.

Składnik/dawka składnika w nawożeniu*	Zakres zawartości składnika			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
N (%) <i>Dawka N (kg ha⁻¹)</i>	<2,00 120-140	2,00-2,69 100-120	2,70-3,20 80-100	>3,20 0
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,15 50**	0,15-0,23 50**	0,24-0,30 0	>0,30 0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg ha⁻¹)</i>	<0,80 120-140	0,80-1,24 80-120	1,25-1,70 60-80	>1,70 0
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg ha⁻¹)</i>	<0,24 100-120	0,24-0,30 60-100	0,31-0,45 0	>0,45 0
B (mg kg⁻¹) <i>Dawka B (kg ha⁻¹)</i>	<15 3-4	15-24 1-2	25-40 0	-
Fe (mg kg⁻¹) <i>Dawka Fe (kg ha⁻¹)</i>	<30 15-20***	30-39 10-15***	40-150 0	-
Mn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Mn (kg ha⁻¹)</i>	<20 10-15***	20-29 5-10***	30-150 0	-
Zn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Zn (kg ha⁻¹)</i>	-	<20 5-7***	20-40 0	-
Cu (mg kg⁻¹) <i>Dawka Cu (kg ha⁻¹)</i>	<3 4-5***	3-4 3***	5-12 0	-
Mo (mg kg⁻¹) <i>Dawka Mo (kg ha⁻¹)</i>	-	<0,10 0,03-0,05	0,10-0,25 0	-

^a Liście z ogonkami pobierane w czasie zbioru owoców lub bezpośrednio po nim, ze środkowej części jednorocznych przyrostów.

* Dawki składników w przeliczeniu na powierzchnię nawożoną.

** Stosować nawozy fosforowe na bazie polifosforanów.

*** W przypadku gleb przewapnowanych lub węglanowych stosować nawozy chelatowe lub wykonać opryski Fe, Mn, Zn i/lub Cu.

Tabela 22. Liczby graniczne zawartości składników w liściach porzeczki czerwonej^a (wg Kłossowskiego 1972, uzupełnione i zmodyfikowane przez Wójcika 2021) oraz polecane dawki składników stosowanych dogłębowo na owocującej plantacji.

Składnik/dawka składnika w nawożeniu*	Zakres zawartości składnika			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
N (%) <i>Dawka N (kg ha⁻¹)</i>	<2,00 100-120	2,00-2,59 80-100	2,60-3,00 60-80	>3,00 0
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,18 50**	0,18-0,23 50**	0,24-0,30 0	>0,30 0

K (%) <i>Dawka K₂O (kg ha⁻¹)</i>	<0,80 140-180	0,80-1,14 100-140	1,15-1,45 70-100	>1,45 0
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg ha⁻¹)</i>	<0,24 80-100	0,24-0,30 60-80	0,31-0,45 0	>0,45 0
B (mg kg⁻¹) <i>Dawka B (kg ha⁻¹)</i>	<15 3-4	15-24 1-2	25-50 0	-
Fe (mg kg⁻¹) <i>Dawka Fe (kg ha⁻¹)</i>	<30 15-20***	30-39 10-15***	40-150 0	-
Mn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Mn (kg ha⁻¹)</i>	<20 10-15***	20-29 5-10***	30-150 0	-
Zn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Zn (kg ha⁻¹)</i>	-	<20 5-7***	20-50 0	-
Cu (mg kg⁻¹) <i>Dawka Cu (kg ha⁻¹)</i>	-	3-4 3-4***	5-12 0	-

^a Liście z ogonkami pobierane w czasie zbioru owoców lub bezpośrednio po nim, ze środkowej części jednorocznych przyrostów.

* Dawki składników w przeliczeniu na powierzchnię nawożoną.

** Stosować nawozy fosforowe na bazie polifosforanów.

*** W przypadku gleb przepapnowanych lub węglanowych stosować nawozy chelatowe lub wykonać opryski Fe, Mn, Zn i/lub Cu.

Tabela 23. Liczby graniczne zawartości składników w liściach śliwy^a (wg Kłossowskiego 1972, uzupełnione i zmodyfikowane przez Wójcika 2021) oraz polecane dawki składników stosowanych doglebowo w owocującym sadzie.

Składnik/dawka składnika w nawożeniu*	Zakres zawartości składnika			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
N (%) <i>Dawka N (kg ha⁻¹)</i>	<1,40 120-140	1,40-2,00 100-120	2,01-3,60 80-100	>3,60 0
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,14 150	0,14-0,19 100	0,20-0,60 0	>0,60 0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg ha⁻¹)</i>	<1,00 120-150	1,00-1,64 100-120	1,65-3,25 80-100	>3,25 0
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg ha⁻¹)</i>	<0,10 80-100	0,10-0,30 60-80	0,31-0,70 0	>0,70 0
B (mg kg⁻¹) <i>Dawka B (kg ha⁻¹)</i>	<18 3-4	18-24 1-2	25-60 0	>60 0
Mn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Mn (kg ha⁻¹)</i>	<20 15-20**	20-30 10-15**	30-140 0	>140 0
Zn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Zn (kg ha⁻¹)</i>	<10 8-11**	10-14 6-7**	15-50 0	-
Cu (mg kg⁻¹) <i>Dawka Cu (kg ha⁻¹)</i>	-	<4 5**	4-10 0	-

^a Liście z ogonkami pobierane w okresie od 15 lipca do 15 sierpnia ze środkowej części jednorocznych przyrostów.

* Dawki składników w przeliczeniu na powierzchnię nawożoną.

** W przypadku gleb przewapnowanych lub węglanowych stosować nawozy chelatowe lub wykonać opryski Mn, Zn i/lub Cu.

Tabela 24. Liczby graniczne zawartości składników w liściach truskawki^a (wg Kłossowskiego 1972, uzupełnione i zmodyfikowane przez Wójcika 2021) oraz polecane dawki składników stosowanych doglebowo na plantacji

Składnik/dawka składnika w nawożeniu*	Zakres zawartości składnika			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
N (%) <i>Dawka N (kg ha⁻¹)</i>	<1,80 70-90	1,80-2,29 50-70	2,30-2,60 30-50	>2,60 0
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,15 50**	0,15-0,23 50**	0,24-0,30 0	>0,30 0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg ha⁻¹)</i>	<1,00 80-120	1,00-1,49 50-80	1,50-1,80 0	>1,80 0
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg ha⁻¹)</i>	<0,10 80	0,10-0,20 60	0,21-0,27 0	>0,27 0
B (mg kg⁻¹) <i>Dawka B (kg ha⁻¹)</i>	<18 3	18-24 1-2	25-50 0	-
Fe (mg kg⁻¹) <i>Dawka Fe (kg ha⁻¹)</i>	<30 15-20***	30-49 10-15***	50-100 0	-
Mn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Mn (kg ha⁻¹)</i>	<20 10-15***	20-39 5-10***	40-150 0	-
Zn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Zn (kg ha⁻¹)</i>	<12 7-9***	12-19 4-6***	20-40 0	-
Cu (mg kg⁻¹) <i>Dawka Cu (kg ha⁻¹)</i>	-	3-4 3-5***	5-15 0	-

^a Liście bez ogonków, pobierane w pierwszym roku wzrostu roślin lub z plantacji owocującej. Z plantacji jednorocznej, liście pobiera się 60-80 dni po posadzeniu sadzonek świeżych lub 40-50 dni w przypadku użycia sadzonek *frigo*. Z owocujących plantacjach, liście pobiera się na początku zbioru owoców.

* Dawki składników w przeliczeniu na powierzchnię nawożoną.

** Stosować nawozy fosforowe na bazie polifosforanów.

*** W przypadku gleb przewapnowanych lub węglanowych należy stosować nawozy chelatowe lub wykonać opryski Fe, Mn, Zn i/lub Cu.

Tabela 25. Liczby graniczne zawartości składników w liściach winorośli właściwej^a (wg Vaneka 1978 i Fardossiego 2001, zmodyfikowane przez Wójcika 2021) oraz polecane dawki składników stosowanych dogłębowo na owocującej plantacji.

Składnik/dawka składnika w nawożeniu*	Zakres zawartości składnika			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
N (%) <i>Dawka N (kg/ha)</i>	<1,30 70-90	1,30-2,25 50-70	2,26-2,75 30-50	2,76-3,50 0
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg/ha)</i>	<0,10 50**	0,10-0,19 50**	0,20-0,24 0	0,25-0,80 0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg/ha)</i>	<0,80 100-120	0,80-1,20 80-100	1,21-1,40 60-80	1,41-3,00 0
Mg (%) <i>Dawka MgO (kg/ha)</i>	<0,10 120	0,10-0,25 60	0,26-0,50 0	0,51- 1,00 0
Ca (%) <i>Dawka CaO (kg/ha***)</i>	<1,50	1,50-2,50	2,51-3,50	3,51-5,00
B (mg kg⁻¹) <i>Dawka B (kg ha⁻¹)</i>	<18 3-4	18-24 1-2	25-50 0	-
Fe (mg kg⁻¹) <i>Dawka Fe (kg ha⁻¹)</i>	<30 15-20****	30-49 10-13****	60-250 0	-
Mn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Mn (kg ha⁻¹)</i>	<20 10-15****	20-39 5-8****	40-250 0	-
Zn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Zn (kg ha⁻¹)</i>	<18 7-9****	18-24 4-6****	25-60 0	-
Cu (mg kg⁻¹) <i>Dawka Cu (kg ha⁻¹)</i>	<3 4-5****	3-5 3****	6-20 0	-
Mo (mg kg⁻¹) <i>Dawka Mo (kg ha⁻¹)</i>	-	0,09-0,14 0,03-0,06	0,15-0,30 0	-

^a Liście bez ogonków, pobierane po przeciwnej stronie pierwszego, drugiego lub trzeciego kwiatostanu/grona (licząc od wierzchołka pędu) w okresie od pełni kwitnienia do czasu gdy owoce zawierają 5-6% ekstraktu.

* Dawki składników w przeliczeniu na powierzchnię nawożoną.

** Stosować nawozy fosforowe na bazie polifosforanów.

*** Dawki CaO wynikają z potrzeb wapnowania do docelowego pH 7.

**** Na glebach o pH ≥ 7 stosować nawozy chelatowe lub wykonać opryski Fe, Mn, Zn i/lub Cu.

Tabela 26. Liczby graniczne zawartości składników w liściach wiśni^a (wg Kłossowskiego 1972, uzupełnione i zmodyfikowane przez Sadowskiego i in. 1990 oraz Wójcika 2021) oraz polecane dawki składników stosowane doglebowo w owocującym sadzie.

Składnik/dawka składnika w nawożeniu*	Zakres zawartości składnika			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
N (%) <i>Dawka N (kg ha⁻¹)</i>	<1,80 100-120	1,80-2,29 80-100	2,30-2,80 50-80	>2,80 0
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,12 150	0,12-0,14 100	0,15-0,30 0	>0,30 0
K (%) <i>Dawka K₂O (kg ha⁻¹)</i>	<0,70 120-140	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 80-100	0,15-0,25 60-80	0,26-0,40 0	>0,40 0
B (mg kg⁻¹) <i>Dawka B (kg ha⁻¹)</i>	-	<20 1-2	20-160 0	>160 0
Mn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Mn (kg ha⁻¹)</i>	<20 15-20**	20-29 10-14**	30-70 0	>70 0
Fe (mg kg⁻¹) <i>Dawka Fe (kg ha⁻¹)</i>	<30 30-40**	30-49 20-29**	50-150 0	-
Zn (mg kg⁻¹) <i>Dawka Zn (kg ha⁻¹)</i>	<12 8-11**	12-19 6-7**	20-50 0	-
Cu (mg kg⁻¹) <i>Dawka Cu (kg ha⁻¹)</i>	-	<5 5**	5-15 0	-

^a Liście z ogonkami pobierane bezpośrednio po zbiorze owoców ze środkowej części jednorocznych przyrostów.

* Dawki składników w przeliczeniu na powierzchnię nawożoną.

** W przypadku gleb przewapnowanych lub węglanowych należy stosować nawozy chelatowe lub wykonać opryski Fe, Mn, Zn i/lub Cu.

Tabela 27. Liczby graniczne zawartości składników w liściach żurawiny^a (wg Davenporta i in. 1995, zmodyfikowane przez Wójcika 2021) oraz polecane dawki składników stosowanych doglebowo na owocującej plantacji posadzonej na glebie mineralnej.

Składnik/dawka składnika w nawożeniu*	Zakres zawartości składnika		
	deficytowy	optimalny	wysoki
N (%) <i>Dawka N (kg ha⁻¹)</i>	<0,50 30-50	0,9-1,1 20-30	>1,6 0
P (%) <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	< ,08 50**	0,10-0,20 0	-
K (%) <i>Dawka K₂O (kg ha⁻¹)</i>	<0,25 70-90	0,40-0,75 40-50	-
Mg (%)	<0,08	0,15-0,25	>0,42

<i>Dawka MgO (kg ha⁻¹)</i>	10	0	0
Ca (%)	<0,10	0,30-0,80	>1,3
<i>Dawka CaO (kg ha⁻¹)***</i>			0
S (%)	-	0,08-0,25	-
<i>Dawka S (kg ha⁻¹)****</i>			
B (mg kg⁻¹)	<8	15-60	>150
<i>Dawka B (kg ha⁻¹)</i>	2-3	-	0
Fe (mg kg⁻¹)	<10	>20	-
<i>Dawka Fe (kg ha⁻¹)</i>	20-25*****	0	
Mn (mg kg⁻¹)	<5	>10	-
<i>Dawka Mn (kg ha⁻¹)</i>	10-15*****	0	
Zn (mg kg⁻¹)	<8	15-30	-
<i>Dawka Zn (kg ha⁻¹)</i>	6-9*****	0	
Cu [mg kg⁻¹]	<2	4-10	-
<i>Dawka Cu (kg ha⁻¹)</i>	5-7*****	0	

^a Liście wraz z przyrostami jednorocznymi pobiera się bezpośrednio przed zbiorem owoców.

* Dawki składników w przeliczeniu na powierzchnię nawożoną.

** Stosować nawozy fosforowe na bazie polifosforanów.

*** Wapń dostarczyć z wapnem w dawce wynikającej z potrzeb wapnowania do docelowego pH 4,0

**** Siarkę dostarczyć jako siarczan amonu i/lub siarczan potasu według potrzeb nawozowych w stosunku do azotu i/lub potasu

***** Na glebach o pH >5,5 stosować nawozy chelatowe lub wykonać opryski Fe, Mn, Zn i/lub Cu.

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 całą powierzchnię (w uprawie truskawki) lub pasowo wzdłuż rzędów roślin na szerokość ugoru herbicydowego lub wyłożonej ściółki.

Nawożenie fosforem

Nawożenie P wykonuje się, gdy wyniki analizy gleby/liści wykazą zbyt małą jego zawartość (tabele 12-27, 28), lub gdy pojawiają się objawy niedoboru tego składnika na roślinie (tabela 31). 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.

Tabela 28. Nawożenie dogłębowe fosforem (P) w istniejącym sadzie/plantacji w zależności od przyswajalności P w glebie* (Kłossowski, 1972 zmodyfikowane przez Wójcika i Kowalczyka, 2021).

Zasobność warstwy próchnicznej w P		
niska	optymalna	wysoka
Zawartość P (mg kg ⁻¹)		
<40	40-80	>80
Nawożenie fosforem (g P ₂ O ₅ m ⁻²)		
10-15	0	0

* Przyswajalność P w glebie oznaczona metodą Egnera-Riehma.

^a Dawka fosforu podana na powierzchnię nawożoną.**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 (tabela 29) i liściach (tabele 12-27) oraz występowanie objawów niedoboru potasu na liściach (tabela 31).

Tabela 29. Nawożenie dogłębowe potasem (K) w istniejącym sadzie/plantacji w zależności od przyswajalności K w glebie* oraz składu granulometrycznego (Kłossowski, 1972 zmodyfikowane przez Wójcika i Kowalczyka, 2021).

Udział w części ziemistej cząstek gleby o wielkości <0,02 mm [%]	Zasobność warstwy próchnicznej w K		
	niska	optymalna	wysoka
<20	Zawartość K (mg kg ⁻¹)		
	<50	50-80	> 80
	Nawożenie potasem (g K ₂ O m ⁻²) ^a		
	8-10 ^b	5-8 ^b	-
20-35	Zawartość K (mg kg ⁻¹)		
	< 80	80-130	>130
	Nawożenie potasem (g K ₂ O m ⁻²) ^a		
	10-12 ^c	8-10 ^c	-
>35	Zawartość K (mg kg ⁻¹)		
	< 130	130-210	> 210
	Nawożenie potasem (g K ₂ O m ⁻²) ^a		
	12-16 ^d	10-12 ^d	-

* Przyswajalność K w glebie oznaczona metodą Egnera-Riehma.

^a Dawka potasu podana na powierzchnię nawożoną.

^b Zmniejszone lub zwiększone dawki potasu o 20% stosować, gdy jego zawartość w warstwie bezpośrednio poniżej poziomu próchnicznego wynosi odpowiednio $>50 \text{ mg K kg}^{-1}$ oraz $<30 \text{ mg K kg}^{-1}$.

^c Zmniejszone lub zwiększone dawki potasu o 20% stosować, gdy jego zawartość w warstwie bezpośrednio poniżej poziomu próchnicznego wynosi odpowiednio $>80 \text{ mg K kg}^{-1}$ oraz $<50 \text{ mg K kg}^{-1}$.

^d Zmniejszone lub zwiększone dawki potasu o 20% stosować, gdy jego zawartość w warstwie bezpośrednio poniżej poziomu próchnicznego wynosi odpowiednio $>130 \text{ mg K kg}^{-1}$ oraz $<80 \text{ mg K kg}^{-1}$.

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 stosuje się na całą powierzchnię plantacji (np. w uprawie truskawki) lub tylko w pasach ugoru herbicydowego/mechanicznego.

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 (tabela 30), zawartość Mg w liściach (tabele 12-27) oraz wygląd roślin (tabela 31).

Tabela 30. Nawożenie dogłębowe magnezem (Mg) w istniejącym sadzie/plantacji w zależności od przyswajalności Mg w glebie* oraz składu granulometrycznego (Kłossowski, 1972 zmodyfikowane przez Wójcika i Kowalczyka, 2021).

Udział w części ziemistej cząstek gleby o wielkości $<0,02 \text{ mm}$ (%)	Zasobność warstwy próchnicznej w Mg		
	niska	optimalna	wysoka
<20	Zawartość Mg (mg kg^{-1})		
	<30	30-50	>50
	Nawożenie magnezem (g MgO m^{-2}) ^a		
	8-10 ^b	6-8 ^b	-
≥ 20	Zawartość Mg (mg kg^{-1})		
	<50	50-70	>70
	Nawożenie magnezem (g MgO m^{-2}) ^a		
	10-12 ^c	8-10 ^c	-

* Przyswajalność Mg w glebie oznaczona metodą Schachtschabela.

^a Dawka magnezu podana na powierzchnię nawożoną.

^b Zmniejszone lub zwiększone dawki magnezu o 20% stosuje się, gdy jego zawartość w warstwie bezpośrednio poniżej poziomu próchnicznego wynosi odpowiednio $>50 \text{ mg Mg kg}^{-1}$ oraz $<35 \text{ mg Mg kg}^{-1}$.

^c Zmniejszone lub zwiększone dawki magnezu o 20% stosuje się, gdy jego zawartość w warstwie bezpośrednio poniżej poziomu próchnicznego wynosi odpowiednio $>70 \text{ mg Mg kg}^{-1}$ oraz $<50 \text{ mg Mg kg}^{-1}$.

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.

Nawożenie mikroskładnikami

O celowości zasilania roślin mikroskładnikami decyduje analiza chemiczna liści (tabele 12-27) oraz ocena wizualna liści, pędów i owoców (tabela 31). 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.

Tabela 31. Charakterystyczne objawy niedoboru poszczególnych składników na roślinach sadowniczych.

Składnik	Objawy		
	Pędy	Liście	Owoce
Azot	cienkie z krótkimi przyrostami	małe, jasnozielone (lub żółte); pierwsze objawy pojawiają się na starszych liściach (fot. 1)	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 (fot. 2)	słabo wybarwione, miękkie

Potas		chloroza rozpoczynająca się od brzegu blaszki liściowej, brzegi blaszki często podwijają się ku górze; objawy powstają najpierw u podstawy pędów (fot. 3)	drobne, słabo wybarwione
Magnez		plamy chlorotyczne między głównymi nerwami blaszki liściowej; objawy powstają najpierw u podstawy pędu; liście szybko opadają (fot. 4)	
Wapń			podwyższona podatność na liczne choroby fizjologiczne, niska zdolność przechowalnicza, mała trwałość w obrocie handlowym (fot. 5)
Bor			drobne, zniekształcone, skorkowaciałe, ordzawione, spękane (fot. 6)
Żelazo		kremowo-żółte liście wierzchołkowe z zielonymi nerwami głównymi (fot. 7)	
Mangan		chloroza na liściach w środkowej części pędu (fot. 8)	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 (fot. 9)	

Fertygacja

Fertygacja to metoda nawożenia roślin polegająca na dostarczaniu składników mineralnych wraz z wodą bezpośrednio do strefy korzeniowej poprzez linie kroplujące lub inne systemy nawadniające. Oznacza to, że nawozy stosowane w systemie fertygacji muszą być dobrze rozpuszczalne w wodzie. W przeciwnym razie może dochodzić do zapychania emiterów, a co za tym idzie nierównomierności dostarczania zarówno wody, jak i składników mineralnych dla roślin. Zasady fertygacji zostały szczegółowo opisane w rozdziale „Nawadnianie roślin ogrodniczych”.

Dokarmianie dolistne

Dolistne dokarmianie roślin sadowniczych stanowi integralny element nowoczesnej agrotechniki. Ten sposób nawożenia powinien być traktowany jako uzupełnienie nawożenia dogłębowego. Zabieg ten należy stosować głównie w sytuacjach, gdy pobieranie składników mineralnych przez system korzeniowy jest niewystarczające, aby pokryć potrzeby pokarmowe roślin w określonej fazie wzrostu.

Niedobór składników w roślinie może być spowodowany m.in. niekorzystnymi warunkami glebowymi, takimi jak nadmierne zakwaszenie, zbyt duża zwężłość, silna konkurencja o składniki mineralne między systemem korzeniowym rośliny uprawnej a mikroorganizmami lub chwastami, niedoborem lub nadmiarem wody oraz uszkodzeniem korzeni przez niskie temperatury, szkodniki glebowe lub gryzonie. Występowanie składników pokarmowych w trudno przyswajalnych formach chemicznych oraz jonowy antagonizm w roztworze glebowym również ograniczają skuteczne pobieranie składników przez korzenie. Dodatkowo, uszkodzenie tkanek przewodzących w pniach, konarach czy pędach prowadzą do osłabienia transportu pobranych przez korzenie składników do nadziemnych części rośliny.

Zaletą dolistnego dokarmiania jest jego szybkie działanie, ponieważ składniki dostarczane bezpośrednio na liście są zazwyczaj szybko pobierane i wykorzystywane przez roślinę. Umożliwia to szybką reakcję w sytuacjach stresowych lub niedoborowych, co ma kluczowe znaczenie dla jakości i wielkości plonu. Dodatkową zaletą jest możliwość precyzyjnego dostarczenia danego składnika w krytycznej fazie wzrostu roślin bez ryzyka zakłócenia równowagi jonowej w glebie.

Wadą dolistnego dokarmiania jest jego ograniczona skuteczność w przypadku długotrwałych niedoborów, zwłaszcza makroskładników, które rośliny pobierają w dużych ilościach. Zabieg ten nie eliminuje przyczyn niedoborów składników w roślinie, a jedynie łagodzi ich skutki. Ponadto, efektywność nawożenia dolistnego zależy od warunków atmosferycznych. Wysoka temperatura powietrza, silne nasłonecznienie czy opady deszczu bezpośrednio po zabiegu znacznie ograniczają skuteczność pobierania składników przez liście. W sadownictwie dolistne dokarmianie odgrywa szczególną rolę w uprawach jabłoni i gruszy, gdzie regularne opryskiwania wapniem są niezbędne dla zapewnienia dobrej jakości owoców. Niedobór tego składnika negatywnie wpływa na zdolność przechowalniczą owoców oraz zwiększa ich podatność na pęknięcie, oparzenia słoneczne i choroby fizjologiczne. Problem ten wynika z ograniczonego transportu wapnia do zawiązków owoców, dlatego jego aplikacja dolistna w okresie intensywnego wzrostu owoców jest konieczna.

Szczególnie ważnym zabiegiem w sadach jabłoniowych jest opryskiwanie drzew mocznikiem w wysokiej dawce (20–40 kg/ha) późną jesienią, około 3–4 tygodnie przed naturalnym opadem liści. Celem tego zabiegu jest poprawa kondycji pąków kwiatowych, a tym samym zwiększenie potencjału plonotwórczego drzew w kolejnym sezonie. Zabieg ten powinien być wykonywany w sadach jabłoniowych rosnących na glebie lekkiej, słabopróchnicznej, a także w sezonach w których drzewa silnie zaowocowały (Wójcik, 2009).

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 5-30 kg CaO na 100 m² (tabela 32).

Tabela 32. Jednorazowe dawki wapna stosowanego w sadzie/plantacji z wyłączeniem borówek i żurawiny (Kłossowski, 1972, zmodyfikowane przez Wójcika i Kowalczyka, 2021).

Odczyn gleby	Kategoria agronomiczna gleby		
	lekka	średnia	ciężka
	Dawka (kg CaO 100 m ⁻²) ^{a,b}		
<4,5	17	20	30
4,5-5,5	10	15	20
5,6-6,0	5	8	15
6,1-6,5	-	5	10
6,6-7,0	-	-	5

^a Polecane dawki wapna w cyklu 3-4 lat.

^b Wapno stosować tylko w pasy ugoru

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 3-5 kg CaO na 100 m² (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.

4.3. Nawożenie warzyw w uprawach polowych

Nawożenie organiczne

Celem stosowanego nawożenia organicznego jest nie tylko dostarczenie roślinom niezbędnych składników pokarmowych ale również budowanie trwałej żyzności gleby, jej życia biologicznego i zapobieganie erozji gleb. Podstawowym nawozem naturalnym, uzyskiwanym w gospodarstwach o produkcji mieszanej (roślinno - zwierzęcej) jest obornik. Stanowi on bardzo dobre źródło próchnicy i składników pokarmowych. Efektywność nawożenia obornikiem zależy od jego składu, stopnia rozłożenia, terminu zastosowania i przyorania. Obornik powinien być przyorany w jak najkrótszym czasie po rozłożeniu na polu. Obornik nieprzyorany przez okres 2 tygodni traci połowę swojej wartości nawozowej. Działanie nawozowe obornika rozłożone jest na kilka lat. Średnio, w pierwszym sezonie wykorzystywane jest 50 % składników, 30 % w drugim, a pozostałe 20 % w trzecim roku po zastosowaniu. Dawka stosowanego obornika zależy od zawartości w nim składników i nie może przekroczyć ilości równoważnej 170 kg N/ha. Odpowiada to w przybliżeniu około 35 – 40 t/ha. Można również stosować inne nawozy naturalne takie jak gnojówka, gnojowica i pomiot ptasi, w dawkach odpowiadających 170 kg N/ha, tj. 40 m³ gnojówki lub 3 – 5 t/ha nawozu ptasiego. Gnojówka i gnojowica wymagają natychmiastowego, równoczesnego z rozlewaniem, wymieszania z glebą, dla uniknięcia strat azotu.

Bardzo dobrym nawozem organicznym w uprawie warzyw jest kompost, który 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 w niej równowagę biologiczną. Wysokość dawek kompostu w uprawie warzyw wynosi około 20-30 ton na ha w zależności od zasobności gleby w składniki pokarmowe oraz gatunku warzyw. Kompost jest nawozem odpowiednim dla każdego rodzaju gleby, o wiele lepszym od obornika, gdyż zawiera sporo gotowej i łatwo rozpuszczalnej próchnicy, a pozostała silnie rozłożona masa organiczna w krótkim czasie przechodzi w próchnicę właściwą. Składniki pokarmowe

znajdujące się w kompoście w dużej części występują w formie łatwo przyswajalnej dla roślin. Ilość dostępnego azotu w gotowym kompoście jest zazwyczaj niższa niż w oborniku, ale nawóz ten stosuje się w wyższych dawkach niż obornik, w związku z czym wprowadza się do gleby większy dodatek materii organicznej. Użycie kompostu jako źródła składników pokarmowych, zamiast obornika, stwarza większe możliwości polepszenia własności fizycznych gleby.

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 % P_2O_5 oraz 0,34 % K_2O . 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 racjonalne zaplanowanie dawek nawozu odpowiednich dla uprawianych gatunków.

Niezbędnym elementem programu nawożenia i zmianowania w gospodarstwie są nawozy zielone 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 motylkowate), poprawiają własności fizyczne i chemiczne głębszych warstw gleby, zwiększają liczbę gatunków w zmianowaniu i ułatwiają dobór właściwego 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, obniżając poziom zainfekowania gleby mikroorganizmami patogenicznymi. Nawozy zielone dostarczają też materiału do ściółkowania i kompostowania.

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

Wartość nawozową poszczególnych roślin określa się wytworzoną przez nie masą organiczną i zawartymi w niej składnikami. Wśród roślin uprawianych na nawozy zielone szczególnie cenne są rośliny motylkowe, 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 często głębokie korzenienie się i związana z tym zdolność do pobierania składników z głębszych warstw gleby i tym sposobem przemieszczania ich do warstwy ornej (po przyoraniu roślin). Motylkowe drobnonasienne (koniczyny, wyka, lucerna, seradela) uważane są za korzystniejsze niż motylkowe grubonasienne (strączkowe - łubiny, peluszka, bobik). Rośliny motylkowe 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 duży plon zielonej masy (gorczyca, facelia, rzepak, rzodkiew, gryka, zboża i trawy)

Nawozy zielone uprawiać można 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 okres czasu jaki pozostaje między planowanymi uprawami.

Wapnowanie

Ograniczenie nawożenia organicznego i wysokie dawki nawozów mineralnych, zwłaszcza azotowych na bazie amonowej prowadzi do zakwaszenia gleby oraz zmniejszenia zawartości wapnia w glebie. Głównym problemem w glebach zakwaszonych jest wzrost dostępności glinu i manganu do ilości toksycznych dla roślin jak również ograniczenie dostępności dla roślin takich składników jak fosfor, wapń, magnez i molibden. Warzywa uprawiane na glebach kwaśnych o małej zasobności w wapń są bardziej podatne na choroby. Niedobór wapnia jest przyczyną wielu chorób fizjologicznych jak np. sucha zgnilizna wierzchołkowa pomidora, zamieranie brzegów liści sałaty, zamieranie liści sercowych selera czy wewnętrzne brunatnienie główek roślin kapustnych. Słaby wzrost roślin i zahamowanie wzrostu systemu korzeniowego a także drobne liście koloru ciemnozielonego a czasami purpurowego są oznaką toksycznej zawartości glinu w glebie. Niski odczyn gleby powoduje również ograniczenie wytwarzania brodawek na korzeniach warzyw strączkowych co prowadzi do zmniejszenia wiązania azotu atmosferycznego przez te rośliny. Na glebach kwaśnych zmniejsza się

aktywność mikroorganizmów rozkładających resztki poźniwne i nawozy organiczne oraz słabo rozwijają się mikroorganizmy utleniające azot amonowy do azotanowego.

Podstawowym wskaźnikiem określającym potrzeby wapnowania gleb jest odczyn gleby, wyrażany w jednostkach pH (tab. 33).

Tabela. 33. Odczyn gleb, w zależności od metody oznaczania pH

Odczyn gleby	pH w KCl	pH w 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	6,8 – 7,4
Zasadowy	od 7,3	od 7,5

Zarówno gleby kwaśne jak i zasadowe nie są odpowiednie dla uprawy warzyw. Dla większości roślin warzywnych optymalne pH gleby wynosi 6,0 – 7,5. Tylko nieliczne gatunki warzyw są tolerancyjne w stosunku do lekko kwaśnego odczynu gleby (5,5 – 6,0). Podstawowym zabiegiem, który reguluje odczyn gleby jest wapnowanie. Zmiana odczynu glebowego przebiega stopniowo i zależy od dawki, rodzaju i stopnia rozdrobnienia nawozu wapniowego, a także sposobu wymieszania nawozu z glebą i wilgotności gleby. W wyniku zastosowania odpowiednich dawek wapna, możemy dostosować odczyn gleby do wymagań roślin. Określenie prawidłowej dawki nawozu wapniowego jest bardzo ważne, ponieważ zbyt małe dawki mogą być nieefektywne, natomiast zbyt duże mogą wpływać negatywnie na właściwości fizyko-chemiczne gleby. Za dawką optymalną należy uznać taką, która umożliwia doprowadzenie pH gleby do dolnej granicy jego optymalnego przedziału (tab.) Wielkość stosowanej dawki nawozów wapniowych zależy nie tylko od pH ale także od rodzaju gleby. Gleby mineralne wapnuje się na ogół do pH 6,0 – 6,5. Gleby lekkie ze względu na małą pojemność sorpcyjną nie powinny być wapnowane zbyt dużymi dawkami wapna jak również tlenkową formą wapna (CaO), ponieważ może to prowadzić do szybkiego spalania próchnicy i pogorszenia stosunków powietrzno-wodnych. Na glebach lekkich należy stosować wapnowanie częściej, mniejszymi dawkami i nawozami zawierającymi wapń w formie węglanowej (CaCO₃) lub węglanowo-magnezowe (CaCO₃+MgCO₃). Nawozy wapniowe w formie węglanowej najlepiej działają w drugim roku po zastosowaniu, dlatego należy je wysiewać pod przedplon lub stosować przed uprawą warzyw o mniejszych wymaganiach w stosunku do tego składnika pokarmowego.

Tabela 34. Przedziały potrzeb wapnowania (wg G.Hołubowicz-Kliza)

Kategoria gleby	pH dla przedziału potrzeb wapnowania				
	konieczne	potrzebne	wskazane	ograniczone	zbędne
Bardzo lekka	do 4,0	4,1 -5,5	4,6 – 5,0	5,1 – 5,5	od 5,6
Lekka	do 4,5	4,6 -5,0	5,5 -5,5	5,6 – 6,0	od 6,1
Średnia	do 5,0	5,1 -5,5	5,6 – 6,0	6,1 – 6,5	od 6,6
Ciężka	do 5,5	5,6 -6,0	6,1 – 6,5	6,6 – 7,0	od 7,1

Wyższe dawki nawozów wapniowych można stosować na glebach średnich i ciężkich o małej zawartości próchnicy. Na tych glebach, odczyn zmienia się powoli dlatego powinno się stosować nawozy wapniowe szybko działające w formie tlenkowej (CaO) lub tlenkowo magnezowej (CaO + MgO). Dokładną dawkę nawozu wapniowego może ustalić stacja chemiczno-rolnicza na podstawie tzw. krzywej neutralizacji. Orientacyjne dawki nawozów wynoszą od 1,0 do 6,0 t na 1 hektar w przeliczeniu na CaO (tab. 35). Jednak jednorazowe dawki nawozów nie mogą być zbyt wysokie. Dawka wapna w formie tlenkowej (CaO) powyżej 2 t. na hektar na glebach lekkich, 3 t. na średnich i 4t na glebach ciężkich może być zbyt wysoka i prowadzić do przewapnowania. Dlatego, gdy potrzeby wapnowania danej gleby są wysokie dawki nawozów wapniowych należy rozłożyć na kilka lat.

Tabela. 35. Orientacyjne dawki nawozów wapniowych w t CaO na 1 ha dla różnych gleb w zależności od potrzeb wapnowania

Potrzeba wapnowania	Kategoria gleby		
	lekka	średnia	ciężka
Konieczne	3,5	4,5	6,0
Potrzebne	2,5	3,0	3,0
Wskazane	1,5	1,5	2,0
Ograniczone	-	1,0	1,0
Dopuszczalna dawka jednorazowa	1,0 –1,5	2,0	3,0

Najlepszym terminem stosowania nawozów wapniowych jest termin letni lub jesienny po zbiorze roślin. Nawozy wapniowe należy stosować na glebę suchą i dokładnie wymieszać z całą

warstwą orną glebą. 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. Wapnowanie 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 roślin składników pokarmowych.

Nawożenie mineralne

Nawożenie azotem

Spośród wszystkich składników pokarmowych pobieranych przez rośliny najważniejsze znaczenie ma azot. Użytkowanie 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. Decydujący 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 wpływa na skażenie roślin i 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 zawierających formę azotanową, amonową lub amidową (mocznikową). Azotanowa forma azotu ($N-NO_3$) jest stosunkowo łatwo przyswajalna dla roślin. Anion NO_3^- w glebie nie podlega sorpcji wymiennej, 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, gdy stosujemy duże dawki nawozów azotowych,

ponieważ zwiększenie ilości dostępnego azotu może się przyczynić do nadmiernej akumulacji azotanów w roślinie. Standardowe zawartości azotu oraz dawki azotu w zależności wymagań roślin w polowej produkcji warzyw zamieszczono w tabeli 36.

Tab. 36. Standardowe zawartości azotu w glebie oraz dawki azotu

Gatunek warzyw	Wymagania w stosunku do azotu	Standardowa zawartość w glebie w mg/dm ³	Dawka azotu w czystym składniku w kg/ha
Kalafior, kapusty: głowiasta biała, czerwona, włoska, brukselska, jarmuż, brokuł	bardzo duże	120-150	200-250
Ogórek, por, dynia, kapusta chińska, pomidor, papryka, seler, marchew, burak ćwikłowy, cebula	duże	100-120	150-200
Kalarepa, brukselka, pietruszka, sałata głowiasta, koper, endywia	średnie	80-100	80-150
Fasola, groch, rzodkiewka	małe	40-80	40-50

Przy ustalaniu potrzeb nawożenia azotem należy uwzględnić :

- zawartość azotu mineralnego w glebie, (na podstawie analizy gleby)
- azot z mineralizacji substancji organicznej, (trzeba znać zawartość substancji organicznej oraz typ gleby- analiza wykonywana co 4 lata)
- azot pobrany przez rośliny przy przewidywanym plonie,
- straty azotu mineralnego powstałe w trakcie okresu uprawowego (przemieszczenie się do wód gruntowych, ulatnianie się form gazowych do atmosfery - od 15 do 30%)

Ponadto nawożenie azotem zależy także 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. Rośliny warzywne o krótkim okresie wegetacji nie należy nawozić pogłównie gdyż zachodzi obawa nadmiernej akumulacji

azotanów. Przedwegetacyjna dawka azotu zależy od wrażliwości roślin na stężenie soli w glebie, rodzaju gleby oraz jej wilgotności.

Do nawożenia pogłównego najlepsze są saletry. Nawozów amonowych i mocznika nie można stosować na glebach o odczynie kwaśnym. Na glebach o uregulowanym odczynie oraz przy możliwości ich przykrycia można stosować każdy rodzaj nawozów azotowych. Mocznik stosuje się przedsiewnie i pogłównie, szczególnie u roślin o długim okresie wegetacji, a także dolistnie w formie opryskiwania roztworem o stężeniu od 0,5 % w zależności od gatunku do 5%.

Nawozy azotowe można rozsiewać na całą powierzchnię uprawną lub pasowo (zarówno nawożenie przedwegetacyjne jak i pogłowne) jak i stosować w sposób zlokalizowany. Nawożenie zlokalizowane polega na umieszczeniu nawozu wgłębnie w rzędzie pod nasionami lub sadzonymi roślinami, lub obok rzędu co ułatwia szybkie dotarcie korzeni do składników pokarmowych.

Nawozy azotowe mogą być również rozprowadzane w formie płynnej poprzez fertygację kroplową. Do nawożenia płynnego nadają się nawozy całkowicie rozpuszczalne w wodzie (płynna saletra amonowa oraz saletry wapniowa, potasowa i magnezowa). Płynne nawożenie, poprzez lepsze wykorzystanie składników pokarmowych wpływa na wzrost plonu, zmniejszenie zużycia nawozów oraz zmniejsza zanieczyszczenie wód gruntowych.

Nawożenie fosforem

Źródłem fosforu dla roślin są łatwo rozpuszczalne fosforany znajdujące się w glebie. Jest on głównie pobierany w formie jonów kwasu ortofosforowego. Pobranie fosforu przez rośliny zależy w dużym stopniu od zawartości dostępnych form fosforu w glebie. Zasadniczym czynnikiem ograniczającym przystępność fosforu jest zakwaszenie gleby. Obecność substancji organicznej w glebie zapobiega przechodzeniu form rozpuszczalnych w formy niedostępne dla roślin, poprzez tworzenie kompleksowych połączeń fosforanów ze związkami próchnicowymi. Nawozy fosforowe stosowane w nadmiernej ilości mogą być źródłem zanieczyszczeń mających negatywny wpływ na środowisko naturalne. Uważa się, że wprowadzenie fosforu do wód może powodować siedmiokrotnie większy wzrost suchej masy glonów niż wprowadzenie takiej samej ilości azotu. W przypadku fosforu, jego związki 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 spływem 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.

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 rośliny przede wszystkim w początkowym okresie wzrostu i 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 części nadziemnych roślin świadczące o braku fosforu.

Fosfor jest składnikiem stosunkowo mało mobilnym w glebie. Zwłaszcza w glebach bardzo kwaśnych jak 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 dla roślin, a tylko 1% przypada na związki łatwo dostępne. Przy obliczaniu dawki nawozów fosforowych należy uwzględniać 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, ogórek, sałata oraz rośliny kapustne.

Nawożenie fosforem stosujemy jesienią lub wczesną wiosną równomiernie rozrzucając nawozy na powierzchnię uprawną, a następnie mieszamy je z glebą w dawkach przedstawionych w tabeli 37. Nie należy wysiewać nawozów fosforowych równocześnie z nawozami zawierającymi wapń, gdyż fosfor ulegnie uwstecznieniu.

Tab. 37. Zalecane dawki fosforu w zależności od zawartości fosforu w glebie (wg Nowosielskiego)

Zawartość fosforu dostępnego w glebie (mg P /l gleby)	Zalecane dawki fosforu (kg P na 1 ha)	
	Rośliny o małych i średnich wymaganiach pokarmowych	Rośliny o dużych wymaganiach pokarmowych
Do 20	>50	>50
20-50	30	40
50-80	25	30
Powyżej 80	Nawożenie nie zalecane	Nawożenie nie zalecane

Przy nawożeniu fosforem należy uwzględnić współczynnik sorpcji fosforu, który dla gleb mineralnych wynosi od 3 do 5, a zatem dawkę fosforu wynikającą z niedoboru tego składnika należy pomnożyć przez współczynnik sorpcji.

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 w zależności od rodzaju gleby oraz wymagań pokarmowych poszczególnych roślin warzywnych podano w tabeli 38.

Tab. 38. Standardowa zawartość potasu w glebie dla warzyw w zależności od rodzaju gleby (wg Nowosielskiego)

Gatunek warzyw	Zawartość potasu w glebach cięższych (>20% części spławialnych) w mg/l gleby	Zawartość potasu w glebach lżejszych (<20% części spławialnych) w mg/l gleby
Groch, rzodkiewka,	100	125
Marchew, sałata, kukurydza cukrowa, endywia, ziemniak wczesny	125	150
Kapusty, ogórek, cebula, rabarbar, szpinak, burak ćwikłowy	150	175
Pomidor, por, kapusta brukselska, seler, kalafior, brokuł	175	200

Współczynnik sorpcji potasu w glebie zależy od składu mechanicznego gleby i zawartości substancji organicznej i wynosi średnio 1,5. Nawożenie potasem stosuje się przedwegetacyjnie najczęściej razem z nawozami fosforowymi. Potas jest składnikiem łatwo wymywalnym, dlatego na glebach lekkich o małych zdolnościach sorpcyjnych nie powinno się wysiewać potasu jesienią. Rodzaj stosowanych nawozów potasowych powinno się uzależnić od gatunku warzyw. Dla większości gatunków warzyw bardziej odpowiednią formą nawozów potasowych jest forma siarczanowa. Nieliczne gatunki jak seler, szparag, burak ćwikłowy i szpinak można nawozić formą chlorkową.

Nawożenie magnezem.

Rośliny warzywne są wrażliwe na niedobór magnezu w glebie. Niedobór magnezu występuje najczęściej na glebach zakwaszonych i przenawożonych potasem. Również brak stosowania nawozów organicznych obornika, kompostu jest przyczyną niedostatecznej zawartości magnezu w glebie. Standardowe zawartości magnezu w zależności od rodzaju gleb przedstawiono w tabeli 39.

Tab. 39. Ocena zasobności gleb w magnez dostępny (wg Nowosielskiego)

Zasobność gleby	Zawartość magnezu dostępnego w glebie (w mg Mg w 1 l gleby)		
	lekkiej	średniej	ciężkiej
Niska	do 30	do 40	do 60
Średnia	30-60	40-80	60-120
Wysoka	ponad 60	ponad 80	ponad 120

W przypadku niedoboru magnezu, nawozy magnezowe stosuje się przedwegetacyjnie np. w formie siarczanu magnezu. Jeśli gleba ma niskie pH można również zastosować wapno dolomitowe lub magnezowe tlenkowe lub węglanowe.

4.4. Nawożenie roślin ozdobnych w uprawach polowych

4.4.1. Nawożenie przed siewem lub sadzeniem roślin

Wykonuje się w czasie przygotowywania gleby w celu stworzenia optymalnych warunków odżywiania roślin bezpośrednio po siewie i sadzeniu roślin. 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.

Nawożenie organiczne

Nawożenie organiczne poprawia właściwości fizyczne gleb mineralnych, zwiększając porowatość oraz zawartość substancji organicznej co wpływa korzystnie na strukturę 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 gleb, nawozy naturalne i organiczne są źródłem stopniowo uwalnianych składników mineralnych. Rodzaj składników i tempo ich uwalniania zależą od stosowanego nawozu naturalnego/organicznego.

Nawozy naturalne

W uprawach roślin ozdobnych, z nawozów naturalnych wykorzystuje się głównie obornik i gnojówkę. Bardzo dobrze reagują na stosowanie okresowo nawozów naturalnych (szczególnie jeśli są uprawiane na glebach słabszych) rośliny cebulowe (tulipany, narcyzy, mieczyki, lilie) i bulwiaste (dalia, piwonia), a także słoneczniki uprawiane na kwiaty cięte. Nawozy te powinny być stosowane pod przedplon lub w roku poprzedzającym uprawę.

Obornik

W uprawie roślin ozdobnych powinno się stosować obornik dobrze rozłożony. 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. Ze względu na duże zróżnicowanie w zawartości składników w obornikach, do kalkulacji ilości składników wnoszonych do gleby wraz z obornikiem przyjmuje się wartości średnie (Tabela 40).

Tabela 40. Średni skład chemiczny dobrze rozłożonego i racjonalnie przechowywanego obornika.

Składnik	Zawartość w s.m
Makroskładniki (%)	
Azot (N)	0,50
Fosfor (P)	0,25
Potas (K)	0,60
Magnez (Mg)	0,09
Wapń (Ca)	0,28
Siarka (S)	0,08
Mikroskładniki (mg·kg ⁻¹)	
Bor (B)	5,0

Miedź (Cu)	4,7
Mangan (Mn)	30,0
Cynk (Zn)	43,5
Molibden (Mo)	0,4

W glebach lekkich, charakteryzujących się mniejszymi właściwościami sorpcyjnymi, obornik rozkłada się szybciej, dlatego poleca się stosowanie obornika w mniejszych dawkach, ale częściej (co 3-4 lata). Na glebach zwięzłych obornika może być stosowany w wyższych dawkach i rzadziej (co 4-5 lat). Ilość stosowanego obornika zależy od jakości i stopnia jego rozkładu oraz uprawy roślin, w której ma być stosowany. Biorąc pod uwagę ograniczenia w ilości stosowanego obornika (170 kg N na ha), najczęściej stosowane dawki obornika wynoszą od 20 do 40 ton na ha. Dawki obornika dobrze rozłożonego w uprawach gruntowych mogą dochodzić do 30-50 kg na 10 m². Dopuszczalne jest stosowanie w uprawie roślin ozdobnych obornika dobrze rozłożonego na około 2-4 tygodnie przed sadzeniem roślin. Pozwala to na częściowy rozkład obornika, co zawęża stosunek C:N we wniesionej masie organicznej, prowadząc do zmniejszenia prawdopodobieństwa niedoboru N w roślinie na skutek immobilizacji (pobierania N przez drobnoustroje glebowe).

Obornik jest stosunkowo bogaty w N, zwłaszcza w formę amonową. Rośliny ozdobne są bardzo wrażliwe na toksyczność formy amonowej azotu. W przypadku nawozów naturalnych, najczęściej obserwuje się negatywne reakcje roślin przy stosowaniu obornika kurzego, który zawiera znaczne ilości N w formie amonowej. Zbyt krótki okres pomiędzy stosowaniem obornika kurzego, a założeniem plantacji może powodować uszkodzenia kiełkujących nasion lub rozsady.

Gnojówka

W uprawie roślin ozdobnych możliwe jest także stosowanie gnojówki. Nawóz ten jest przefermentowanym moczem zwierząt gospodarskich. Charakteryzuje się m.in. zasadowym odczynem. Jej skład chemiczny zależy od sposobu jej gromadzenia i przechowywania. Dobrze przechowywana gnojówka zawiera przeciętnie 1-3% suchej masy, 0,3-0,6% N, 0,8-1,0% K₂O i poniżej 0,04% P₂O₅. Gnojówka jest więc nawozem azotowo-potasowym. Azot w gnojówce występuje w formie amonowej, a potas w formie łatwo dostępnej dla roślin. Poza tym w gnojówce występują również substancje stymulujące wzrost roślin oraz związki organiczne. W uprawie roślin ozdobnych zaleca się stosowanie gnojówki przed sadzeniem roślin (co najmniej 2 tygodnie). Gnojówkę można wprowadzić do gleby na głębokość 5-20 cm z użyciem

aplikatorów doglebowych lub też zastosować napowierzchniowo za pomocą wozów asenizacyjnych wyposażonych w węże rozlewowe, a następnie wymieszać z glebą na głębokość do 20 cm. Gnojówki nie powinno używać się bezpośrednio przed sadzeniem roślin. Maksymalna dawka gnojówki i gnojowicy na ha jest uwarunkowana zawartością w nim N i nie może przekroczyć 170 kg N na ha.

W uprawach roślin ozdobnych gnojówkę można stosować pogłównie pod warunkiem jej rozcieńczenia wodą w stosunku 1 (nawóz):3-5 (woda). Proporcja rozcieńczenia gnojówki zależy od zawartości w niej azotu i potasu.

Kompost

Dobrym nawozem organicznym jest również kompost zielony (wyprodukowany z odpadów biodegradowalnych pochodzenia roślinnego). 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 gleby, metody uprawy oraz wymagań roślin. W przypadku kompostu w postaci sypkiej, dawki w uprawach gruntowych lub na zagonie wahają się od 15 do 30 kg na 10 m².

Nawożenie fosforem

W 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 2,5 kg superfosfatu pojedynczego lub 1,5 kg superfosfatu potrójnego na 10 m² powierzchni gleby/zagonu. W glebach organicznych fosfor jest słabiej sorbowany i dużo szybciej się wypłukuje. Przy dłuższej trwających uprawach należy kontrolować zawartość fosforu w glebie i ewentualnie uzupełniać jego zawartość w nawożeniu pogłównym. Dawka fosforu powinna być obliczona po wykonaniu analizy chemicznej gleby.

Nawożenie magnezem

Magnez potrzebny jest roślinom ozdobnym w dość dużych ilościach. Jeśli gleba było odkwaszane dolomitom, to zawarty w nim magnez powinien być dostępny dla roślin przez kilka miesięcy. Gleby niewymagające odkwaszania należy wzbogacać w magnez w ilości 200-500 g na 10 m² powierzchni uprawnej. Z reguły przy uprawie roślin ozdobnych wymagane jest dodatkowe nawożenie pogłównie magnezem. Jeśli stosujemy nawadnianie to dawka magnezu

może zależeć od jego zawartości w wodzie do nawadniania. Dawka magnezu powinna być obliczona po wykonaniu analizy chemicznej gleby.

Nawożenie mikroelementami

Przyswajalność mikroelementów jest silnie powiązana z odczynem podłoża. Ze względu na małe ilości dodawanych nawozów mikroelementowych w czasie przygotowywania gleby, powinny one być dokładnie wymieszane glebą. Jako źródło mikroelementów używa się soli lub chelatów. 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 glebach 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 glebie do poziomu toksycznego dla roślin.

Odczyn gleby

Odczyn 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 (z wyjątkiem roślin kwaśnolubnych) 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, wapnia i magnezu. Z kolei gleby o odczynie zasadowym prowadzą do niedoborów żelaza, manganu, cynku i miedzi. Należy pamiętać, że gleby mineralne ze względu na wyższą buforowość (obecność kompleksu sorpcyjnego) zwykle wolniej reagują na odkwaszanie. W tabeli 41 podano wykaz roślin ozdobnych uprawianych w szkółkach ozdobnych i ich preferencje co do odczynu gleby.

Tabela 41. Odczyn gleby dla roślin ozdobnych uprawianych w szkółkach

Rośliny kwaśnolubne (na gleby kwaśne i bardzo kwaśne) (pH 3,5-5,5)	Rośliny na gleby lekko kwaśne (pH 5,7-6,8)	Rośliny na gleby obojętne (pH 6,8-7,2)	Rośliny na gleby zasadowe (pH 7,2-8,0)	Rośliny tolerancyjne
Różanecznik	Hortensja ogrodowa	Hortensje bukietowe	Judaszowiec	Miłorząb dwuklapowy
Azalia	Magnolia	Żywotniki (tuje)	Bukszpan	Pęcherznica kalinolistna
Wrzos	Klony palmowe	Leszczyna	Cis pospolity	Bez czarny
Kiścień	Sosny	Krzewuszką	Budleja	Krzewuszką cudowną
Pieris	Jałowce	Ognik	Gledicja	Brzoza brodawkowata
Kalmia	Cyprysiki	Surmia	Jaśminowiec	Klon jawor
Skimia	Wierki	Forsycja	Karagana	
Stewarcja	Sośnica japońska	Morwa	Lawenda	
	Choina kanadyjska	Dereń biały	Pigwowiec	
	Porzeczka ozdobna	Rumianka	Sosna bosniacka	
			Świerk serbski	
			Perukowiec	

4.4.2. Nawożenie pogłównie

Nawożenie to ma na celu wprowadzenie składników mineralnych, które nie zostały w wystarczającej ilości dostarczone do gleby podczas przygotowywania gleby pod nasadzenia, lub gdy zmniejszyła się ich zawartość w 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 gleby.

Nawożenie azotem

Powinno być oparte na analizach chemicznych 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 glebie dla roślin ozdobnych nie powinna przekraczać 30% zawartości azotu w formie azotanowej. Nadmiar formy amonowej w 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 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 szkółek ozdobnych

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 (obornik lub kompost) 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. 42) oraz konieczność dzielenia rocznej dawki azotu (tab. 43). Nawożenie fosforem (tab. 44, 45), potasem (tab. 46 i 47) i magnezem (tab. 48) w uprawach gruntowych wykonuje się na podstawie wyników analiz chemicznych gleby. Dawkę składników pokarmowych, którą należy zastosować, oblicza się z różnicy między zawartością standardową a aktualną wykazaną w czasie analizy.

Tabela 42. 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 43. 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
Młodzież	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 44. 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	6,5-10,0	3,5-6,5
Niska	<6,5	<3,5

Tabela 45. 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, młodzię), iglaste	Średnie	20	25	40
<i>Populus, Salix</i>	Niskie	10	15	20

Tabela 46. 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	>25,0	>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 47. 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 48. 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 ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$)
	Gleby lekkie	Gleby średnie	Gleby ciężkie	
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

4.5. Metody określania potrzeb nawozowych roślin ogrodniczych

Jednym z ważniejszych czynników, mających bezpośredni wpływ na wzrost i rozwój rośliny, jest zasobność w składniki pokarmowe środowiska systemu korzeniowego. Dostępność składników pokarmowych w glebie ma również istotny wpływ na aktywność mikrobiologiczną gleby. 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).

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.

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.

Odczyn gleby

W uprawach rolniczych i sadowniczych oznaczenie odczynu (pH) gleb mineralnych wykonuje się w powietrznie suchej glebie, przesianej przez sito o średnicy oczek 1 mm i traktowanej roztworem 1 M KCl. Pomiar wykonuje się w zawiesinie 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. 49).

Tabela 49. Odczyn gleby w zależności od zastosowanej metody

Odczyn gleby	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

Metoda uniwersalna

Jest stosowana w uprawie roślin ogrodnich 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.

Do analiz chemicznych powinny być dostarczane próby pobrane zgodnie z zasadami obowiązującymi w ogrodnictwie (https://dpr.iung.pl/wp-content/uploads/Nawozenie_roslin_ogrodnich1.pdf). W przypadku gleb, ważne jest miejsce pobrania próby, głębokość pobierania, termin i częstotliwość oraz technika pobierania. W uprawach ogrodnich w celach diagnostycznych duże znaczenie mają również analizy materiału roślinnego. W tym przypadku trzeba zwrócić uwagę na sposób pobierania próby, termin i częstotliwość pobierania oraz przygotowanie próbek do analizy. W uprawach ogrodnich coraz częściej do nawożenia wykorzystuje się fertygację (rozdział 5), która wymaga szczegółowej analizy wody i pożywek stosowanych do nawożenia. 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, sód, 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-NO_3^- , N-NH_4^+ , PO_4^{3-} , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , jonów siarczanowych (SO_4^{2-}) 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. Pobranie próbki wody do analizy 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.

5. Nawadnianie roślin ogrodnich

5.1. Wymagania wodne roślin

Podstawowym celem stosowania nawadniania jest utrzymanie optymalnej wilgotności gleby i podłoża ogrodnich. Rodzaj zastosowanego systemu nawodnieniowego musi odpowiadać wymaganiom agrotechnicznym roślin przy spełnieniu warunku oszczędnego gospodarowania wodą i energią. Oszczędne gospodarowania wodą w uprawie roślin ogrodnich, której deficyt systematycznie pogłębia się w wyniku zmian klimatycznych ma decydujące znaczenie dla uzyskania wysokich i stabilnych plonów oraz zadawalających wyników ekonomicznych. Od prawidłowego nawadniania jest zależny wzrost, rozwój roślin oraz jakość uzyskanego plonu. W przypadku upraw polowych duża zmienność warunków pogodowych stwarza konieczność uzupełniania niedoborów wody poprzez nawadnianie, które umożliwia też dotrzymanie optymalnych terminów wysiewu i sadzenia roślin, a także ich terminowy zbiór. Bardzo często zdarza się bowiem, że z powodu suszy producenci opóźniają wysiew lub sadzenie roślin, jak również opóźniają ich zbiór. Niedobór wody w glebie nie tylko istotnie obniża plonowanie roślin, ale także wpływa niekorzystnie na niektóre cechy jakościowe, które uwarunkowane są właściwym uwilgotnieniem gleby i dobrym zaopatrzeniem roślin w wodę w okresie wegetacji.

Wymagania wodne roślin ogrodnich są bardzo zróżnicowane w zależności od gatunku, a także, od odmiany. Spośród roślin ogrodnich najbardziej wrażliwe na niedobory wody w okresie wegetacji są rośliny warzywne, jagodowe uprawy sadownicze drzewa owocowe zaszczerpione na podkładkach karłowatych oraz uprawy szkółkarskie.

Do warzyw najbardziej wrażliwych na suszę należą: ogórek, cebula, sałata, rzodkiewka, seler, kalafior, brokuł, kapusta pekińska. Nieco mniej wrażliwe na niedobór wody są: kapusta brukselska, pomidor wiotkołodygowy, por, fasola szparagowa. Najmniejszą wrażliwość na suszę wykazują warzywa korzeniowe – marchew, pietruszka, burak ćwikłowy, chrzan a także pomidor wysokorosnący, groch i szparag.

Ilość wody potrzebna do nawadniania warzyw w sezonie wegetacyjnym zależy od gatunku rośliny, rodzaju gleby i warunków pogodowych. W naszych warunkach klimatycznych sezonowe normy nawodnień wahają się od 40 mm (400 m³ na 1 hektar) dla warzyw o mniejszych wymaganiach wodnych i krótkim okresie wegetacji do 150 mm (1 500 m³ na 1 hektar) i więcej dla warzyw o dużych wymaganiach wodnych i długim okresie wegetacji. Potrzeby wodne roślin są zróżnicowane w okresie ich wzrostu i rozwoju. Są okresy, w których

rośliny wykazują szczególną wrażliwość na niedobór wody (tzw. okresy krytyczne), podczas których nawadnianie decyduje o wysokości plonu.

Z roślin sadowniczych najbardziej wrażliwe na suszę są rośliny jagodowe, a zwłaszcza: truskawka, poziomka, malina, borówka wysoka oraz jabłoń szczepiona na podkładkach karłowych. Jabłoń jest pod względem gospodarczym najważniejszym gatunkiem wśród drzew owocowych uprawianych w Polsce. Dla optymalnego wzrostu i plonowania jabłoni wymagane jest około 650–750 mm opadów rocznie, przy czym nie suma rocznych opadów ma decydujący wpływ, ale ich rozkład w okresie wegetacji. W praktyce sadowniczej sumaryczne dawki nawadniania kropłowego w intensywnych sadach jabłoniowych wahają się od 30–180 mm. Grusza ma nieznacznie mniejsze od jabłoni potrzeby wodne, które szacuje się na 600–750 mm. Wymagania wodne śliw są podobne do wymagań jabłoni szczepionych na podkładkach karłowych. Niższe potrzeby wodne mają brzoskwinie i morele, co wynika przede wszystkim z krótszego czasu, który mija od początku wegetacji do zbioru owoców. Wiśnie i czereśnie mają mniejsze potrzeby wodne od innych gatunków drzew owocowych. Udują się w rejonach, gdzie suma roczna waha się od 500–600 mm. Gatunki te są bardzo wrażliwe na nadmiar wody w glebie, a szczególnie na zbyt wysoki poziom wody gruntowej. Nawet po stosunkowo krótkim okresie pełnego nasycenia przestworów glebowych wodą i braku dostępu powietrza, korzenie gniją, a drzewa giną. Duże potrzeby wodne roślin ogrodniczych oraz ich wrażliwość na suszę wynikają ze słabo rozwiniętego systemu korzeniowego oraz wytwarzania dużej masy nadziemnej zużywającej w procesie transpiracji znaczne ilości wody.

5.2. Metody nawadniania

Podstawowe metody nawadniania w polowej uprawie roślin ogrodniczych to deszczowanie i nawadnianie kropłowe.

W uprawie warzyw najczęściej są stosowane systemy deszczowniane, które imitują opad deszczu. Aby uzyskać prawidłową pracę deszczowni, ciśnienie robocze dla zraszaczy obrotowych wynosi od około 0,25 do 1,0 MPa, w zależności od średnicy dyszy zraszacza. Zapewnienie wysokiego ciśnienia roboczego dla prawidłowej pracy zraszaczy, wiąże się z dużym jednostkowym zapotrzebowaniem na wodę. Dla najczęściej stosowanych w uprawie warzyw zraszaczy, których średnica dysz wynosi od 4 do 12 mm, wydatek wody wynosi od 0,8 do 12,2 m³/h. Przy stosowanych rozstawach zraszaczy (od 12 x 12 do 24 x 24 m) intensywność deszczowania wynosi od 6 do 12 mm/h, a więc jednostkowe zapotrzebowanie na wodę wynosi od 60 do 120 m³/ha/h. Duże jednostkowe zużycie wody w czasie deszczowania wymaga

zapewnienia odpowiednio wydajnego źródła wody, wydajnych agregatów pompowych oraz rur o odpowiednio dużych przekrojach, a w związku z tym koszt deszczowania jest stosunkowo wysoki. Tego rodzaju systemy są używane także do ochrony roślin sadowniczych przed przymrozkami wiosennymi oraz do nawadniania szkółek kontenerowych.

Alternatywą dla wysokociśnieniowych systemów deszczowniczych są deszczownice niskociśnieniowe, w których stosuje się zraszacze o małej wydajności. Przykładem deszczowni niskociśnieniowej jest deszczownia szpulowa konsolowa lub niskociśnieniowa deszczownia przetaczana. Deszczownice tego rodzaju są wyposażone w zraszacze nasadkowe o średnicy dyszy 3-6 mm, umieszczonych na belce deszczującej w odległości co 0,5-1,0 m, które pracują prawidłowo już przy ciśnieniu roboczym 0,08-0,15 MPa. Bardzo często dla uzyskania lepszej równomierności nawadniania zraszacze są wyposażone dodatkowo w indywidualne regulatory ciśnienia. Obniżenie ciśnienia roboczego pozwala na znaczne oszczędności wody i energii. Zaletą tego typu deszczowni jest również równomierny rozkład wody na powierzchni pola, mała wrażliwość na działanie wiatru, niska intensywność opadu oraz możliwość dokładnego deszczowania pola w kształcie kwadratu lub prostokąta.

Różnego rodzaju belki i suwnice zraszające, wyposażone w minizraszacze, są stosowane do nawadniania kontenerowych szkółek roślin ozdobnych oraz w produkcji szkółkarskiej pod osłonami. Systemy tego rodzaju mogą służyć jednocześnie do nawadniania, nawożenia (fertygacji) a przy zastosowaniu odpowiednich dysz, umożliwiają prowadzenie chemicznej ochrony roślin. Do nawadniania roślin sadowniczych i tych pod osłonami są stosowane także minizraszacze. W przypadku upraw roślin sadowniczych minizraszanie polega na zraszaniu powierzchni gleby tylko w pobliżu roślin. Woda jest podawana przez małe emiterzy, wykonane z tworzywa sztucznego, minizraszacze o wydatku od 20 do 200 l/h. Zależnie od rodzaju zastosowanej wkładki uderzeniowej, minizraszacze podają wodę w postaci kropel lub strumieni. Rodzaj zastosowanej wkładki wpływa także na kształt zwilżanej powierzchni. W celu zwiększenia równomierności nawadniania i możliwości instalowania długich ciągów nawodnieniowych, stosuje się coraz częściej minizraszacze wyposażone w regulator przepływu. Zraszacze typu mini mają stały wydatek wody w szerokim zakresie ciśnień. Najnowsze rozwiązania to minizraszacze pulsacyjne o wydatku wody od 2 do 12 l/h. Tak niewielki jednostkowy wydatek umożliwia zastosowanie minizraszania pulsacyjnego, nawet przy bardzo ograniczonych wydajnościach źródła wody.

Wodo-oszczędnym systemem jest nawadnianie kropłowe, które stosowane jest w uprawach roślin sadowniczych i ozdobnych, a także – coraz powszechniej – w polowej uprawie warzyw. System nawadniania kropłowego jest systemem o znacznie mniejszym jednostkowym

zapotrzebowaniu na wodę, w porównaniu do systemu deszczownianego. Ciśnienie robocze potrzebne do pracy systemu kropłowego jest znacznie niższe niż w systemie deszczownianym i wynosi od około 0,02 do 0,25 MPa – w zależności od rodzaju emiterów. Mniejsze zapotrzebowanie na wodę oraz niższe ciśnienie, potrzebne do pracy systemu, umożliwiają zastosowanie pomp o mniejszej wydajności oraz przewodów rozprowadzających i innych akcesoriów o mniejszej średnicy – co obniża koszty całego systemu. Oszczędności wody wynikają również ze zwilżenia stosunkowo niewielkiej powierzchni gleby, co ogranicza straty wody przez parowanie. Natomiast stosowanie małych dawek wody ogranicza straty spowodowane odpływem wody poza zasięg systemu korzeniowego roślin. Dzięki temu oszczędność wody może dochodzić do 40%, w porównaniu do innych systemów nawadniania. Ze względu na swe niewątpliwe zalety systemy nawadniania kropłowego są stosowane już powszechnie we wszystkich działach produkcji ogrodniczej. Najważniejsze zalety systemów kropłowych to: oszczędne gospodarowanie wodą, niskie zapotrzebowanie na energię, całkowite wyeliminowanie zraszania liści podczas nawadniania, możliwość wykonywania prac agrotechnicznych w trakcie nawadniania, a także możliwość nawadniania w nocy a nawet w trakcie bardzo silnego wiatru. Podstawowym elementem każdej instalacji nawodnieniowej jest emiter (kroplownik). Na rynku mamy bardzo wiele rozwiązań technicznych znacznie różniących się budową i wielkością, jednak podstawowym warunkiem jakościowym oceny emiterów kropłowych jest równomierność wydatku wody.

Linie kropkujące umieszczamy na powierzchni gruntu, podwieszamy ponad glebą (drzewa owocowe) lub w miarę potrzeb umieszczamy pod powierzchnią gruntu (warzywa, rośliny jagodowe). W przypadku zastosowania linii kropłujących do nawadniania wglębnego lub do nawadniania upraw rocznych proces rozwijania i zwijania przewodów jest prowadzony za pomocą specjalistycznych maszyn.

5.3. Fertygacja

System nawadniania kropłowego polega na dostarczaniu małych, ale często stosowanych dawek wody bezpośrednio do strefy korzeniowej roślin. Do tego systemu nawadniania można dodawać rozpuszczalne w wodzie nawozy, co umożliwia nawożenie roślin (fertygacja). Płynne nawożenie roślin poprzez system nawadniania kropłowego umożliwia oszczędne gospodarowanie wodą i nawozami. Podstawową zaletą tej techniki nawożenia jest dokładność i równomierność podawania pożywki. Nawozy dostarczane są tylko do zwilżonej bryły gleby lub podłoża - tam gdzie rozwija się najbardziej aktywna część systemu korzeniowego. Wysoka

potencjalna efektywność fertygacji wynika z możliwości stosowania optymalnego stężenia pożywki nawozowej oraz większego zagęszczenia korzeni w strefie zwilżanego podłoża. Fertygacja tworząc w obrębie strefy korzeniowej roślin optymalną koncentrację dostarczanych jonów powoduje efektywniejsze ich wykorzystanie, dając jednocześnie potencjalną możliwość zsynchronizowania aplikacji nawozów z potrzebami roślin. Fertygację wykonuje się za pomocą kropłowników liniowych rozłożonych na powierzchni ziemi lub podwieszonych pod drzewami. Ilość i stężenie podawanych nawozów powinno być uzależnione od wieku i fazy rozwojowej roślin oraz od przebiegu pogody. Do nawożenia płynnego nadają się nawozy całkowicie rozpuszczalne w wodzie (płynna saletra amonowa oraz saletry wapniowa, potasowa i magnezowa). W uprawie warzyw najczęściej stosuje się płynne nawożenie azotem. Zazwyczaj 1/3 dawki azotu stosuje się przedwegetacyjnie, razem z nawożeniem fosforowo-potasowym, natomiast pozostałą część w postaci płynnego roztworu. Fertygację stosuje się w kilku dawkach, najlepiej cotygodniowych, dokarmiając rośliny w fazie intensywnego przyrostu masy wegetatywnej. Stężenie podawanej pożywki powinno wynosić 0,1 – 0,2%.

W sadach i na plantacjach owocowych fertygacja staje się coraz bardziej popularną praktyką. Wynika to przede wszystkim z możliwości precyzyjnego dawkowania nawozów w zależności od fazy rozwojowej roślin oraz panujących warunków atmosferycznych. Przekłada się to nie tylko na pełne pokrycie potrzeb pokarmowych roślin, ale także na lepsze wykorzystanie składników mineralnych oraz mniejsze straty wynikające z ich wymywania lub ulatniania. Co istotne, dawki składników mineralnych stosowane w fertygacji są kilkakrotnie mniejsze niż w nawożeniu tradycyjnym, co czyni tę metodę bardziej efektywną ekonomicznie. W większości sadów i plantacji fertygację nawozami azotowymi prowadzi się od początku maja do połowy sierpnia, z częstotliwością co 5–7 dni. Fertygację pozostałymi składnikami można kontynuować nawet do połowy września.

Skuteczność fertygacji w uprawach sadowniczych w dużej mierze zależy od właściwości fizyczno-chemicznych gleby. Aby system ten był efektywny, gleba musi mieć odpowiedni odczyn oraz strukturę sprzyjającą wzrostowi systemu korzeniowego. Konieczne jest również zapewnienie właściwych warunków glebowych nie tylko w obrębie ugoru herbicydowego, gdzie instaluje się linie kroplujące, ale także w międzyrzędziach. Z tego względu zaleca się odpowiednie przygotowanie gleby pod nasadzenia oraz łączenie fertygacji z nawożeniem tradycyjnym w dawkach zredukowanych o około 50%.

Do głównych wad fertygacji należy zaliczyć konieczność inwestycji w odpowiedni system nawodnieniowy oraz wymóg stosowania nawozów i wody o wysokiej jakości. Dodatkowo, system ten wymaga regularnej konserwacji i kontroli technicznej, aby zapobiec zapychaniu

emiterów a co za tym idzie nierównomiernemu dostarczaniu składników dla roślin. Istnieje również ryzyko zasolenia gleby przy niewłaściwym doborze nawozów lub zbyt częstym stosowaniu fertygacji, a także potrzeba specjalistycznej wiedzy w zakresie planowania wielkości dawek nawozów oraz zarządzania systemem nawadniania.

Mimo tych ograniczeń fertygacja znajduje szerokie zastosowanie w uprawach sadowniczych i jagodowych. W warunkach coraz częstszych susz oraz konieczności racjonalnego gospodarowania zasobami wodnymi i nawozami mineralnymi, w tym azotowymi, metoda ta staje się ważnym narzędziem wspierającym zrównoważoną produkcję ogrodniczą (Treder, 2003).

Literatura

- Aendekerk T. 1997. Fertilization guide for nursery crops. Boomteeltpraktijkonderzoek Boskoop.
- Aendekert Th. G.L. 1982. Gebreksziekten in boomkwekerijgewassen. Boskop, ss. 80
- 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.
- Czyż E. A., Łopatka A., Dexter A. R., Łysiak M., Stanek-Tarkowska J. 2013. Podatność gleb na zagęszczenie. *Studia i Raporty IUNG-PIB* 35(9), 57-95.
- Davenport J., DeMoranville C., Hart J., Patten K., Peterson L., Planer T., Poole A., Roper T., Smith J. 1995. Cranberry tissue testing for producing beds in North America. Oregon State University, Extension Service, EM 8610.
- Eck, P. 1988. Blueberry Science. Rutgers University Press, Brunswick, NJ.
- Fardossi A. 2001. Aspekte der Rebernährung in der Praxis, Beratung und Forschung. *Der Winzer*, 6: 6-14.
- Hanson E.J., Hancock J.F. 1996. Managing highbush blueberry nutrition. *MSUE Bull.* E-2011, 1–13.
- Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa. 1986. Zalecenia nawozowe. Cz. II. Optymalne dawki nawozów na gruntach ornych. IUNG, Puławy, Seria S 32.
- Internetowy System Wspomagania Decyzji w Ochronie Roślin Ogrodniczych. <https://www.inhort.pl/serwis-ochrony-roslin/>.
- Kalembasa D., Pakuła K., Jaremko D., 2011. Sorpcyjne właściwości gleb wysoczyzny siedleckiej. *Acta Agrophysica* 18(2): 311-319.
- Karczewska A., Kabala C. 2008. Metodyka analiz laboratoryjnych gleb i roślin. Wydawnictwo UP Wrocław, 45 s. www.up.wroc.pl/~kabala/Analizy2008v4.doc
- Kłossowski W. 1972. Nawożenie roślin sadowniczych. PWRiL, Warszawa.
- Kuś J. 2016. Gospodarowanie wodą w rolnictwie. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, zeszyt 47(1): 83-104.
- Lisek J. 1997. Sadowniczy atlas chwastów. Instytut Sadownictwa i Kwiaciarnictwa. Skierniewice, 129 s.
- Matysiak B. 2004. Nawożenie w szkółkach roślin ozdobnych. Szkółkarstwo.
- Mercurio G. 2007. Cut rose cultivation around the world. Schreurs B.V. De Kwakel, The Netherlands.
- Metodyki Integrowanej Ochrony Roślin Sadowniczych, Warzywnych, Ozdobnych. <https://www.inhort.pl/serwis-ochrony-roslin/>.
- Monitoring Chemizmu Gleb Ornych Polski. IUNG-PIB Puławy. https://www.gios.gov.pl/chemizm_gleb/
- Nowosielski O. 1988. Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie. Wydanie II uzupełnione. PWRiL, 310 s.
- Programy Ochrony Roślin Sadowniczych, Warzywnych, Ozdobnych. <https://www.inhort.pl/serwis-ochrony-roslin/>.
- Program Ochrony Roślin Sadowniczych. 2025. Praca zbiorowa. Viridia AB, Warszawa, 268 s.

- Program Ochrony Roślin Warzywnych Uprawianych w Polu. 2025. Praca zbiorowa. Viridia AB, Warszawa.
- Rabcewicz J., Wawrzyńczak P. 2006. Wpływ głębokości roboczej glebogryzarki sadowniczej na efektywność niszczenia chwastów w sadach. Inżynieria Rolnicza, 6: 185-191.
- Sadowski A. 2009. Jak pobierać próbki z gleby i liści z sadów? Hasło Ogrodnicze 7.
- Sadowski A., Nurzyński J., Pacholak E., Smolarz K. 1990. Określenie potrzeb nawożenia roślin sadowniczych. SGGW-AR, Warszawa.
- Siebielec G., Łopatka A., Smreczak B., Kaczyński R., Siebielec S., Koza P., Dach J., 2020. Materia organiczna w glebach mineralnych Polski. Studia i Raporty IUNG-PIB, zeszyt 64(18): 9-30.
- 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.
- Strojny Z. 1999. Objawy zaburzeń w odżywianiu roślin szkółkarskich. Materiały z konferencji pt. „Szkółkarstwo roślin ozdobnych”, Skierniewice 9-10 luty 1999 r.: 57-64.
- Treder W. 2003. Wpływ fertygacji nawozami azotowym i wieloskładnikowym na zmiany chemiczne gleby oraz wzrost i owocowanie jabłoni. Monografie i Rozprawy, ISK, Skierniewice.
- Tymrakiewicz, W. 1976. Atlas chwastów. PWRiL Warszawa, 450 s.
- Wójcik P. 2009. Nawozy i nawożenie drzew owocowych. Hortpress, Warszawa.
- Wójcik P. 2021. Analiza mineralna liści – uaktualnione kryterium diagnostyczne w nawożeniu roślin sadowniczych. Instytut Ogrodnictwa – PIB, Skierniewice.
- Wójcik P., Kowalczyk W. 2021. Nawożenie roślin sadowniczych na podstawie analizy gleby – uaktualnienie liczb granicznych oraz użycie nowych wskaźników glebowych. Instytut Ogrodnictwa – PIB, Skierniewice.
- Wójcik P. 2009. Nawozy i nawożenie drzew owocowych. Hortpress, 252 s.
- Vanek G. 1978. Diagnostische Möglichkeiten von Rebernährungsstörungen. Symptomatik und chemische Blattanalysen - die Blattdiagnostik. Weinwissenschaft, 33: 15-35.
- Zintegrowana Platforma Edukacyjna. <https://zpe.gov.pl/a/przeczytaj/D1lJ7KKMV>