

# OPTYMALIZACJA NAWOŻENIA I NAWADNIANIA W UPRAWACH SADOWNICZYCH

***Prof. dr hab. Eugeniusz Pacholak***

Akademia Rolnicza w Poznaniu

Niedostatek lub nadmiar wody i składników mineralnych działają stresowo na roślinę. Czynniki te są zdolne wywołać zmiany w organizmie roślin, które w konsekwencji obniżają plon i jego jakość. Aby ten stres ograniczyć do minimum - należałoby roślinie zapewnić optymalną ilość składników mineralnych oraz wody. Pojawia się jednak pytanie - jak to uczynić?

Drzewa i krzewy owocowe mają małe lub średnie wymagania pokarmowe, ale określenie potrzeb nawozowych stwarza większe trudności niż oznaczenie potrzeb nawożenia roślin jednorocznych. Trudności związane są z tym, że jako rośliny trwałe mają z upływem czasu zmienne wymagania w stosunku do odżywiania, a reakcja na nawożenie jest dość powolna.

Okazuje się, że w skali rocznej jest bardzo trudno określić wymagania pokarmowe drzew owocowych, a to chociażby dlatego, że pewna ilość składników jest zużywana bezpośrednio na wytworzenie nowych korzeni, gałęzi i pni oraz zgrubienie starszych części wegetatywnych. Część składników, zużywana jest na wytworzenie liści, kwiatów i zawiązków, które opadają, część znajduje się w pędach pozostawionych po cięciu w sadzie, a część wywozimy z plonem z sadu. Ponadto drzewo to genetycznie złożony organizm składający się z odmiany i podkładki, które decydują nie tylko o charakterze wzrostu i owocowania, ale również o właściwej dla siebie zdolności przystosowania się do warunków środowiska, różnej zdolności korzenienia się i specyficznej zdolności pobierania pewnych składników pokarmowych. Wszystkie te czynniki sprawiają, że opracowanie programu żywienia jest bardzo trudne, a efektywność nawożenia mineralnego wydaje się w wielu przypadkach dyskusyjna.

Nawożenie jako tani i skuteczny sposób podwyższania plonów było i jest ciągle niedoceniane. Każdy kilogram zastosowanego nawozu powinien dać widoczny i korzystny efekt w postaci wzrostu produkcji owoców o wysokiej jakości. Wydajność nawożenia, zwana też efektywnością lub produktywnością, zmniejsza się stopniowo w miarę wzrostu wysokości dawek, a nasycenie gleby składnikami jest tak duże, że dalsze zwiększanie nawożenia może okazać się niecelowe i nieskuteczne.

Nawożenie w miarę intensyfikacji w coraz mniejszym stopniu wpływa na plonowanie, a w bardzo wielu przypadkach rośliny przestają reagować na wyższe dawki albo nawet reagują ujemnie na nadmierne stężenie składników pokarmowych w glebie, czy też na niewłaściwe proporcje między nimi.

Niewłaściwe ustalenie dawek prowadzi do marnotrawstwa nawozów oraz, co jest groźniejsze, do utraty sprawności produkcyjnej roślin i do strat plonu, a także skażenia środowiska. Przenawożenie roślin to nie tylko obniżenie plonu, ale również pogorszenie jakości owoców. Obniżenie jakości jest najczęściej wynikiem utraty najlepszych właściwości smakowych i odżywczych owoców, zmniejszenia ich przydatności do przetwórstwa lub przechowywalności, obniżenia odporności na choroby i szkodniki oraz częściowej utraty wysokiej odporności na uszkodzenia w czasie transportu. Niedożywienie powoduje natomiast straty w plonie, zwiększa przemienność owocowania i obniża pewne cechy jakościowe.

Aby uniknąć błędów w odżywianiu roślin konieczne jest racjonalne, kontrolowane nawożenie jako podstawowy zabieg agrotechniczny, bez którego niemożliwe jest uzyskanie dobrych i trwałych efektów produkcyjnych.

Sądzę, że to twierdzenie jest znane, jednakże z jego realizacją jest o wiele trudniej. Dlatego, że wiele czynników może modyfikować zapotrzebowanie na składniki mineralne, a ilość i rodzaj dostępnych składników zależy od środowiska glebowego. Zadaniem sadowników jest więc poznanie tego środowiska, stąd na ten czynnik przy optymalizacji nawożenia chciałbym zwrócić szczególną uwagę.

Nie ulega wątpliwości, że ważna jest znajomość procesów zaopatrzenia roślin (korzeni) w składniki mineralne, a zatem poznanie przemian tych składników w glebie: ich translokacji do strefy bezpośredniego kontaktu gleba - roślina (rizosfery), a następnie pobranie ich przez roślinę i transport do części nadziemnej. Znajomość tych spraw umożliwi nam w miarę precyzyjnie określić potrzeby nawożenia upraw sadowniczych.

Nawożąc rośliny sadownicze należy wziąć pod uwagę cechy fizyczne, chemiczne i biologiczne gleby. Skład granulometryczny gleby decyduje o właściwościach sorpcyjnych i zasobności w składniki pokarmowe, a zwięzłość o zawartości wody i powietrza, czyli o stosunkach wodno-powietrznych. W glebach, w których są optymalne warunki wzrostu i rozwoju roślin, stosunek pomiędzy fazą stałą (skład granulometryczny), fazą ciekłą (woda) i gazową (powietrze) powinien wynosić 2:1:1.

Zasadniczym źródłem składników mineralnych jest gleba, jednak tylko nieznaczna ich część jest dostępna roślinie. Pierwzoplanowe znaczenie w procesie odżywiania roślin ma zjawisko sorpcji wymiennej. Dzięki niemu składniki pokarmowe, które doprowadzamy w formie nawozów nie są z gleby wypłukiwane wraz z wodą, ale są przez glebę zatrzymywane. Ilość przemieszczającego się w roztworze składnika jest uzależniona od ilości wody pobranej przez rośliny i od stężenia składników w roztworze.

Pobieranie składników pokarmowych może być ograniczone, kiedy występuje niedobór lub nadmiar wody, przewapnowanie lub silne zakwaszenie czy też dysproporcja w ilości niektórych składników.

Odczyn gleby jest bardzo ważną właściwością. Decyduje on w dużej mierze o rozpuszczalności i przyswajalności składników mineralnych oraz wpływa bezpośrednio na rozwój roślin wyższych i drobnoustrojów glebowych. Znajomość odczynu gleby ma więc istotne znaczenie dla oceny jakości i przydatności rolniczej gleb oraz racjonalnego nawożenia roślin.

Gleby kwaśne są pozbawione węgla wapnia. W ich kompleksie sorpcyjnym występują głównie jony wodoru i glinu, a w próchnicy przeważają fulwokwasy. Stosunki wodne i powietrzne są z reguły wadliwe na skutek niestabilności struktury glebowej (brak lepiszcza oraz destrukcyjne działanie kwaśnej próchnicy). W roztworze gleb kwaśnych znajdują się

duże ilości toksycznego glinu, żelaza i manganu. W glebach kwaśnych w porównaniu do obojętnych i zasadowych są mniejsze ilości wapnia, magnezu i potasu. Poważnemu ograniczeniu ulega aktywność biologiczna bakterii i promieniowców. Wpływa to na zahamowanie wielu korzystnych przemian związków azotowych (nityfikacji) i wiązania wolnego azotu. W miarę zmiany odczynu na obojętny niekorzystne właściwości gleb kwaśnych ulegają poprawie. Mogą wystąpić jednak inne niekorzystne zjawiska, takie jak obniżenie rozpuszczalności związków żelaza, manganu, cynku, miedzi, boru i fosforu.

Czynnikiem, który w istotny sposób wpływa na właściwości fizyczne i chemiczne gleby są organizmy glebowe należące do różnych grup świata roślinnego i zwierzęcego. Organizmy glebowe rozdrabniające i mineralizujące resztki roślinne i zwierzęce odgrywają dominującą rolę w powstawaniu organicznych i organiczno-mineralnych koloidów glebowych, w rozpuszczaniu i uruchamianiu związków mineralnych oraz wzbogacaniu gleb w N i CO<sub>2</sub>.

Jak wynika z przedstawionych danych rola środowiska glebowego w procesach pobierania składników mineralnych jest duża. Jednakże może ona podlegać relatywnie łatwym, w porównaniu z warunkami wzrostu i plonowania nadziemnych części roślin, modyfikacjom zarówno na skutek naturalnych procesów biologicznych i chemicznych zachodzących w glebie, jak też na skutek świadomej działalności człowieka.

Jaka więc jest metoda ustalania potrzeb nawożenia roślin sadowniczych? Przy ustalaniu potrzeb nawozowych oraz ocenie poziomu odżywiania drzew owocowych należy uwzględnić wpływ różnych czynników na modyfikację zawartości składników w glebie oraz uwzględnić stan wzrostu i plonowania drzew.

Jedyną drogą racjonalnego nawożenia jest prowadzenie stałej oceny zasobności gleb i poziomu odżywiania roślin za pomocą analizy chemicznej gleby i liści. Dla właściwej diagnozy i prawidłowości zaleceń nawożenia konieczne są odpowiednie liczby graniczne opracowane na podstawie prawidłowej diagnostyki odżywiania roślin, począwszy od lustracji sadu poprzez pobieranie prób, ich analizę aż do interpretacji wyników. Stąd

przy opracowywaniu zaleceń wielkości nawożenia popularna jest metoda kontrolowanego nawożenia, w której z jednej strony porównujemy wyniki analizy liści i gleby z liczbami granicznymi dla rozpatrywanego gatunku, a z drugiej strony korygujemy ocenę wyglądu drzew z wymaganiami warunków lokalnych. Taka bowiem kompleksowa diagnoza uwzględni rzeczywiste potrzeby nawozowe drzew. Podaje się, że techniki ilościowe (analityczne) mogą zapewnić w odpowiednim czasie pełną informację o stanie odżywienia mineralnego drzew. Analizy liści i gleby mają liczne zalety, ale również liczne ograniczenia. Ranga każdego z elementów kontrolowanego nawożenia roślin jest odmienna w różnych okolicznościach, a także różna w odniesieniu do poszczególnych składników pokarmowych.

Analiza gleby jest uzasadniona przy określaniu potrzeb nawożenia przed założeniem sadu lub plantacji. Za jej pomocą ustala się potrzebę wapnowania, nawożenia fosforem i potasem. W trakcie prowadzenia sadu analiza gleby umożliwia określenie nie tylko zawartości przyswajalnych składników w glebie, lecz również ich wzajemnego stosunku i warunków pobierania przez rośliny. Dotychczasowe metody oznaczania przyswajalnych mikroelementów są niezbyt dokładne, dlatego pod tym względem wyniki analiz gleby mogą być zawodne.

Analiza liści określa koncentrację poszczególnych składników w ich suchej masie. Zawartość składników mineralnych jest modyfikowana przez wielkość plonu, warunki atmosferyczne i związane z nimi uwilgotnienie gleby, a także przez podkładkę i odmianę. Chociaż analiza liści jest podstawowym kryterium oceny stanu mineralnego odżywiania drzew owocowych, nie ulega wątpliwości, iż jej wyniki mogą być często bezużyteczne, jeśli ustalając zalecenia nawozowe nie uwzględniamy wzajemnych relacji między środowiskiem roślinnym i glebowym. Bowiem wyniki analizy liści mogą być bardzo dokładne, ale ich interpretacja nieprecyzyjna, między innymi dlatego, iż gleba nie jest jedynym źródłem składników mineralnych.

Rozwiązaniem jest poszukiwanie nowych kryteriów oceny stanu odżywienia mineralnego drzew, między innymi przez określenie składu mineralnego innych niż liście organów roślinnych, na przykład kwiatów, które przeważnie rozwijają się wcześniej niż liście. Analiza kwiatów pozwoli na



wczesne zdiagnozowanie poziomu składników mineralnych w drzewach i wczesne, a więc skuteczne, przeciwdziałanie ewentualnym niedoborom.

Trzecim elementem kontrolowanego nawożenia drzew jest obserwacja. Powinna ona wspomagać zarówno interpretację wyników analiz gleby, jak i liści. Trzeba pamiętać, że właściwą diagnozę potrzeb nawożenia może postawić wyłącznie osoba, która dysponuje nie tylko wynikami, ale ma jednocześnie bezpośredni kontakt z sadem czy jagodnikiem.

Metoda kontrolowanego nawożenia jest bardzo ekonomiczna zarówno z punktu widzenia oszczędnego gospodarowania, jak i z punktu widzenia przeciwdziałania skażeniu środowiska. Z drugiej strony uznaje się, iż postawienie trafnej diagnozy co do potrzeb nawożenia oraz opracowanie właściwych zaleceń jest tym łatwiejsze, im większą liczbą informacji dysponujemy. Mówi się o konieczności wprowadzenia szybszych i efektywniejszych metod diagnostycznych. Metody analiz chemicznych materiału roślinnego, choć precyzyjne, nie są najlepszym rozwiązaniem, ze względu na szereg ograniczeń i uciążliwości związanych z pobieraniem prób do analiz, ich odpowiednim przygotowaniem czy też czasem oczekiwania na wyniki.

Uważa się, że niedaleką przyszłością jest wprowadzenie do praktyki sadowniczej szybkich metod diagnostycznych pozwalających na ocenę drzew pod względem stanu odżywienia mineralnego bezpośrednio w sadzie.

Oceniając przydatność różnych metod określania potrzeb nawozowych roślin sadowniczych, najśluszniejszym wydaje się pogląd, że różne metody powinny się nawzajem uzupełniać. Uwzględnianie jednocześnie kilku metod znajduje coraz większe zrozumienie i zastosowanie. Ponadto kluczem do precyzyjnego określania dawek nawozowych mogą być również badania roli rizosfery w pobieraniu składników mineralnych przez rośliny. Badania rizosfery wnoszą element aktywnej modyfikacji środowiska glebowego przez inne rośliny, co w wielu przypadkach ułatwia interpretację procesów pobierania składników mineralnych przez korzenie.

Nawożenie roślin sadowniczych od lat należy do najczęściej dyskutowanych problemów w produkcji sadowniczej. Obecnie dominują tendencje

poszukiwania rozwiązań modelowych, badania przyczyn i mechanizmów obserwowanych procesów za pomocą stawiania jasnych, klarownych hipotez, które następnie są weryfikowane doświadczalnie precyzyjnie określonymi czynnikami.

Potrzeby roślin sadowniczych w stosunku do wody z punktu fizjologii roślin są dość dokładnie poznane i określone. Woda pełni różnorodne funkcje, między innymi pośredniczy w przewodzeniu rozpuszczalnych w niej składników mineralnych pobieranych przez system korzeniowy z gleby. Ponadto rozpuszcza i przenosi różne substancje organiczne, a przede wszystkim cukry, aminokwasy i inne związki. Woda utrzymuje tkanki w stanie turgoru i jest środowiskiem, w którym zachodzą różne procesy chemiczne.

Dlatego też w celu osiągnięcia wysokich plonów potrzeby te winny być rozpatrywane w różnych kierunkach. Jako podstawę uważa się zapewnienie takiego stanu wilgoci gleby, który sprzyja wysokiej jej żyzności, po drugie należy określić ilość wody zużywanej w procesie formowania masy drzew, a po trzecie jakość wody będącej do dyspozycji rośliny.

Powyższe potrzeby nie mogą być rozpatrywane niezależnie od siebie. Na ilość zużywanej wody wpływa jej poziom w glebie i jakość roztworu glebowego, a wielkość optymalnego uwilgotnienia związana jest z intensywnością parowania w danych warunkach.

Potrzeby wodne uzależnione są nie tylko od warunków glebowych i przebiegu warunków klimatycznych, takich jak: temperatura, opady, wilgotność powietrza, prędkość wiatru i nasłonecznienie, lecz także od gatunku rośliny, jej fazy rozwoju, systemu uprawy gleby, liczby drzew na hektarze, typu podkładki czy sposobu prowadzenia koron.

Podstawowym naturalnym źródłem wody dla upraw sadowniczych są opady atmosferyczne. Ich natężenie, rozkład w ciągu roku czy w okresie wegetacji decydują o przydatności regionu dla upraw sadowniczych. Ogólnie przyjmuje się, że drzewa i krzewy dla optymalnego wzrostu i plonowania wymagają około 600 - 700 mm opadów rocznie. Lecz nie suma rocznych opadów ma decydujący wpływ, ale ich rozkład w okresie wegetacji. Uważa się, że zbyt niskie oraz zbyt wysokie opady atmosferyczne są szkodliwe dla wzrostu i owocowania drzew.

Analizując rozkład opadów atmosferycznych w latach 1977-1999, stwierdzono, że okresy niedoboru wody w stosunku do średniej wieloletniej pojawiają się w regionie Wielkopolski dość nieregularnie. Najczęściej przypadają one na miesiące wiosenne i jesienne, lecz nie są rzadkością również w pełni okresu wegetacji. W ostatnich 23 latach w tym regionie wystąpiło 8 lat suchych, 8 umiarkowanie wilgotnych i 7 wilgotnych (tabela).

Dane dotyczące warunków klimatycznych, a w szczególności ilości i rozkładu opadów atmosferycznych, dają nam informację o potrzebie stosowania nawadniania. Na tej podstawie można stwierdzić, czy w danym regionie albo też w danym gospodarstwie nawadnianie jest celowe i czy można oczekiwać wzrostu plonu lub poprawy jakości produkowanych owoców.

Tabela. Opady atmosferyczne w okresie wegetacji (IV - IX) w latach 1977-1999

Lata	Liczba lat	Suma od - do w mm	Średnio
Suche (S)	8	167,1 - 291,0	222,8
Umiarkowanie wilgotne (U)	8	308,8 - 374,4	347,1
Wilgotne (W)	7	401,0 - 561,3	464,6

S - 1979; 1982; 1983; 1989; 1991; 1992; 1995; 1999

U - 1978; 1984; 1985; 1986; 1990; 1994; 1997; 1998

W - 1977; 1980; 1981; 1987; 1988; 1993; 1996

Pobieranie wody przez rośliny zależy od ilości wody znajdującej się w glebie, od siły z jaką ją gleba zatrzymuje oraz liczby włósników i ich siły ssącej. Ilość wody w glebie jest czynnikiem decydującym o możliwości uprawy. Udowodniono, że drzewa owocowe lepiej znoszą brak wody niż jej nadmiar.

Dla zrozumienia gospodarki wodnej musimy sobie zdać sprawę z tego w jaki sposób gleba zatrzymuje wodę. Zakłada się, że drobne przestwory



w glebie, dzięki swym kapilarnym właściwościom biorą udział w magazynowaniu wody, a ponadto woda adsorbowana jest przez najmniejsze cząstki gleby, wokół których tworzy się cienka otoczka. Gleby w zależności od typu mają różną zdolność retencyjną. Pojemność wodna jest tym większa im drobniejsze są cząstki gleby. Jednakże system korzeniowy może pobierać z gleby tylko wodę dostępną, czyli związaną, takimi siłami jakie może pokonać siła ssąca systemu korzeniowego. Woda dostępna dla roślin mieści się w przedziale odpowiadającym wartościom od  $-0,01$  do  $-1,5$  MPa potencjału wodnego gleby. W tym zakresie rośliny są w stanie wykorzystać 50-70% wody, która mieści się w glebie w stanie nasycenia do połowej pojemności wodnej.

Zdecydowana większość badaczy wyraża pogląd, że drzewa i krzewy rozwijają się najlepiej, gdy wilgotność gleby jest bliska połowej pojemności wodnej czyli  $-0,03$  MPa. Dlatego też przy tym potencjale należy przystąpić do nawadniania.

Ustalenie właściwego terminu nawadniania będzie polegało na wyznaczeniu momentu, w którym poziom wody w glebie obniża się do wartości krytycznej. Wartość tę można wyznaczyć kilkoma metodami. Prosta i mniej pracochłonna jest metoda tensjometryczna, gdzie potencjał wodny gleby oznacza się bezpośrednio za pomocą tensjometru. Przyrząd mierzy z jaką siłą woda zatrzymywana jest w glebie.

Pomiaru potencjału wodnego gleby dokonujemy na głębokości 20 - 30 cm, czyli w strefie głównej masy systemu korzeniowego. Tensjometry reagują szybko na zmiany wilgotności gleby i są bardzo przydatne do ustalania terminów nawadniania, tak przy zastosowaniu deszczowni, jak i przy stosowaniu systemów kropłowych lub podkoronowych. Należy podkreślić, że w uprawach sadowniczych nawadnianie staje się ważnym czynnikiem intensyfikacji produkcji, stąd też powierzchnia nawadnianych sadów wzrasta.

Systemem nawadniania, który w sytuacji stałego zmniejszania się zasobów czystej wody daje możliwość najbardziej oszczędnego i racjonalnego nią gospodarowania, jest nawadnianie kropłowe, które dozuje wodę w formie kropel z małą intensywnością w ilości 2 - 3 l/h. W porów-

naniu z nawadnianiem deszczownianym zużywa około trzy razy mniej wody, przy jednoczesnym czterokrotnym wydłużeniu czasu jej dozowania, a uzyskiwane są takie same efekty produkcyjne.