

Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie

**prof. dr hab. Waldemar Treder
Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach**

RACJONALNE NAWADNIANIE ROŚLIN SADOWNICZYCH

Brwinów 2021

Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie

ISBN 978-83-88082-43-6

Wydawca: Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie

Projekt okładki Agnieszka Leitgeber-Graczyk

Korekta redakcyjna: Marta Gajewska, Anna Kowalska, Łukasz Laskowski

Skład: db PRINT POLSKA Sp. z o. o.

Druk: db PRINT POLSKA Sp. z o. o.

Autor

prof. dr hab. Waldemar Treder

Nakład: 1500 szt.

Poradnik opracowano w ramach Planu operacyjnego KSOW na lata 2020-2021.
Operacja pt. „Dobre praktyki w gospodarowaniu wodą w rolnictwie i na obszarach wiejskich.”



Krajowa
Sieć
Obszarów
Wiejskich



Program
Rozwoju
Obszarów
Wiejskich
na lata 2014-2020

„Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie”

Publikacja opracowana przez prof. dr hab. Waldemara Tredera na zlecenie Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie.

w ramach operacji „Dobre praktyki w gospodarowaniu wodą w rolnictwie i na obszarach wiejskich”. Operacja współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Schematu II Pomocy Technicznej „Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich” Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020. Instytucja Zarządzająca Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014-2020 - Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

Spis treści

1. Wstęp	7
2. Kryteria nawadniania roślin	9
3. Systemy nawadniania	15
4. Źródła i jakość wody do nawadniania	22
5. Zasady integrowanego nawadniania	28
6. Nawadnianie roślin sadowniczych	35
6. 1. Jabłoń	35
6. 2. Grusza	41
6. 3. Śliwa	44
6. 4. Czereśnia	48
6. 5. Agrotechniczne metody ograniczenia ewaporacji w sadach	50
7. Nawadnianie roślin jagodowych	53
7. 1. Truskawka	53
7. 2. Malina	58
7. 3. Borówka amerykańska	61
7. 4. Agrotechniczne metody ograniczania ewaporacji w jagodowych.	64



Kryteria, zasady i systemy nawadniania roślin

1. Wstęp

Polska ma jeden z najgorszych bilansów wodnych w Europie. Powodem takiej sytuacji są małe opady roczne (średnio ok. 650 mm), wysoka ewapotranspiracja* (450 mm) i mały udział dopływu rzecznej spoza granic kraju (13%). Ograniczone zasoby wodne mogą w przyszłości stanowić barierę rozwoju gospodarczego kraju oraz negatywnie wpływać na stan środowiska i jakość życia społeczeństwa.

Dostępność wody jest jednym z ważniejszych czynników określających możliwość rozwoju gospodarczego. Przy obecnie panujących tendencjach, wraz ze wzrostem populacji, zwiększa się zapotrzebowanie na wodę. Wynika to nie tylko z poprawy jakości życia i wzrostu przemysłowania, ale także z intensyfikacji rolnictwa, które w wielu rejonach świata jest głównym konsumentem wody. Z powodu znacznego zwiększenia powierzchni upraw nawadnianych w latach 1960 - 2000 zużycie wody na świecie wzrosło dwukrotnie. Także w skali naszej gospodarki rolnictwo jest znaczącym konsumentem wody.

Chcąc konkurować na rynkach światowych polskie rolnictwo zmuszone zostanie do znacznego zwiększenia powierzchni nawadnianych upraw, a więc i większego zużycia wody. Konieczne jest zatem podjęcie działań na rzecz stosowania racjonalnych metod gospodarowania wodą, retencjonowania powstałych zasobów wodnych, ich zagospodarowywania i ochrony. W celu zwiększenia efektywności wykorzystania wody i zminimalizowania jej strat rolnicy powinni wykorzystywać oszczędne metody nawadniania, połączone z nawykiem poszanowania tego surowca. Istotne jest wprowadzenie metod integrowanego nawadniania, polegające na tym, by nawadniać tylko wtedy, gdy przyniesie to oczekiwane efekty związane ze zwykłą plonem i poprawą jego jakości. Kluczowe znaczenie ma także zastosowanie automatyki nawadniania, która wyeliminuje możliwość popełnienia błędów przez użytkownika, a tym samym znacząco obniży straty wody.

Obecnie nawadnianie upraw w wielu gospodarstwach stosuje się jeszcze w ograniczonym zakresie. Wynika to często ze względów ekonomicznych i braku dostępu do odpowiedniej ilości i jakości wody. Prognozowane zmiany klimatu w perspektywie 40-50 lat wskazują na konieczność stosowania nawadniania w połowej produkcji ogrodniczej. Zgodnie z różnymi scenariuszami zmian klimatu w Europie Centralnej, kilkustopniowemu wzrostowi temperatury nie będzie towarzyszył istotny wzrost opadów. Nasili się występowanie zjawisk ekstremalnych takich jak susze czy lokalnie występujące gwałtowne ulewy, charakteryzujące się bardzo niską efektywnością. Obecnie można zaobserwować zmianę rozkładu opadów w ciągu roku – ich wzrost w okresie zimowym i spadek w okresie letnim. Wszystkie powyższe czynniki wpłyną na pogorszenie bilansu wodnego, dlatego też konieczne jest podjęcie szeregu działań zarówno profilaktycznych, jak i interwencyjnych.

Działania profilaktyczne to oszczędzanie wody, które ma wymiar nie tylko proekologiczny, ale również ekonomiczny. Ograniczone zasoby wodne mogą w przyszłości stanowić barierę rozwoju nie tylko dla szeroko pojętego rolnictwa, ale także innych działów gospodarki. Dlatego należy jak najoszczędniej gospodarować zasobami wodnymi, wodę pobierać tylko zgodnie z regulacjami opisanymi w Prawie Wodnym.

W warunkach Polski podstawowym źródłem wody dla roślin uprawianych w polu są opady atmosferyczne. Bardzo niekorzystnym obserwowanym obecnie zjawiskiem jest zwiększe-

nie częstotliwości występowania lat z wysokimi niedoborami opadów oraz coraz częstsze występowanie ciągów (następujących po sobie) lat suchych. Średnio w okresie wielolecia dotkliwe susze w Polsce występowały raz na 4 - 5 lat. Ostatnie dotkliwe susze rolnicze na terenie całego kraju wystąpiły w 2015, 2018 i 2019 roku. Powoduje to, że wielkość i rozkład opadów w czasie jest niewystarczająca dla uprawy warzyw, drzew i krzewów owocowych. Działaniami zapobiegającymi suszy jest zwiększanie pojemności wodnej gleb poprzez odpowiednie zbięgi agrotechniczne lub ograniczanie ewaporacji poprzez stosowanie ściółek. Lata suche oraz intensyfikacja produkcji sprawiają, że zabiegi profilaktyczne są niewystarczające i konieczne jest zastosowanie nawadniania.

Przy planowaniu nawadniania należy wziąć pod uwagę wiele czynników, zarówno technicznych, technologicznych, jak i ekonomicznych. Wybór optymalnego, efektywnego dla danego gospodarstwa i uprawy sposobu nawadniania wymaga podstawowej wiedzy technicznej. Wiedza ta jest także potrzebna do obiektywnej oceny jakości oferowanych rozwiązań. Cena nie może być traktowana jako jedyne kryterium wyboru konkretnego rozwiązania technicznego. Instalacje nawodnieniowe buduje się na co najmniej kilka lat. Muszą być jak najmniej zawodne, zwłaszcza, że w okresie wzrostu roślin nie ma możliwości na dodatkowe naprawy i przeróbki. Złej jakości przewody, elementy złączne i emiterzy są przyczyną częstej awaryjności instalacji nawodnieniowych. Skutkuje to stratą czasu, wody, energii i nawozów. W celu optymalnego wykorzystywania wody konieczna jest także wiedza o potrzebach wodnych roślin i praktycznym stosowaniu kryteriów nawodnieniowych.

** Ewapotranspiracja - całokształt procesów związanych z odpływem do atmosfery wody parującej z powierzchni gleby (ewaporacja) pokrytej roślinnością (transpiracja). Na wielkość ewapotranspiracji wpływają czynniki meteorologiczne (m. in. temperatura i wilgotność powietrza, radiacja słoneczna, prędkość wiatru), glebowe (m. in. skład mechaniczny, wilgotność) oraz roślinne (m. in. gatunek, faza rozwojowa, zawartość łanu).*

2. Kryteria nawadniania roślin

Kryteria nawadniania roślin to nic innego jak mierzalne parametry według, których prowadzi się nawadnianie. Teoretycznie można stosować kryteria roślinne, klimatyczne i glebowe. Ze względu na małą dostępność tanich i wiarygodnych czujników roślinnych, w praktyce do planowania częstotliwości nawadniania wykorzystuje się kryteria klimatyczne i/lub glebowe.

Kryteria klimatyczne

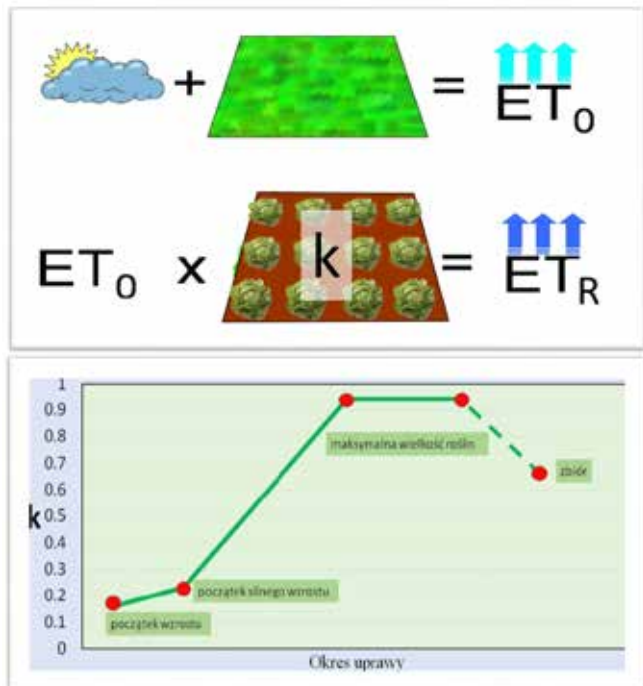
Potrzeby wodne roślin zależne są od przebiegu warunków pogody, specyficznych cech gatunkowych oraz wielkości roślin. Przebieg pogody wpływa na wysokość parowania z powierzchni gleby (ewaporacja) oraz roślin (transpiracja). Suma parowania nazywana jest ewapotranspiracją. Wartość ewapotranspiracji określonego gatunku roślin szacuje się poprzez wyznaczenie tzw. ewapotranspiracji wskaźnikowej (ET₀), która określa zdolność atmosfery do wywołania parowania wody z powierzchni pokrytej roślinami, przy optymalnej wilgotności gleby (odnośnikiem jest tu łąk trawy). Potrzeby wodne określonego gatunku roślin (ewapotranspiracja rzeczywista ETR) określana jest poprzez pomnożenie wartości ewapotranspiracji wskaźnikowej przez specyficzny dla każdego gatunku roślin współczynnik roślinny (k).
Rys. 1. Schemat metodyki wyznaczania potrzeb wodnych roślin

$$ETR = k \cdot ET_0$$

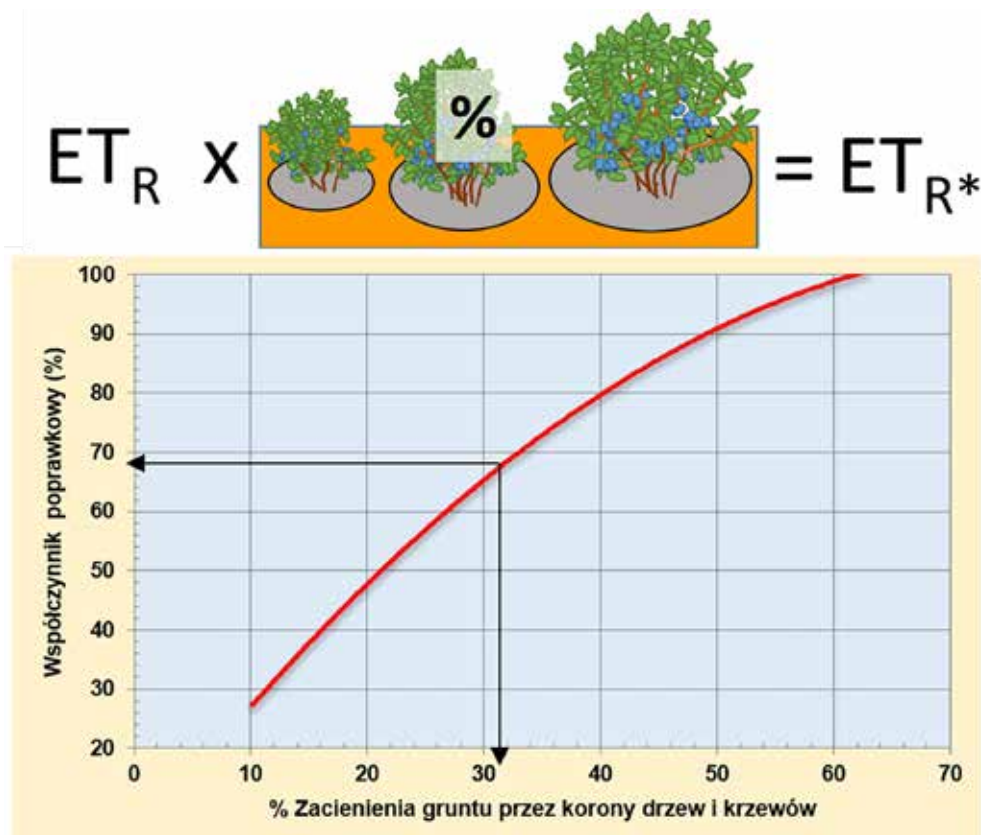
Wartość tego współczynnika jest charakterystyczna dla każdego gatunku roślin i zmienia się w poszczególnych fazach rozwojowych (Rys. 1).

Ponadto przy obliczaniu ewapotranspiracji rzeczywistej u roślin sadowniczych uwzględnia się wielkość korony drzew i krzewów. Wyznaczoną wcześniej wartość ETR mnoży się przez współczynnik poprawkowy, uwzględniający wielkość drzew lub krzewów. Wysokość współczynnika poprawkowego można wyznaczyć za pomocą nomogramu przedstawionego na (rys 2.)

Rys. 1. Schemat metodyki wyznaczania potrzeb wodnych roślin



Rys. 2. Nomogram do wyznaczania wartości współczynnika poprawkowego uwzględniającego wielkość koron drzew lub krzewów.



W warunkach klimatycznych Polski maksymalna ewapotranspiracja przypada na lipiec i sierpień. Jej średnia dzienna wartość w tym okresie wynosi zazwyczaj około 3,5 mm (35 m³ wody/ha/dobę), jednak w bardzo upalne i wietrzne dni może przekraczać 5 mm na dobę. Oznacza to, że w takich warunkach użytki zielone przy optymalnej wilgotności gleby pobierają ponad 50 m³ wody dziennie. Ponieważ wielkość ewapotranspiracji (ET₀) zależy od parametrów pogodowych (temperatura i wilgotność powietrza, promieniowanie słoneczne, prędkość wiatru), można ją obliczyć wykorzystując dane meteorologiczne lub odczytać z automatycznej stacji meteorologicznej (o ile stacja ma taką funkcjonalność), (Fot. 1).

W celu ułatwienia ogrodnikom praktycznego stosowania integrowanego nawadniania, w Instytucie Ogrodnictwa opracowano Internetową Platformę Wspomagania Decyzji Nawodnieniowych (IPWDN): <http://www.nawadnianie.inhort.pl>. Serwis poświęcony jest nawadnianiu wszystkich rodzajów upraw ogrodniczych. Na stronie można znaleźć publikacje naukowe, artykuły popularnonaukowe oraz wykłady poświęcone nawadnianiu. Bardzo ważnym elementem serwisu są aplikacje obliczeniowe, które pozwalają na wyznaczenie wielu istotnych parametrów przydatnych przy prowadzeniu nawadniania i fertygacji roślin ogrodniczych (m. in. według kryteriów klimatycznych i glebowych). Na stronie portalu umieszczono kalkulatory do wyznaczania ewapotranspiracji wskaźnikowej www.nawadnianie.inhort.pl/

Fot. 1. **Automatyczna stacja meteorologiczna**

eto, a także aplikacje służące do wyznaczania potrzeb wielu gatunków roślin sadowniczych i warzywnych na podstawie obliczonej wcześniej ewapotranspiracji. Wymienione informacje można znaleźć na stronach:

- rośliny sadownicze: <http://www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-nawadniania-rs>.
- rośliny warzywne: <http://www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-wodne-rw>

Na platformie zamieszczono również metodyki, opisujące sposób samodzielnego wyznaczania potrzeb wielu gatunków roślin: <http://www.nawadnianie.inhort.pl/metodyki>

Metoda nawadniania oparta na kryteriach klimatycznych bardzo dobrze sprawdza się w praktyce, na co wskazują wyniki badań. Należy jednak podkreślić, że wymaga ona odpowiedniej wiedzy, doświadczenia, wiarygodnych danych meteorologicznych i zaangażowania czasu własnego.

Kryteria glebowe

Alternatywą lub uzupełnieniem dla metod opartych o analizę danych klimatycznych są techniki wykorzystujące pomiary parametrów glebowych. Właściwości wodne gleby można opisać dwójako:

- określając ilość wody w danej objętości (lub masie) gleby,
- charakteryzując jej dostępność (potencjał), poprzez określenie siły, z jaką jest zatrzymywana w glebie/podłożu. Potencjał wody w glebie przyjmuje wartości ujemne (w wodzie wynosi 0) i jest wyrażany w jednostkach podciśnienia.

Stan uwodnienia może zostać określony poprzez trzy poziomy charakterystyczne dla każdego typu gleby: maksymalną pojemność wodną (MPW), połowę pojemność wodną (PPW) i punkt trwałego wędnięcia (PTW).

MPW – to maksymalna ilość wody jaką gleba może zgromadzić w profilu, odpowiadająca całkowitemu nasyceniu wodą wszystkich porów glebowych.

Fot. 2. **Bezprzewodowa sonda pomiarowa**



Fot. 3. **Tensjometr**



PPW – to zawartość wody w momencie, gdy ustanie odpływ wody grawitacyjnej, która znajdowała się w największych porach glebowych i odpłynęła w głąb profilu dzięki sile grawitacji.

PTW – określa stan, kiedy zawartość wody w glebie zmniejsza się aż do poziomu, w którym nie może już zostać pobrana przez rośliny. Prowadzi to do trwałego wędnięcia roślin, co oznacza, że nie odzyskują one pełnego turgoru, nawet w przypadku zwiększenia zawartości wody w glebie.

Na podstawie powyższych kategorii można obliczyć zapas wody ogólnie dostępnej dla roślin (PPW-PTW). W praktyce nawadnianie rozpoczyna się w momencie wyczerpywania zapasu tzw. wody bardzo łatwo dostępnej. Potencjał wodny gleby, która zawiera wodę bardzo łatwo dostępną, mieści się w zakresie (od -20 do -70 kPa). Potencjał ten można zmierzyć za pomocą tensjometrów (Fot. 2).

Tensjometr składa się z ceramicznego sączka, rurki z tworzywa sztucznego i wakuometru (miernika podciśnienia). Po napełnieniu tensjometru wodą i umieszczeniu go w glebie ustala się stan równowagi. Gdy gleba przesyca, woda przemieszcza się do niej przez element ceramiczny powodując zmianę ciśnienia w rurce, a przez to i odczytu na mierniku.

W handlu dostępne są tensjometry o zróżnicowanej długości, umożliwiające pomiar potencjału wody w glebie na różnych głębokościach. Zakres działania tensjometru wynosi od 0 (pełne nasycenie gleby wodą) do ok. (- 80) kPa. Tensjometr jest urządzeniem wymagającym nadzoru. W przypadku zbyt niskiego potencjału do wnętrza tensjometru może dostać się powietrze. Zapowietrzony tensjometr podaje błędny odczyt, zatem należy go ponownie napełnić wodą. Istnieje możliwość podłączenia tensjometrów do układów elektronicznych, co umożliwia automatyczny odczyt, rejestrację danych, a także możliwość kontrolowania pracy zaworów.

Tensjometr należy umieścić w strefie korzeniowej roślin na głębokości zalegania głównej masy korzeniowej, w obszarze, gdzie działanie systemu nawadnieniowego ma wpływ na zmiany potencjału wodnego gleby. Te same zalecenia dotyczą czujników mierzących wilgotność gleby (zawartość wody w glebie). Sama wilgotność nie mówi jeszcze o potencjale wodnym gleby, ale można założyć, że rośliny będą miały nieograniczony dostęp do wody, przy utrzymaniu jej wilgotności w zakresie 80-100% polowej pojemności wodnej. Obserwacja

Rys. 3. **Bezprzewodowy system czujników pomiarowych i sterowania zaworami Agreus.**

przebiegu odczytów miernika wilgotności umożliwia wyznaczenie punktu, odpowiadającego połowej pojemności wodnej. Jest to wartość odczytu od 1 do 2 dni po intensywnych opadach deszczu lub intensywnym nawadnianiu.

Poziom optymalnej wilgotności można również wyznaczyć organoleptycznie, pobierając próbki gleby i ściskając je w dłoni. Jeżeli woda z gleby daje się łatwo wycisnąć, przypuszczalnie gleba jest bardzo wilgotna (wilgotność zbliżona do wartości PPW nawet wyższa). W przypadku, gdy powstała po zgnieceniu bryłka rozsypuje się i nie zostawia wilgoci na palcach, gleba jest za sucha. Można przyjąć, że gleba o optymalnej wilgotności po zgnieceniu stworzy trwałą bryłkę, a na dłoni i palcach pozostanie ślad wilgoci. Przy takiej wilgotności gleby należy odczytać wartość na posiadanym mierniku i w ten sposób wyznaczyć próg wilgotności. Nie należy dopuszczać, aby gleba przesychała dużo poniżej tego progu.

Wilgotność gleby można wyznaczać za pomocą różnego rodzaju mierników. Najprostsze wykorzystują zjawisko wpływu wody na zmiany oporności elektrycznej, mierzonej w porowatym bloczku umieszczonym w glebie. Zaawansowane urządzenia monitorują zmiany przenikalności elektrycznej gleby (Fot 3.). Czujniki tego typu znajdują coraz szersze zastosowanie do kontrolowania wilgotności gleby w warunkach polowych oraz wilgotności podłoża bezglebowych w uprawach pod osłonami. Zaletą czujników nowej generacji jest łatwa integracja z systemami

Fot. 4. **Miernik z sondą pomiarową**

gromadzenia danych oraz możliwość przesyłania wyników pomiarów bezprzewodowo.

Obecnie na rynku znajdują się także sondy pomiarowe całkowicie bezprzewodowe, zasilane solarnie, umożliwiające odczyt mierzonych parametrów w aplikacji internetowej. Tego rodzaju czujniki glebowe mogą mierzyć wilgotność, temperaturę, ale także zasolenie gleby, dzięki czemu użytkownik może w sposób bardziej precyzyjny sterować nie tylko nawadnianiem, ale także nawożeniem. Umieszczenie w jednej sondzie pomiarowej czujników na różnych poziomach pozwala na monitorowanie parametrów glebowych na kilku głębokościach profilu glebowego. Uzyskane w ten sposób informacje pozwalają między innymi na obiektywną ocenę efektywności opadów oraz ich wpływu na wymywanie składników mineralnych w głąb gleby.

Najnowsze rozwiązania na poziomie tzw. internetu rzeczy (IoT) pozwalają na budowę bezprzewodowych systemów automatycznego sterowania nawadnianiem na podstawie monitoringu wilgotności i zasolenia gleby. Bezprzewodowy jest nie tylko odczyt mierzonych parametrów, ale także sterowanie zaworami (Fot. 4.) i (Rys. 3).

Wymienione w powyższym rozdziale kryteria nawadniania mogą być stosowane rozdzielnie lub łącznie. W zależności od potrzeb nawadnianej uprawy i posiadanych rozwiązań technicznych może to być:

- określanie częstotliwości i dawki wody na podstawie szacowanej ewapotranspiracji, przy wspomaganii się okresowymi pomiarami wilgotności gleby;
- nawadnianie na podstawie pomiarów wilgotności (potencjału wodnego) gleby.

Bardzo ważnymi elementami przy podejmowaniu decyzji o nawadnianiu są także: znajomość okresów krytycznych wrażliwości na suszę poszczególnych gatunków roślin, głębokości ich korzenia się, a także posiadana wiedza na temat właściwości wodnych gleb.

3. Systemy nawadniania

Podstawowe metody nawadniania stosowane w polowych uprawach ogrodniczych to deszczowanie, mini-zraszanie i systemy kropłowe. Pod osłonami, poza mini-zraszaniem i nawadnianiem kropłowym, stosowane są systemy podsiąkowe i zalewowe. Wybór rodzaju systemu nawodnieniowego zależy od wymagań agrotechnicznych roślin, zastosowanej technologii uprawy oraz dostępności wody i energii. Dobór odpowiedniego systemu nawadniania uzależniony jest przede wszystkim od technologii uprawy oraz ilości i jakości dostępnej wody.

W polowej uprawie warzyw najczęściej stosowane są systemy deszczowniane, które imitują opad deszczu. (Fot. 5.) W celu uzyskania prawidłowej pracy deszczowni, ciśnienie robocze dla zraszaczy obrotowych powinno wynosić od około 0,25 do 1,0 MPa (w zależności od średnicy dyszy zraszacza). Zapewnienie wysokiego ciśnienia roboczego wiąże się z dużym jednostkowym zapotrzebowaniem na wodę. Dla najczęściej stosowanych w uprawie warzyw zraszaczy, których średnica dysz waha się od 4 do 12 mm, wydatek wody wynosi od 0,8 do 12,2 m³/h. Przy przykładowych 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 będzie oscylowało w granicach od 30 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, co generuje wysokie koszty. Tego rodzaju deszczownie używane są również do ochrony roślin sadowniczych przed przymrozkami wiosennymi oraz do nawadniania szkółek kontenerowych.

Alternatywą dla wysokociśnieniowych systemów deszczownianych są deszczownie niskociśnieniowe, w których stosuje się zraszacze o małej wydajności (Fot 5.).

Przykładami deszczowni niskociśnieniowej są deszczownie szpulowe konsolowe lub niskociśnieniowe deszczownie przetaczane. Posiadają one zraszacze nasadkowe o średnicy dyszy 3 - 6 mm, umieszczone na belce deszczującej co 0,5 - 1,0 m. Zraszacze pracują prawidłowo przy ciśnieniu roboczym w przedziale 0,08 - 0,15 MPa. W celu uzyskania lepszej rów-

Fot. 5. **Konsola deszczowni szpulowej**



nomierności nawadniania wyposaża się je dodatkowo w indywidualne regulatory ciśnienia. Obniżenie ciśnienia roboczego pozwala na znaczne oszczędności wody i energii. Zaletą tego typu deszczowni jest równomierny rozkład wody na powierzchni pola, mała wrażliwość na działanie wiatru, niska intensywność opadu oraz możliwość dokładnego deszczowania pola w kształcie kwadratu lub prostokąta.

Innym rozwiązaniem deszczowni niskociśnieniowych są deszczownie przenośne lub półstałe wyposażone w specjalnie skonstruowane zraszacze obrotowe (np. młoteczkowe, „młoteczkowe turbo”, „ball-driven”) o małym wydatku wody (120-300 l/h) i pracujące prawidłowo przy niskim ciśnieniu roboczym 0,15 - 0,25 MPa. Zraszacze montowane są na metalowych prętach (lub plastikowych wspornikach) wciskanych w glebę i połączone z plastikową rurą zasilającą za pomocą wężyka o średnicy od 5 do 12 mm. Do połączeń wykorzystuje się różnego rodzaju szybko-złączki. Uprawa roślin wysokich wymaga zainstalowania zraszaczy na odpowiednio wysokich przedłużkach. Rury zasilające, do których podłączone są zraszacze, wykonane są z PE i mają średnicę 25; 32; 40 lub 50 mm. W zależności od rodzaju zraszacza są one montowane w rozstawie od 4 x 4 m do 8 x 8 m. Przy takiej rozstawie zraszaczy i podanym wcześniej zakresie ciśnień, intensywność opadu wynosi od 2,5 do 6,0 mm/h. Stosowane obecnie deszczownie mobilne sterowane są zdalnie, a dla zwiększenia precyzji pozycjonowania wykorzystują system GPS. Pozwala to precyzyjnie zmieniać dawki wody w zależności od położenia deszczowni oraz informacji o aktualnej wilgotności gleby.

Do nawadniania roślin sadowniczych stosowane są m. in. minizraszacze (Fot. 6.). Nawadnianie polega na zraszaniu. Zależnie od rodzaju zastosowanej wkładki uderzeniowej, minizraszacze podają wodę w postaci kropel lub strumieni. Rodzaj zastosowanej wkładki wpływa także na kształt zwilżanej powierzchni.

Minizraszacze wykorzystywane są także do ochrony drzew i krzewów owocowych przed przymrozkami wiosennymi (Fot. 7.).

Systemem o największej efektywności wykorzystania wody jest nawadnianie kroplo-

Fot. 6. **System podkoronowego mini-zraszania powierzchni gleby tylko w pobliżu roślin za pomocą wykonanych z tworzywa minizraszaczy o wydatku od 20 do 200 l/h.**



we. Stosowane jest w uprawach pod osłonami, w uprawach roślin sadowniczych i ozdobnych, a także coraz powszechniej w polowej uprawie warzyw. Jest to systemem nawadniania o znacznie mniejszym jednostkowym zapotrzebowaniu na wodę w porównaniu do systemu deszczownianego. Ciśnienie robocze potrzebne do pracy instalacji kropłowej 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

Fot. 7. Nadkoronowe mini-zraszanie do ochrony roślin sadowniczych przed przymrozkami



umożliwia zastosowanie pomp o mniejszej wydajności oraz przewodów rozpraszających i innych akcesoriów o mniejszej średnicy. Obniża to koszty całego systemu. Oszczędności wody wynikają również ze zwilżenia stosunkowo niewielkiej powierzchni gleby, co ogranicza straty wody przez parowanie. Stosowanie małych dawek wody zmniejsza straty spowodowane odpływem wody poza zasięg systemu korzeniowego roślin, dzięki czemu oszczędność wody może dochodzić do 40% w porównaniu do innych systemów nawadniania. Ze względu na swe niewątpliwe zalety systemy nawadniania kropłowego stosowane są już powszechnie we wszystkich działach produkcji ogrodniczej. Najważniejszymi zaletami systemów kropłowych jest oszczędne gospodarowanie wodą, niskie zapotrzebowanie na energię, całkowite wyeliminowanie zraszania liści podczas nawadniania oraz możliwość wykonywania prac agrotechnicznych w trakcie nawadniania. Bardzo silny wiatr nie stanowi również przeszkody w nawadnianiu. W uprawach polowych powszechnie stosowane są linie i taśmy kropłujące, w których wnętrzu zamontowane są (na etapie produkcji) emiterzy kropłowe. Wprowadzenie linii kropłujących spowodowało prawdziwą rewolucję w rozwoju polowych instalacji kropłowych. Ten rodzaj emiterów pozwala na bardzo łatwe i szybkie rozkładanie nawierzchniowej instalacji nawadniającej. Linie kropłujące umieszcza się na gruncie, pod powierzchnią gruntu (warzywa, rośliny jagodowe) lub podwiesza ponad glebą. (Foto 8.).

Jeżeli linie kropłujące stosowane są do nawadniania wglębnego lub do nawadniania upraw rocznych, proces rozwijania i zwijania

Fot. 8. Linia kropłująca podwieszona ponad powierzchnią gruntu.



przewodów prowadzony jest za pomocą specjalistycznych maszyn. Ze względu na hydraulikę emiterów, linie kroplujące, jak i pojedyncze kropłowniki można podzielić na kilka rodzajów:

- bez kompensacji - wydatek zwiększa się wraz ze wzrostem ciśnienia;
- z kompensacją - wydatek jest stały w określonym zakresie ciśnień;
- z kompensacją, nie emitujące wody przy niskim ciśnieniu.

Linie kroplujące z kompensacją ciśnienia zaleca się do montowania w terenie pagórkowatym (gdzie z powodu różnicy poziomów występują znaczne różnice ciśnienia wody w instalacji) lub przy konieczności budowy długich ciągów nawodnieniowych. Maksymalna długość ciągu nawodnieniowego zależy jest od wydatku, rozstawy i typu emitera (z kompensacją czy bez) oraz średnicy wewnętrznej przewodu. (Tabela 1).

Tabela 1. **Przykładowe zalecane maksymalne długości różnych linii kroplujących dla uzyskania wysokiej równomierności nawadniania.**

Rodzaj linii kroplującej	Rozstawa między emiterami (cm)		
	30	60	75
	Maksymalny zasięg linii kroplującej		
Ø 16 mm, 2 l/h bez kompensacji	59	100	116
Ø 20 mm, 2 l/h bez kompensacji	79	140	165
Ø 16 mm, 2 l/h z kompensacją	95	200	240
Ø 20 mm, 2 l/h z kompensacją	220	370	440

(W praktyce każdy typ linii kroplującej ma swą indywidualną charakterystykę, która może różnić się od tych zawartych w tabeli).

Ze względu na dużą wrażliwość emiterów kropłowych oraz minizraszaczy na zapychanie, nieodzownym elementem każdego systemu mikro-nawodnieniowego są filtry. Źródło pozyskiwania wody determinuje jej skład chemiczny oraz ma wpływ na występujące zanieczyszczenia. Woda czerpana ze zbiorników otwartych zawiera zanieczyszczenia mechaniczne i organiczne: piasek, obumarłe części roślin i zwierząt a także biologiczne (grzyby, glony, bakterie). Woda pochodząca ze studni głębinowych często zawiera duże ilości związków Fe (żelaza), Mn (manganu). Zawartość żelaza lub manganu w wodzie powyżej 1-1,5 mg/l stanowi duże niebezpieczeństwo zapychania się emiterów kropłowych i wymaga odżelazienia. W instalacjach, w których emiterami są minizraszacze, nawet kilkakrotnie większa zawartość Fe lub Mn w wodzie nie stanowi jeszcze problemu.

Wybór sposobu filtracji zależy jest od wrażliwości systemu nawodnieniowego na zapychanie oraz rodzaju zanieczyszczeń (Tabela 2).

Tabela 2. **Dobór filtracji zależnie od rodzaju zanieczyszczeń.**

Rodzaj zanieczyszczenia	System filtracji
Zanieczyszczenia mechaniczne	filtr siatkowy lub dyskowy
Zanieczyszczenia mechaniczne, biologiczne (woda pochodząca z otwartych zbiorników)	zestaw filtrów piaskowo dyskowych, hydrocyklon
Żelazo, mangan	odżelaziacze i odmanganiacze

Filtry siatkowe stosowane w instalacjach nawodnieniowych charakteryzują się prostą budową. Wewnątrz cylindrycznej obudowy (wykonanej ze stali lub tworzywa sztucznego) umieszczony jest siatkowy wkład filtracyjny. Siatki filtracyjne mogą być wykonane z drutu lub tworzyw sztucznych. Wielkość „oczek” w siatce dobiera się w zależności od wielkości występujących zanieczyszczeń i wrażliwości systemu nawodnieniowego na zapychanie. Wrażliwość różnych systemów nawodnieniowych na poziom zanieczyszczenia wody zależy od przekroju dysz minizraszaczy lub wymiarów przestworów w labiryntach kroplozników. Wielkość oczka siatki filtracyjnej dobiera się tak, aby nie była ona większa niż 25% średnicy dysz zraszaczy lub najmniejszego przestworu w kanale labiryntu kroploznika. Dlatego w przypadku nawodnień kropłowych wymiar oczka powinien wynosić około 0,1 – 0,12 mm, a w przypadku minizraszania 0,2 – 0,3 mm. Im większy przepływ i bardziej zanieczyszczona woda tym szybciej rośnie opór hydrauliczny na filtrze. Wielkość tego oporu można wyznaczyć mierząc ciśnienie wody przed i za filtrem przy pomocy manometrów (zamontowanych przed i za filtrem). Jeżeli strata ciśnienia na filtrze jest wyższa niż 0,5 atm, siatka filtracyjna powinna zostać oczyszczona. Większość modeli filtrów siatkowych wymaga tzw. ręcznej obsługi. W celu oczyszczenia siatki należy ją wyjąć z obudowy i umyć, najlepiej szczotką pod bieżącym strumieniem wody. W sprzedaży są także filtry, które czyszczone są półautomatycznie i automatycznie. Filtry siatkowe często montowane są w układzie z filtrami piaskowymi lub hydrocyklonami. W instalacjach, które używają wodę bardzo dobrej jakości, filtry siatkowe służą jako zabezpieczenie przed tzw. wtórnym zanieczyszczeniem, które może być spowodowane np. awarią rurociągu.

Filtry dyskowe służą przede wszystkim do filtrowania wody pochodzącej ze zbiorników otwartych zawierających żywą i martwą materię organiczną. Filtry dyskowe charakteryzują się bardzo wysoką efektywnością pracy, dlatego są powszechnie montowane w instalacjach nawadniania kropłowego i minizraszania. W przypadku korzystania z wody o dużej zawartości grzybów, glonów i bakterii (np. małe zbiorniki z wodą stojącą) w instalacjach kropłowych bezpieczniej jest stosować filtry piaskowe. Wkład filtracyjny filtra dyskowego składa się z wielu krążków- „dysków”, umieszczonych jeden na drugim na odpowiednio ukształtowanym stelażu (Fot. 9.). Rowki pokrywające przeciwne strony dysku biegną w innych kierunkach, przez co (przylegając do siebie wielokrotnie) krzyżują się. Dzięki temu tworzą się zmienne przekroje powstałych kanałów, co podnosi efektywność filtracji. Filtr powinien być oczyszczony, gdy jego opór hy-

Fot. 9. Obudowa i wkłady filtracyjne filtra dyskowego



Fot. 10. Zestaw filtrów pisakowych i dyskowych



drauliczny przekroczy 0,5 atm. Na rynku są dostępne filtry, które płucze się „ręcznie” lub automatycznie.

Filtry Piaskowe stosowane są do filtrowania wody pochodzącej z otwartych zbiorników oraz w systemach uzdatniania wody (odżelaziacze i odmanganiacze). Zależnie od wielkości przepływu używa się filtrów pojedynczych lub połączonych w baterie. (Fot. 10.)

Zazwyczaj montowane są podwójne zbiorniki filtracyjne, aby płukanie pierwszego filtra przeprowadzać wodą, która została przefiltrowana w drugim zbiorniku (i odwrotnie). Pojedynczy filtr zbudowany jest ze zbiornika wewnątrz, którego umieszczone jest złożo piasku o średnicy ziaren 0,3 do 2,0 mm. Płukanie filtra polega na zwrotnym (od spodu) przepływie wody. Woda płynąc od dołu do góry rozluźnia złożo filtracyjne, wymywa zanieczyszczenia odprowadzając je na zewnątrz. Czyszczenie filtra powinno być prowadzone, gdy różnica pomiędzy jego wlotem a wylotem wody jest większa od ustalonej (zazwyczaj ok. 0,5 atm.). Na rynku są dostępne urządzenia pozwalające na automatyczne płukanie filtrów zależnie od: ilości przefiltrowanej wody, upływającego czasu lub różnicy ciśnień pomiędzy wlotem i wylotem wody. Najskrajniej działające filtry piaskowe nie są w stanie jednak usunąć z wody nadmiaru jonów żelaza i manganu. Ograniczenie zawartości żelaza lub manganu polega na strąceniu ich poprzez utlenianie, a następnie wyłapaniu osadów na filtrach piaskowych. Samo utlenianie (tlenem z powietrza) można przeprowadzać w zbiornikach otwartych (np. w stawie) lub zamkniętych, gdzie woda napowietrzana jest przy pomocy sprężarki lub inżektora.

W sytuacji, gdy woda zawiera duże ilości części mechanicznych o wysokim ciężarze właściwym (np. piasku) zalecany jest montaż tzw. hydrocyklonu (Fot. 11). Woda wpływając do odpowiednio ukształtowanego zbiornika ulega zawirowaniu. Siła odśrodkowa wynosi zanieczyszczenia na zewnątrz wirującej masy wody, a siły grawitacji powodują ich opadanie do osadnika. Zależnie od wielkości zapotrzebowania na wodę należy

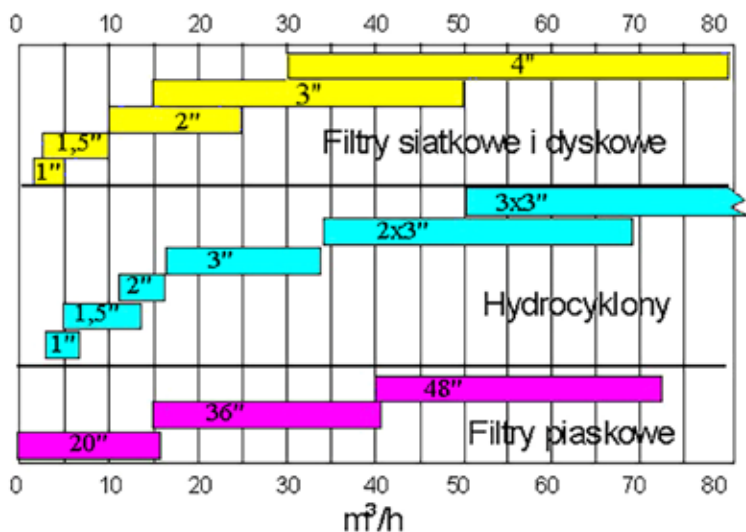
dobrac odpowiedni rozmiar hydrocyklonu. Przy zbyt małym przepływie zawirowanie wody jest niedostateczne dla oddzielenia zanieczyszczeń. Przy zbyt dużym, spadnie natomiast jakość oczyszczania i znacznie wzrosną straty ciśnienia. Straty ciśnienia na hydrocyklonie nie powinny być większe niż 0,4 atm.

Dobór wielkości filtra zależy od ilości przepływu wody i poziomu jej zanieczyszczenia (Rys. 4). Woda o wysokim stopniu zanieczyszczenia wymaga zastosowania większych rozmiarów filtrów, dzięki czemu można zmniejszyć częstotliwość ich płukania.

Niezwykle ważne jest, aby przed przystąpieniem do projektowania i budowy instalacji nawodnieniowej skontrolować jakość wody. Prawidłowo dobrany rodzaj i wielkość filtrów zapewni długotrwałą i optymalną pracę instalacji.

Każdy system nawodnieniowy składa się z wielu współpracujących ze sobą elementów. Poza rurociągami, emiterami (zraszacze lub linie kroplujące), w skład instalacji wchodzi elementy złączne, zawory, manometry, regulatory ciśnienia, dozowniki nawozów, sterowniki itd. Każdy z tych elementów powinien być dobrany pod względem funkcjonalno-użytkowym. Dobra instalacja nawodnieniowa może powstać tylko wtedy, gdy z jednej strony spotka się świadomy problemu i dobrze przygotowany inwestor, a z drugiej profesjonalna firma, która zaoferuje odpowiedni sprzęt, przygotuje projekt (lub szkic projektowy), zapewni doradztwo lub nawet wykona całą instalację. Przy obecnych materiałach budowa prostej instalacji nie jest procesem skomplikowanym i w wielu przypadkach (szczególnie na małych powierzchniach) inwestor może przeprowadzić ją sam. Jednak szkic projektowy, dobór sprzętu i obliczenia hydrauliczne powinny być wykonywane przez osoby o odpowiednich kwalifikacjach.

Rys. 4. Dobór wielkości filtrów w zależności od intensywności przepływu wody



Fot. 11. Hydrocyklon



4. Źródła i jakość wody do nawadniania

Jakość wody do nawadniania to kluczowy element decydujący o powodzeniu w uprawie roślin ogrodniczych. Źródła pozyskiwania wody determinują jej skład chemiczny.

Cechy wód powierzchniowych:

Woda pochodząca ze zbiorników otwartych (rzeki, jeziora, stawy) może mieć bardzo zmienny skład i odczyn. Podniesiony może być w niej poziom potrzebnych w uprawie roślin makro i mikro elementów, ale także sodu i chloru. W zależności od zlewni może zawierać różne toksyczne przemysłowe zanieczyszczenia chemiczne. Stosując wodę ze zbiorników otwartych musimy pamiętać, że jej skład może znacznie zmieniać się w ciągu roku. Woda z takich zbiorników może zawierać duże ilości martwej i żywej materii organicznej (grzyby, glony, bakterie, gnijące części roślin) oraz zanieczyszczeń mechanicznych (piasek, części ilaste) (Fot 12).

Fot. 12. Zakwit glonów w zbiorniku retencyjnym



Cechy wód gruntowych (podziemnych):

W zależności od poziomu występowania wody podziemne dzielimy na:

a) wody gruntowe płytkie: znajdują się bezpośrednio w gruncie na małych głębokościach (do 8 m). Ich ilość zależna jest od ilości opadów atmosferycznych. Mogą zawierać zmienną ilość rozpuszczonych soli mineralnych w trakcie sezonu wegetacyjnego, duże ilości mikroorganizmów, czasami bakterie chorobotwórcze. Wody gruntowe położone bardzo płytko nazywane są wodami zaskórnymi.

b) wody gruntowe głębokie: zazwyczaj nie zawierają mikroorganizmów, natomiast rozpuszczone są w nich znajdujące się w gruncie sole mineralne. Rozpuszczone w wodzie sole wapnia i magnezu powodują twardość wody. Zawarte w wodach gruntowych jony żelaza i manganu po zetknięciu z tlenem z powietrza tworzą osady, które mogą ograniczać przepływ emiterów kropelowych.

Jakość wody do nawadniania jest pojęciem bardzo szerokim, które powinno być rozpatrywane jednocześnie w kilku aspektach:

- 1) bezpieczeństwa konsumenta,
- 2) toksyczności dla roślin,
- 3) wpływu na wygląd i jakość handlową plonu,
- 4) prawidłowego działania instalacji nawodnieniowej,
- 5) przygotowania pożywki nawozowej.

Przed podjęciem decyzji o zastosowaniu wody do nawadniania określonej uprawy zawsze należy wykonać analizę chemiczną wody.

ad. 1) Bezpieczeństwo konsumenta

Woda używana do nawadniania nie powinna zawierać mikroorganizmów i innych substancji szkodliwych dla zdrowia konsumentów. W wodzie mogą występować trzy grupy mikroorganizmów: właściwe bakterie wodne, bakterie glebowe (zazwyczaj nieszkodliwe dla człowieka) oraz drobnoustroje ściekowe, w tym chorobotwórcze dla człowieka. Do najważniejszych chorób przewodu pokarmowego przenoszonych przez bakterie chorobotwórcze żyjące w środowisku wodnym należy tyfus brzuszny, czerwotka oraz dur rzekomy. W wodach powierzchniowych stwierdzano także występowanie wirusów powodujących żółtaczkę zakaźną. Dla konsumentów świeżych owoców i warzyw niebezpieczne może być deszczowanie plantacji wodą zawierającą bakterie chorobotwórcze.

Wskaźnikiem biologicznego skażenia wody jest wykrycie bakterii pałeczki okrężnicy (*Escherichia coli*), która może wywołać biegunki. Obecność tej bakterii w wodzie świadczy o zanieczyszczeniu wody fekaliami i wskazuje na potencjalne niebezpieczeństwo występowania bakterii chorobotwórczych. Wskaźnik coli to liczba bakterii grupy coli w 100 mililitrach wody. W wodzie pitnej wskaźnik ten nie powinien przekroczyć 0. Wskaźnik coli w wodzie do nawadniania warzyw, owoców (w tym jagodowych), spożywanych w stanie świeżym nie powinien przekraczać 10. Zamiast wskaźnika coli podaje się często tzw. miano coli określające najmniejszą ilość wody, w której znajduje się jedna bakteria. Odpowiednie analizy powinny być przeprowadzone w jednostce do tego uprawnionej np. stacji sanitarno-epidemiologicznej.

Substancjami szkodliwymi dla ludzi, a łatwo akumulującymi się w roślinach są niektóre pierwiastki np. metale ciężkie, fenole, detergenty oraz pestycydy. Dopuszczalne zawartości niektórych pierwiastków w wodzie określa tabela 3.

Tabela 3. **Dopuszczalne zawartości niektórych pierwiastków w wodzie do nawadniania wg normy krajowej PN -84(c-04635)**

Pierwiastek	Dopuszczalna ilość [mg/l]
Arsen (As)	0,2
Bor (B)	0,5
Chlorki (Cl)	400
Cynk (Zn)	2,0
Fluor (F)	1,5
Glin (Al)	5
Kadm (Cd)	0,1
Nikiel (Ni)	1,0
Ołów (Pb)	0,1
Rtęć (Hg)	0,01
Siarczki (S)	0,1
Suma metali ciężkich	1,0

Bardzo ważnym aspektem jest także zawartość pestycydów w wodzie do nawadniania. Pestycydy coraz częściej pojawiają się zarówno w wodach powierzchniowych, jak i głębinowych. Nieświadome stosowanie do nawadniania skażonej wody może być przyczyną wykazania przez laboratoria certyfikujące zawartości pestycydów nawet na polach, gdzie nie były one nigdy stosowane.

ad. 2) Toksyczność dla roślin

Większość uprawianych roślin jest wrażliwa na wysoką zawartość soli w środowisku korzeniowym. Wielkość zasolenia wody jest bardzo ważnym parametrem oceniającym jej przydatność do nawadniania. Ocenę zasolenia wody przeprowadza się za pomocą konduktometru, który określa przewodność elektryczną wody. Im wyższe jest zasolenie wody, tym wyższa jej przewodność elektryczna. Przewodność elektryczną określa się za pomocą jednostek wyrażonych w Simensach na jednostkę odległości (np. mS/cm). (Tab. 4) W Polsce zazwyczaj nie ma problemu ze zbyt dużym zasoleniem wody. Dla większości ujęć EC wody jest poniżej 0,75 mS/cm, co kwalifikuje je do poziomu zasolenia niskiego lub umiarkowanego.

Tabela 4. **Klasyfikacja zasolenia wody stosowanej do nawadniania**

Stopień zasolenia	EC (mS/cm)	Zasolenie g/l NaCl
niski	< 0,25	< 0,16
średni	0,25 – 0,75	0,16 – 0,48
wysoki	0,75 – 2,25	0,48 – 1,44
Bardzo wysoki	>2,25	>1,44

Pierwiastki, które w wyższych stężeniach mogą być toksyczne dla roślin to przede wszystkim: Cl (chlor), Na (sód) i B (bor). Bardzo różna jest odporność poszczególnych gatunków roślin na zawyżone stężenie tych pierwiastków w wodzie nawodnieniowej. Przykła-

dowe dane dotyczące ograniczenia użycia wody do nawadniania (o różnych parametrach jakościowych) przedstawiono w tabeli 5. Dane te są tylko orientacyjne – nie uwzględniają warunków uprawy oraz specyficznych wymagań poszczególnych gatunków roślin. Przykładowo woda o pH zbliżonym do 7 nadaje się bez ograniczeń do nawadniania wielu gatunków poza borówką (taka woda nadaje się do nawadniania borówki, jeżeli istnieje możliwość jej zakwaszenia). Wysoka zawartość azotanów w wodzie nie stanowi problemu jeżeli wykorzystana się ją do upraw, które wymagają wysokich dawek azotu.

Tabela 5. **Ocenie jakości wody do nawadniania roślin**

Parametr	Jednostki	Ograniczenie użycia *		
		bez ograniczeń	małe i średnie	Duże
pH		< 7,0	7 – 8	>8
Zasolenie:				
EC	mS/cm	<0,5	0,5 - 1,5	>1,5
Ilość rozpuszczonych soli	mg/l	450	450-2000	>2000
N-NO ₃	mg/l	> 5	5 – 30	> 30
Sód (Na)	mg/l	<50	50 - 100	>100
Chlor (Cl)	mg/l	<50	50 - 150	>150
Bor (B)	mg/l	< 0,5	0,5-2,0	>2,0

* - dane nie uwzględniają specyficznych wymagań uprawy konkretnego gatunku roślin np. w przypadku truskawki uprawianej pod osłonami stężenie chloru w wodzie nie powinno przekraczać 30 mg/l.

Poszczególne jony mogą być toksyczne dla korzeni roślin, ale w przypadku stosowania deszczowania mogą także powodować uszkodzenia liści. Np. deszczowanie wodą o stosunkowo niskiej zawartości Boru (na poziomie 1,0 mg/l) może już powodować nekrozy na liściach wielu gatunków roślin. Uszkodzenia liści podczas deszczowania mogą być spowodowane także podwyższoną zawartością Na (sodu) i Cl (chloru). Zawartość sodu powyżej 70 mg/l, lub chloru powyżej 100 mg/l, w wodzie do deszczowania może początkowo nie wpływać toksycznie na systemy korzeniowe roślin, ale powodować nekrozy na młodych liściach.

ad. 3) Wpływ na wygląd i jakość handlową plonu

Jest to aspekt bardzo istotny w przypadku owoców i warzyw spożywanych w stanie świeżym. Przykładem może być deszczowanie wodą o bardzo wysokiej zawartości żelaza (ponad 10 mg/l), które może powodować wytrącanie się wodorotlenku żelaza na owocach, warzywach lub roślinach ozdobnych.

ad. 4) Prawidłowe działanie instalacji nawodnieniowej

Jakość wody jest ważnym elementem mającym wpływ na wybór systemu nawodnieniowego. Przy stosowaniu deszczowni drobne zanieczyszczenia mechaniczne i organiczne nie stanowią problemu ze względu na możliwość ich zatrzymania przez zgrubne filtry siatkowe. Nawadnianie kropłowe wymaga dobrej jakości wody, dokładnej filtracji elementów stałych zawartych w wodzie, a w przypadku wody o wysokim poziomie Fe (żelaza) i Mn (manganu), także uzdatniania.

Ze względu na swą specyfikę - małą średnicę dysz zraszaczy oraz niewielkie rozmiary kanałów labiryntów, umieszczonych w kroploownikach, systemy mikro-nawadniania wymagają bardzo dobrej jakości wody. Zawartość żelaza lub manganu w wodzie powyżej 1-1,5 mg/l stwarza duże niebezpieczeństwo zapychania się emiterów kroplowych i wymaga odżelazienia (Fot. 13).

Fot. 13 **Odkładające się w labiryncie kroploownika osady związków żelaza.**



Fot 14. **Głony rozwijające się na wylocie emitera kroplowego.**



Zwartość żelaza poniżej 0,5mg/l nie stanowi zagrożenia dla przepustowości emiterów. Przy stosowaniu minizraszaczy nie jest szkodliwa nawet kilkukrotnie wyższa zawartość żelaza lub manganu. (tabela. 6)

Emiterzy kroplowe mogą być zapychane przez rozwijające się w instalacji grzyby, bakterie i glony. Organizmy te w sprzyjających warunkach namnażają się, tworząc charakterystyczną śluzowatą masę blokującą kroploniki (Fot. 14).

W tabeli 6 przedstawiona została ocena jakości wody do nawodnień kroplowych w zależności od zawartości poszczególnych substancji w wodzie.

Tabela 6. : **Ocena jakości wody do nawodnień kroplowych.**

Parametr	Prawdopodobieństwo zapchania emiterów		
	małe	średnie	duże
Zawartość części stałych [mg/l]	<50	50-100	>100
pH	<7	7,0 – 8,0	>8,0
Zawartość sub. rozpuszczonych [mg/l]	<500	500-2000	>2000
Mangan [ppm]	<0,1	0,1 – 1,5	>1,5
Żelazo [ppm]	<0,1	0,1 – 1,5	>1,5
Siarkowodór [ppm]	<0,5	0,5-2,0	>2,0
Bakterie [liczba / ml]	10000	10000-50000	50000

ad. 5) Jakość wody a przygotowanie pożywki nawozowej

Przygotowanie pożywki nawozowej wymaga wiedzy na temat: optymalnego składu pożywki dla danej rośliny w określonej fazie wzrostu, warunków uprawy oraz parametrów jakościowych wody. Niezbędna jest informacja o zasoleniu, odczynie wody, stężeniu wodorowęglanów (HCO_3^-) oraz zawartości makro i mikroelementów. Dane o zawartości wodorowęglanów są potrzebne do określenia ilości kwasu niezbędnego do zakwaszenia pożywki. W praktyce można przyjąć pozostawienie w roztworze 43 mg/l (0,7 mmol/l) wolnych jonów wodorowęglanowych. Pozostałą ich ilość (w zależności od zawartości w wodzie) należy zneutralizować odpowiednim kwasem: azotowym, fosforowym lub siarkowym. Ilość wprowadzanego wraz z kwasem składnika należy uwzględnić w dalszych obliczeniach pożywki. Zawartości wszystkich makro- i mikroelementów znajdujących się w wodzie nawodnieniowej powinny być odjęte od wyjściowego składu pożywki. Ogólne kryteria jakościowe wody zestawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Wskazówki pomocne przy ocenie jakości wody do nawadniania

Potencjalny problem	Jednostki	Ograniczenie użycia		
		bez ograniczeń	małe i średnie	Duże
Zasolenie (EC)	mS/cm	<0,7	0,7–3	>3,0
Ilość rozpuszczonych soli	mg/l	<450	450–2000	>2000
fitotoksyczność dla korzeni				
sód (Na)	SAR*	<3	3–9	>9
chlor (Cl)	mg/l	<140	140–350	>350
bor (B)	mg/l	<0,7	0,7–3,0	>3,0
fitotoksyczność dla liści				
sód (Na)	mg/l	<70	>70	
chlor (Cl)	mg/l	<100	>100	

5. Zasady integrowanego nawadniania

Stały wzrost zapotrzebowania na wodę (intensyfikacja produkcji roślin i zmiany klimatyczne) wymusza stosowanie w praktyce jak najbardziej efektywnych metod nawadniania. Ważny jest nie tylko aspekt techniczny, ale także technologiczny. Ogrodnicy powinni w swoich gospodarstwach wdrażać zasady integrowanego nawadniania poprzez:

1. **Oszczędne gospodarowanie zasobami wodnymi na wszystkich etapach użytkowania.**
2. **Stosowanie nawadniania tylko w miarę potrzeb, według wiarygodnych kryteriów.**
3. **Ochronę źródeł wody przed zanieczyszczeniami.**

ad. 1) Oszczędne gospodarowanie zasobami wodnymi na wszystkich etapach użytkowania

Należy unikać strat wody zarówno podczas przepompowywania, gromadzenia jak i prowadzenia nawadniania. Szczególnej uwagi wymaga szczelność rurociągów, kanałów, i zbiorników retencyjnych (Fot. 15).

Aby uniknąć awarii instalacji nawodnieniowych i strat wody należy je budować tylko z dobrej jakości elementów i przestrzegać zalecanych przez producentów zasad serwisowania. Przeglądy i serwis instalacji nawodnieniowych powinny być prowadzone zawsze po zakończeniu sezonu nawodnieniowego a w ostateczności wiosną przed rozpoczęciem okresu nawadniania.

Fot.15. Taki „niewinny” przeciek w skali sezonu jest przyczyną bardzo dużych strat wody



ad) 2. Stosowanie nawadnianie tylko w miarę potrzeb, według wiarygodnych kryteriów

W praktyce można stosować kryteria klimatyczne i/lub glebowe (rozdział 2). Poza wykorzystaniem odpowiedniego sprzętu do pomiaru wilgotności lub potencjału wodnego gleby warto nauczyć się szacować potrzeby wodne upraw w gospodarstwie. Taka wiedza umożliwia przewidywanie czasu, jaki upłynie od ostatnich obfitych opadów lub nawadniania do wyczerpania się zapasu wody w glebie, co wiąże się z rozpoczęciem nawadniania. Oszacowanie terminu następnego nawadniania jest możliwe po wyznaczeniu bilansu wodnego uprawy. Po stronie przychodów znajdują się opady i/lub nawadnianie. Rozchodem jest ewapotranspiracja rzeczywista uprawy (ETR). W pierwszym etapie obliczeń należy obliczyć zapas wody bardzo łatwo dostępnej lub wody dyspozycyjnej zalegającej w warstwie gleby, w której kontrolowana jest wilgotność (tabela 8). Gdy producentowi zależy na utrzymaniu wysokiej wilgotności gleby, do obliczeń powinien brać pod uwagę dane o zawartości wody bardzo łatwo dostępnej dla roślin.

Tabela. 8. **Zawartości wody bardzo łatwo dostępnej i dyspozycyjnej w (mm) w 10 cm warstwie różnego rodzaju gleb*.**

Rodzaje wody	Kategoria gleby			
	Bardzo lekka	Lekka	Średnia	Ciężka
Bardzo łatwo dostępna	3,6	4,8	5,4	4,8
Dyspozycyjna	6	8	9	8

*opis kategorii glebowych – www.nawadnianie.inhort.pl/slownik/S%C5%82ownik-1/K/Kategorie-gleb-14/

Przykład obliczeń zapasu wody (ZW):

Kontrolując wilgotność gleby lekkiej w warstwie do 30 cm, zapas wody bardzo łatwo dostępnej szacuje się na $(3 \times 4,8) = 14,4$ mm (14,4 l/m²; 144 m³/ha). Obliczenia zapasu wody glebowej można wykonać także na platformie internetowej: www.nawadnianie.inhort.pl/zapas-wody-glebowej.

W celu utrzymania wilgotności gleby w tej warstwie na wysokim poziomie, nawadnianie powinno się wykonać, gdy sumowane dziennie potrzeby wodne uprawy (ETR) będą zbliżone do szacowanego zapasu wody bardzo łatwo dostępnej.

$$ETR = ZW$$

ETR można oszacować na platformie internetowej:

www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-nawadniania-rs,

www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-wodne-rw

Przykładowo, jeżeli oszacowaliśmy zapas wody bardzo łatwo dostępnej na 14,4 mm a przy stabilnych warunkach pogodowych ETR szacujemy na 3,7 mm dziennie, to nawadnianie powinniśmy przeprowadzić po 4 dniach. Niestety w przypadku naszych warunków klimatyczno-glebowych metoda ta nie jest doskonała. Brak nam informacji o intensywności podsiąka-

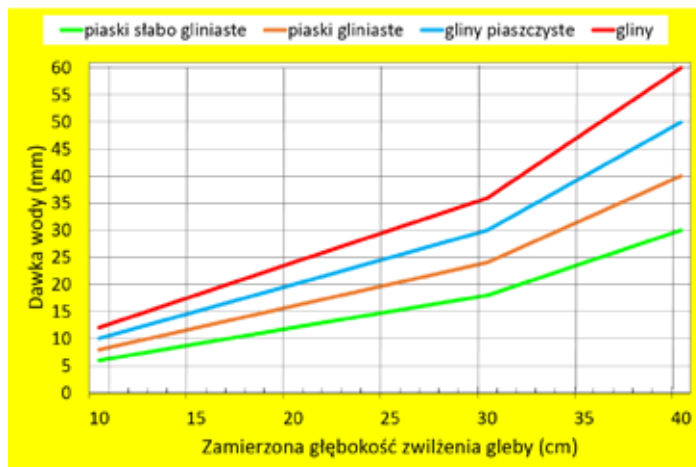
nia wody gruntowej, która wiosną po śnieżnej zimie może być bardzo istotnym przychodem wody w warstwie ornej gleby. Trudno jest także ocenić efektywność opadów burzowych, która w szczególnych przypadkach może być nawet niższa niż 50%. Dlatego, chcąc do sterowania wykorzystywać metodę bilansową dobrze jest się wspierać pomiarami wilgotności gleby. Pomiary wilgotności nie muszą być prowadzone na każdej kwaterze, ale pomogą użytkownikowi wprowadzić do obliczeń własne korekty, co zapewni wyższą precyzję nawadniania. Niezależnie od zastosowanych kryteriów nawadniania użytkownik instalacji nawodnieniowej powinien:

- A) - ustalić maksymalną jednorazową dawkę wody,
- B) - określić intensywność wyptywu wody na konkretne kwatery (zawory).

A) Ustalenie maksymalnej jednorazowej dawki wody

Użytkownicy systemów nawodnieniowych powinni ustalić empirycznie lub oszacować maksymalną jednorazową dawkę wody tak, aby glebę zwilżać tylko na głębokość zalegania najbardziej aktywnej strefy korzeniowej roślin (w zależności od gatunku zazwyczaj jest to głębokość 10 do 40 cm). Niezbędną dawkę wody dla zwilżenia gleby na określoną głębokość (w przypadku deszczowania) można oszacować wykorzystując dane zawarte na rysunku nr. 5. Na rysunku tym przedstawiono zależność pomiędzy dawką wody, a szacowaną głębokością zwilżenia dla różnych rodzajów gleb. np. Przykładowo jeżeli piasek słabo gliniasty chcemy zwilżyć na głębokość 25 cm to stosujemy dawkę 15 mm. Ale jeżeli na tę głębokość chcemy zwilżyć glebę gliniastą to dawkę należy zwiększyć do ok. 30 mm.

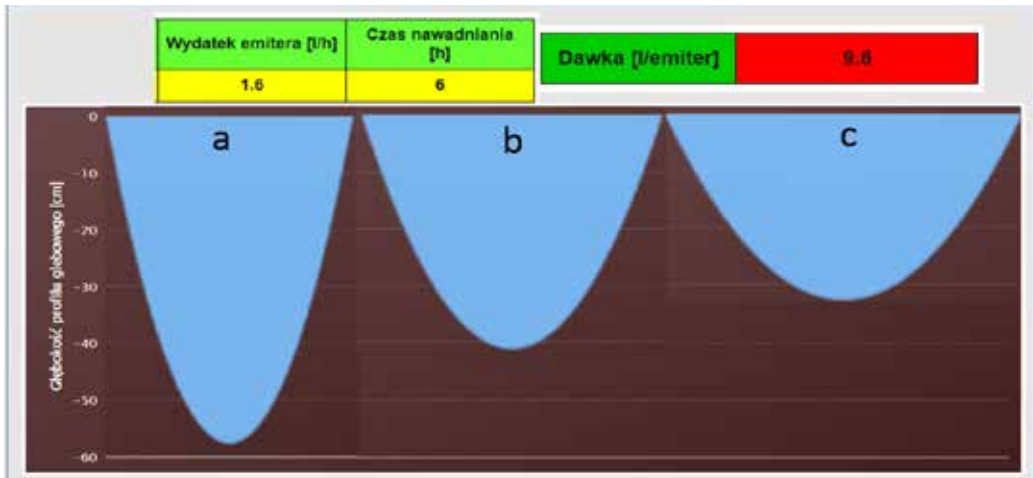
Określenie rzeczywistej głębokości zwilżenia gleby powinno być określone poprzez wykonanie odkrywki profilu glebowego i obserwację jak głęboko przesiąka woda po zastosowaniu określonej dawki deszczowania lub nawadniania kropłowego. Można w tym celu wykorzystać również tensjometry lub czujniki do pomiaru wilgotności gleby, umieszczając je na kilku głębokościach i odczytując jak głęboko konkretna dawka wody zwilża profil glebowy. Skład mechaniczny gleby istotnie wpływa nie tylko na pionowy, ale i poziomy rozkład wody, co ma szczególne znaczenie przy nawadnianiu kropłowym. Dlatego też na glebach lekkich stosuje się mniejszą odległość pomiędzy emiterami a na glebach ciężkich większą. Konkretnie zalecenia zostały umieszczone przy opisie poszczególnych gatunków roślin.



Rys.5. Zależność pomiędzy dawką wody a szacowaną głębokością zwilżenia dla różnych rodzajów gleb.

Symulację przepływu wody przy stosowaniu nawadniania kropłowego w różnych rodzajach gleb można przeprowadzić na platformie internetowej za pomocą aplikacji: Zasięg zwilżania www.nawadnianie.inhort.pl/gleba/118-zasięg-zwilżania Po wyborze typu gleby, wydatku emitera kropłowego i czasu nawadniania użytkownik otrzymuje graficzny obraz szacowanego obszaru zwilżenia gleby. Na rysunku (Rys. 6) przedstawiono symulacje pionowego zasięgu wody dla różnych typów gleb przy takim samym wydatku emitera i czasie nawadniania.

Rys. 6 **Symulacja pionowego przesiąkania wody dla gleby bardzo lekkiej (a), lekkiej (b) i ciężkiej (c) po 6 godzinowym nawadnianiu kropłowym emiterami o wydatku 1.6 litra na godzinę**



W przypadku wystąpienia ekstremalnych warunków pogodowych, które wymuszą wysokie potrzeby wodne roślin, może się zdarzyć, że wymaganą dawkę dzienną trzeba będzie podzielić na dwa nawodnienia.

B) Pomiar lub szacunek intensywności wypływu wody na poszczególne zawory.

Użytkownik instalacji nawadniającej ustala czas nawadniania. Bez względu na to, czy zawory otwierane są ręcznie czy automatycznie, ważne jest określenie zależności pomiędzy czasem nawadniania a wielkością dawki wody dla wszystkich zaworów instalacji nawodnieniowej. W najbardziej precyzyjny sposób można to zrobić za pomocą wodomierza (na którym odczytuje się rzeczywistą intensywność przepływu wody) lub za pomocą aplikacji „Systemy Nawodnieniowe”, umieszczonej pod adresem: www.nawadnianie.inhort.pl/systemy-nawodnieniowe. Dzięki temu można oszacować wydatki wody, zarówno w instalacjach kropłowych, systemach mini zraszania jak i deszczownicach. W przypadku instalacji kropłowych użytkownik nie tylko obliczy wydatek wody na jednostkę powierzchni, ale także po wpisaniu czasu nawadniania, otrzyma informacje o wydatku wody emiter i roślinę.

ad. 3) Ochrona źródeł wody przed zanieczyszczeniami

Woda jest bardzo cennym dobrem dlatego należy ją chronić przed zanieczyszczeniem. Należy zwracać tu szczególną uwagę na zabezpieczenie pustych opakowań po nawozach i środkach ochrony roślin.

W przypadku instalacji nawodnieniowych przez które prowadzona jest fertygacja konieczny jest montaż zaworów zwrotnych. Takie rozwiązanie eliminuje możliwość zanieczyszczenia źródła wody nawozami lub kwasami stosowanymi do zakwaszania pożywki.

Źródła wody mogą być także zanieczyszczone mikrobiologiczne przez przesiąkanie do wód gruntowych lub spływ powierzchniowy. Dlatego należy zwrócić szczególną uwagę na obowiązujące przepisy dotyczące przechowywania nawozów naturalnych.

Powierzchniowe i gruntowe źródła wody powinny być także chronione przed zanieczyszczeniem wodami drenażowymi emitowanymi przez szklarnie, tunele foliowe oraz szkółki kontenerowe.

Fot. 15. **Nawodnienie borówki**



Nawadnianie
roślin
sadowniczych

6. Nawadnianie roślin sadowniczych

6. 1. Jabłoni

Efektywność nawadniania

Efektywność nawadniania intensywnych sadów jabłoni jest bardzo wysoka. Wzrost plonu, spowodowany nawadnianiem, zależy jest od przebiegu pogody, wieku i kondycji drzew. Generalnie można przyjąć, że w warunkach Polski nawadnianie jabłoni powoduje średnio zwiększenie plonu na poziomie od 15 do 30% a więc co najmniej kilka ton z hektara. Bywają lata, w których plon jest znacznie większy. Średnia zwiększona plonu w Sadzie Pomologicznym w Skierniewicach na nawadnianej kwaterze Gali, zaszczepionej na podkładce M. 9, w latach 2007 - 2010 wyniosła aż 9,3 t/ha.

Nawadnianie ma wpływ nie tylko na wielkość, ale także i na jakość plonu. Jakość plonu ma istotny wpływ na cenę oraz możliwości zbytu owoców. Podstawową cechą jakościową (na którą ma wpływ nawadnianie) jest wielkość jabłek. W sadzie nawadnianym analiza rozkładu wielkości poszczególnych klas owoców wykazuje zazwyczaj wyższy udział procentowy owoców dużych. Wzrost średniej masy owoców w sadzie nawadnianym w stosunku do kontroli zależy jest od zwiększenia plonu. W skrajnych przypadkach, przy zbyt obfitym plonowaniu, drzewa nawadniane mogą osiągać niższą średnią masę owoców w porównaniu do drzew kontrolnych. Nadmierne owocowanie może być powodem nie tylko drobnienia owoców, ale także przemiennej owocowania.

Największe przyrosty plonu uzyskiwane są w lata suche. Na uwagę zasługuje jednak fakt, że dzięki dobrej kondycji drzew, wzrost plonu na kwaterach nawadnianych występuje również w tzw. lata „przekropne”. Potwierdza to opinię, że w przypadku roślin wieloletnich nawadnianie zastosowane w jednym roku oddziałuje korzystnie na plonowanie w latach następnych. Największe różnice pomiędzy plonowaniem drzew nawadnianych i kontrolnych uzyskano w doświadczeniach, które były zakładane w latach suchych, kiedy drzewa kontrolne po posadzeniu poddane były bardzo silnemu i długotrwałemu stresowi. Oznacza to, że w naszych warunkach klimatycznych zakładanie intensywnego sadu jabłoniowego bez nawadniania jest decyzją obciążoną wysokim ryzykiem. Najlepsze efekty osiąga się nawadniając drzewa od pierwszego roku po posadzeniu. Jeżeli nie ma możliwości zastosowania nawadniania należy przewidzieć konieczność podlewania roślin – szczególnie w pierwszych dwu latach po posadzeniu. Wysoka efektywność nawadniania młodych sadów ma bardzo istotny wpływ na szybki wzrost poniesionych kosztów na instalację nawadniającą. Przykład: W Sadzie Pomologicznym Instytutu Ogrodnictwa nawadnianie kroplowe Gali zaszczepionej na podkładce M. 9 już w drugim roku uprawy spowodowało wzrost plonu względem kontroli aż o 5,9 t/ha (kontrola 2,4 t/ha, nawadnianie 8,3 t/ha). Dzięki tej zwiększone plonu koszty instalacji nawadnieniowej zwróciły się już po dwóch latach.

Okresy krytyczne

Nadmierne nawadnianie połączone z obfitym nawożeniem azotowym może powodować zbyt silny wzrost drzew i mieć ujemny wpływ na jakość owoców, zwłaszcza przeznaczonych do

przechowywania. Optymalny program nawadniania drzew owocowych powinien być uzależniony nie tylko od przebiegu pogody, ale także od wieku drzew ich aktualnej kondycji i wysokości plonowania. Niedostatek wody istotnie wpływa na wszystkie procesy fizjologiczne, a przez to na wzrost i plonowanie drzew. Brak wody wiosną wpływa nie tylko na siłę wzrostu pędów, ale także na wielkość opadu czerwcowego. Susza w okresie letnim ogranicza ponadto wzrost owoców, a więc obniża nie tylko wielkość plonu, ale także jego jakość. Z powodu suszy cierpią wszystkie rodzaje sadów, jednak w przypadku drzew młodych zaszczepionych na podkładkach karłowatych negatywny wpływ braku wody w glebie jest najsilniejszy. Okresem krytycznym jest pierwsza wiosna po posadzeniu drzew. Obecnie standardem jest sadzenie wyrosniętych drzewek z rozbudowaną koroną wiosną, u których zakłócona jest proporcja pomiędzy częścią nadziemną (stosunkowo duża powierzchnia liści), a systemem korzeniowym (mała powierzchnia korzeni). Przy bezśnieżnych zimach i małej ilości opadów wiosną, adaptacja takich drzewek bez nawadniania jest bardzo utrudniona.

Potencjalna intensywność transpiracji zależna jest od warunków meteorologicznych, ale rzeczywista ilość pobranej wody zależna jest od dostępności wody glebowej i powierzchni systemu korzeniowego. Warunki przyjęcia się i wzrostu drzewek w pierwszym roku po posadzeniu mają wpływ na ich wzrost i plonowanie w latach następnych.

Dla jabłoni szkodliwe są zbyt niskie jak też i zbyt wysokie opady atmosferyczne. W naszych warunkach klimatycznych tylko w skrajnych przypadkach susza doprowadza do wypadania młodych drzew. Inaczej sytuacja się przedstawia w przypadku zalania sadu. Nadmiar opadów, przy działaniu wyższej temperatury i ograniczonej przepuszczalności gleby, może po ulewnych deszczach lub powodzi powodować zastoiska wodne prowadzące do wypadania drzew. Przyczyną wypadania jest nie nadmiar wody, ale brak tlenu – korzenie drzew po prostu się „duszą”.

Wrażliwość na suszę drzew owocowych jest wypadkową siły wzrostu podkładki i odmiany szlachetnej. Jeżeli korzenie drzewa penetrują głębsze warstwy gleby, mają szansę na korzystanie ze znajdującej się tam wody (również takiej, która pojawia się dzięki podsiąkaniu wody gruntowej). Najbardziej wrażliwe na krótkotrwałe okresy bezopadowe są drzewa szczepione na płytko korzeniujących się podkładkach karłowatych. Prowadzone przez Instytut Ogrodnictwa badania wykazały istotne różnice wrażliwości na suszę pomiędzy drzewami tej samej odmiany (Ligol) zaszczepionej na różnych podkładkach. Wyraźnie lepiej wytrzymały warunki suszy drzewa szczepione na podkładce M9 i P22, w porównaniu do zaszczepionych na podkładce P16. Drzewa zaszczepione na podkładce P16 najbardziej cierpiały także z powodu zalania.

Dodatkową przyczyną wrażliwości sadów intensywnych na niedobory opadów jest konkurencja pomiędzy poszczególnymi drzewami o wodę wynikająca z dużego zagęszczenia drzew. Na drzewach, które mogą być potencjalnie narażone na stres suszy należy pozostawiać mniej zawiązków owocowych, niż na drzewach rosnących w warunkach optymalnej wilgotności gleby. Ograniczanie owocowania poprzez przeredzanie zawiązków odgrywa ważną rolę także w sadach nawadnianych, ponieważ brak kontroli nad wielkością plonowania może skutkować drobnieniem owoców. Przy słabym kwitnieniu np. po wystąpieniu przymrozków lub zbyt mocno przeredzonych zawiązkach, nawadnianie sprzyja nadmiernemu wzrostowi długopędów i przerastaniu owoców.

Nieograniczona dostępność wody dla drzew w ciągu całego okresu wegetacji może mieć wpływ na zwiększenie występowania chorób w czasie przechowywania owoców, a także ich

jędrność po przechowaniu. Dlatego w sadach nawadnianych należy zadbać o prawidłową ochronę i pozakorzeniowe traktowanie jabłoni wapniem. Przy prawidłowym wzroście pędów i owoców wskazane jest także okresowe ograniczanie lub nawet zaprzestanie nawadniania.

Potrzeby wodne

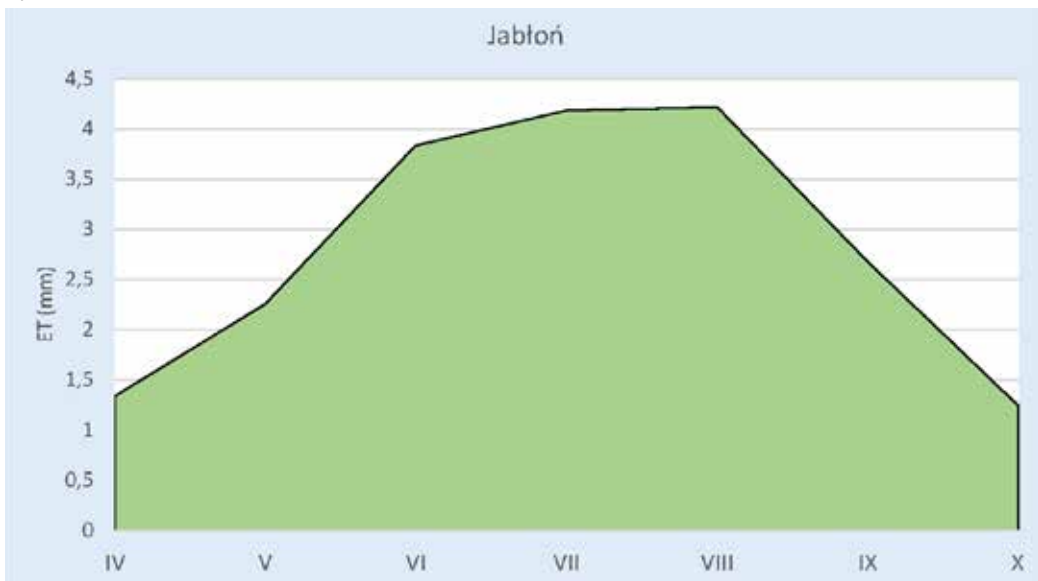
W naszych warunkach klimatycznych dla optymalnego wzrostu i plonowania jabłoni wymagane jest około 600-700 mm opadów rocznie (1 mm opadu to 10 m³ wody/ha). Ważna jest jednak nie tylko suma rocznych opadów, ale także ich rozkład w okresie wegetacji. Potrzeby wodne jabłoni są wypadkową warunków pogodowych (temperatura powietrza, nasłonecznienie, wilgotność powietrza oraz prędkość wiatru), wielkości drzew i ich fazy fenologicznej.

Jabłonie mają stosunkowo wysokie potrzeby wodne, a ich maksimum przypada na okres od czerwca do sierpnia (Rys. 7). Maksimum potrzeb wodnych nie jest równoznaczne z okresami krytycznymi dla wzrostu i plonowania drzew. Susza w maju i czerwcu ma istotny wpływ na ograniczenie wzrostu drzew i wielkość opadu czerwcowego, a susza w okresie sierpień – wrzesień ogranicza przede wszystkim wzrost owoców.

Potrzeby wodne jabłoni można wyznaczyć za pomocą aplikacji umieszczonej na portalu internetowym w zakładce Potrzeby Nawadniania - www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-nawadniania-rs lub obliczyć samodzielnie za pomocą metodyki: Szacowanie potrzeb wodnych jabłoni umieszczonej pod adresem - www.nawadnianie.inhort.pl/metodyki.

W warunkach Polski w okresie największego zapotrzebowania jabłoni na wodę zazwyczaj występują najwyższe niedobory opadów. Na wykresie (Rys. 8) przedstawiono średnie miesięczne niedobory opadów dla intensywnego sadu jabłoniowego szacowane na podstawie przebiegu pogody za lata 2011 -2020. Szacunek ten nie uwzględnia wody zgromadzonej w glebie po zimie, przychodów wody z wiosennego podsiąkania wody gruntowej oraz efektywności opadów.

Rys. 7. Średnie dzienne potrzeby wodne jabłoni szacowane dla Polski centralnej za lata 2011-2020.



W Polsce centralnej największe niedobory opadów występują w sierpniu. Szacuje się je na około 65 mm, jednak w latach suchych wartości te mogą wynosić nawet powyżej 90 mm.

Rys. 8 Średnie miesięczne niedobory opadów dla jabłoni, szacowane dla Polski centralnej za lata 2011 - 2020.



Zalecane systemy nawadniania

Wybór systemu nawodnieniowego zależy od podstawowych funkcjonalności jaką ma mieć system nawodnieniowy, jakości i ilości dostępnej wody oraz możliwości finansowo-technicznych gospodarstwa. Ze względu na wysoką efektywność wykorzystania wody do nawadniania jabłoni polecane są systemy kroplowe (Fot. 16) lub instalacje mini-zraszania (Fot 17), ale nie należy wykluczać deszczowni stałych. Niewątpliwą zaletą deszczowania jest to, że może być ono użyte do ochrony sadów przed wiosennymi przymrozkami a także do schładzania owoców w upalne dni. Ten sposób nawadniania ma jednak wady, do których zaliczyć można duże jednostkowe zapotrzebowanie na wodę i energię (ciśnienie pracy minimum 2,5 atm.) oraz możliwość powstawania i rozwoju chorób grzybowych przy zraszaniu liści. Nie jest możliwe nawadnianie roślin w czasie silnych wiatrów, w trakcie wykonywania prac w sadzie oraz w sadach położonych na terenach o dużym spadku.

Minizraszanie charakteryzuje większa oszczędność wody i energii w porównaniu do systemu deszczownianego. Podkoronowe systemy minizraszania nie zwilżają liści, są proste w montażu i dają możliwość podawania nawozów wraz z wodą (fertygacja). Mizraszacze są jednak wrażliwe na uszkodzenia mechaniczne powstałe podczas zbioru owoców i cięcia drzew. Do nawadniania intensywnych nasadzeń jabłoni stosowane są zazwyczaj minizraszacze, które rozpryskują wodę wzdłuż rzędów drzew. Specjalne minizraszacze umieszczone ponad koronami drzew mogą służyć także do ochrony jabłoni przed przymrozkami.

W Polsce ponad 70% instalacji nawodnieniowych w sadach jabłoniowych stanowią systemy kroplowe. Linie kroplujące umieszcza się na powierzchni gleby (wzdłuż rzędów drzew), pod powierzchnią gruntu (nawadnianie wgłębne) lub podwiesza nad glebą. Przy wyborze

Fot. 16. System nawadniania kroplowego w sadzie jabłoniowym



odpowiedniej linii kroplującej do nawadniania jabłoni należy zwracać uwagę nie tylko na cenę, ale również na jakość i dane techniczne emiterów. W przypadku sadów, ze względu na długi okres uprawy, zalecane jest stosowanie grubościennych linii kroplujących, o grubości ścianki od 0,9 - 1,2 mm.

Obszar gleby zwilżonej przez pojedynczy kroplownik swoim kształtem przypomina cebulę. Maksymalny zasięg zwilżenia występuje nie na powierzchni gleby, ale na głębokości około 20 – 30 cm. Rozstaw emiterów linii kroplujących do intensywnych sadów jabłoniowych dobiera się tak, aby równomiernie nawodnić glebę wzdłuż rzędu drzew. W zależności od składu mechanicznego gleby poleca się rozstaw pomiędzy emiterami od 60 do 70 cm. Pomiar wilgotności gleby (do sterowania nawadnianiem) powinien być prowadzony na głębokości ok. 20 cm. Czujniki należy instalować w rzędzie drzew w obszarze zwilżania gleby przez system nawodnieniowy, w odległości od 10 do 15 cm od kroplownika.

Fot. 17. **System mini zraszania podkoronowego w sadzie jabłoniowym**



Instalacja nawodnieniowa powinna umożliwić dostarczenie niezbędnej ilości wody dla roślin w okresach najbardziej krytycznych. Uwzględniając potrzeby wodne roślin sadowniczych i średnie wielkości opadów dla Polski Centralnej średnie zapotrzebowanie na wodę nawodnieniową można oszacować na co najmniej 2,5 – 3 mm/dzień. Oznacza to, że przy hektarowym sadzie źródło wody powinno mieć możliwość poboru od 25 – 30 m³ wody na hektar na dzień. Przy bardzo wysokich temperaturach i przedłużającej się suszy nawet te ilości wody mogą nie zapewnić drzewom komfortowych warunków wilgotności gleby. W ekstremalnych warunkach maksymalne dzienne potrzeby wodne sadu mogą przekraczać nawet 5 mm. Szacowana dla lat suchych całkowita niezbędna ilość wody do nawadniania jabłoni wahała się w granicach 1200 - 2000 m³/ ha.

6. 2. Grusza

Efektywność nawadniania

Grusza jest rośliną trudną w uprawie ze względu na duże wymagania klimatyczne. Jej drzewa są mniej wytrzymałe na mróz niż jabłonie, a kwiaty, ze względu na wcześniejsze kwitnienie, są częściej uszkodzane przez przymrozki. Gatunek ten ma również duże wymagania glebowe oraz pokarmowe. W naszych warunkach klimatycznych efektywność nawadniania intensywnych sadów gruszowych jest wysoka. Podobnie jak u innych gatunków roślin wzrost plonu, spowodowany nawadnianiem, zależy od przebiegu pogody, pojemności wodnej gleby oraz wieku i kondycji drzew. Nawadniając grusze można liczyć średnio na 15-30% zwiększenie plonowania. Największe przyrosty plonu uzyskuje się w lata suche. W bardzo suchym roku 2019 plon na nawadnianej kwaterze odmiany `Konferencja` był wyższy aż o 13 t/ha, w porównaniu do plonowania drzew kontrolnych. Ciekawostką jest fakt, że nawet przy tak dużej zwiększonej plonu drzewa nawadniane wydały znacznie większe owoce (138g) w porównaniu do nienawadnianych drzew kontrolnych (90 g) (Fot. 18).



Fot. 18. **W lata suche tylko dzięki nawadnianiu można uzyskać dobre wyrosnięte owoce.**

Przy wieloletnim nawadnianiu i utrzymywaniu sadu w dobrej kondycji, z drzew z kwater nawadnianych uzyskuje się wyższe plony (w porównaniu do nienawadnianych) nawet w latach przekropnych, w których nawadnianie nie jest konieczne. Nawadnianie sadów wskazane jest od pierwszego roku po posadzeniu. Jeżeli nie jest to możliwe (np. w pierwszym roku nie zostanie wykonana instalacja nawodnieniowa) należy zastosować podlewanie drzew z beczkowitzu, pamiętając o wcześniejszym wykonaniu w glebie tzw. „misy” wokół drzew.

Okresy krytyczne

Podobnie jak u jabłoni, nadmierne nawadnianie połączone z obfitym nawożeniem azotowym może powodować zbyt silny wzrost drzew i mieć ujemny wpływ na jakość owoców. Zbyt niska wilgotność gleby wiosną wpływa na siłę przyrostu długopędów oraz na wysokość opadu czerwowego. Grusze nie zawsze dobrze wiążą owoce, dlatego susza nie powinna być czynnikiem wpływającym na nadmierne zrzucanie zawiązków. Brak wody w okresie dynamicznego wzrostu owoców latem istotnie ogranicza ich wielkość, co bezpośrednio wpływa na sumaryczną wielkość plonu. Niedobór wody, czy też ograniczenie jej dostępności, zakłóca wszystkie fizjologiczne procesy zachodzące w roślinie, co prowadzi do braku zawiązywania pąków kwiatowych, a w konsekwencji do uzyskania źle wyrosniętych owoców i niskiego plonu.

Potrzeby wodne

Grusza ma nieznacznie mniejsze potrzeby wodne niż jabłonie – szacuje się je na 600-700 mm. Obfite opady i znaczne nasycenie powietrza parą wodną w środku lata są warunkiem udanego plonowania, dlatego rejony uprawy gruszy spotyka się często w dolinach wielkich rzek, czy nad

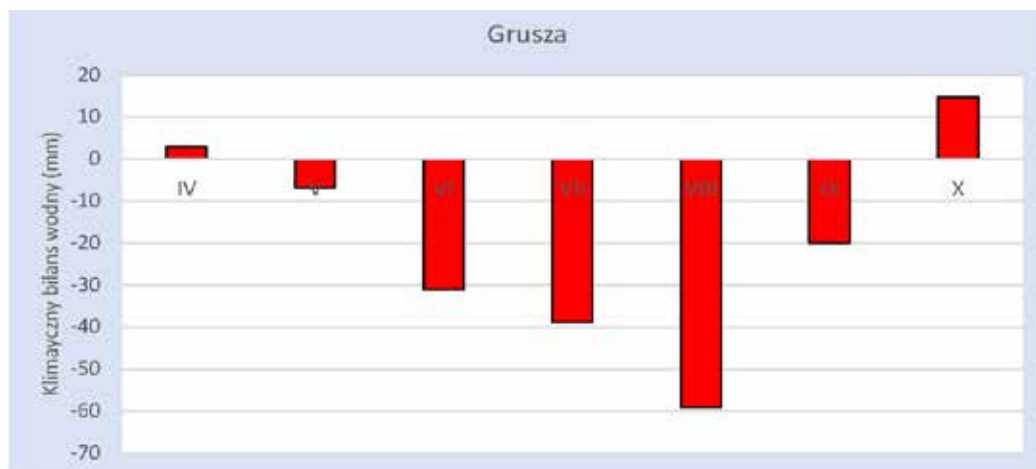
dużymi jeziorami. Z uwagi na możliwość wymarzania ważne są również opady śniegu, w szczególności dla grusz szczepionych na pigwie. Zapotrzebowanie drzew gruszy na wodę zwiększa się w trakcie okresu wzrostu i dojrzewania owoców, przy czym najwyższe jest w lipcu i sierpniu. W tym okresie przypadają również w naszym klimacie największe niedobory opadów, w lipcu sięgające 40 mm, a w sierpniu aż 60 mm. W lata suche te niedobory wody mogą być jeszcze wyższe. Według danych z ostatnich lat ujemny klimatyczny bilans wodny dla gruszy występuje już w maju. Ze względu na to, że grusze korzenia się głębiej niż jabłonie (zaszczone na podkładkach karłowych), ich sezon nawodnieniowy zaczyna się zazwyczaj w czerwcu. Nie dotyczy to jednak młodych drzew od 1 do 3 roku po posadzeniu które często zaczynamy nawadniać już w maju.

Potrzeby wodne określonego nasadzenia gruszy można wyznaczyć za pomocą aplikacji umieszczonej na portalu internetowym w zakładce Potrzeby Nawadniania - www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-nawadniania-rs lub obliczyć samodzielnie za pomocą metodyki: Szacowanie potrzeb wodnych gruszy umieszczonej pod adresem - www.nawadnianie.inhort.pl/metodyki.

Rys. 9 Średnie dzienne potrzeby wodne gruszy szacowane dla Polski centralnej za lata 2011-2020.



Rys. 10. Średnie miesięczne niedobory opadów dla gruszy, szacowane dla Polski centralnej za lata 2011 - 2020.



Zalecane systemy nawadniania

Instalacje do nawadniania gruszy są podobne jak dla jabłoni. Możliwe jest zastosowanie zarówno nawadniania kroplowego, minizraszania jak i deszczowania. Jednak ze względu na efektywność wykorzystania wody i energii do nawadniania sadów gruszo- wych polecane jest stosowanie systemów kroplowych lub instalacji minizraszania. Wybór systemu nawodnieniowego zależy w dużej mierze od jakości i ilości dostępnej wody oraz możliwości inwestycyjnych gospodarstwa, np. jeżeli woda zawiera bardzo dużo żelaza, a koszty systemu odżelaziania są na obecną chwilę niemożliwe do poniesienia, optymalnym rozwiązaniem może być instalacja systemu minizraszania podkoronowego.

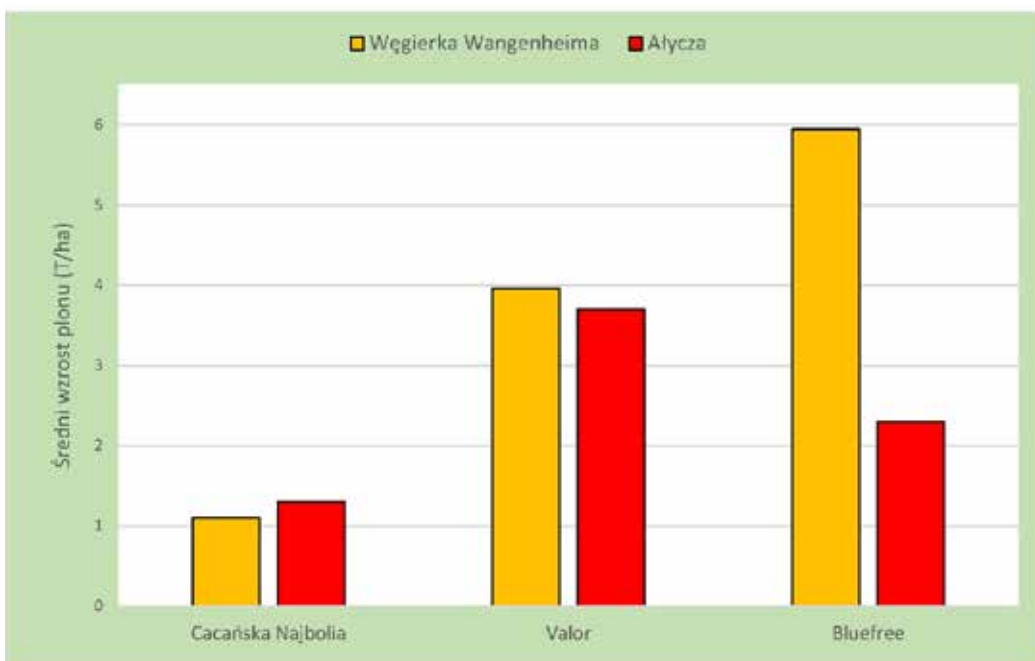
Ze względu na długi okres uprawy zaleca się stosowanie grubościennych linii kroplujących o grubości ścianki od 0,9 - 1,2 mm. W zależności od składu mechanicznego gleby, do sadów gruszo- wych polecana jest rozstawa pomiędzy emiterami od 60 do 70 cm. Pomiaru wilgotności gleby (do sterowania nawadnianiem) należy dokonywać na głębokości 20 -25 cm. Czujniki powinny być instalowane w rzędach drzew, w obszarze zwilżania gleby przez system nawodnieniowy. W przypadku systemów kroplowych zalecana odległość pomiaru to 10 - 15 cm od emitera kroplowego.

6. 3. Śliwa

Efektywność nawadniania

Śliwa wymaga nie tylko ciepła, ale przede wszystkim wysokiej wilgotności powietrza. Wilgotna pogoda sprzyja wzrostowi i zawiązywaniu owoców. Suche, gorące okresy lata są dla śliwy niekorzystne, ponieważ są przyczyną zrzucania zawiązków. Gatunek ten wymaga wysokiej wilgotności gleby i powietrza, dlatego sady śliwowe dobrze rosną i plonują w dolinach rzek. Badania prowadzone w Instytucie Ogrodnictwa w Skierniewicach wykazały wysoką efektywność kropłowego nawadniania śliw (Rys. 11). Zależała ona nie tylko od stanowiska i przebiegu pogody, ale także odmiany i podkładki. Największą zwyżkę plonu względem kontroli uzyskano dla drzew odmiany `Bluefree` zaszczipionej na podkładce Węgierka Wangenheima.

Rys. 11. Średni wzrost plonu spowodowany nawadnianiem 3 odmian śliw szczepionych na Węgierce Wangenheima i Ałycza.

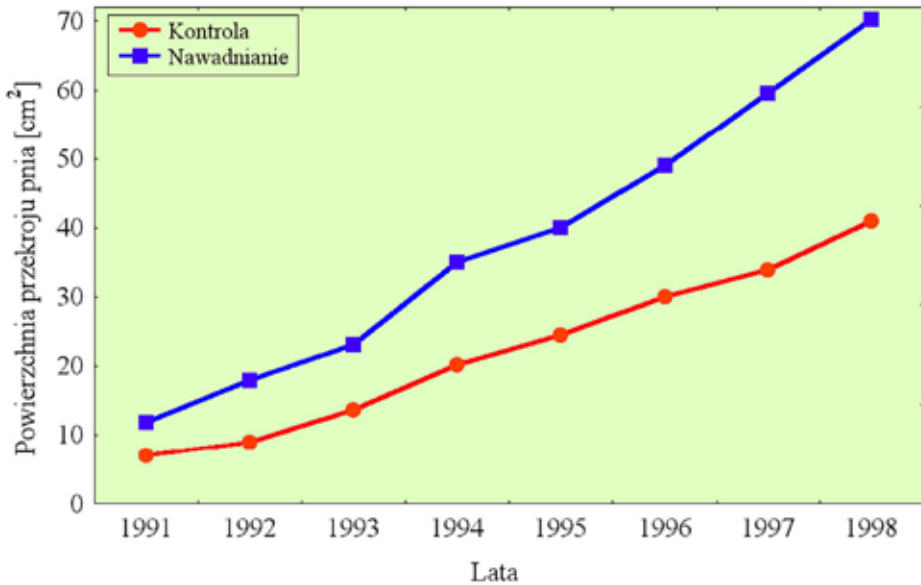


Okresy krytyczne

Brak wody w okresie wzrostu owoców istotnie ogranicza ich wielkość, co bezpośrednio wpływa na sumaryczny plon i uzyskiwane ceny. W lata suche można zaobserwować wyraźne drobnienie owoców. Susza w okresie wiązania zawiązków owocowych oraz ok. 4 tygodnie przed zbiorem znacznie ogranicza plonowanie śliw. Zbyt niska wilgotność gleby wiosną istotnie wpływa na siłę przyrostu pni i długopędów drzew. Drzewa w sadowach nawadnianych rosną znacznie silniej (Rys. 12). Zahamowanie wzrostu drzew jest szczególnie niekorzystne w sadowach młodych, ponieważ ograniczenie objętości korony wpływa na potencjał plonotwórczy sadu. System korzeniowy drzew zaszczipionych na podkładce Węgierka Wangenheima, jest znacznie słabszy w porównaniu do systemu korzeniowego drzew zaszczipionych na Ałyczy.

W związku z tym zakładając intensywny sad na podkładce W. Wangenheima należy zwrócić szczególną uwagę na nawadnianie, ponieważ przesuszenie wierzchniej warstwy gleby i następująca po tym susza doskwiera w pierwszej kolejności drzewom o płytszym systemie korzeniowym.

Rys. 12 Powierzchnia przekroju poprzecznego pni śliw odmiany Bluefre/WW w zależności od stosowania nawadniania.

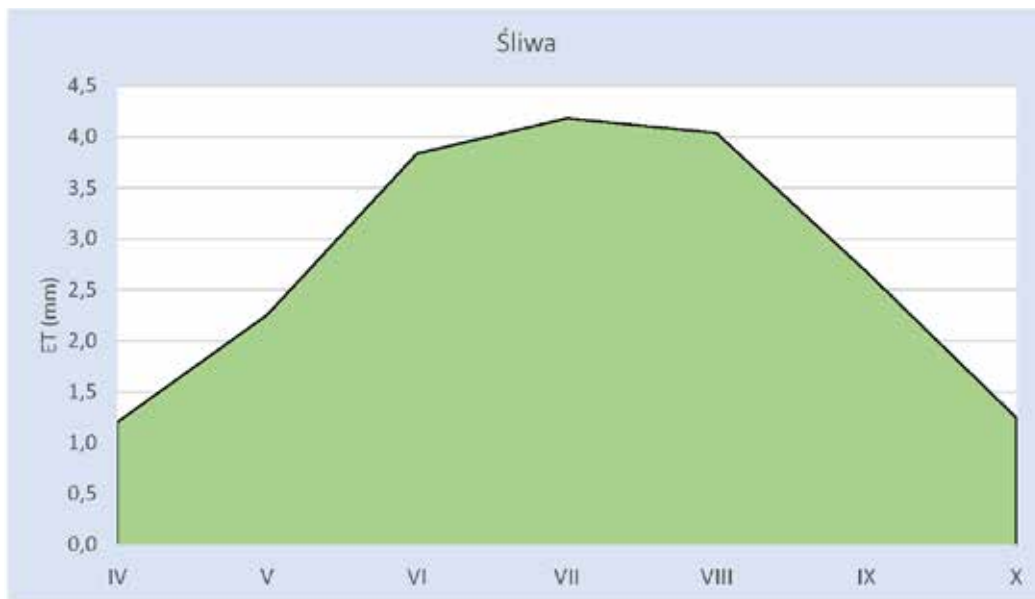


Potrzeby wodne

Śliwa ze względu na siłę wzrostu ma stosunkowo wysokie potrzeby wodne. Wymagania wodne sadu śliwowego w pełni owocowania są podobne do wymagań wodnych jabłoni. Zapotrzebowanie drzew na wodę zwiększa się w miarę wydłużania okresu wzrostu i dojrzewania owoców (Rys. 13). Najwyższe jest w lipcu i sierpniu, co nakłada się na okres najwyższego niedoboru opadów. W sierpniu średnie niedobory opadów dla śliw w Polsce Centralnej wynoszą około 60 mm. W lata suche te niedobory mogą być jeszcze wyższe. Według średnich danych za ostatnie lata ujemny klimatyczny bilans wodny dla śliw występuje już w maju. Dla śliw szczepionych na ałyczy sezon nawodnieniowy zaczyna się zazwyczaj w czerwcu. Wyjątkiem są młode drzewa od 1 do 3 roku po posadzeniu oraz zaszczepione na Węgierce Wangenheima które zazwyczaj zaczynamy nawadniać już w maju.

Potrzeby wodne określonego nasadzenia śliw można wyznaczyć za pomocą aplikacji umieszczonej na portalu internetowym w zakładce Potrzeby Nawadniania - www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-nawadniania-rs lub obliczyć samodzielnie za pomocą metodyki: Szacowanie potrzeb wodnych śliwy umieszczonej pod adresem - www.nawadnianie.inhort.pl/metodyki.

Rys. 13. Średnie dzienne potrzeby wodne śliw, szacowane dla Polski centralnej za lata 2011-2020



Rys. 14. Średnie miesięczne niedobory opadów dla śliw, szacowane dla Polski centralnej za lata 2011 - 2020.



Zalecane sposoby nawadniania

Instalacje do nawadniania śliw są podobne jak dla innych drzew owocowych. Możliwe jest zastosowanie zarówno nawadniania kroplowego, minizraszania, jak i deszczowania. Ze względu jednak na efektywność wykorzystania wody i energii do nawadniania sadów śliwowych polecane jest stosowanie systemów kroplowych lub instalacji minizraszania. Wybór systemu nawodnieniowego zależy w dużej mierze od jakości i ilości dostępnej wody oraz możliwości inwestycyjnych gospodarstwa, np. jeżeli woda zawiera bardzo dużo żelaza, a koszty systemu odżelaziania są na obecną chwilę niemożliwe do poniesienia, optymalnym rozwiązaniem może być instalacja systemu minizraszania podkoronowego.

Ze względu na długi okres uprawy zaleca się stosowanie grubościennych linii kroplujących o grubości ścianki od 0,9 - 1,2 mm. W zależności od składu mechanicznego gleby, do sadów gruszkowych polecana jest rozstawa pomiędzy emiterami od 60 do 70 cm. Pomiaru wilgotności gleby (do sterowania nawadnianiem) należy dokonywać na głębokości 20 -25 cm. Czujniki powinny być instalowane w rzędach drzew, w obszarze zwilżania gleby przez system nawodnieniowy. W przypadku systemów kroplowych zalecana odległość pomiaru to 10 - 15 cm od emitera kroplowego.

6. 4. Czereśnia

Efektywność nawadniania.

Efektywność nawadniania czereśni zależy od przebiegu pogody, siły wzrostu podkładki i potencjału plonotwórczego drzew. Im płycej zalegają korzenie tym drzewa są bardziej wrażliwe na niedobory opadów. Drzewa czereśni szczepione na podkładkach słabo rosnących tworzą większą liczbę owoconośnych krótkopędów niż zaszczepione na podkładkach silnie rosnących. Dlatego ich owoce, szczególnie w warunkach niedostatecznego uwilgotnienia gleby mogą wykazywać tendencję do drobnienia. Nawadnianie czereśni może zwiększyć plon o 15- 30 %. Największą zwyżkę plonu uzyskuje się w lata suche.

Okresy krytyczne

Czereśnia jest bardzo wrażliwa 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 zaczynają zagniwać. Dla prawidłowego wzrostu czereśni ważne jest jednak zapewnienie odpowiedniej wilgotności gleby wiosną (w czasie silnego wzrostu pędów) i latem podczas wzrostu owoców. Susza wyraźnie ogranicza wielkość owoców co bezpośrednio przekłada się na ich cenę.

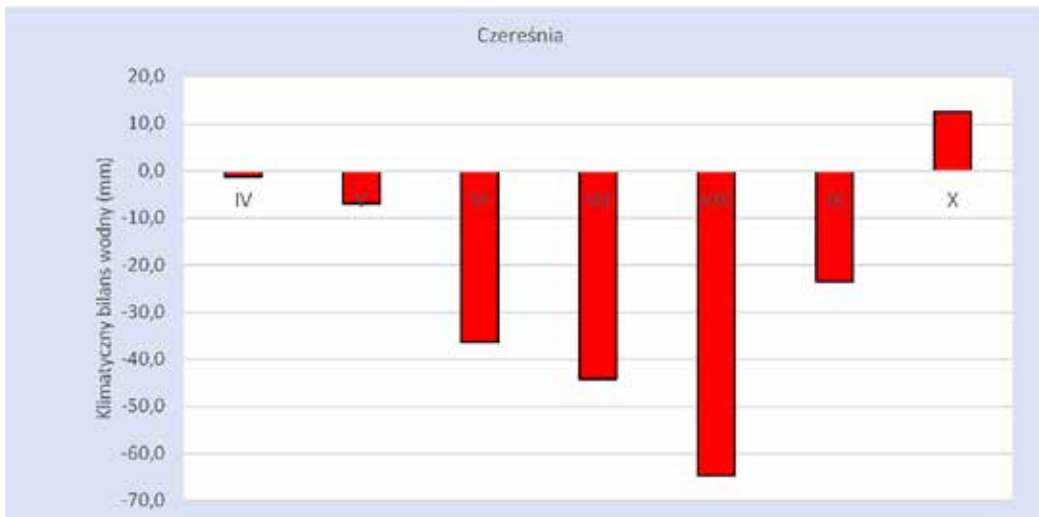
Potrzeby wodne

Czereśnie mają mniejsze potrzeby wodne od innych gatunków drzew owocowych. Udają się w rejonach, gdzie roczna suma opadów waha się od 500 - 600 mm. Pomiarzy prowadzone w Instytucie Ogrodnictwa w Skierniewicach wykazały, że pomimo stosunkowo wysokiego zagęszczenia aparatów szparkowych przypadających na jednostkę powierzchni liści ich transpiracja jest niższa nie tylko od transpiracji jabłoni, gruszy, śliwy, ale także wiśni.

Rys. 15. Średnie dzienne potrzeby wodne czereśni szacowane dla Polski centralnej za lata 2011-2020.



Rys. 16. Średnie miesięczne niedobory opadów dla czereśni, szacowane dla Polski centralnej za lata 2011 - 2020.



Potrzeby wodne określonego nasadzenia czereśni można wyznaczyć za pomocą aplikacji umieszczonej na portalu internetowym w zakładce Potrzeby Nawadniania - www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-nawadniania-rs lub obliczyć samodzielnie za pomocą metodyki: Szacowanie potrzeb wodnych czereśni umieszczonej pod adresem - www.nawadnianie.inhort.pl/metodyki.

Zalecane sposoby nawadniania

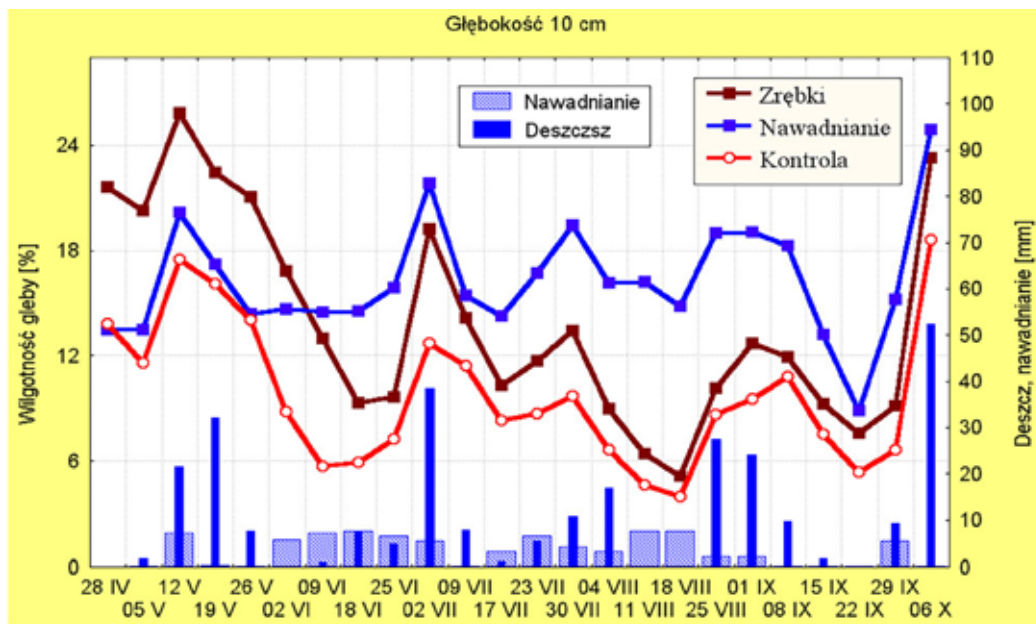
Czereśnie można nawadniać stosując zarówno nawadnianie kropłowe jak i minizraszanie podkoronowe (Fot. 19). Wybór systemu nawodnieniowego zależy zarówno od jakości i ilości dostępnej wody, jak i możliwości inwestycyjnych gospodarstwa. Ze względu na większą rozstawę drzew do nawadniania czereśni z powodzeniem można stosować minizraszacze. Należy jednak dobrać takie modele minizraszaczy i odpowiednio je umiejscowić, aby uniknąć nasilenia chorób drewna i kory. Ze względu na długi okres uprawy zalecane jest stosowanie grubościennych linii kroplujących, o grubości ścianki od 0,9 - 1,2 mm. W zależności od składu mechanicznego gleby, w sadach czereśniowych poleca się rozstawem pomiędzy emiterami od 60 do 70 cm. Dobre efekty daje stosowanie dwu linii kroplujących na rząd drzew. Pomiar wilgotności gleby powinien być prowadzony na głębokości 20 - 25 cm. Czujniki należy instalować w rzędach drzew w obszarze zwilżania gleby, w odległości 10 - 15 cm od emitera kropłowego.



Fot. 19. Podkoronowe minizraszanie w sadzie czereśniowym

6. 5. Agrotechniczne metody ograniczenia ewaporacji w sadach

Rys. 17. Przebieg wilgotności gleby na głębokości 10 w sadzie przy różnych sposobach utrzymania gleby.



Parowanie wody z powierzchni gleby można ograniczyć poprzez stosowanie różnego rodzaju ściółek. W Instytucie Ogrodnictwa prowadzono wiele testów nad zastosowaniem różnego rodzaju ściółek w sadach. Bardzo dobre efekty uzyskano po zastosowaniu włókniny szkótkarskiej i zrębków wytworzonych z gałęzi uzyskanych po ciecii drzew. Ze względu na koszty i organizację pracy w sadach można polecać stosowanie 10 do 15 cm warstwy ściółki ze zrębków. Grubsze zrębki lepiej ograniczają parowanie wody z powierzchni gleby. Ściółka ze zrębków ma istotny wpływ na przebieg wilgotności gleby i efektywność opadów atmosferycznych. Szczególnie jest to widoczne przy występowaniu opadów intensywnych, w czasie których ściółka wyraźnie ogranicza powierzchniowy spływ wody. Wierzchnia warstwa gleby podściółką przez cały sezon wegetacyjny ma wyższą wilgotność w porównaniu do

Fot. 20. Zbyt cienką warstwę ściółki szybko przerastają chwasty.



gleby gdzie ściółki nie stosowano. Dzięki zastosowaniu ściółki występuje później konieczność nawadniania. Szczególne wysokie różnice przebiegu wilgotności gleby można zaobserwować wiosną (Rys. 17). Ściółki nie tylko mają wpływ na parowanie wody z powierzchni gleby, ale ograniczają także wzrost chwastów. Przy stosowaniu ściółek organicznych należy mieć jednak na uwadze to, że szybko ulegają rozkładowi i trzeba je uzupełniać co 2 - 3 lata (Fot. 20). Wadą ściółek jest również to, że niezależnie od rodzaju (organiczne czy nieorganiczne) stanowią doskonałe środowisko dla rozwoju gryzoni.

Nawadnianie
roślin
jagodowych

7. Nawadnianie roślin jagodowych

7. 1. Truskawka

Efektywność nawadniania

Podstawowym czynnikiem ograniczającym wydajność plantacji truskawek jest susza. Wrażliwość truskawek na ograniczenie dostępności wody glebowej wynika z dysproporcji pomiędzy stosunkowo dużą masą i powierzchnią części nadziemnej, a płytkim i niezbyt rozległym systemem korzeniowym. Dla większości odmian truskawki podstawowa masa korzeni (około 90%) znajduje się w wierzchniej warstwie gleby, do głębokości 20 cm. Z powodu występujących w Polsce długotrwałych okresów suszy nawadnianie plantacji truskawek znacznie podnosi ich plon. Przy obecnie występujących niedoborach opadów (np. lata 2015, 2018 i 2019) opłacalna uprawa truskawki deserowej na glebach piaszczystych bez stosowania nawadniania jest wręcz niemożliwa (Fot. 21).

Fot. 21. Zasychanie truskawki podczas suszy w roku 2015



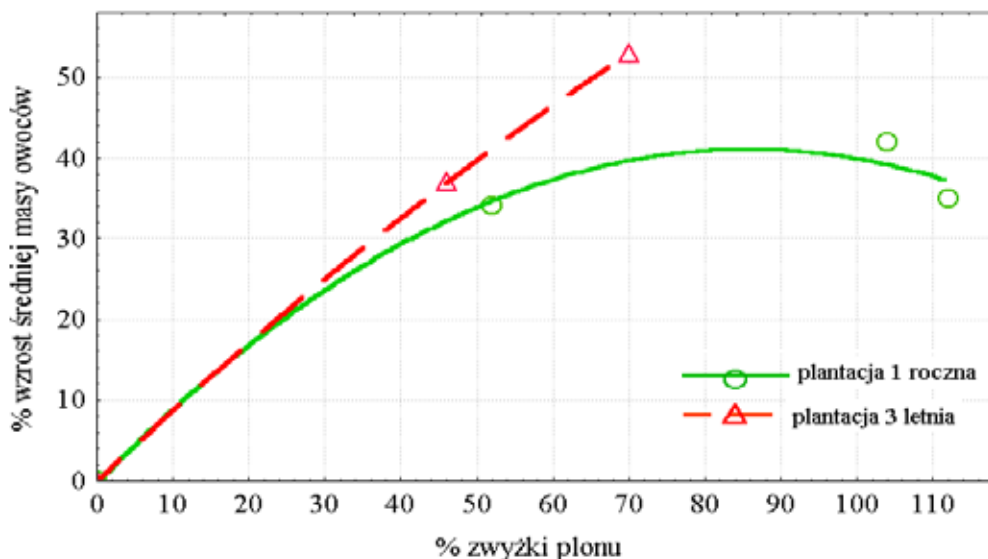
Nawadnianie plantacji poza zwiększeniem plonu wpływa istotnie na jego jakość. Czynnikiem jakościowym mającym bardzo duży wpływ na możliwość sprzedaży i poziom uzyskiwanych cen jest wielkość owoców. Susza jest czynnikiem drastycznie ograniczającym wyrastanie owoców, dlatego wpływ nawadniania jest widoczny zarówno w zwwyżce plonu jak i przyroście masy owoców

Okresy krytyczne

Intensywne nawadnianie przy nieograniczonej dostępności wody wpływa na lepsze wyrastanie owoców, ale duże uwodnienie może powodować pogorszenie ich jędrności. W związku z tym na plantacji nawadnianej szczególną uwagę należy poświęcić nawożeniu potasem i wapniem. Dzięki odpowiedniemu nawożeniu można uzyskać odpowiednią jędrność, ale również smak owoców.

Parametry jakościowe owoców są ze sobą skorelowane i wynikają z wpływu zespołu czynników środowiskowych i agrotechniki. Pozytywny wpływ nawadniania na plon i jakość owoców powiązany jest z czynnikami środowiskowymi. W okresie kiedy rośliny wymagają nawadniania, występują zazwyczaj wyższe temperatury, jest lepsze nasłonecznienie i niższa wilgotność powietrza, przez co transpiracja roślin jest wyższa. Dzięki optymalnej wilgotności gleby lepsze jest pobieranie zarówno makro- jak i mikro- elementów. Celem nawadniania

Rys. 18 Procentowy wzrost średniej masy truskawek w zależności od zwwyżki plonu spowodowanej nawadnianiem. Opracowanie na podstawie publikacji (Dwyer i współautorzy).



plantacji jest utrzymanie wilgotności gleby na poziomie, który zapewni roślinom szybsze przyjęcie się po posadzeniu oraz dobry wzrost i rozwój.

Pierwsze nawadnianie powinno być wykonane natychmiast po posadzeniu roślin, jakkolwiek przy silnym przesuszeniu gleby wskazane jest nawodnienie pola jeszcze przed sadzeniem roślin. Wsadzenie roślin w glebę zbyt suchą, zwłaszcza w okresie późnowiosennym i letnim, jest powodem bardzo słabego przyjmowania się roślin. Podlania po posadzeniu wymagają przede wszystkim sadzonki „zielone” („świeże”), sadzone zarówno ręcznie, jak i sadzarkami. Sadzonki takie często ulegają przesuszeniu już podczas kopania, przechowywania, transportu, a także w czasie sadzenia. Kopane są bowiem w czasie trwania wegetacji, a po posadzeniu przechodzą silny stres związany z uszkodzeniem systemu korzeniowego i jego przesuszeniem. Nawadnianie (podlanie) powoduje szybsze osiadanie ziemi i dobre jej przyleganie do korzeni sadzonek, co jest szczególnie ważne przy mniej dokładnym sadzeniu truskawek sadzarkami. Niektóre modele sadzarek wyposażone są w system dozowania wody, który podlewa sadzonkę bezpośrednio w trakcie sadzenia.

Plantacje truskawki lokalizowane są zazwyczaj na glebach lżejszych, z natury mających małą pojemność wodną. Truskawka reaguje bardzo silnie na brak wody w glebie, zwłaszcza jeżeli susza przypada na okres wzrostu zawiązków i dojrzewania owoców. Rośliny plonują wtedy nawet kilkakrotnie słabiej niż w lata wilgotne. Truskawka wymaga dostatku wody w glebie w czasie całego okresu wegetacji, ale wyraźnie wyższe zapotrzebowanie na wodę wykazuje w czasie wzrostu zawiązków i dojrzewania owoców (zwykle od połowy maja do końca czerwca) oraz w okresie zawiązywania pąków na następny rok (przełom lata i jesieni). Niedobór wody w okresie zawiązywania pąków odbija się negatywnie na plonowaniu roślin w roku następnym.

Nawadnianie w czasie dojrzewania owoców powoduje zwiększenie ich wielkości. Przy zbyt dużej intensywności tego zabiegu może opóźnić się ich zbiór. Owoce silnie rosnące

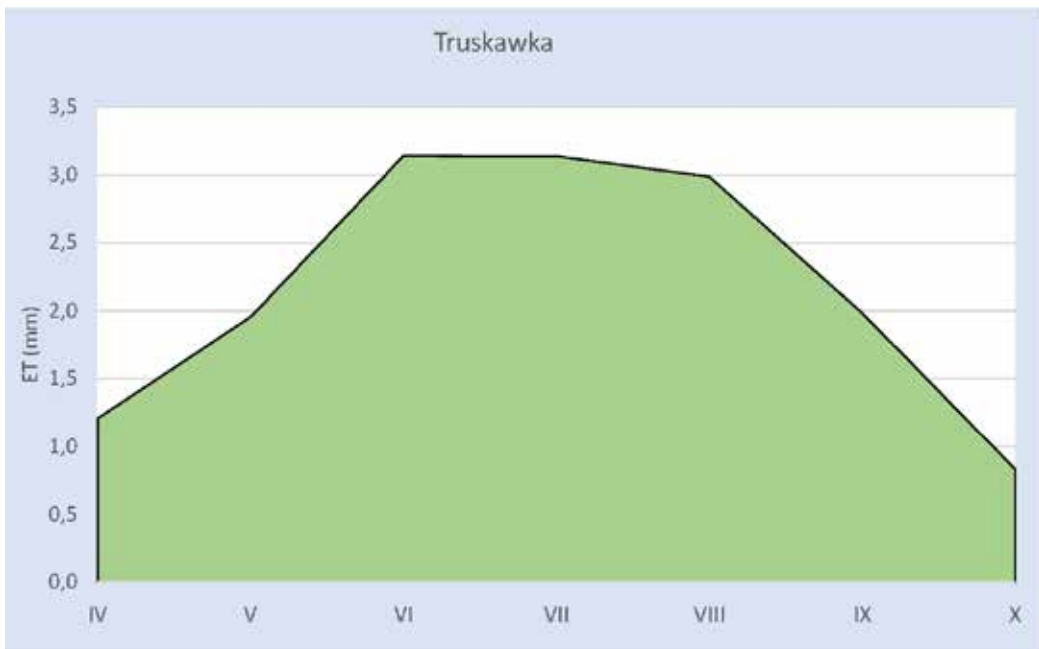
dojrzewają wolniej. W przypadku braku wody owoce dojrzewają zazwyczaj wcześniej, ale z reguły nie dorastają do pożądaných rozmiarów. Deszczowanie zimną wodą (bezpośrednio ze studni głębinowej) może powodować ochładzanie gleby i roślin, co również opóźnia dojrzewanie owoców. Nadmierne nawadnianie po zakończonych zbiorach nie jest wskazane, gdyż obfitość wody stymuluje fazę wegetatywną, Na skutek tego następuje silne wyrastanie rozłogów i tworzenie dużej masy liści, co osłabia zawiązywanie pąków na następny rok i przez to zmniejsza się potencjał plonotwórczy roślin.

Potrzeby wodne

Potrzeby wodne truskawki zależą nie tylko od opisanych powyżej czynników takich jak faza rozwojowa, temperatura otoczenia, ale także od odmiany. Badania prowadzone w Instytucie Ogrodnictwa wykazały, że np. odmiana Elsanta pobiera w sezonie wegetacyjnym średnio o 18 % więcej wody w porównaniu do odmiany Elkat. Wiąże się to z uzyskaniem wyższego plonu, co wskazuje na dobrą efektywność wykorzystania pobranej wody przez tą odmianę.

Truskawki w polu uprawiamy u nas praktycznie przez cały okres wegetacji, od odmian bardzo wczesnych aż po odmiany powtarzające owocowanie, których okres owocowania jest bardzo wydłużony. Odmiany wczesne mają mniejsze zapotrzebowanie na wodę niż odmiany późne. Średnie potrzeby wodne truskawki prowadzonej w tradycyjnej uprawie przedstawiono na rysunku nr 19. Najwyższe potrzeby wodne truskawki mają oczywiście latem wtedy, kiedy występuje najmniej opadów. Potrzeby wodne truskawki można wyznaczyć za pomocą aplikacji umieszczonej na portalu internetowym w zakładce Potrzeby Nawadniania - www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-nawadniania-rs lub obliczyć samodzielnie za pomocą metodyki: Szacowanie potrzeb wodnych truskawki umieszczonej pod adresem – www.nawadnianie.inhort.pl/metodyki.

Rys. 19 Średnie dzienne potrzeby wodne truskawki szacowane dla Polski centralnej za lata 2011-2020.



Zalecane systemy nawadniania

Plantacje truskawki mogą być nawadniane za pomocą deszczowni lub systemów kroplowych. Systemy deszczownicze polecane są do nawadniania mateczników (Fot. 22).

Fot. 22 **Deszczowanie matecznika truskawek**



Podstawową wadą deszczowania jest zraszanie całej powierzchni uprawnej, co może być przyczyną wystąpienia chorób grzybowych m. in. szarej pleśni. W trakcie deszczowania nie można wykonywać żadnych prac polowych np. zbioru. Intensywne deszczowanie plantacji nieściółkowanych powoduje „zapiaszczenie owoców”.

Ze względu na wysoką efektywność wykorzystania wody i wyeliminowanie zraszania roślin do nawadniania plantacji truskawki polecane jest przede wszystkim nawadnianie kroplowe. Przy stosowaniu nawadniania kroplowego truskawek zużywa się znacznie mniej wody. Na młodych plantacjach szacowana oszczędność wody w stosunku do deszczowania sięga nawet 70%.

Z uwagi na specyfikę uprawy truskawki (duże zagęszczenie roślin na jednostce powierzchni, oraz stosunkowo krótki cykl produkcji) do nawadniania stosowane są najtańsze cienkościennie linie kroplujące (grubość ścianki 0,2 - 0,3 mm) o rozstawie emiterów (20 - 30 cm). Systemy kroplowe są praktycznie jedynym rozwiązaniem technicznym, które można zastosować na plantacjach, gdzie truskawka uprawiana jest na zagonach ściółkowanych folią. Linie kroplujące można umieszczać zarówno na, jak i pod powierzchnią gruntu (nawadnianie wgłębne). W celu maksymalnego wykorzystania plonotwórczych możliwości nawadniania

należy kontrolować przebieg wilgotności gleby lub prowadzić regularne pomiary dostępności wody dla roślin. Pomiar wilgotności gleby powinien być prowadzony na głębokości 10 – 15 cm w odległości ok. 10 cm od emitera kropłowego. Truskawka deserowa jest uprawiana także w różnego rodzaju pojemnikach pod osłonami (uprawy bezglebowe). W tego rodzaju uprawach stosowane są również systemy kropłowe, jednak emitery umieszczone są na przewodach polietylenowych, a woda do pojemników, w których rosną rośliny podawana jest za pomocą wężyka łączącego kropłownik ze stopką umiejscowioną w podłożu (Fot. 23). Uprawa truskawki w skrzynkach, umożliwia zastosowanie tańszych linii kroplujących położonych wzdłuż rzędów roślin. Ze względu na specyfikę uprawy bezglebowej, która wymaga większej częstotliwości nawadniania i stosowania fertygacji systemy nawodnieniowe wyposażone są zawsze w dozowniki nawozów i sterownik do automatycznego nawadniania.

Fot. 23. Nawadnianie kropłowe w bezglebowej uprawie



7.2 Malina

Efektywność nawadniania

Efektywność nawadniania maliny zależy przede wszystkim od przebiegu pogody oraz potencjału plonotwórczego plantacji. Najwięcej malin uprawia się na Lubelszczyźnie, która charakteryzuje się glebami o wysokiej pojemności wodnej. Przebieg pogody w ostatnich latach (upalne, suche lata) wykazał, że nawet uprawy prowadzone na tego rodzaju glebach wymagają nawadniania. Najlepsze efekty nawadniania uzyskuje się w okresie, kiedy susza wystąpi w okresie intensywnego wzrostu owoców. Wyniki badań nad efektywnością nawadniania wykazują średnie roczne wzrosty plonów w zakresie od 1 do 3,5 tony na hektar, jednak w lata bardzo suche można zaobserwować znacznie większe różnice. W bardzo suchym roku 2015 w Polsce skupiono prawie o 38% mniej malin dla przetwórstwa, a średnia ich cena wzrosła o około 45%.

Stres spowodowany suszą prowadzi do szeregu fizjologicznych i biochemicznych zmian w roślinach. Siła reakcji poszczególnych odmian na stres suszy może się różnić. Odmiany roślin o mniejszych wymaganiach wodnych i/lub wyższej tolerancji na suszę mogą być przydatne na obszarach, gdzie istnieje ograniczony dostęp do źródeł wody. W badaniach prowadzonych w Instytucie Ogrodnictwa określono wpływ deficytu wody w podłożu na wybrane parametry fizjologiczne roślin trzech odmian maliny: 'Beskid', 'Laszka', 'Latham'. Wykazano zróżnicowanie reakcji poszczególnych odmian maliny na suszę. Największą stabilność aparatu fotosyntetycznego w warunkach suszy stwierdzono w przypadku odmian 'Latham' i 'Laszka'. Deficyt wody spowodował największe ograniczenie intensywności fotosyntezy u roślin odmiany 'Beskid' co oznacza, że w przypadku uprawy tej odmiany, należy być przygotowanym na konieczność stosowania nawadniania.

Okresy krytyczne

Malina, podobnie jak truskawka jest gatunkiem roślin bardzo wrażliwymi na niedobory wody w glebie. Nawet krótkotrwałe okresy suszy wpływają negatywnie na ich wzrost i owocowanie. Susza występująca od wczesnej wiosny ogranicza przyjmowanie się sadzonek nowo posadzonych plantacji i istotnie hamuje wyrastanie młodych pędów na plantacjach wcześniej posadzonych. Kluczowym jest zapewnienie nowo posadzonym plantacjom optymalnej wilgotności gleby w całym okresie wegetacji. Susza występująca w czasie intensywnego wzrostu i dojrzewania owoców znacznie ogranicza ich wielkość, co w przypadku owoców deserowych bezpośrednio wpływa na ich cenę (Fot 24). W ekstremalnie suchych latach na plantacjach nienawadnianych można nie uzyskać plonu handlowego. W okresie lata, w przypadku wystąpienia wielotygodniowego okresu bez opadów, młode pędy na tyle silnie pobierają wodę, że konkurują o nią z pędami owoconośnymi.

Potrzeby wodne

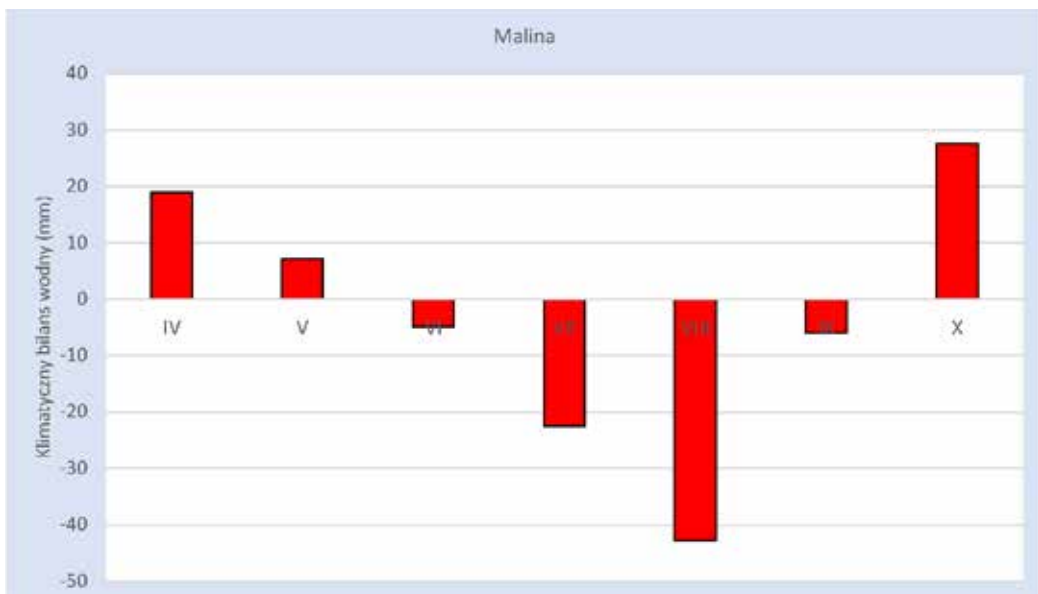
Potrzeby wodne maliny zależą od fazy rozwojowej roślin, przebiegu pogody oraz odmiany. Dzięki uprawie odmian owocujących na pędach dwuletnich i odmian owocujących na pędach jednorocznych okres plonowania malin jest bardzo wydłużony. Średnie potrzeby wodne maliny prowadzonej w tradycyjnej uprawie przedstawiono na rysunku nr. 20 Najwyższe

Fot. 24 **Wielkość owoców ma wpływ na ich cenę**

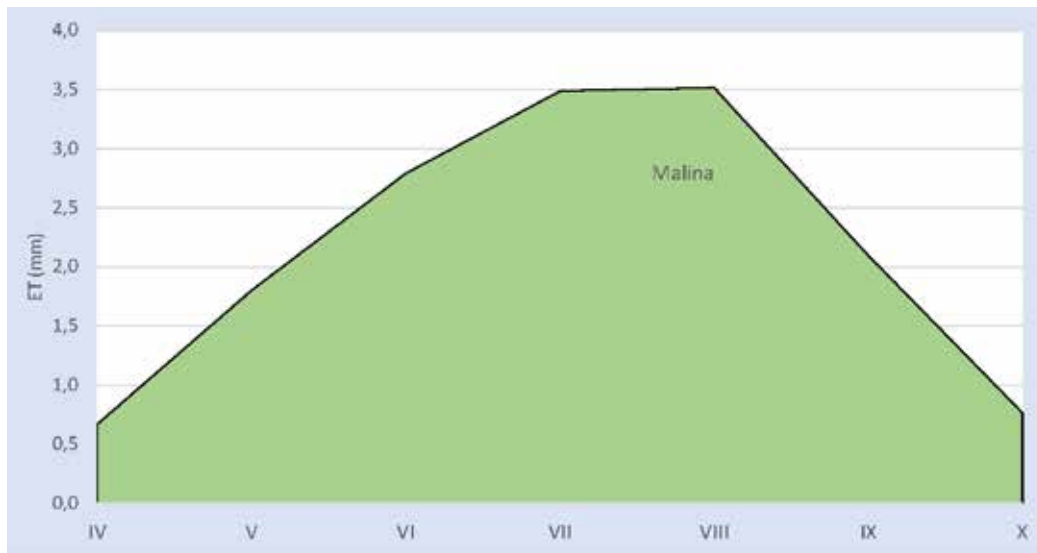
potrzeby wodne maliny mają w lipcu i sierpniu, co przypada na okres niedostatku opadów (Rys. 21).

Sumarycznie w lipcu i sierpniu niedobory opadów w Polsce Centralnej szacuje się na około 70 mm, jednak w lata ekstremalnie suche mogą być większe, nawet powyżej 100 mm. Potrzeby wodne plantacji malin można wyznaczyć za pomocą aplikacji umieszczonej na portalu internetowym w zakładce Potrzeby Nawadniania - www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-nawadniania-rs lub obliczyć samodzielnie za pomocą metodyki: Szacowanie potrzeb wodnych maliny umieszczonej pod adresem – www.nawadnianie.inhort.pl/metodyki.

Rys. 20. **Średnie dzienne potrzeby wodne maliny owocującej na pędach dwuletnich. Szacowane dla Polski centralnej za lata 2011-2020.**



Rys. 21. Średnie miesięczne niedobory opadów dla maliny owocującej na pędach dwuletnich. Szacowane dla Polski centralnej za lata 2011 - 2020.



Dla zapewnienia krzewom odpowiedniej ilości wody w naszych warunkach klimatycznych niezbędne są opady w granicach 550 - 650 mm.

Zalecane sposoby nawadniania

Z uwagi na rzędowy sposób uprawy i wysoką efektywność użycia wody do nawadniania malin polecane są systemy kroplowe. Stosowane są zarówno cienkościenne jak i grubościennie linie kroplujące. Zalecana dla malin rozstawa kroplowników waha się w zależności od składu mechanicznego gleby od 30 do 40 cm.

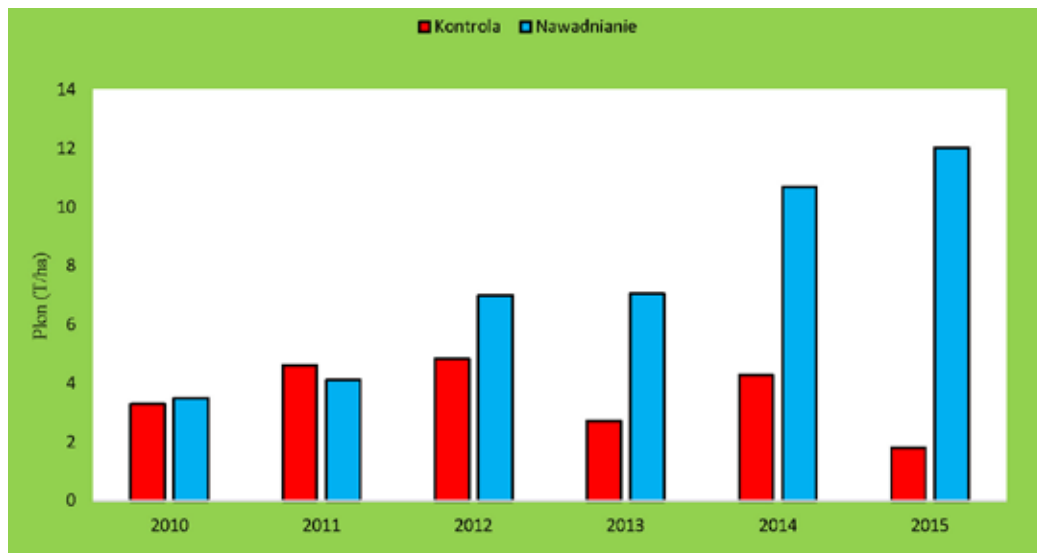
W przypadku plantacji malin linie kroplujące można umieszczać zarówno na, jak i pod, powierzchnią gruntu (nawadnianie wgłębne). Umieszczanie przewodów pod powierzchnią gleby może znacznie wydłużyć czas ich użytkowania, jednak istnieje niebezpieczeństwo blokowania emiterów przez korzenie roślin. Do nawadniania wgłębego zaleca się stosowanie specjalnych linii kroplujących z emiterami utrudniającymi ich penetrację przez korzenie. Pomiar wilgotności gleby powinien być prowadzony na głębokości 10 do 15 cm w odległości ok 10 cm od emitera kroplowego.

7. 3. Borówka amerykańska

Efektywność nawadniania

W warunkach klimatycznych Polski nawadnianie borówki amerykańskiej jest bardzo efektywne. Wyniki badań prowadzonych w Sadowniczym Zakładzie Doświadczalnym w Dąbrowicach przedstawiono na wykresie nr. 22.

Rys. 22. Plonowanie borówki amerykańskiej w latach 2010 – 2015 w SZD Dąbrowice. (Tryngiel, -Gać i Treder)



Zwyżka plonu zależna była od przebiegu pogody i wieku plantacji. Średni wzrost plonu uzyskany dzięki zastosowaniu nawadniania kropłowego w początkowym okresie uprawy (pierwsze 3 lata) wynosił 33% (1,02 t/ha), a w okresie pełni owocowania 144% (7,42 t/ha). Na każdy mm użytej do nawadniania wody (10 m³/ha) wzrost plonu w pierwszym okresie uprawy wyniósł średnio 26,94 kg a w późniejszym okresie aż 54,59 kg. Po przeliczeniu danych wynika, że w przypadku młodej plantacji na każdy kg wzrostu plonu użyto aż 371 litrów wody, a na plantacji w pełni owocowania 183 litry. W warunkach ekstremalnej suchości (rok 2015) większość zebranych owoców z poletek kontrolnych nie osiągnęła wartości handlowej. Po 6 latach uprawy krzewy borówki rosnące na poletkach kontrolnych różniły się znacznie wielkością a przez to i potencjałem plonotwórczym od krzewów rosnących w warunkach komfortowego nawadniania. Uzyskane wyniki potwierdzają, że w naszych warunkach klimatycznych uprawa borówki amerykańskiej bez nawadniania jest praktycznie nieopłacalna. Nawadniając borówki należy pamiętać, że gatunek ten jest jednocześnie bardzo wrażliwy nie tylko na brak wody, ale także na jej nadmiar.

Okresy krytyczne

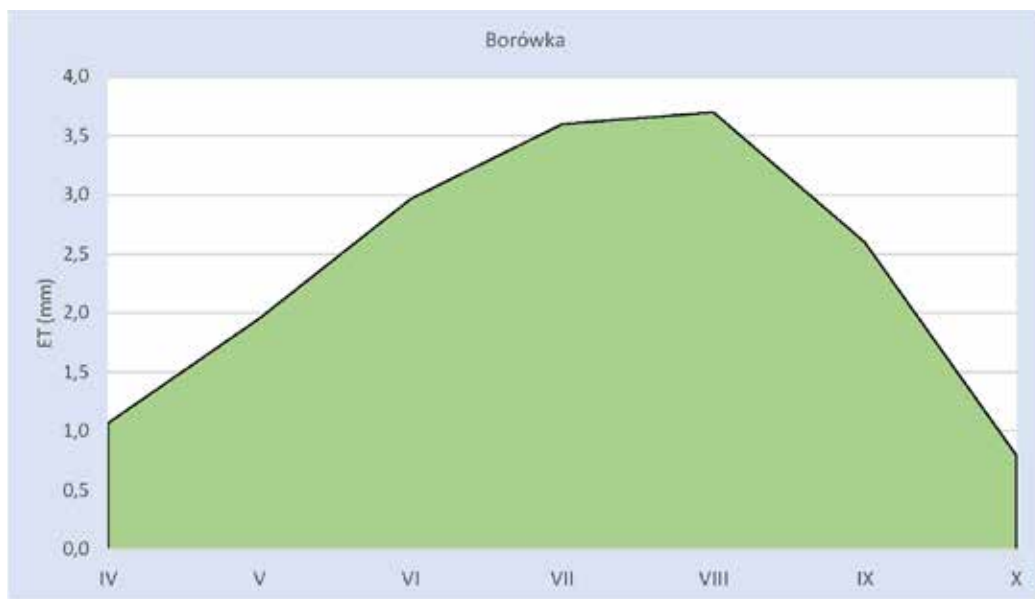
Borówka wysoka wymaga stanowisk ciepłych i wilgotnych, które powodują silny wzrost wegetatywny i obfite plonowanie. W lata suche owoce drobnieją i zasychają, a zawiązywanie pąków kwiatowych jest ograniczone. W Polsce większość plantacji borówki wysokiej założonych jest na glebach lekkich, o małej pojemności wodnej i niskim poziomie wód gruntowych, co jest przyczyną zbyt niskiej wilgotności gleby wiosną. Nowo posadzone krzewy nie przyjmą się prawidłowo bez utrzymania gleby na poziomie zbliżonym do połowej pojemności wodnej. Na starszych plantacjach wiosenna susza ogranicza wzrost pędów, a także procent zawiązania owoców. Największy wpływ na wielkość plonu i średnią masę owoców ma susza występująca w okresie ich silnego wzrostu. Bardzo duży niedostatek wody po zbiorach może wpływać na plonowanie w roku następnym, zmniejszając liczbę i jakość pąków kwiatowych.

Potrzeby wodne

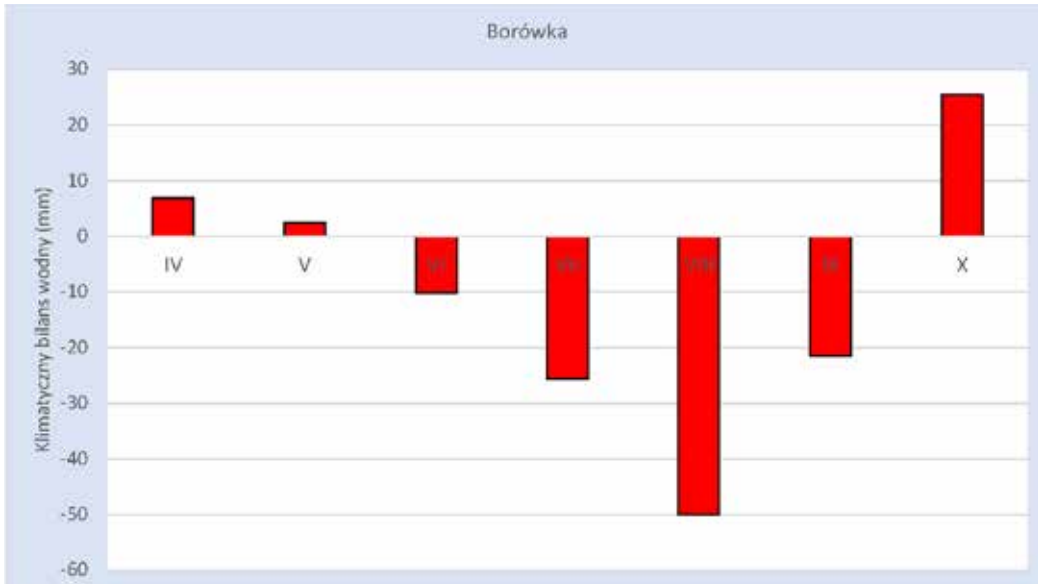
Dla zapewnienia krzewom odpowiedniej ilości wody w naszych warunkach klimatycznych niezbędne są roczne opady w granicach 600 - 650 mm. Potrzeby wodne borówki zależą od przebiegu pogody, fazy rozwojowej roślin i wielkości krzewów. Średnie potrzeby wodne borówki amerykańskiej przedstawiono na rysunek nr 23. Najwyższe potrzeby wodne borówki mają w lipcu i sierpniu, co przypada na okres niedostatku opadów (Rys. 24).

Sumarycznie w lipcu i sierpniu niedobory opadów w Polsce Centralnej szacuje się na około 75 mm jednak w lata ekstremalnie suche mogą być większe, nawet powyżej 100 mm. Potrzeby wodne plantacji borówki można wyznaczyć za pomocą aplikacji umieszczonej na portalu internetowym w zakładce Potrzeby Nawadniania - www.nawadnianie.inhort.pl/potrzeby-nawadniania-rs lub obliczyć samodzielnie za pomocą metodyki: Szacowanie potrzeb wodnych borówki umieszczonej pod adresem - www.nawadnianie.inhort.pl/metodyki.

Rys. 23. Średnie dzienne potrzeby wodne borówki szacowane dla Polski centralnej za lata 2011-2020.



Rys. 24. Średnie miesięczne niedobory opadów dla borówki wysokiej. Dane szacowane dla Polski centralnej za lata 2011 - 2020.



Konieczność nawadniania upraw w okresie niedoborów opadów, przy ograniczonej zasobności wód dyspozycyjnych, zmusza plantatorów do stosowania wodoszczędnych systemów nawadniania, do których zaliczamy nawadnianie kroplowe i minizraszanie. Wybór rodzaju nawadniania zależy przede wszystkim od dostępności i jakości wody oraz preferencji użytkownika.

Zalecane sposoby nawadniania

Do nawadniania borówki zaleca się stosowanie dwóch linii kroplujących rozkładanych po obydwu stronach rzędów roślin (Fot. 25). Gleba lekka, na której zazwyczaj sadzone są borówki, po dodaniu materii organicznej ma luźną strukturę, ograniczającą poziome rozchodzenie się wody w glebie. Z tego powodu ograniczony jest również obszar zakwaszony przy stosowaniu fertygacji. Zastosowanie dwóch linii kroplujących na rząd podwaja liczbę emiterów przypadających na jedną roślinę, co umożliwia kontrolę wilgotności i odczynu większej objętości gleby w strefie systemu korzeniowego roślin.

Zalecana dla borówki rozstawa kroplowników waha się, w zależności od składu mechanicznego gleby, od 40 do 50 cm. Linie kroplujące można instalować zarówno na jak, i pod, powierzchnią

Fot. 25. Do nawadniania borówki stosujemy po 2 linie kroplujące na rząd.



gruntu (nawadnianie wgłębne). Umieszczanie przewodów pod powierzchnią gleby może znacznie wydłużyć czas ich użytkowania, jednak istnieje niebezpieczeństwo blokowania emiterów przez korzenie roślin. Do nawadniania wgłębnego zaleca się stosowanie specjalnych linii kroplujących z emiterami utrudniającymi penetrację przez korzenie. Pomiar wilgotności gleby powinien być prowadzony na głębokości 15 do 20 cm, w odległości ok 10 cm od emitera kroplowego.

Przy nawadnianiu borówki kluczowe znaczenie ma jakość wody. Nawadnianie twardą wodą powoduje wzrost pH gleby, co negatywnie wpływa na wzrost i owocowanie borówki. Optymalne dla wymagań borówki pH wody uzyskiwane jest poprzez dodawanie do niej kwasów mineralnych (azotowego, fosforowego, siarkowego), które są odpowiednio źródłem azotu, fosforu i siarki. W uprawach ekologicznych stosowany jest kwas octowy lub cytrynowy. Rozpuszczone w wodzie nawozy i kwasy podawane są do instalacji za pomocą różnego typu dozowników: od najprostszych w budowie inżektorów, poprzez różnego rodzaju pompy wtryskowe i pompy proporcjonalnego mieszania, aż po tzw. miksery nawozowe - dozowniki, które automatycznie kontrolują nie tylko pH, ale także E_c zadawanej pożywki.

7. 4. Agrotechniczne metody ograniczania ewaporacji w jagodowych.

Parowanie wody z powierzchni gleby można ograniczyć stosując różnego rodzaju ściółki. Przy uprawie truskawki deserowej stosuje się słomę i/lub folię (Fot. 26). Ściółki istotnie ograniczają ewaporację, co pozwala na oszczędność nawet do kilkunastu procent wody. Pozytywny efekt ściółkowania widoczny jest na plantacjach młodych, w których duża część gleby nie pokryta jest liśćmi. Po rozrośnięciu roślin i przykryciu liśćmi powierzchni gleby nie obserwuje się różnicy w parowaniu wody z powierzchni ściółkowanej i nieściółkowanej.

Fot. 26. Plantacje truskawki ściółkowane folią (a) oraz folią i słomą (b)



Na plantacjach borówki amerykańskiej standardem jest stosowanie ściółek z trocin, kory lub zrębków (fot. 27). Ponadto materię organiczną wprowadza się do gleby przed sadzeniem krzewów.

Fot. 27. Ściółka z trocin w rzędach borówki amerykańskiej.



8. Podsumowanie

Dotychczasowe doświadczenia, a także wyniki modeli predykcyjnych są dowodem, że w wielu działach produkcji ogrodniczej nawadnianie staje się zabiegiem koniecznym. Zwykle jednak, o potrzebie wykonania instalacji nawodnieniowej rolnik przypomina sobie zazwyczaj zbyt późno. Pośpiech w doborze sprzętu i montażu instalacji zazwyczaj niekorzystnie wpływa na wynik finalny. DOBRA INSTALACJA NAWODNIENIOWA MOŻE POWSTAĆ TYLKO WTEDY, GDY Z JEDNEJ STRONY SPOTKA SIĘ ŚWIADOMY PROBLEMU I DOBRZE PRZYGOTOWANY INWESTOR, A Z DRUGIEJ PROFESJONALNA FIRMA, KTÓRA ZAOFERUJE ODPOWIEDNI SPRZĘT, PRZYGOTUJE PROJEKT (LUB SZKIC PROJEKTOWY), ZAPEWNI DORADZTWO LUB NAWET WYKONA CAŁĄ INSTALACJĘ. Przy obecnych materiałach budowa instalacji nawodnieniowej nie jest procesem skomplikowanym i w wielu przypadkach (szczególnie na małych powierzchniach) rolnik może przeprowadzić ją sam. Jednak szkic projektowy, dobór sprzętu i obliczenia hydrauliczne powinny być wykonywane przez osoby o odpowiednich kwalifikacjach.

Każdy użytkownik instalacji nawodnieniowej powinien pamiętać o maksymalnej oszczędności wody. Zasada ta musi obowiązywać niezależnie od obecnie posiadanych zasobów. Oszczędne gospodarowanie wodą jest bardzo ważne obecnie, a szczególnego znaczenia nabierze w przyszłości, kiedy wzrost populacji wymusi zwiększenie produkcji. Dlatego strategicznym celem jest ochrona naszych skromnych zasobów wodnych. Należy podjąć wszelkie możliwe działania, aby racjonalnie korzystać z wody. Optymalizacja nawadniania roślin to połączenie nowych możliwości technicznych systemów nawodnieniowych, nowoczesnej diagnostyki nawadniania oraz stosowania automatycznych systemów sterujących.

Pamiętając o kluczowym znaczeniu wody dla wszystkich żywych organizmów musimy także pamiętać, że nadmiar wody może czasami przynieść większe szkody niż okresowa susza. Tak naprawdę problemem nie jest nadmiar wody, ale brak tlenu. Korzenie roślin pobierają tlen z bezpośrednio z powietrza znajdującego się w przestworach glebowych. Jeżeli na dłuższy okres czasu wilgotność gleby jest powyżej połowej pojemności wodnej w strefie korzeniowej, nie tylko brak tlenu, ale także istnieje wysokie prawdopodobieństwo, że bardzo szybko zaczną rozwijać się mikroorganizmy beztlenowe, które powodują zgniwanie korzeni. Zbyt wysoka wilgotność

gleby początkowo powoduje słabszy wzrost roślin, ale jeżeli stan ten będzie się przedłużał rośliny zaczynają „wypadać”.

Dla podniesienia efektywności wykorzystania wody nie bez znaczenia jest także mała i duża retencja, efektywne metody zwiększenia pojemności wodnej gleby, a także hodowli nowych odmian roślin mniej wrażliwych na suszę.

