



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

AGROINŻYNIERIA GOSPODARCE

Ekspertyza

Najnowsze badania i rozwiązania techniczne
stosowane w nawadnianiu roślin

*Prof. dr hab. Waldemar Treder
Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach
Skierniewice 2011*



Publikacja dostępna w serwisie: www.agengpol.pl

Spis treści

1. Wstęp	3
2. Najnowsze trendy badań naukowych.....	3
3. Systemy nawodnieniowe	6
3.1. Deszczowanie.....	6
3.2. Systemy minizraszania	7
3.3 Systemy kroplowe.....	10
4. Filtracja.....	13
4.1. Filtry Siatkowe.....	14
4.2. Filtry dyskowe	15
4.3 Filtry piaskowe	17
4.4 Odwrócona osmoza	18
4.5 Dezynfekcja pożywki.....	18
5. Dozowniki nawozów	19
6. Sterowanie nawadnianiem.....	21
7. Podsumowanie	23
8. Literatura uzupełniająca.....	24

1. Wstęp

Strategicznego znaczenia wody dla produkcji rolnej nie da się przecenić. Przy prawidłowej agrotechnice i w dobrych warunkach świetlnych, termicznych i glebowych głównym czynnikiem ograniczającym wielkość produkcji jest niedostatek wody. Zwiększenie wydajności oraz poprawę jakości plonowania można tu uzyskać stosując nawadnianie. Największym ograniczeniem w zwiększaniu powierzchni nawadniania upraw jest dostępność i jakość wody. Jest to problem dotyczący nie tylko naszego kraju, ale także wielu rejonów świata. Pomimo tego, że ziemia nazywana jest błękitną planetą (ok. 75% jej powierzchni pokrywa woda) wielu ludzi cierpi z powodu braku słodkiej wody. Przy niedostatecznej ilości opadów nie możliwa jest produkcja żywności. Załedwie ok. 2,5% wody znajdującej się na ziemi to woda słodka. Niestety z całej zgromadzonej na naszej planecie wody słodkiej prawie aż 70% „uwięzione„ jest w lodowcach i wiecznej zmarzlinie. Większość potencjalnie dostępnych zasobów wody słodkiej to wody gruntowe. Woda powierzchniowa stanowi załedwie 0,4% wody słodkiej. Im lepiej będziemy gospodarować skromnymi zasobami wody tym większe powierzchnie upraw będziemy mogli nawadniać – tym większą liczbę ludzi będzie można wyżywić. Polska ma najgorszy bilans wodny w Europie i dlatego racjonalna gospodarka wodna jest podstawowym czynnikiem wpływającym na przyszłość naszego rozwoju a w szczególności gospodarki rolnej. Woda jest podstawowym czynnikiem wpływającym na wysokość i jakość plonu. Aby produkcja żywności mogła zrównoważyć wzrastający światowy popyt konieczne jest zwiększenie obszaru uprawy roślin oraz podniesienie wydajności produkcji. W obu przypadkach czynnikiem limitującym jest dostępność wody. Przy wzrastającej konsumpcji wody i stałych jej zasobach jedynym rozwiązaniem jest oszczędna gospodarka wodna.

2. Najnowsze trendy badań naukowych

Badania naukowe związane z nawadnianiem roślin mają bardzo szerokie spektrum, od prac nad opracowaniem nowych rozwiązań konstrukcyjnych i technologicznych przez badania fizjologiczne aż po inżynierię genetyczną. Głównym ich celem jest ograniczenie zużycia wody, energii i materiałów przy zwiększeniu efektywności nawadniania.

Prowadzone obecnie prace konstrukcyjne koncentrują się na udoskonaleniu już istniejących oraz opracowaniu nowych rozwiązań technicznych. Prace te dotyczą wszystkich głównych elementów sieci nawodnieniowej, m.in. pomp, filtrów, zaworów, elementów złącznych, emiterów. Bardzo ważnym problemem jest tu zwiększenie odporności emiterów kropłowych na zapychanie. Uzyskanie postępu w tej dziedzinie pozwoli na wydłużenie czasu użytkowania instalacji oraz pozwoli na wykorzystanie do nawadniania wody o jakości dotychczas niedopuszczalnej do stosowania w systemach kropłowych. Prace nad doskonaleniem konstrukcji kropłowników nie wykluczają wprowadzania na rynek nowych wydajniejszych i tańszych systemów filtracji. Testowane są także tworzywa których zastosowanie pozwoli na ograniczenie zużycia materiałów przy wzroście wytrzymałości przewodów nawodnieniowych na ciśnienie wody i wydłużeniu czasu użytkowania. Pomimo tego, że systemy nawodnień kropłowych określamy jako niskociśnieniowe (ciśnienie pracy 0,7 - 2,5 at.) to prowadzi się prace nad opracowaniem systemu który pracować będzie przy jeszcze niższym ciśnieniu wody (0,2 – 0,5 at.).

Rozwój elektrotechniki i telekomunikacji pozwala na tworzenie i rozwijanie bezprzewodowych skomputeryzowanych systemów sterowania nawadnianiem. Urządzenia te współpracują z szeroką gamą czujników mierzących wilgotność i zasolenie gleby lub podłoża, parametry klimatu oraz parametry morfologiczne i fizjologiczne roślin. Zwiększenie efektywności wykorzystania wody do nawadniania wymaga wprowadzenia do praktyki precyzyjnych metod sterowania. Termin nawadniania może być wyznaczany na podstawie trzech grup kryteriów:

- kryteria glebowe – termin nawadniania ustalany jest na podstawie pomiaru wilgotności lub potencjału wodnego gleby. Ze względu na niejednorodność materii wbrew pozorom prawidłowy pomiar wilgotności gleby jest zadaniem bardzo trudnym.

- kryteria roślinne – w tym przypadku potrzeby nawadniania ustalamy na podstawie stanu fizjologicznego roślin. Prace naukowe koncentrują się tu na rozwoju urządzeń do pomiaru, stanu uwodnienia roślin a nawet intensywności przepływu wody przez tkanki przewodzące. Bardzo ważnym elementem tych prac jest kalibracja czujników wraz z opracowaniem zaleceń do stosowania ich w praktyce.
- kryteria klimatyczne – oparte są na założeniach, że zużycie wody determinowane jest przebiegiem pogody i fazą rozwojową roślin. Celem prac badawczych prowadzonych w tej grupie tematycznej jest rozwój modeli matematycznych służących do wyznaczania potrzeb wodnych roślin na podstawie przebiegu pogody. Rozwijane są tu także stacje pomiarowe które automatycznie wyznaczają wartość ewapotranspiracji na podstawie danych pomiarowych. Obecnie coraz powszechniej stosowane jest bezprzewodowe przesyłanie danych. Wykorzystuje się tu łączność radiową lub General Packet Radio Service (GPRS) tak więc możliwe jest zdalne kontrolowanie warunków uprawy. Postęp w technikach pomiarowych, obliczeniowych i informatycznych wpłynął na znaczny wzrost jakości a przez to przydatności prognoz pogody. Dziedziną gospodarki która jest szczególnie zależna od przebiegu pogody jest rolnictwo. Dlatego też często prognozy agrometeorologiczne są elementem składowym całego systemu wspomagania decyzji związanych z agrotechniką roślin. Wcześniejsza informacja o przewidywanych potrzebach wodnych roślin oraz wysokości opadów pozwala znacznie lepiej zarządzać nawadnianiem. W przypadku gdy według prognoz w najbliższej przyszłości istnieje wysokie prawdopodobieństwo wystąpienia opadów można zawiesić decyzje o przeprowadzeniu nawadniania. Czas zwłoki z podjęciem decyzji o nawadnianiu zależy od cech gatunkowych roślin, ich fazy rozwojowej, zasięgu systemu korzeniowego, pojemności wodnej gleby, planowanej efektywności spodziewanych opadów itd.

Ze względu na to, że wraz z wodą rośliny pobierają rozpuszczone w niej związki mineralne nawadnianie powinno być ściśle związane z nawożeniem. Wyposażenie uprawy w instalację nawodnieniową daje możliwość stosowania fertygacji - podawania nawozów wraz z wodą. Optymalizacja nawożenia płynną pożywką wraz z nawadnianiem polega na jak najbardziej oszczędnym gospodarowaniu wodą i nawozami. Podstawową zaletą tej techniki nawożenia jest dokładność i równomierność podawania pożywki. Nawozy dostarczane są tylko do zwilżonej bryły gleby lub podłoża - tam gdzie rozwija się najbardziej aktywna część systemu korzeniowego. Wysoka potencjalna efektywność fertygacji wynika z możliwości stosowania optymalnego stężenia pożywki nawozowej oraz większego zagęszczenia korzeni w strefie zwilżanego podłoża. Stosowanie fertygacji otwiera możliwości tworzenia programów nawożenia, opartych nie o dotychczas stosowane dawki nawozów, lecz o optymalne dla roślin stężenie i proporcje pomiędzy poszczególnymi składnikami znajdującymi się w roztworze glebowym. Fertygacja tworząc w obrębie strefy korzeniowej roślin optymalną koncentrację dostarczanych jonów powoduje efektywniejsze ich wykorzystanie, dając jednocześnie potencjalną możliwość zsynchronizowania aplikacji nawozów z potrzebami roślin. Ilość i stężenie podawanych nawozów powinno być uzależnione od wieku i fazy rozwojowej roślin oraz od przebiegu pogody. Te wszystkie założenia teoretyczne mogą być wprowadzone do praktyki tylko po przeprowadzeniu wielu żmudnych badań agrotechnicznych. W chwili obecnej fertygacja jest powszechnie stosowana w uprawie roślin pod osłonami. W przypadku tzw. upraw bezglebowych jest to praktycznie podstawowy sposób nawożenia. Każde nawadnianie jest jednocześnie nawożeniem. Nawożenie z nawadnianiem coraz częściej stosuje się także w uprawach polowych. Jest tu nawet tendencja prowadzenia upraw w tzw. systemie otwartej hydroponiki (Open Hydroponics) gdzie dzięki regularnej fertygacji w roztworze glebowym utrzymywane jest założone stężenie makro i mikroelementów. Potencjalne zalety stosowania fertygacji będą mogły być jednak osiągnięte tylko poprzez użycie odpowiednich metod diagnostycznych. Niezbędna jest tu diagnostyka „dynamiczna” za pomocą, której będziemy mogli szybko podejmować decyzje o zastosowaniu odpowiedniego programu nawożeniowego. Agrotechnik podejmujący decyzję o przeprowadzeniu nawadniania musi być wyposażony w wiarygodne narzędzie pomocne przy określeniu ilości podawanych wraz z wodą nawozów. Obecnie mamy dwa podstawowe

kierunki rozwoju metod diagnostycznych: ocenę zasobności gleby, lub stanu odżywienia roślin. Trudność polega na tym że oceny te powinniśmy prowadzić nie tak jak dotychczas w laboratorium ale w polu i to zdalnie i regularnie. Zasobność gleby określana jest na podstawie pomiaru jej przewodności elektrycznej a stan odżywienia roślin za pomocą pomiaru fluorescencji chlorofilu lub natężenia zielonego zabarwienia liści. Badania naukowe koncentrują się tu szczególnie na opracowaniu sensorów pomiarowych i ich kalibracji oraz transmisji danych.

Ograniczona dostępność słodkiej wody wymusza nie tylko rozwój techniki i technologii samego nawadniania, ale także oszczędność wody na etapie jej gromadzenia i przesyłu oraz poszukiwanie metod obniżenia parowania (ewaporacji) min. poprzez zastosowanie ściółek. Po okresie prac nad zastosowaniem w sadach i plantacjach roślin jagodowych ściółek z tworzyw sztucznych min. folii polietylenowej obecnie coraz częściej prowadzi się prace badawcze i wdraża do praktycznego zastosowania różnego rodzaju ściółki biodegradowalne. Wykorzystuje się tu różnego rodzaju rozdrobnioną materię organiczną np. słomę, rozdrobnione gałęzie (zrębki) pozostałe po cięciu sadu lub włókniny wytwarzane z odpadów przemysłu celulozowego i włókienniczego (fot. 1). Ściółki organiczne ograniczają parowanie wody z gleby, zwiększają efektywność opadów intensywnych oraz poprawiają warunki bytowania pożytecznych organizmów glebowych. W lata suche ściółki nie zastąpią nawadniania ale istotnie wpłyną na ograniczenie zużycia wody. Do przygotowywania oraz rozkładania ściółek na polach niezbędne jest odpowiednie zaplecze techniczne.



(a) zrębki,



(b) włóknina wyprodukowana z odpadów włókienniczych

Fot. 1. Ściółki w sadzie

Optymalizacja wykorzystania wody to także dobór odpowiednich gatunków i odmian roślin uprawnych. W badaniach nad nawadnianiem coraz większy nacisk kładzie się na poznanie reakcji poszczególnych odmian roślin uprawnych na niekorzystne czynniki środowiska. Odmiany o mniejszych wymaganiach wodnych i/lub wyższej tolerancji na suszę mogą być przydatne na obszarach, gdzie istnieje ograniczony dostęp do źródeł wody lub w sytuacjach, gdzie oszczędności wynikłe z ograniczonego nawadniania będą równoważyć straty związane z obniżeniem plonu. Prace hodowlane związane z uzyskaniem roślin tolerancyjnych na suszę ciągle opierają się na czasochłonnym testowaniu przydatności nowych odmian i podkładek do warunków środowiska. Szczegółowa analiza dotycząca efektywności wykorzystania wody przez rośliny może przyczynić się do opracowania kryteriów hodowlanych opartych o charakterystyczne dla odmiany parametry fizjologiczne i/lub morfologiczne. Według niektórych badaczy identyfikacja i selekcja tych kryteriów może stać się cennym uzupełnieniem tradycyjnych metody hodowli. Wybrane parametry mogą zostać wykorzystane, jako pośrednie kryteria selekcji, głównie dla oceny reakcji roślin na abiotyczne czynniki stresowe. Parametry fizjologiczne pomocne przy wyznaczaniu współczynników względnej odporności roślin na suszę były dotychczas rzadko używane, jako kryteria selekcyjne w programach hodowlanych. Obecnie dostępne, nowoczesne

techniki analityczne umożliwiają stosunkowo łatwe wykonywanie pomiarów intensywności fotosyntezy i transpiracji także w warunkach polowych co znacznie ułatwia wstępną selekcję organizmów oszczędniej gospodarujących wodą. Od czasu gdy do tworzenia nowych odmian wykorzystano inżynierię genetyczną prace nad uzyskaniem roślin bardziej odpornych na suszę znacznie przyspieszyły. Już w chwili obecnej nowe genetycznie zmodyfikowane odmiany kukurydzy, soi czy też ziemniaków reklamowane są jako odmiany „odporne na suszę”. Jeżeli te deklarowane cechy potwierdzą się w praktyce rośliny tego typu będzie można uprawiać przy mniejszym zużyciu wody lub na terenach na których było to dotychczas niemożliwe z powodu niedostatecznej ilości opadów.

Agrotechnicy pracują także nad ograniczaniem zużycia wody poprzez okresowe „przesuszanie” gleby. Regulowany deficyt wodny (Regulated Deficit Irrigation) polega na ograniczeniu lub nawet zaprzestaniu nawadniania w okresach kiedy nie wpłynie to istotnie na wzrost lub plonowanie roślin uprawnych. Dla wielu gatunków okresowe ograniczenie wilgotności gleby może wpływać na poprawę jakości plonu i lepsze jego przechowywanie. Kontrolowany niedobór wilgotności może mieć także pozytywny wpływ na inicjację pąków kwiatowych. Wyniki badań agrotechnicznych z powodzeniem wprowadza się do praktyki. W Izraelu opracowano technologię sterowania nawadnianiem jabłoni w oparciu o cotygodniowe pomiary wielkości owoców. W przypadku gdy w określonym okresie wegetacji owoce mają wielkość odpowiadającą wzorcowi w zależności od przebiegu pogody nawadnianie można ograniczyć. Nadmierne nawadnianie może spowodować tu zbyt bujny wzrost roślin i „przerastanie” owoców co wpłynie na pogorszenie ich zdolności przechowalniczej.

3. Systemy nawodnieniowe

3.1. Deszczowanie

Aby z określonego źródła wody nawodnić jak największą powierzchnię upraw należy zastosować instalację nawodnieniową oszczędnie gospodarującą wodą. Przyjmuje się efektywność deszczowania na 75 do 85%, efektywność minizraszania szacujemy na 80 – 95% a stosowanie nawadniania kropłowego na 90-98%. Aby zwiększyć efektywność deszczowania deszczownie mostowe i centralne wyposaża się w specjalne niskociśnieniowe zraszacze o małym zasięgu (fot. 2) których zadaniem jest nawadnianie roślin przypominające podlewanie z konewki. W efekcie czas nawadniania pojedynczej rośliny jest krótszy a przez to znacznie skraca się czas zwilżenia liści. Deszczownie takie pracując przy niższym ciśnieniu zużywają znacznie mniej energii.

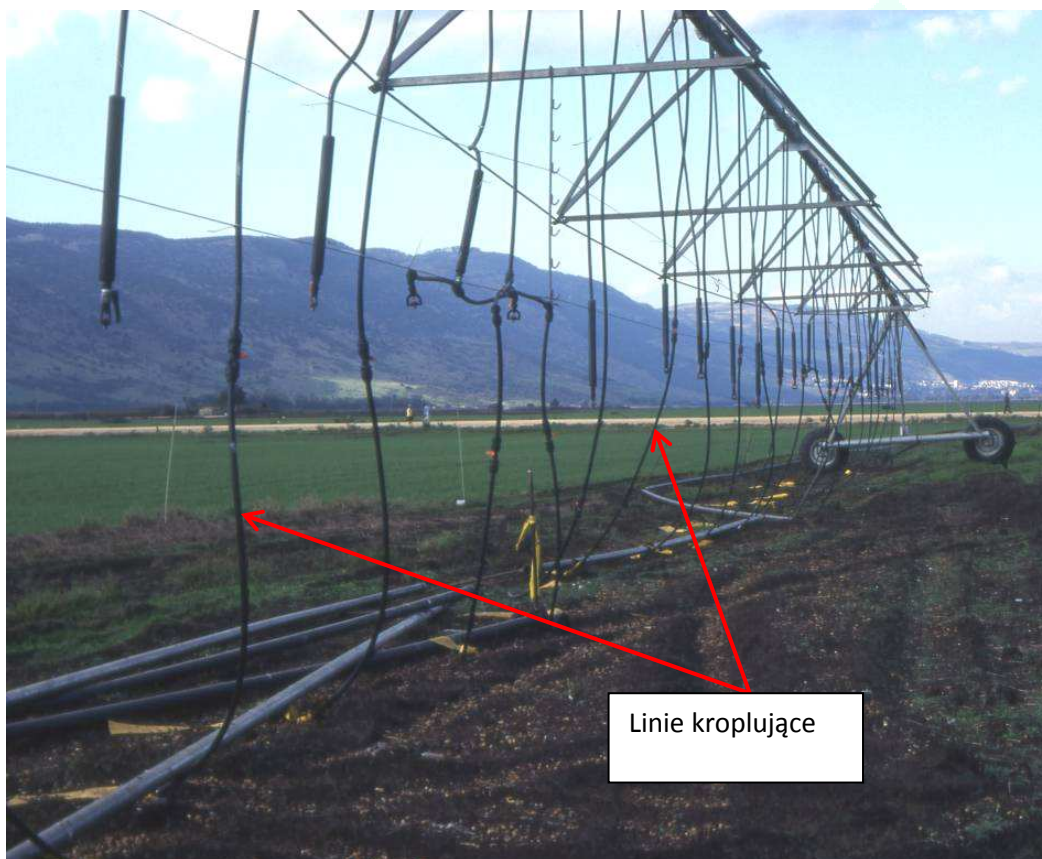


Fot. 2. Zraszacz niskociśnieniowy



Fot. 3. Przetaczana belka podlewająca wrzosy

Podobne rozwiązanie stosuje się w szkółkarstwie ozdobnym do nawadniania wrzosów i wrzośców. Nad ustawionymi w rzędy doniczkami przesuwana jest belka wyposażona w dysze podlewające rośliny (fot. 3). Zaletą tego systemu jest ograniczenie zraszania roślin co w przypadku tych gatunków jest czynnikiem limitującym jakość otrzymanego materiału szkółkarskiego.



Fot. 4 Deszczownia przetaczana wyposażona w niskociśnieniowe zraszacze oraz linie kroplujące

Innowacyjnym rozwiązaniem jest połączenie deszczowni przetaczanej i systemu kropłowego. Rozwiązanie polega na przetaczaniu wzdłuż rzędów nawadnianych roślin kilkumetrowych odcinków specjalnych wysokowydajnych linii kropłujących, których zadaniem jest nawodnienie pasa gleby bezpośrednio w pobliżu roślin. System taki można by było nazwać mobilnym systemem kropłowym.

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.

3.2. Systemy minizraszania

Minizraszanie to system nawodnieniowy, stosowany bardzo często do nawadniania min. roślin sadowniczych. Polega na zraszaniu powierzchni gleby tylko w pobliżu roślin. Woda podawana jest przez małe, wykonane z tworzywa sztucznego, emitery – minizraszacze o wydatku od 20 do 200 l/h (fot. 5). Zależnie od rodzaju zastosowanej wkładki uderzeniowej, minizraszacze podają wodę w postaci kropel lub strumieni. Rodzaj zastosowanej wkładki wpływa także na kształt zwilżanej powierzchni.



Fot. 5. Różne konstrukcje minizraszaczy

W celu zwiększenia równomierności nawadniania i możliwości instalowania długich ciągów nawodnieniowych, stosuje się coraz częściej minizraszacze wyposażone w regulator przepływu. Minizraszacze tego typu mają stały wydatek wody w szerokim zakresie cисień.

Minizraszacze stosowane są do nawadniania roślin ogrodniczych zarówno w uprawie polowej jak i pod osłonami (Fot.6).



A.



B.

Fot. 6. System minizraszania jabłoni (A) i anturium (B)

Przy produkcji roślin na zagonach pod osłonami stosowane jest często minizraszanie za pomocą belki zraszającej (fot. 7). System taki służy jednocześnie do nawadniania, nawożenia jak też umożliwia prowadzenie ochrony roślin.

Najnowsze rozwiązania to minizraszacze pulsacyjne o wydatku wody od 2 do 12 l/h. Tak niewielki jednostkowy wydatek umożliwia zastosowanie minizraszania pulsacyjnego, nawet przy bardzo ograniczonych możliwościach źródła wody. Zraszacze tego typu wykorzystywane są także do ochrony roślin przed przymrozkami wiosennymi. Minizraszacze wykorzystywane są także w szklarniach i tunelach foliowych do zraszania roślin, obniżania temperatury lub podnoszenia wilgotności powietrza. Zraszacze tego typu wyposaża się w dodatkowy element (antykapacz) który przepuszcza wodę tylko powyżej określonego ciśnienia (np. 0,3 at.). Rozwiązanie to pozwala na jednoczesny start pracy wszystkich emiterów jak też zabezpiecza rośliny przed wykapywaniem wody ze zraszaczy po zamknięciu zaworu. Zraszacze tego typu pracują w krótkich kilkusekundowych cyklach.



Fot. 7. Belka zraszająca



Fot. 8. Minizraszacz CoolNet służący do podnoszenia wilgotności powietrza i schładzania roślin

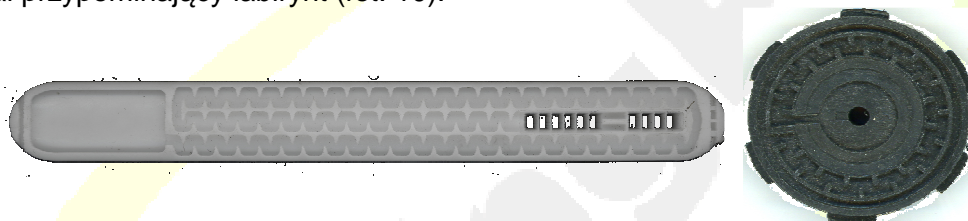
3.3 Systemy kropłowe

Ze względu na swe niewątpliwe zalety systemy nawodnień kropłowych 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. Podstawowym elementem każdej instalacji nawodnieniowej jest emiter. W przypadku instalacji kropłowych elementem dozującym wodę jest kroploznik. Na rynku mamy bardzo wiele rozwiązań technicznych znacznie różniących się budową i wielkością (fot. 9)



Fot. 9. Różne konstrukcje emiterów kropłowych

Najprostsze konstrukcje to kroploznikami labiryntowe – w których woda przepływa przez kanał przypominający labirynt (fot. 10).



Fot. 10. Przykładowe konstrukcje labiryntów emiterów kropłowych

Dalsze prace konstrukcyjne pozwoliły na wyprodukowanie tzw. emiterów kompensujących (PC – pressure compensated) gdzie uzyskujemy stały wydatek wody w bardzo szerokim zakresie ciśnień (0,5 – 2,5 at.). Tutaj także mamy różne rozwiązania techniczne i wielkości emiterów. W każdym jednak przypadku stały wydatek uzyskiwany jest poprzez odpowiednią pracę membrany umieszczonej wewnątrz kroploznika (fot. 11).



Fot. 11. Budowa wewnętrzna emitera z kompensacją ciśnienie

Jeszcze nowocześniejszą konstrukcją są emitery kompensujące, które emitują wodę dopiero powyżej określonego minimalnego ciśnienia pracy (CNL –compensated non-leak). Kroplowniki tego typu mają podobną budowę do kroplowników z kompensacją ciśnienia jednak zadaniem membrany jest tu nie tylko regulowanie ilości wypływającej wody z kroplownika, ale także przemykanie otworu wylotowego z emitera, jeśli ciśnienie spadnie poniżej zakładanego poziomu (zazwyczaj 0,2 - 0,5 at.). Emitery tego typu wykorzystuje się przede wszystkim pod osłonami do nawadniania upraw prowadzonych w podłożach inertych (fot. 12).



Fot. 12. Emitery typu CNL zastosowane do nawadniania pomidorów uprawianych na wełnie mineralnej.

Obecnie na rynku mamy co najmniej kilkadziesiąt (jeśli nie nawet kilkaset) rodzajów emitatorów kroplowych. Ze względu na ich budowę zewnętrzną możemy je podzielić na :

„liniowe” montowane między poszczególnymi odcinkami przewodu polietylenowego (fot. 13),



Fot. 13. Kroplownik typu liniowego

„guzikowe” montowane na przewodzie polietylenowym (fot. 14)



Fot. 14. Kroplownik montowany na przewodzie polietylenowym

„linie kropkujące” gdzie emiterzy umieszczone są wewnątrz przewodu polietylenowego już podczas procesu produkcji (fot. 15).



Fot. 15. Linia kropkująca

Wprowadzenie linii kropkujących spowodowało prawdziwą rewolucję w rozwoju polowych instalacji kropłowych. Ten rodzaj emiterów pozwala na bardzo łatwe i szybkie rozkładanie nawierzchniowej instalacji nawadniającej. Na świecie za pomocą linii kropkujących nawadnia się nie tylko uprawy warzywnicze, kwaciarskie i sadownicze, ale nawet rolnicze (np. kukurydzę, słonecznik, ziemniaki itd.). Linie kropkujące wykorzystywane są także do nawadniania terenów zieleni (fot. 16).

Obecnie (zaledwie po kilkunastu latach od zbudowania pierwszej w Polsce profesjonalnej instalacji nawodnieniowej wykorzystującej linie kropkujące) trudno sobie wyobrazić lepsze rozwiązanie techniczne do nawadniania roślin uprawianych rzędowo.



Fot. 16. Nawadnianie terenów zieleni za pomocą linii kropkującej.

Linie kropkujące umieszczamy na powierzchni gruntu, podwieszamy ponad glebą lub w miarę potrzeb umieszczamy pod powierzchnią gruntu. W przypadku zastosowania linii kropkujących do nawadniania wglębnego lub do nawadniania upraw rocznych proces rozwijania i zwijania przewodów prowadzony jest za pomocą specjalistycznych maszyn. Umieszczenie tradycyjnej linii kropkującej pod powierzchnią gruntu może spowodować wrastanie do emiterów korzeni roślin uprawnych lub chwastów. Dlatego w USA i Australii do nawodnień wglębnych stosuje się min. specjalne linie kropkujące z kroploownikami zawierającymi herbicyd, który ogranicza penetrację korzeni do wnętrza emiterów. Niektóre cienkościennie linie kropkujące (tzw. taśmy kropkujące) mają tak skonstruowane otwory wylotowe emiterów aby bez zagrożenia zablokowaniem przez korzenie można je było instalować pod powierzchnia gruntu). W sadach intensywnych drzewa prowadzimy zazwyczaj przy drutach na których możemy podwiesić linie kropkujące. Niektórzy producenci oferują nawet do tego celu specjalne uchwyty. Bardzo ciekawym rozwiązaniem technicznym są linie kropkujące z wtopionym (w czasie cyklu produkcyjnego) drutem. Podwieszanie instalacji jest tu już bardzo proste (fot. 17). Mocujemy drut do pierwszego słupka i podwieszamy go na kolejnych słupkach. Drugi koniec mocujemy na ostatnim słupku i naciągamy drut linii kropkującej tak samo jak robimy to z drutami przy których prowadzimy drzewka. Tego rodzaju linie kropkujące produkowane są z emiterami tradycyjnymi jak też kompensującymi.



Fot. 17. Linia kropkująca wyposażona w drut do jej podwieszania nad powierzchnią gruntu.

4. Filtracja

Nieodzownym elementem każdej instalacji nawodnieniowej są filtry. Dotyczy to szczególnie instalacji kropłowych oraz systemów nawodnieniowych, w których stosuje się minizraszacze. Ze względu na swą specyfikę - mała średnica dysz zraszaczy oraz niewielkie rozmiary kanałów labiryntów umieszczonych w kroploownikach systemy te wymagają bardzo dobrej jakości wody.

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 glony, bakterie. Natomiast woda pochodząca ze studni głębinowych często zawiera duże ilości związków Fe, Mn.

4.2. Filtry Siatkowe

Filtry siatkowe stosowane w instalacjach nawodnieniowych charakteryzują się prostą budową. Wewnątrz cylindrycznej obudowy (wykonanej ze stali lub tworzywa sztucznego) umieszczony jest siatkowy wkład filtracyjny (fot. 18). Siatki filtracyjne mogą być wykonane z drutu lub tworzyw sztucznych – polipropylen, polietylen, inox. Oczyszczanie filtra polega na wyjęciu i umyciu siatki filtracyjnej.



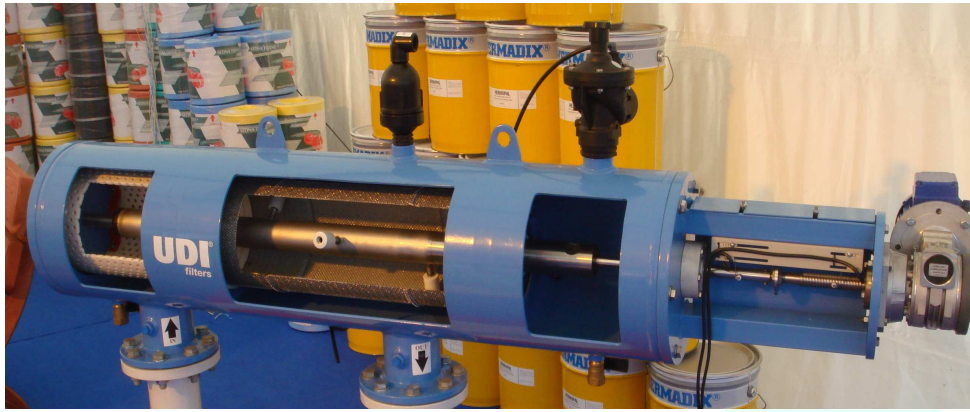
Fot. 18. Filtr siatkowy ¾"

Bardziej zaawansowanym rozwiązaniem technicznym jest obracany ręcznie system szczotek które zgarniają osad zanieczyszczeń z siatki. Specjalny zawór spustowy odprowadza zanieczyszczenia poza filtr (fot. 19)



Fot. 19. Filtr siatkowy wyposażony w „ręczny” system oczyszczania

Najnowsze rozwiązania to tzw. filtry „samooczyszczające”. Czyszczenie siatki filtracyjnej odbywa się za pomocą obracanych hydraulicznie dysz emitujących wodę pod ciśnieniem (fot. 20).



Fot. 20. Budowa wewnętrzna automatycznego filtra siatkowego

4.2. Filtry dyskowe

Filtry dyskowe służą przede wszystkim do filtrowania wody pochodzącej ze zbiorników otwartych. Woda zgromadzona w rzekach, jeziorach oraz stawach poza zanieczyszczeniami mechanicznymi zawiera także glony i bakterie. Filtry dyskowe charakteryzują się bardzo wysoką efektywnością pracy i dlatego są powszechnie montowane w instalacjach nawadniania kropłowego. Wkład filtracyjny filtra dyskowego składa się z wielu krążków „dysków” umieszczonych jeden na drugim na odpowiednio ukształtowanym stelażu. (fot. 21). Obie strony każdego z dysków pokryte są kanalikami o trójkątnym przekroju poprzecznym. Rowki pokrywające przeciwne strony dysku biegną w przeciwnych kierunkach. Przylegające do siebie rowki wielokrotnie się krzyżują tworząc zmienny kształt i wymiary powstałych między dyskami kanalików).

Niektóre filtry dyskowe wyposażone są w specjalny element dzięki któremu woda wewnątrz filtra wprowadzana jest w ruch wirowy (fot. 22). Filtr taki działa częściowo jak hydrocyklon (separator piachu) w którym dzięki przepływowi wirowemu cząstki o większej masie (np. piasek) osadzane są na dnie obudowy filtra gdzie umieszczony jest zaworek spustowy pozwalający na odprowadzenie ich na zewnątrz. Filtry tego rodzaju montujemy zazwyczaj przy pobieraniu wody z rzek które po wysokich opadach zawierają dużą ilość cząstek mechanicznych. Rozwiązanie to pozwala na wydłużenie okresu pracy pomiędzy kolejnym płukaniem filtra.



Fot. 21. Wkład filtracyjny filtra dyskowego



Fot. 22. System „helix” wywołujący ruch wirowy wody wewnątrz filtra dyskowego

Na rynku dostępne są filtry które oczyszczamy „ręcznie” lub automatycznie. Oczyszczanie tzw. „ręczne” polega na wyjęciu wkładu filtracyjnego z obudowy, poluzowaniu nakrętki ściskającej dyski i przepłukaniu wkładu pod bieżącym strumieniem wody. Budowa filtrów samo oczyszczających jest znacznie bardziej skomplikowana. Płukanie automatyczne polega na doprowadzeniu wody pod ciśnieniem do kanału wylotowego filtra (wylot czystej wody). Woda wpływa do wnętrza komory stelaża w której znajduje się sprężyna dociskająca dyski. Nacisk sprężyny jest tak dobrany aby ciśnienie zwrotnego strumienia wody pozwoliło na „rozluźnienie” dysków. Woda wpływa także do wnętrza ramion stelaża wypływając z nich poprzez odpowiednio ukształtowane dysze. Wąskie strumienie wody wypływające ze środka stelaża wymywają zgromadzone pomiędzy dyskami zanieczyszczenia, które odprowadzane są na zewnątrz kanałem spustowym. Dla zwiększenia wydajności filtrów pojedyncze wkłady dyskowe montowane są w większe zestawy (fot. 23).



Fot. 23. Zestaw filtrów dyskowych

Innym rozwiązaniem zestawu filtracyjnego jest konstrukcja o zwartej budowie. Wewnątrz zbiornika przypominającego filtr piaskowy zamiast złoża piasku umieszczone jest wiele wkładów dyskowych. (fot. 24). Dzięki stosunkowo niewielkim rozmiarom i dużej efektywności pracy filtry dyskowe montowane są nie tylko w instalacjach nawodnieniowych ale także w wodociągach i instalacjach przemysłowych.



Fot. 24. Zestaw filtracyjny „Super Flow” w obudowie filtra piaskowego zamiast złoża piasku umieszczono dyski filtracyjne

4.3 Filtry piaskowe

Filtry piaskowe stosowane są do filtrowania wody pochodzącej z otwartych zbiorników oraz w systemach uzdatniania wody (odżelaziacze i odmanganiacze). Zależnie od wielkości przepływu wody używa się filtrów pojedynczych lub połączonych w zestawy (fot. 25).



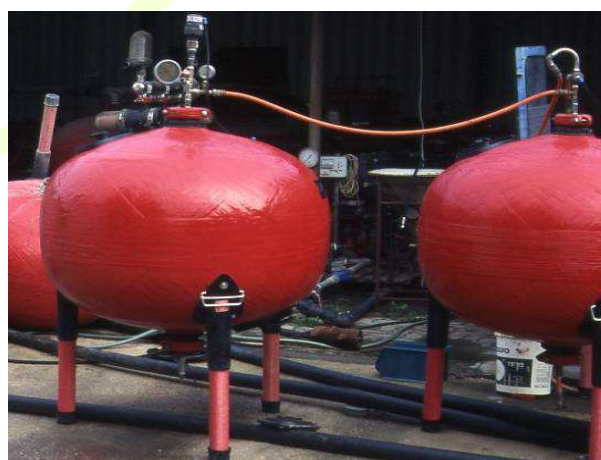
Fot. 25 Zestaw filtrów piaskowych i dyskowych

Zazwyczaj montowane są co najmniej dwa zbiorniki filtracyjne aby płukanie pierwszego filtra przeprowadzać wodą która została przefiltrowana w innym zbiorniku. Pojedynczy filtr zbudowany jest ze zbiornika wewnątrz którego umieszczone jest złożo piasku o średnicy ziaren 0,3 do 2,0 mm. Na dnie filtra umieszczony jest zestaw sączków zbierających wodę (fot. 25). Filtry piaskowe to bardzo stare rozwiązanie techniczne nowością jest tu zastosowanie tworzywa sztucznego do budowy zbiorników (fot. 26).



Fot. 25. Sączki umieszczone na dnie filtra piaskowego

Płukanie filtra polega na zwrotnym (od spodu) przepływie wody. Woda płynąc od dołu do góry rozluźnia złożo filtracyjne, wymywa zanieczyszczenia odprowadzając je na zewnątrz. Decyzję o płukaniu filtra podejmuje użytkownik na podstawie zwiększenia oporu hydraulicznego filtra (różnica ciśnień pomiędzy wlotem i wylotem filtra). automatyka płukania prowadzona jest przez specjalnie zaprojektowany do tego celu sterownik. Płukanie może być prowadzone co określony czas, ilość przefiltrowanej wody lub w zależności od pomiaru ciśnienia wody przed i za filtrem.



Fot. 26. Zestaw filtrów piaskowych wykonanych z tworzywa sztucznego

4.4 Odwrócona osmoza

W produkcji pod osłonami dąży się do ograniczenia lub całkowitego wyeliminowania odprowadzania na zewnątrz wód drenazowych. Coraz częściej prowadzi się tu tzw. zamknięty obieg pożywki czego konsekwencją jest stosowanie bardzo dokładnej filtracji a często nawet dezynfekcji wody. Jako najbardziej dokładną metodę filtracji stosuje się tu często odwróconą osmozę (fot. 27) czyli wymuszoną za pomocą ciśnienia dyfuzja wody przez błony półprzepuszczalne.



Fot. 27. Filtr odwróconej osmozy zastosowany do oczyszczania wody w szklarniowym systemie zamglawiania

4.5 Dezynfekcja pożywki

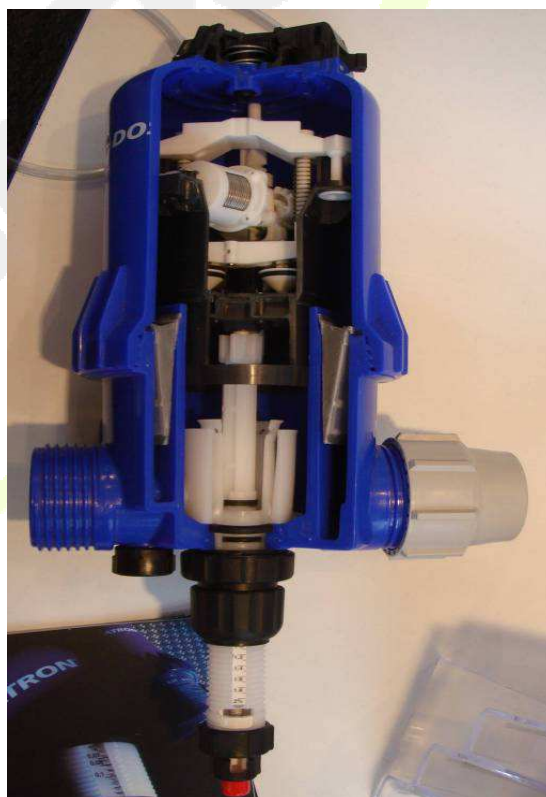
Najnowocześniejsza stosowana w produkcji ogrodniczej pod osłonami metoda dezynfekcji polega na naświetlaniu pożywki światłem ultrafioletowym które powoduje destrukcję DNA drobnoustrojów zawartych w wodzie. Jest to metoda fizyczna, nie zmieniająca właściwości chemicznych dezynfekowanej pożywki. Pożywka drenująca z podłoża w którym uprawiane są rośliny jest często roztworem mętnym o bardzo różnej zawartości zanieczyszczeń mechanicznych i biologicznych. Dlatego przed dezynfekcją wymagane jest przefiltrowanie wody przez filtry piaskowe. Patogeny posiadają różną odporność na działanie ultrafioletu. Dlatego dla zniszczenia konkretnych drobnoustrojów podawane są różne wielkości dawki UV w J/m^2 . Ze względu na różny poziom zagrożenia patogenami oraz różny poziom zmętnienia wody (woda mętna ogranicza przenikalność promieniowania UV) skuteczna dezynfekcja może być tylko przeprowadzona tylko za pomocą skomputeryzowanego systemu kontrolującego filtrację wstępną, natężenie promieniowania UV emitowanego przez lampę a także intensywność przepływu wody przez komorę dezynfekcyjną (fot. 28). System na podstawie wstępnej kalibracji dobiera tak prędkość przepływu wody przez komorę dezynfekcyjną aby otrzymała ona zadaną wielkość promieniowania. Im mętniejsza woda tym mniejsza wydajność dezynfekcji. W niektórych przypadkach w szklarniach stosujemy także dezynfekcję termiczną, ozonowanie lub chlorowanie wody.



Fot. 28. Lampa UV Philips i system dezynfekcji pożywki „Vialux” PRIVA

5. Dozowniki nawozów

Przy uprawie roślin w terenie otwartym, fertygacja (nawożenie roślin wraz z nawadnianiem) jest jedną z opcji stosowania nawożenia, natomiast w produkcji pod osłonami jest to technika podstawowa. W zależności od rodzaju uprawy fertygacja prowadzona jest okresowo lub regularnie. Rozpuszczone nawozy podawane są do instalacji za pomocą różnego rodzaju dozowników nawozów. Najprostszym a bardzo skutecznym dozownikiem jest dozownik inżektorowy wykorzystujący zwężkę Venturiego. Inną grupą często stosowanych dozowników nawozów są tzw. pompy proporcjonalnego mieszania. Ze względu na dość skomplikowaną budowę (fot. 29) są to urządzenia kilkukrotnie droższe od inżektorów. Dozowniki te mają możliwość dozowania nawozów do wody w ściśle określonej proporcji. Jest to bardzo wygodne i pozwala na płynną zmianę stężenia roztworu nawet w czasie pracy dozownika. Dozownik do swej pracy nie wymaga energii zewnętrznej, mają także bardzo niskie hydrauliczne opory wewnętrzne (mała strata ciśnienia na dozowniku).



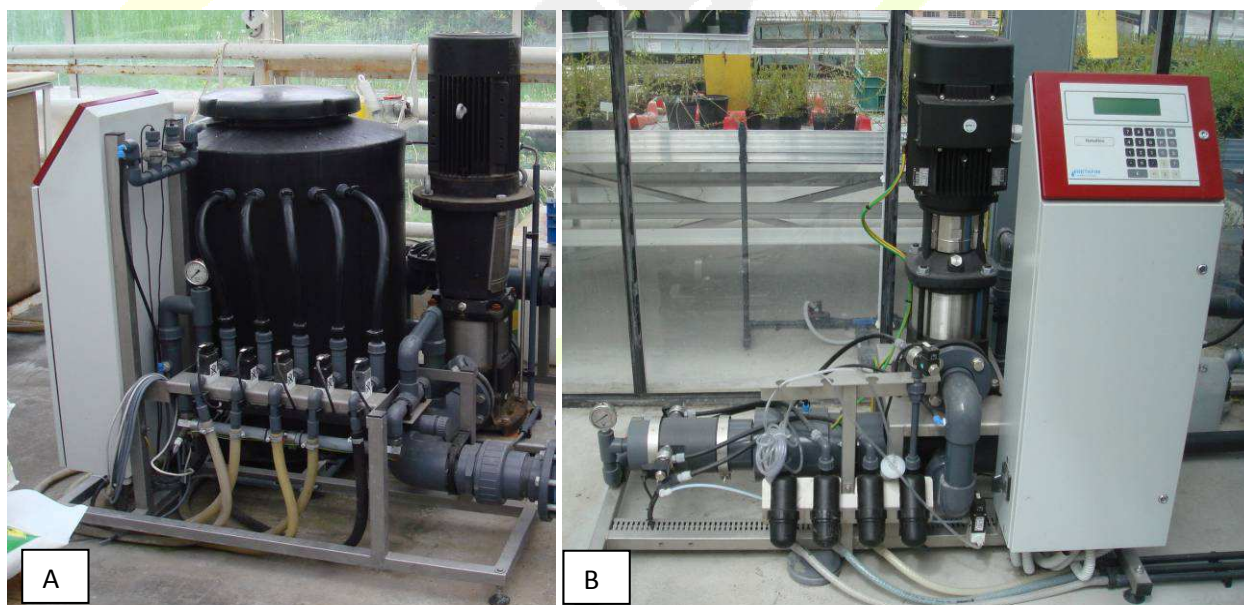
Fot. 29. Przekrój przez dozownik proporcjonalnego mieszania

Inną grupę dozowników nawozów stanowią elektryczne pompy dozujące (fot. 30) które stosowane są przede wszystkim w instalacjach o dużym przepływie wody.



Fot. 30. Elektryczne pompy do dozowania nawozów

Najbardziej zaawansowaną technicznie grupą dozowników nawozów są dozowniki skomputeryzowane tzw. „mikserzy nawozowe”. Urządzenia te mają możliwość przygotowania ściśle określonej pożywki o zadanym pH i zasoleniu (E_c - przewodność elektryczna roztworu). W zależności od typu urządzenia, istnieje możliwość przygotowania pożywki z dwu lub więcej beczek nawozowych i kwasu - dobierając dowolnie proporcję pomiędzy poszczególnymi nawozami. Dozownik może także wybierać źródło wody, z której przygotowuje pożywkę. Dla lepszego wymieszania nawozów dozownik posiada otwarty zbiornik mieszający lub zamkniętą komorę mieszania (fot. 31).



Fot. 31. Mikserzy nawozowe:
A – z beczką do mieszania pożywki,
B – z zamkniętą komorą mieszania

Nawozy do beczki (lub komory mieszania) podawane są za pomocą oddzielnych pomp elektrycznych lub inżektorów. Bardzo ważnym elementem dozowników są sondy pH i Ec na podstawie, których pomiarów komputer steruje dozowaniem poszczególnych nawozów i kwasu. Najnowsze dozowniki stosowane w produkcji pod osłonami kontrolują także zasolenie wody wejściowej a także ilość i zasolenie drenażu. Obecnie pracuje się nad dozownikami które będą mogły przygotować pożywkę o określonej zawartości składników mineralnych. Dozowniki te poza sondą pH i EC wyposażone są także w sondy jonoselektywne do pomiaru stężenia określonych jonów. Niestety ograniczeniem jest tu wymagana regularna kalibracja i stosunkowo krótka „żywność” sond. W szklarniach dozowniki nawozów włączane są bardzo często do centralnego systemu sterowania.

6. Sterowanie nawadnianiem

Zawory w instalacji nawodnieniowej mogą być otwierane ręcznie lub automatycznie. Do sterowania automatycznego wykorzystujemy różnego rodzaju sterowniki nawodnieniowe od najprostszych stosowanych zazwyczaj w ogródkach przydomowych oraz uprawach polowych po urządzenia bardzo zaawansowane wykorzystywane głównie pod osłonami. Bardzo przydatnym rozwiązaniem technicznym jest sterownik Mist Guard (fot. 32) wyposażony w zintegrowane czujniki pomiaru wilgotności i temperatury powietrza. Na urządzeniu ustawiamy próg zbyt niskiej wilgotności oraz czas długości pulsu i odstępu pomiędzy pulsami. Uruchamia on system zamgławiania tylko gdy wystąpi zbyt niska wilgotność lub zbyt wysoka temperatura powietrza. Sterownik zapamiętuje także panujące warunki klimatyczne.



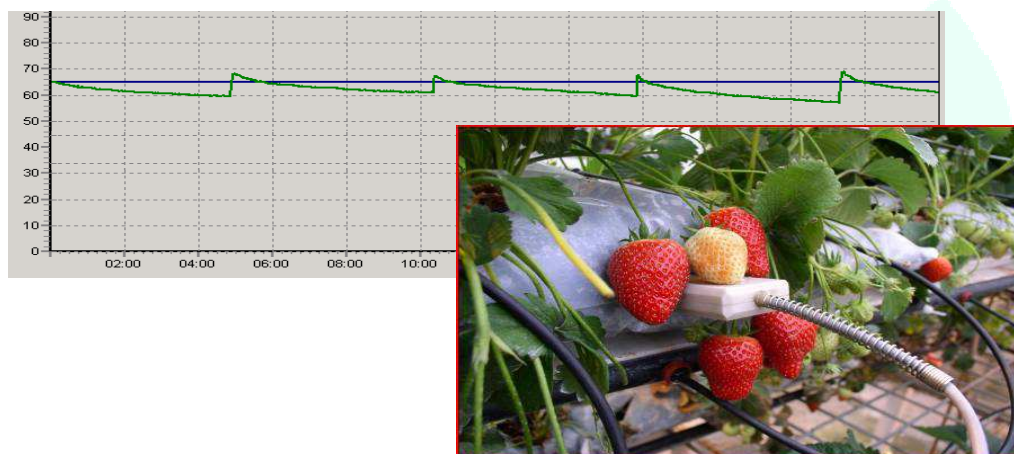
Fot. 32. Sterownik nawodnieniowy wyposażony w czujnik pomiaru temperatury i wilgotności powietrza

Najprostsze sterowniki nawodnieniowe kontrolują od jednego do kilku zaworów. Programujemy tu czas w jakim zawór powinien być otwarty oraz częstotliwość nawadniania. Sterowniki zaawansowane technicznie kontrolują pracę wielu zaworów, mają one możliwość współpracy z wieloma pompami, wodomierzami a także czujnikami pomiaru parametrów pogodowych i wilgotności gleby (fot. 33). Nawadnianie można tu prowadzić w oparciu o określony odstęp czasu, nasłonecznienie lub wilgotność gleby (podłoża), sterują one także zamgławianiem (w celu podniesienia wilgotności lub obniżenia temperatury powietrza w szklarni) oraz płukaniem filtrów.



Fot. 33. Skomputeryzowany sterownik do prowadzenia nawadniania i fertygacji

Wykorzystanie pomiaru wilgotności podłoża do sterowania nawadnianiem daje możliwość utrzymania optymalnych parametrów wilgotności niezależnie od zmieniających się warunków przebiegu pogody a więc i zmiennego zapotrzebowania roślin na wodę. Na fot. 34 przedstawiono przebieg wilgotności podłoża torfowego przy sterowaniu nawadnianiem szklarniowej uprawy truskawki za pomocą pojemnościowej sody pomiaru wilgotności.



Fot. 34. Przebieg wilgotności substratu torfowego oraz sonda wilgotności do sterowania nawadnianiem.

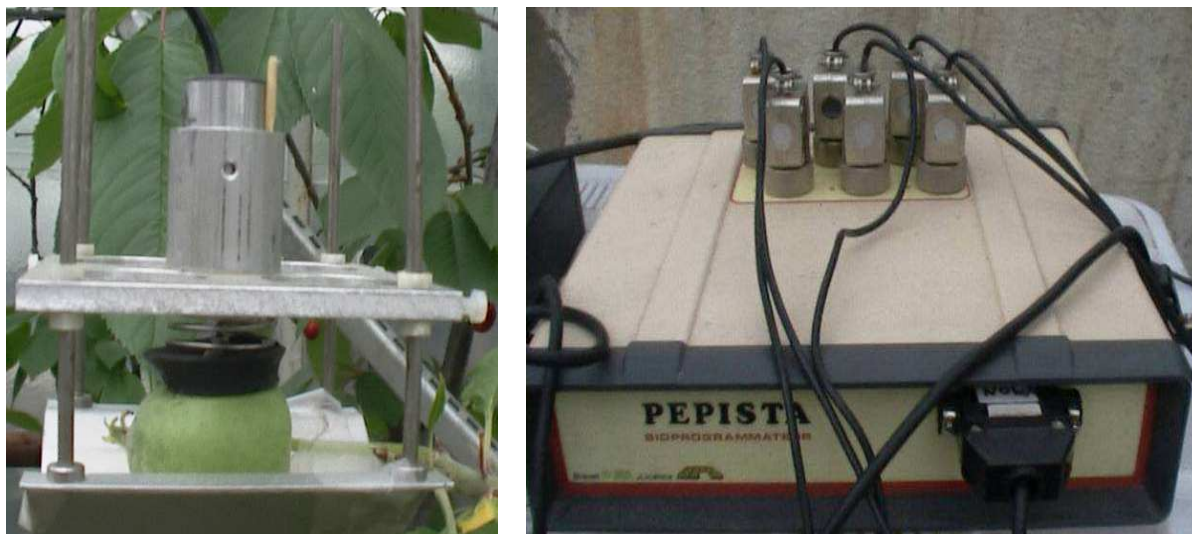
Ponieważ potrzeby wodne roślin są ściśle skorelowane z nasłonecznieniem i temperaturą powietrza w produkcji szklarniowej bardzo często sterowanie nawadnianiem prowadzi się na podstawie pomiaru energii słonecznej docierającej do obiektu w którym uprawiane są rośliny. W programie ustalamy progową ilość energii słonecznej (J/cm^2) zmierzoną przez system pomiarowo kontrolny po której powinno być przeprowadzone nawadnianie. Dzięki temu rozwiązaniu częstotliwość nawadniania jest ściśle uzależniona od nasłonecznienia. Bardziej zaawansowane kontrolery poza nasłonecznieniem mierzą także temperaturę i wilgotność powietrza. Na podstawie tych danych wyznaczają wysokość ewapotranspiracji której poziom jest podstawą do wyznaczenia dawki wody.

Nawadnianie roślin uprawianych pod osłonami może być także prowadzone za pomocą pomiaru masy wybranej grupy roślin. Sterowniki tego rodzaju monitorują przebieg zmian masy systemu kontrolnego (na którym umieszczone są rośliny uprawne) uruchamiając nawadnianie przy przekroczeniu ustalonego progu. Dodatkowym elementem jest tu pomiar jakości i ilości drenażu (fot. 35).



Fot. 35. Waga sterująca nawadnianiem wraz z kontrolą ilości i zasolenia drenażu

Na rynku dostępne są także urządzenia sterujące nawadnianiem na podstawie mikro morfometrycznych pomiarów owoców, pędów czy też nawet liści (fot. 36). Wykorzystuje się tu zasadę obniżania turgoru komórek przy niedostatecznej dostępności wody.



Fot. 36. System sterowania nawadnianiem w oparciu o pomiary zmiany średnicy owocu lub pędu.

Skomputeryzowane dozowniki nawozów są także kontrolerami całego procesu nawadniania. Programujemy na nich czas lub ilość podawanej wody lub porcji nawozowej. Ustalamy także wielkość pojedynczej dawki nawodnieniowej oraz częstotliwość jej stosowania. Nawadnianie może być prowadzone na podstawie regularnych odstępów czasu lub w zależności od wyniku pomiaru wilgotności podłoża lub ilości docierającej do roślin energii słonecznej. Możemy tu programować czas nawadniania lub ilość podanej wody.

Nowoczesne miksery nawozowe współpracują z komputerami PC, na których instalowane jest oprogramowanie sterujące. Podłączenie dozownika do komputera ułatwia programowanie, znacznie poszerza możliwości wizualizacji i archiwizacji danych, pozwala także na zdalny dostęp do sterowania urządzeniem np. za pomocą internetu lub radia.

Zastosowanie tzw. komputerów klimatycznych znacznie poszerzyło możliwości zarządzania obiegiem wody w szklarniach. Dotyczy to nie tylko samego procesu nawadniania, ale także filtracji i dezynfekcji wody. Komputer pozwala na zsynchronizowanie pracy wielu niezależnych urządzeń, takich jak: filtry, dozowniki nawozów, pomiar drenażu, systemy dezynfekcji i gromadzenia wody.

7. Podsumowanie

Wraz ze zwiększającym się popytem na żywność musi wzrastać jej podaż. Wzrost produkcji można osiągnąć poprzez zwiększanie powierzchni uprawy roślin oraz poprzez intensyfikację produkcji. W każdym z tych przypadków dla zapewnienia wysokich plonów konieczne jest nawadnianie. A więc zwiększenie produkcji żywności wymusza na nas większe zużycie wody przy stałych, nie zwiększających się jej zasobach. Konsumentami wody poza rolnictwem są także gospodarstwa domowe i przemysł. Jednak szacuje się, że na dzień dzisiejszy udział rolnictwa przekroczył już 70% całości użytkowanej na ziemi wody. Dlatego tak ważnym jest jak najbardziej efektywne wykorzystywanie wody do nawadniania. Optymalizacja nawadniania roślin to połączenie nowych możliwości technicznych systemów nawodnieniowych, nowoczesnej diagnostyki nawadniania oraz, stosowania automatycznych systemów sterujących. Nie bez znaczenia jest także rozwój programów hodowli nowych odmian roślin bardziej odpornych na suszę.

8. Literatura uzupełniająca

- Armoni S. 1986: Micro-Sprinkler Irrigation. Text Book DanSprinklers. ss. 42
- Benami A., Ofen A. 1993: Irrigation Engineering. AGNPRO. ss. 257
- Burt C., Styles S.W. 1999: Drip and micro irrigation of trees, vines and row crops. ITRC. ss. 291
- Dasberg S., Bresler E. 1985: Drip Irrigation Manual. IIC Publication No. 9 ss. 95
- Drupka S. 1980: Deszczowanie i deszczownie. PWRiL Warszawa . ss. 643
- El-Jaafari S. 2000: Durum wheat breeding for abiotic stresses resistance: Defining physiological traits and criteria. Options Méditerranéennes: Serie A, 40:251-256
- Kaniszewski S. 2005: Nawadnianie warzyw polowych. Plantpres. ss.85
- Kaczmarczyk S., Nowak L. 2006: Nawadnianie Roślin. PWR i L Poznań ss.479
- Klamkowski K., Treder W. 2004: Micromorphometric reaction of apple and cherry trees to water stress. Horticulture and Vegetable Growing. 23(2):373-381
- Mackenzie A. 2005: Automatic the irrigation system. Fruit & Veg Tech. vol. 4 no. 5:12-15
- Miller-Rushing A.J., Katsuki T., Primack R.B., Ishii Y., Dong Lee S., Higuchi H. 2007: Impact of global warming on a group related species and their hybrids: cherry tree (Rosaceae) flowering at Mt. Takao, Japan. American Journal of Botany,94(9):1470-1478
- Nelson P. V. 1985: Greenhouse Operation and Management. Reston Publishing Company, Inc. Reston, Virginia:598
- Rao Y.P., Bhakar S.R. 2008: Irrigation Technology Theory & Practice. ATPA. ss.472
- Słowik K. 1973. Deszczowanie roślin sadowniczych. PWRiL, Warszawa.
- Smith B.R. 1980: Watering equipment for greenhouse crops. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Mechanization Booklet 2140. Middlesex:26
- Treder W., Klamkowski K., Krzewińska D., Tryngiel-Gać A. 2009: Najnowsze trendy w nawadnianiu upraw sadowniczych – prace badawcze związane z nawadnianiem roślin prowadzone w ISK w Skierniewicach. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 6:95-107.



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

AGROINŻYNIERIA GOSPODARCE