

Jerzy Jeznach

**AKTUALNE TRENDY W ROZWOJU
MIKRONAWODNIEŃ**

***CURRENT TRENDS IN DEVELOPMENT
OF MICROIRRIGATION***

Streszczenie

W pracy przedstawiono aktualne trendy rozwoju mikronawodnień. Systemy nawadniające są układem skomplikowanym, wymagającym aktywnej eksploatacji, obejmującej obsługę i użytkowanie urządzeń. Nawodnienia są technologią zapewniającą rozwiązanie podstawowych problemów współczesnego świata jak gwałtowny przyrost ludności, ograniczenia zasobów naturalnych i degradacja środowiska. W ciągu ostatnich trzech dekad nawodnienia odegrały najważniejszą rolę we wzroście produkcji żywności. Z powierzchni nawadnianej, a stanowiącej obecnie około 15 % powierzchni uprawnej świata, zbiera się plon o wartości 36% łącznej produkcji roślinnej. Wiąże się to jednak z wieloma problemami społecznymi, ekonomicznymi, środowiskowymi i technologicznymi. Warunkiem osiągnięcia sukcesu przy stosowaniu nawodnień jest zintegrowane wykorzystanie zasobów wody, gleby i atmosfery, doskonalenie techniki i technologii nawadniania oraz kontrolę i monitoring oddziaływania na środowisko. Produkcja rolnicza wymaga w coraz większym zakresie wprowadzania technik i technologii dostosowanych precyzyjnie do wymagań roślin, które pozwalałyby jednocześnie na tworzenie zrównoważonych układów techniczno-ekonomiczno-ekologicznych. Przyszłe badania powinny obejmować następujące zagadnienia: technologia nawadniania (dawki, terminy, częstotliwość, czas trwania pojedynczego polewu, natężenie wydatku emiterów), efektywne sterowania nawadnianiem, rozwój systemu korzeniowego, pobór wody i substancji pokarmowych przez korzenie roślin, dynamika frontu zwilżania, ilość emiterów na jedną roślinę, monitoring dynamiki zmian zasobności nawadnianych gleb, minimalizacja zanieczyszczenia gleb i wód gruntowych.

Słowa kluczowe: mikronawodnienia, rozwój, aktualne trendy

Summary

Current trends in development of microirrigation were presented in this paper. Irrigation systems are the complicated pattern which needs the active operation including service and the use of facilities. Irrigation technologies secure the solution of such the problems of the current world as: rapid increase of population, limitations of natural resources and the environmental degradation. During the last three decades, the irrigation systems played an important role in the increase of the food production. The irrigated area (15% of the arable area in the world) gives the yield of the value about 36% of the total crop production value. It is connected with many social, environmental and technological problems. The use of irrigation is successful when the utilization of water, soil and atmosphere is integrated, the irrigation technology is improved and the influence of irrigation on the environment is controlled as well as the environmental monitoring is conducted. Crop production needs the increased use of technologies which are precisely adapted to needs of crops. In this case the creation of sustainable technological- economical- and ecological configurations can be possible. The future investigations should include the following problems: technology of irrigation (doses, frequency, time of the single water application, emitter discharge), effective control of irrigation, development of root system, uptake of water and nutrients by plant roots, dynamics of wetting front, the number of emitters per plant, monitoring of dynamics of the abundance on irrigated soils, minimization of soil and groundwater pollution.

Key words: *microirrigation, development, current trends*

WPROWADZENIE

Produkcja rolnicza wymaga w coraz większym zakresie wprowadzania technik i technologii dostosowanych precyzyjnie do wymagań roślin, które pozwalałyby jednocześnie na tworzenie zrównoważonych układów techniczno – ekonomiczno – ekologicznych. Jednym z kierunków osiągnięcia tego celu jest zastosowanie zasobooszczędnych i niezawodnych systemów nawadniania. W Polsce na większą skalę znalazły zastosowanie mikronawodnienia (kroplowe, wgłębne, mikrodeszczownie). Ich dalszy rozwój jest ważny z uwagi na potrzebę zrównoważonej produkcji wysokiej jakości żywności, obniżenia kosztów oraz ograniczenie niekorzystnych warunków wynikających z globalnych zmian klimatu [Jeznach 1998].

O celowości stosowania nawodnień w Polsce decydują przesłanki środowiskowe (klimat, gleby), ekologiczne (zasoby wodne, skażenie roślin, gleb i wód powierzchniowych i gruntowych) oraz społeczno – ekonomiczne (rozdrobnienie gospodarstw, warunki gospodarki rynkowej). Można wyrazić pogląd, że przy aktualnych możliwościach inwestycyjnych w zakresie infrastruktury wodnej mikronawodnienia będą głównym kierunkiem rozwoju nawodnień w Polsce [Jeznach 2006].

W ciągu niespełna trzydziestu lat stosowania mikronawodnień dokonano w kraju znaczącego postępu technicznego i technologicznego w zakresie: optymalizacji procesu projektowania, nawożenia poprzez system nawadniający i modeli symulacyjnych dotyczących sterowania nawodnieniami. Pomimo dotychczasowego znaczącego postępu, jeszcze wiele zagadnień wymaga pilnego rozwiązania. Dotyczy to przede wszystkim problemów eksploatacyjnych, które w naszych warunkach, oprócz kosztów, stają się barierą ograniczającą dalszy rozwój nawodnień.

Celem pracy było dokonanie przeglądu aktualnych trendów rozwojowych mikronawodnień.

ŚRODOWISKOWE I TECHNOLOGICZNE PROBLEMY STOSOWANIA NAWODNIEŃ

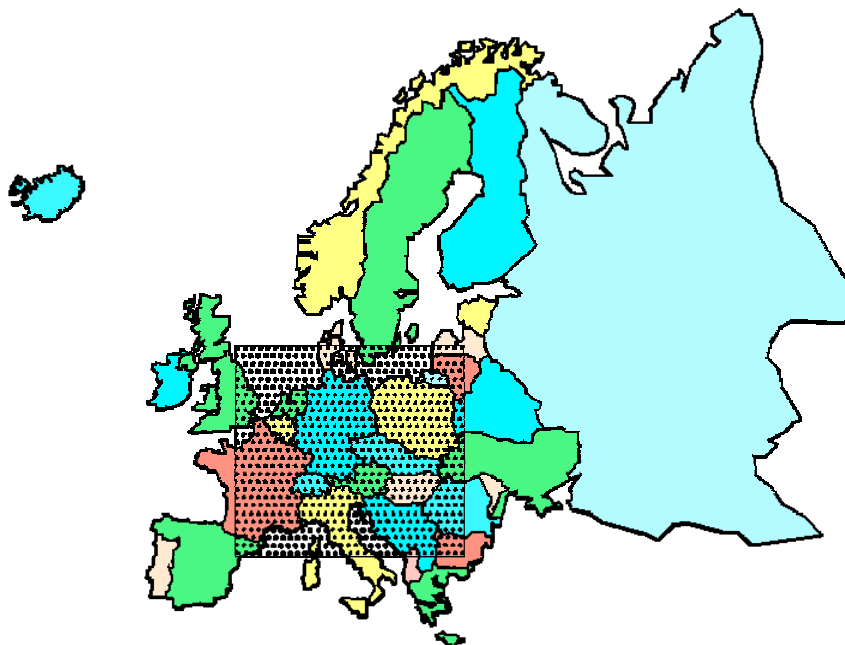
Nawodnienia są jedną z najstarszych technologii stosowanych w produkcji rolniczej. Pierwsze instalacje zakładano w czasach starożytnych w dolinach czterech rzek: Nilu – 6000 lat p.n.e., Eufratu i Tygrysu – 4000 lat p.n.e., Żółtej Rzeki – 3000 lat p.n.e. i Indusu – 2500 lat p.n.e. Nawodnienia przyczyniały się znacząco do rozkwitu cywilizacji i kultury, natomiast zniszczenia wojenne i zaniedbania urządzeń nawadniających powodowały niekiedy upadek całych społeczności (Mezopotamia).

Nowoczesne systemy nawodnień na szerszą skalę rozwinęły się na początku naszego stulecia w Europie i Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej. Szczególnie intensywny rozwój obserwuje się po drugiej wojnie światowej [Pierzgalski, Karczmarczyk 2006].

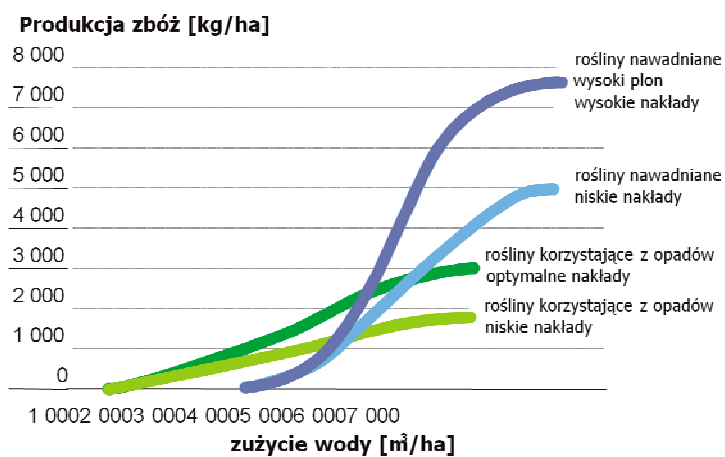
Dla porównania na rysunku 1 przedstawiono powierzchnię aktualnie objętą nawodnieniami w świecie na konturowej mapie Europy. Wynika z niego, że Europa ma bardzo skromny udział nawodnień w stosunku do ogólnej powierzchni lądów.

W strefach suchych i posusznych produktywność 1 ha nawadnianego można szacować jako równą produktywności 4–5 ha gleb nienawadnianych. W strefie umiarkowanej wskaźnik ten jest oczywiście niższy i kształtuje się w wysokości 1,5–2,0. Przy ocenie znaczenia nawodnień należy przytoczyć fakt, że z powierzchni nawadnianej, a stanowiącej obecnie około 15% powierzchni uprawnej świata, zbiera się plon o wartości 36% łącznej produkcji roślinnej [ICID].

Na rysunku 2 przedstawiono wpływ nawadniania i innych czynników na plony zbóż [FAO 2001]. Jest on ilustracją roli nawodnień jako skutecznego czynnika w podnoszeniu wydajności rolnictwa w skali światowej. Wiąże się to jednak z wieloma problemami społecznymi, ekonomicznymi i środowiskowymi. Dla ich rozwiązania konieczny jest bezwzględny priorytet zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego poprzez wzrost produkcji i poprawę jej jakości.



Rysunek 1. Powierzchnia gruntów nawadnianych w świecie w stosunku do powierzchni Europy
Figure 1. The irrigated area of the world in relation to the area of Europe

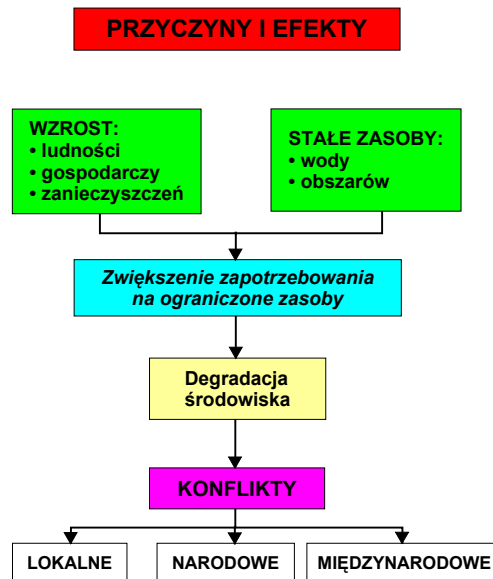


Rysunek 2. Wpływ nawadniania i innych czynników na plony zbóż [FAO 2001]
Figure 2. Influence of irrigation and other factors on yields of cereals [FAO 2001]

Rozwój współczesnej cywilizacji i związane z tym wyzwania, stwarzają przed rolnictwem nawadnianym szereg problemów środowiskowych do rozwiązania [Jeznach 2005]. Najważniejsze z nich to:

- zasobność i jakość źródeł wody do nawodnień,
- zrównoważony wzrost produkcji rolniczej,
- erozja i sedymentacja,
- zanieczyszczenia wód odpływem z terenów nawadnianych,
- zabagnienie i zasolenie,
- ochrona zdrowia ludności.

Problemy bezpieczeństwa żywnościowego są bardzo trudne do rozwiązania ze względu na zmniejszające się zasoby wodne i glebowe, wzrastającą konkurencję w zdobywaniu wody przez innych użytkowników, degradację środowiska naturalnego, postępujący proces dekapitalizacji urządzeń nawadniających, brak właściwej organizacji i zarządzania oraz bariery ekonomiczne, społeczne, a niekiedy i polityczne. Może to prowadzić do konfliktów o charakterze lokalnym, narodowym lub międzynarodowym. Wzajemną zależność tych problemów ilustruje rysunek 3.



Rysunek 3. Przyczyny i efekty wzrostu liczby ludności, kapitału i zanieczyszczeń przy ograniczonych zasobach naturalnych

Figure 3. Reasons and results of the increase in the number of population, capital, and pollutants under limited natural resources

TECHNICZNE KIERUNKI ROZWOJU NAWODNIENÍ

Rozwój systemów nawodnień i związane z nim zagadnienia środowiskowe, ekonomiczne i społeczne stwarzają szereg pilnych do rozwiązania problemów technologicznych [Jeznach 2005]. Do najważniejszych z nich zaliczyć należy:

- eksploatację systemów nawadniających,
- modernizację istniejących nawodnień,
- wprowadzanie nowoczesnej techniki.

Systemy nawadniające są układem skomplikowanym, nie działającym samoczynnie, lecz wymagającym aktywnej eksploatacji, obejmującej utrzymanie, obsługę i użytkowanie urządzeń. Niska kultura rolna użytkowników, niski poziom oświaty i świadomości prowadzą do zwiększenia zagrożeń środowiskowych oraz przyspieszonego starzenia się, a często zniszczenia, urządzeń wodnych. W wielu krajach powstały lokalne agencje do spraw pomocy rolnikom w eksploatacji urządzeń i systemów nawadniających. Agencje te, korzystając często z rządowej i poza rządowej pomocy finansowej prowadzą kontrolowany rozrząd wody, niezbędną konserwację urządzeń i serwis. Inną ważną dziedziną ich działalności są szeroko rozumiane szkolenia zarówno personelu technicznego jak i samych rolników. Praktyka wykazała pozytywne oddziaływanie pilotowych, dobrze eksploatowanych i kontrolowanych obiektów.

Dla zwiększenia efektywności i produktywności obszarów większość systemów nawodnień powinny być zmodernizowane. Modernizacja powinna polegać na budowie systemów o wysokiej efektywności, zasobooszczędnych, łatwych do obsługi i działających automatycznie. Systemy takie wymagają jednak wysokich kosztów inwestycyjnych, które w niektórych krajach są niezbędne do zaspokojenia potrzeb żywnościowych.

Wraz z modernizacją systemów nawadniających konieczne jest wdrożenie wyższego poziomu zarządzania i gospodarowania oraz metod pomiarów i kontroli funkcjonowania. Rozwiązania techniczne muszą sprostać współczesnym wymaganiom środowiskowym i technologicznym. Nowe konstrukcje jak również modernizacje już wdrożonych obiektów powinny zapewniać różnorodność urządzeń pozwalającą na ich właściwy dobór, w zależności od warunków środowiskowych oraz możliwości realizacji przyjętej technologii nawadniania i nawożenia. Wszelkie udoskonalenia i modyfikacje powinny dotyczyć w szczególności:

- podwyższenia efektywności wykorzystania wody,
- zmiany kanałów otwartych na sieć zakrytą,
- zamiany urządzeń grawitacyjnych na ciśnieniowe,
- wdrażania nawożenia poprzez system nawadniający (fertygacja),
- dokładności realizacji dawek polewowych i nawozowych,

- doskonalenia metod pomiarów, kontroli i monitoringu,
- trwałości i niezawodność urządzeń i systemów,
- automatyzacji,
- wykorzystania nawodnień do innych celów (ochrona przed przymrozkami, obniżenie wysokich temperatur, natlenianie zbiorników wodnych itp.).

Jednym z podstawowych współczesnych problemów technologicznych jest podwyższenie efektywności wykorzystania wody, gdyż wzrost produkcji rolnej będzie związany z rozwojem nawodnień. W związku z tym należy podjąć działania mające na celu optymalnie oszczędne wykorzystanie wody [Jeznach 2005; Lipińska, Jeznach 2008]. Można to osiągnąć m.in. poprzez:

- stosowanie zasobooszczędnych technologii nawodnień,
- minimalizację nieproduktywnych strat wody,
- zastosowanie zamkniętych obiegów wody,
- wykorzystanie wód o gorszej jakości,
- rozbudowę małej retencji wodnej.

Przyjęta technologia nawadniania i nawożenia powinna odpowiadać danym warunkom przyrodniczo – produkcyjnym. Należy dążyć do podawania małych i częstych dawek polewowych i nawozowych, oscylujących wokół dobowych potrzeb roślin, stosownie do aktualnych warunków pogodowych. Dawkowanie wody i nawozów z dużą częstotliwością pozwala na utrzymanie optymalnego dla danej fazy rozwoju roślin i warunków glebowych potencjału wodnego. Uniknięcie stresów wodnych w roślinie prowadzi w rezultacie do wyższych i jakościowo lepszych plonów. Ponadto precyzyjna i oszczędna gospodarka wodą, a także nawozami i środkami ochrony roślin ogranicza odciek oraz zrzuty wody z terenów nawadnianych i znacząco zmniejsza negatywny wpływ intensywnej produkcji roślinnej na środowisko naturalne.

Realizacja proponowanej technologii wymaga znacznie bardziej precyzyjnych metod sterowania nawodnieniami. W tym celu należy wprowadzać automatyzację opartą na wspomaganiu komputerowym.

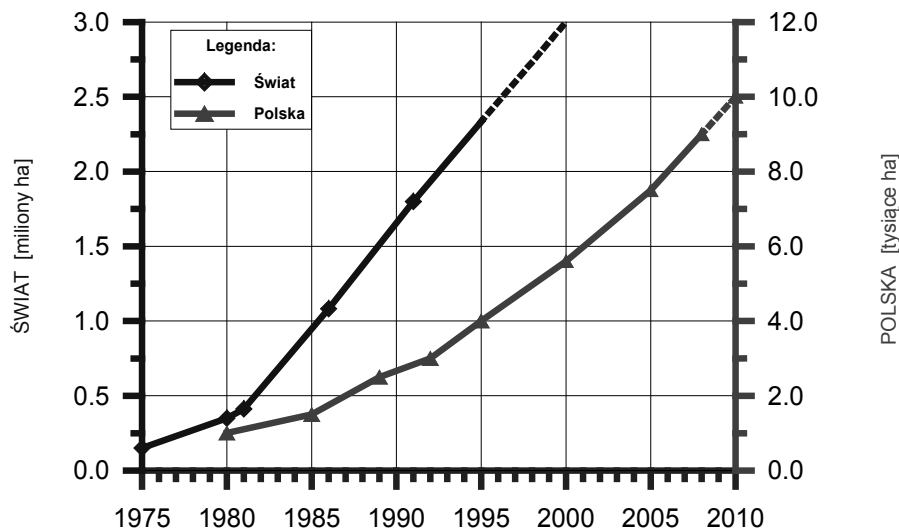
MIKRONAWODNIENIA – OPTYMALNĄ METODĄ ROZWIĄZYWANIA PROBLEMÓW ŚRODOWISKOWYCH, TECHNOLOGICZNYCH I TECHNICZNYCH

Produkcja rolnicza wymaga wprowadzania technik i technologii dostosowanych precyzyjnie do wymagań roślin. Jednym z kierunków osiągnięcia tego celu jest zastosowanie zasobooszczędnych systemów nawadniania, a wymogi te spełniają systemy mikronawodnień. Stanowią one bowiem typ nawodnień, za pomocą których dostarcza się do gleby małe dawki wody lub roztworów nawozowych w postaci kropel, strużek, rozprysku lub mgły, wykorzystując tzw. stany ustalone w strefie korzeniowej roślin.

Charakterystyczną cechą, która spowodowała bardzo dynamiczny rozwój wszystkich odmian mikronawodnień, jest oszczędne gospodarowanie wodą i nawozami, zwiększenie plonów i poprawa ich jakości, racjonalne wykorzystywanie nawozów i innych środków chemicznych, ograniczenie rozwoju chwastów, zmniejszenie zapotrzebowania energii, podniesienie kultury rolnej i precyzyjna kontrola oddziaływania na środowisko naturalne.

Zainteresowanie mikronawodnieniami w Polsce rozpoczęło się w końcu lat sześćdziesiątych. Według danych szacunkowych, w 1980 r. systemami tymi nawadniano około 1 000 ha sadów, warzyw i upraw pod osłonami. Do końca lat osiemdziesiątych powierzchnia ta systematycznie zwiększała się i w 1989 r. wynosiła około 2500 ha. W ciągu następnych kilku lat tempo rozwoju mikronawodnień zostało zahamowane, co spowodowane było transformacją gospodarczą kraju i zmianą systemu ekonomicznego.

Dopiero od 1992 r. w rolnictwie rozpoczął się dynamiczny rozwój mikronawodnień, co było związane z procesem unowocześnienia metod produkcji i dostosowania jej do wymagań konsumentów krajowych i eksportu, a także skutkami zmian klimatycznych. Aktualnie, według danych szacunkowych, systemy mikronawodnień zainstalowane są na powierzchni około 9000 ha. Zakładając utrzymanie obecnego tempa wzrostu, można przewidywać, że w 2010 r. powierzchnia objęta tymi nawodnieniami wyniesie około 10 000 ha (rys. 4.).



Rysunek 4. Powierzchnia objęta mikronawodnieniami w Polsce i na świecie
Figure 4. Land area under microirrigation in Poland and in the world

Charakterystyczną cechą mikronawadnień jest precyzyjna gospodarka wodna i pokarmowa w profilu glebowym. Podstawową zasadą dobrze funkcjonującego systemu jest podawanie małych i częstych dawek polewowych i nawozowych. Jednorazowe dawki oscylują wokół dobowych lub kilkudniowych potrzeb wodnych i pokarmowych roślin, stosownie do aktualnych warunków pogodowych. Na glebach lekkich, charakteryzujących się dużą odciekalnością, dobowe zapotrzebowanie na wodę jest realizowane kilkakrotnie w ciągu dnia, w celu uniknięcia strat wody na przesiąki w głąb profilu gleby. Zautomatyzowane systemy nawodnień umożliwiają podawanie bardzo niewielkich ilości wody kilkunastokrotnie w ciągu dnia. Uzyskuje się w ten sposób bardzo oszczędne zużycie wody. Dawkowanie wody z dużą częstotliwością pozwala na utrzymanie optymalnego dla danej fazy rozwoju rośliny i warunków glebowych potencjału wodnego gleby. Uniknięcie większych stresów wodnych w roślinie prowadzi w efekcie do wyższych i jakościowo lepszych plonów. Ponadto precyzyjna i oszczędna gospodarka wodą, a także nawozami i środkami ochrony roślin w zasadniczy sposób ogranicza negatywny wpływ intensywnej produkcji roślinnej na środowisko naturalne.

Mikronawodnienia można stosować na wszelkich rodzajach gleb. Odpowiednio do ich właściwości fizycznych i wodnych oraz uprawianych roślin, dobiera się parametry techniczne i eksploatacyjne urządzeń. Wszystkie sprzyjające środowisku naturalnemu cechy mikronawodnień odnoszą się jednak do systemów dobrze funkcjonujących. Natomiast źle funkcjonujący system nawodnień, odznaczający się częstymi awariami urządzeń, niedokładnym i niedostosowanym do potrzeb roślin podawaniem wody i nawozów oraz nierównomiernym natężeniem wydatku emiterów, ma istotny wpływ na wielkość i jakość produkcji roślinnej oraz degradację naturalnego środowiska przez nadmierne zużycie zasobów (woda, nawozy, energia, siła robocza) i zanieczyszczenie wód gruntowych nawozami i środkami ochrony.

AKTUALNE KIERUNKI ROZWOJU MIKRONAWODNIENÍ

Jak wspomniano, mikronawodnienia zainstalowano w Polsce na około 9000 ha. Największy udział nawadnianej powierzchni mają sady, następnie rośliny jagodowe, warzywa, szkółki, tereny zielone oraz rośliny specjalne. W tabeli 1 przedstawiono typy systemów nawadniających zalecane do instalacji dla poszczególnych upraw.

Systemy aktualnie instalowane charakteryzują się wysoką jakością materiałów i urządzeń. Są to najczęściej wyroby z importu [Jeznach, Treder 2006; Jeznach 2008]. Coraz powszechniej stosuje się przewody nawadniające (kroplujące) z emiterami z kompensacją ciśnienia, dozowniki nawozów ze sterowaniem komputerowym i samooczyszczające się filtry. Systemy te produkowane są przez wyspecjalizowane firmy, a wymiana urządzeń lub całych instalacji następuje co 8–10 lat.

Tabela 1. Typy systemów nawadniających instalowane w różnych uprawach
Table 1. Patterns of irrigation systems which are installed in different crops

Uprawy	System nawadniający						
	emitory punktowe	przewody nawadniające (kroplujące) z kompensacją ciśnienia	przewody lub taśmy nawadniające bez kompensacji ciśnienia	przewody porowate	mikrodeszczownie		deszczownie
					stałe	mobilne	
Sady	X	X	Sporadycznie		X		
Jagodowe		X	X	X	X	X	
Warzywa w uprawie polowej		X	X		X		X
Warzywa w uprawie pod osłonami	X		X	X	X	X	
Szkołki		X	X		X		X
Rośliny specjalne (chmiel, zioła)		X	X		X		X
Tereny zielone		X	X	X			X
Ochrona przed przymrozkami					X		X

Analizy funkcjonowania systemów mikronawodnień w różnych warunkach środowiskowych, prowadzone w SGGW co 4–5 lat wykazały, że zdecydowana większość systemów działa dobrze. Prawidłowo zaprojektowane i eksploatowane systemy praktycznie nie wymagają nadzoru i kontroli. Nawet zatykanie się emiterów przestało być podstawowym problemem dla użytkowników systemów [Jeznach 2008].

Zmiany gospodarcze i ekonomiczne naszego rolnictwa oraz podwyższenie konkurencyjności naszych produktów stawiają przed nauką i praktyką melioracyjną nowy szeroki zakres badań [Jeznach 2008]. Badania te powinny obejmować następujące zagadnienia:

- technologia nawadniania (dawki, terminy, częstotliwość, czas trwania pojedynczego polewu, natężenie wydatku emiterów),
- efektywne sterowania nawadnianiem,
- rozwój systemu korzeniowego,
- pobór wody i substancji pokarmowych przez korzenie roślin,
- dynamika frontu zwilżania,
- ilość emiterów na jedną roślinę,

- monitoring dynamiki zmian zasobności nawadnianych gleb,
- minimalizacja zanieczyszczenia gleb i wód gruntowych.

WNIOSKI

1. Systemy nawadniające są układem skomplikowanym, niedziałającym samoczynnie, lecz wymagającym aktywnej eksploatacji, obejmującej obsługę i użytkowanie urządzeń.

2. Nawodnienia są technologią zapewniającą rozwiązanie podstawowych problemów współczesnego świata jak gwałtowny przyrost ludności, ograniczenia zasobów naturalnych i degradacja środowiska.

3. W ciągu ostatnich trzech dekad nawodnienia odegrały najważniejszą rolę we wzroście produkcji żywności. Z powierzchni nawadnianej, a stanowiącej obecnie około 15% powierzchni uprawnej świata, zbiera się plon o wartości 36% łącznej produkcji roślinnej. Wiąże się to jednak z wieloma problemami społecznymi, ekonomicznymi, środowiskowymi i technologicznymi.

4. Warunkiem osiągnięcia sukcesu przy stosowaniu nawodnień jest zintegrowane wykorzystanie zasobów wody, gleby i atmosfery, doskonalenie techniki i technologii nawadniania oraz kontrolę i monitoring oddziaływania na środowisko.

5. Produkcja rolnicza wymaga w coraz większym zakresie wprowadzania technik i technologii dostosowanych precyzyjnie do wymagań roślin, które pozwalałyby jednocześnie na tworzenie zrównoważonych układów techniczno-ekonomiczno-ekologicznych. Jednym z kierunków osiągnięcia tego celu jest zastosowanie zasobooszczędnych systemów nawadniania oraz powtórne wykorzystywanie wody. Wymogi te spełniają systemy mikronawodnień.

6. Aktualnie instalowane systemy mikronawodnień charakteryzują się wysoką jakością materiałów i urządzeń. Coraz powszechniej stosuje się przewody nawadniające z emiterami z kompensacją ciśnienia, dozowniki nawozów ze sterowaniem komputerowym i samooczyszczające się filtry. Systemy takie są produkowane przez wyspecjalizowane firmy, a wymiana urządzeń lub całych instalacji następuje co 8–10 lat.

7. Analizy funkcjonowania systemów mikronawodnień w różnych warunkach środowiskowych, wykazały, że zdecydowana większość systemów działa dobrze. Prawidłowo zaprojektowane i eksploatowane systemy praktycznie nie wymagają nadzoru i kontroli.

8. Zmiany gospodarcze i ekonomiczne naszego rolnictwa oraz podwyższenie konkurencyjności produktów rolnych stawiają przed nauką i praktyką melioracyjną nowy szeroki zakres badań. Badania te powinny obejmować następujące zagadnienia: technologia nawadniania (dawki, terminy, częstotliwość, czas trwania pojedynczego polewu, natężenie wydatku emiterów), efektywne stero-

wania nawadnianiem, rozwój systemu korzeniowego, pobór wody i substancji pokarmowych przez korzenie roślin, dynamika frontu zwilżania, ilość emiterów na jedną roślinę, monitoring dynamiki zmian zasobności nawadnianych gleb, minimalizacja zanieczyszczenia gleb i wód gruntowych.

BIBLIOGRAFIA

- FAO. *Crops and drops: making the best use of water for agriculture*. 2001, s. 22.
- ICID. *Data bases*. <http://www.icid.org>
- Jeznach J. *Analiza funkcjonowania systemów nawodnień kropłowych w różnych warunkach środowiskowych*. SGGW, Warszawa, Rozprawy Naukowe i Monografie. 1996, s. 127.
- Jeznach J. *Reliability of the Drip Irrigation Systems under Different Operation Conditions in Poland*. *Agricultural Water Management*. Elsevier; Vol. 35; 1998, s. 261–267.
- Jeznach J. *Przyrodnicze problemy nawodnień*. *Postępy Nauk Rolniczych*. Nr 3/2005, 2005, s. 125–134.
- Jeznach J. *Techniczne problemy nawodnień*. *Postępy Nauk Rolniczych*. Nr 3/2005, 2005, s. 135–145.
- Jeznach J., Treder W. *Nawadnianie roślin w szklarniach i pod osłonami*. W: „Nawadnianie roślin” Red. Karczmarczyk S., Nowak L. PWRiL. Poznań, 2006, 233–267.
- Jeznach J. *Deszczowanie w ochronie przed przymrozkami*. *Sad Nowoczesny*. Nr 4., 2008, s. 58–59.
- Jeznach J. *Ochrona Sadu Doświadczalnego SGGW przed przymrozkami*. *Sad Nowoczesny*. Nr 4, 2008, s. 60–61.
- Jeznach J. *Potrzeby wodne i techniki nawadniania marchwi*. *Warzywa*. Nr 3., 2008, s. 33–36.
- Lipińska D., Jeznach J. *Evaluation of Effectiveness of Hydrophytic Wastewater Final Cleaning System at the Wastewater Treatment Plant in Sierpc, Poland*. *Polish Journal of Environmental Studies*. V.17 No 3., 2008, s. 377–381.
- Perzgalski E., Karczmarczyk S. *Rozwój nawodnień na świecie i w Polsce*. W: „Nawadnianie roślin” Red. Karczmarczyk S., Nowak L. PWRiL. Poznań 2006, s. 15–25.

Prof. dr hab. inż. Jerzy Jeznach
Katedra Kształtowania Środowiska
SGGW, Warszawa
E-mail: jerzy_jeznach@sggw.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Czesław Rzekanowski*