

Techniczne problemy nawodnień

Jerzy Jeznach

*Katedra Kształtowania Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa
e-mail: jeznach@alpha.sggw.waw.pl*

Słowa kluczowe: nawodnienia, problemy techniczne, systemy nawodnień, efektywność nawadniania, mikronawodnienia

Technologiczne kierunki rozwoju nawodnień

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

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

Systemy nawadniające są układem skomplikowanym, niedziałającym samoczynnie, lecz wymagającym aktywnej eksploatacji, obejmującej utrzymanie i użytkowanie urządzeń. Niska kultura rolna i niski poziom świadomości użytkowników prowadzą do zwiększenia zagrożeń środowiskowych oraz przyśpieszonego starzenia się, a często zniszczenia, urządzeń wodnych. Szacuje się, że około 50% systemów nawadniających w krajach rozwijających się wymaga rekonstrukcji.

W ostatnich latach w wielu krajach (Meksyk, Filipiny, Pakistan) [3, 15] powstały lokalne agencje do spraw pomocy rolnikom w użytkowaniu 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 działalności agencji są szeroko rozumiane szkolenia personelu technicznego i rolników. Praktyka wykazała pozytywne oddziaływanie pilotowych, dobrze użytkowanych i kontrolowanych obiektów [15].

Nawodnienia grawitacyjne stanowią zdecydowaną większość systemów nawadniających. Systemy te na ogół wymagają znacznie większych ilości wody, która nie jest wykorzystywana dla produkcji i wraca w postaci zanieczyszczonych zrzutów.

Dla zwiększenia efektywności i produktywności obszarów sporo systemów nawodnień wymaga zmodernizowania. Modernizacja powinna polegać na wprowadzaniu systemów o wysokiej efektywności, zasobooszczędnych, łatwych do obsługi i automatycznie działających [7, 8]. Systemy takie wymagają jednak wysokich kosztów inwestycyjnych. Koszty te są w niektórych krajach niezbędne do zaspokojenia potrzeb żywnościowych. Zmiany efektywności nawodnień w niektórych krajach rozwijających się przedstawiono w tabeli 1 [3].

Tabela 1. Efektywność nawadniania w wybranych krajach rozwijających się

	1996 r.	2003 r.
Afryka – Sahara	42	44
Ameryka Łacińska	26	29
Bliski Wschód, Afryka Północna	50	63
Azja Południowa	49	58
Azja Wschodnia	38	42
93 kraje rozwijające się	43	50

Wraz z modernizacją systemów nawadniających konieczne jest wdrożenie wyższego poziomu zarządzania i gospodarowania oraz metod pomiarów i kontroli jego funkcjonowania [9].

Rozwiązania techniczne muszą sprostać współczesnym wymaganiom środowiskowym i technologicznym [10]. Nowe konstrukcje, jak również modernizacje wdrożonych, powinny zapewniać różnorodność urządzeń pozwalającą na ich właściwy dobór w zależności od warunków środowiskowych oraz możliwość realizacji przyjętej technologii nawadniania i nawożenia. Wszelkie udoskonalenia i modyfikacje dotyczyć będą w szczególności:

- podwyższenie efektywności wykorzystania wody,
- zmiany kanałów otwartych na sieć zakrytą,
- zamiany urządzeń grawitacyjnych na ciśnieniowe,
- wdrażania nawożenia poprzez system nawadniający (fertygacja),
- zwiększenia dokładności realizacji dawek polewowych i nawozowych,
- zmniejszenie strat wody na przesieki z doprowadzalników,
- doskonalenia metod pomiarów, kontroli i monitoringu,
- zmniejszenia ewapotranspiracji poprzez nawadnianie w nocy i podawanie wody pod rośliny,
- zwiększenia trwałości i niezawodność urządzeń i systemów,
- wprowadzania 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 [8, 10]. 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 i zrzuty wody z terenów nawadnianych i znacząco zmniejsza negatywny wpływ intensywnej produkcji roślinnej na środowisko naturalne [11, 12].

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

Warunki środowiskowe i technologiczne powodują zmiany rozwoju systemów nawodnień z grawitacyjnych o działaniu okresowym w kierunku instalacji ciśnieniowych o działaniu ciągłym. Zmiany te najlepiej ilustruje podział nawodnień na dwie grupy: grawitacyjne i ciśnieniowe, wśród których wyróżnić można cztery typy: powierzchniowe, podsiąkowe, deszczowniane i mikronawodnienia [5]. Podział ten różni się od powszechnie stosowanego podziału przedstawionego przez Ostromeckiego [13].

Cechą charakterystyczną nawodnień powierzchniowych jest doprowadzenie wody do jednej z krawędzi kwatery i grawitacyjne jej rozprowadzenie. W tym typie wyróżnić można trzy systemy nawodnień: zalewowe, stokowe i bruzdowe. Nawodnienia podsiąkowe są jedynym typem, którego działanie polega na regulowaniu zwierciadła wody gruntowej w profilu glebowym. Zasada deszczowni polega na doprowadzeniu przewodami tłocznymi wody do zraszaczy, z których następuje wypływ strugi pod ciśnieniem. Struga wody przechodząc w powietrzu ulega rozdzieleniu na krople, które spadają na nawadnianą powierzchnię. Mikronawodnienia stanowią typ nawodnień, za pomocą których dostarcza się do gleby małe dawki wody lub roztworów nawozowych w postaci kropel, strużek lub rozprysku.

Mikronawodnienia – optymalną metodą rozwiązywania problemów środowiskowych i technologicznych

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. Stanowią one typ nawodnień, za pomocą których dostarcza się do gleby małe dawki wody lub roztworów nawozowych w postaci kropeł, strużek, rozprysku lub mgły, wykorzystując tzw. stany ustalone w strefie korzeniowej roślin.

Mikronawodnienia obejmują kilka systemów nawadniających posiadających różne odmiany. Podstawowym kryterium podziału jest najczęściej wielkość natężenia wypływu wody z emiterów. Istnieją podziały zaproponowane przez ICID i inne. Według polskiej normy [14] wyróżnia się:

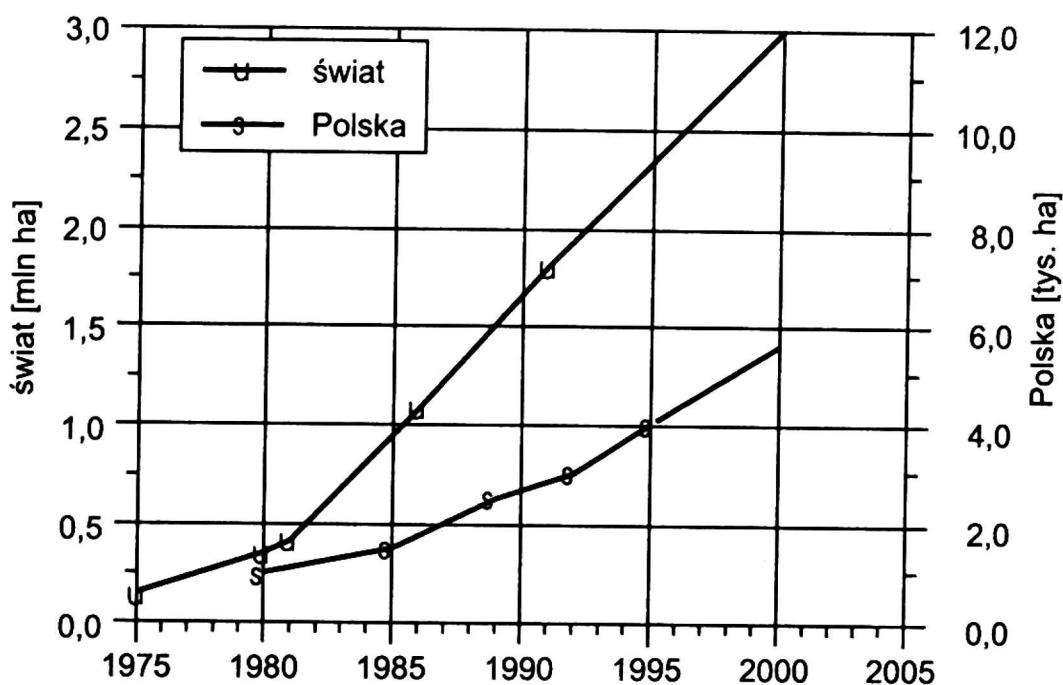
- nawodnienia kropłowe,
- strużkowe,
- rozpryskowe,
- rozlewowe,
- podpowierzchniowe.

W literaturze krajowej [6, 7] rozpowszechniony jest także podział na nawodnienia kropłowe, wgłębne i mikrodeszczownie. Ich główne elementy to: emitery, sieć przewodów, filtry i urządzenia uzdatniające, dozowniki nawozów i aparatura kontrolno-sterująca.

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.

Można przewidywać, że mikronawodnienia będą wiodącą techniką nawodnień w warunkach intensywnej produkcji.

Zalety mikronawodnień spowodowały ich dynamiczny rozwój. Pierwsze instalacje założono w latach sześćdziesiątych w USA, Izraelu i we Włoszech. W następnej dekadzie nastąpił intensywny rozwój nawodnień i w 1980 r. systemem tym nawadniano około 350 000 ha. Powierzchnia objęta mikronawodnieniami w 1991 r. wynosiła 1 768 987 ha [cyt. 6]. W ciągu ostatnich lat powierzchnia ta zwiększyła się o 63%, a w porównaniu z okresem dziesięciolecia o 329%. Na tle ogólnej powierzchni



Rysunek 1. Powierzchnia objęta mikronawodnieniami w Polsce i na świecie

nawadnianej w świecie stanowi to zaledwie 1%. Należy jednak wziąć pod uwagę krótki okres rozwoju oraz ciągle wysokie koszty inwestycyjne.

Mikronawodnienia powierzchniowe (głównie kropłowe) zajmują 97% powierzchni, pozostałe 3% stanowią nawodnienia podpowierzchniowe (wglębne), które w ostatnim okresie rozwijają się bardzo intensywnie.

Na podstawie tendencji rozwojowych [3] szacuje się, że w 2000 r. systemy mikronawodnień zainstalowane zostały na powierzchni 3 mln ha (rys. 1.).

Znamienny jest jednak udział procentowy powierzchni nawadnianej za pomocą mikronawodnień w stosunku do całkowitej powierzchni nawadnianej w niektórych krajach: w Izraelu wynosi on 90%, w USA 4%, w Hiszpanii 3,5% [1].

Przodującym krajem w stosowaniu mikronawodnień w świecie jest Izrael, gdzie w ekstremalnie deficytowych warunkach wodnych, mikronawodnienia stały się jednym z czynników przeobrażających rolnictwo tego kraju. W wyniku powszechnego stosowania tych nawodnień zużycie wody na jednostkę powierzchni zmniejszyło się, w latach 1965 – 1985, o 32,5% [cyt. 6].

Bardzo dynamiczny rozwój mikronawodnień notuje się również w USA [2]: od 4 000 ha w 1972 r. do 185 300 ha w 1981 r., 392 000 ha w 1986 r. i 606 000 ha w 1991 r.

Według szacunkowych danych [3], światowa produkcja emiterów w ciągu roku wynosi 70 milionów sztuk, a przewodów polietylenowych 700 ton.

Zainteresowanie mikronawodnieniami w Polsce rozpoczęło się w końcu lat sześćdziesiątych [4]. Jednak brak materiałów i producentów spowodował, że pierwsze instalacje pojawiły się nieco później. Według danych szacunkowych, w 1980 r. systemami tymi nawadniano około 1000 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. Aktualnie, według danych szacunkowych, systemy mikronawodnień zainstalowane są na powierzchni około 6000 ha. Zakładając utrzymanie obecnego tempa wzrostu, można przewidywać, że w 2005 r. powierzchnia objęta tymi nawodnieniami wyniesie około 7000 ha.

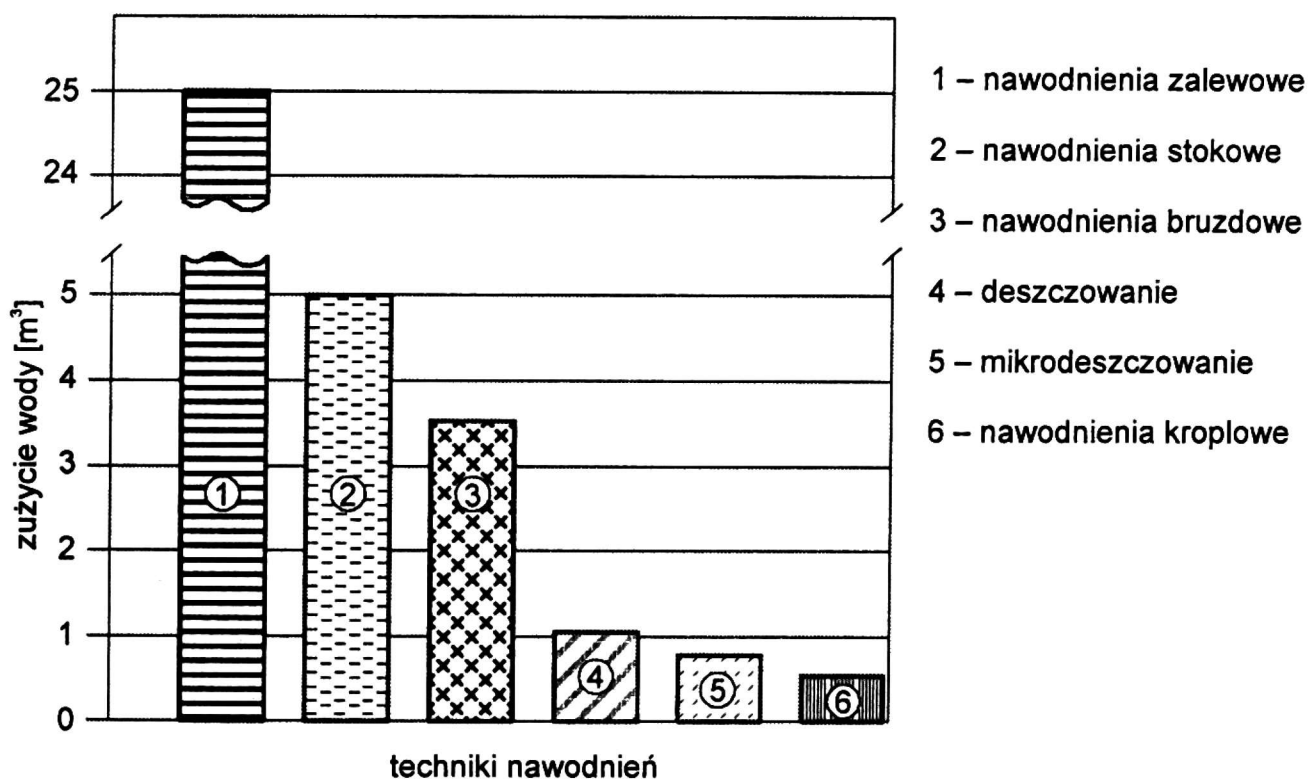
Charakterystyczną cechą nawadniania kropłowego jest precyzyjna gospodarka wodna i pokarmowa w profilu glebowym. Podstawową zasadą dobrze funkcjonującego systemu jest podawanie małych i częstych dawek polewowych i nawozowych. Jednorazowe dawki oscylują wokół dobowych lub kilkudniowych potrzeb wodnych 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 utrzymywanie 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.

Nawodnienia kropłowe można stosować na wszelkich rodzajach gleb. Odpowiednio do ich właściwości fizycznych i wodnych oraz uprawianych roślin, dobiera się parametry techniczne i eksploatacyjne urządzeń.

Przy nawodnieniu kropłowym zwilżana bryła gleby może przyjmować różne kształty, zależnie od natężenia dawki polewowej i właściwości gleby.

Wskutek zwilżania tylko części bryły gleby oraz dostosowania częstotliwości i wielkości dawek polewowych do aktualnych potrzeb wodnych roślin i właściwości wodnych gleb, efektywność wykorzystania wody w nawodnieniach kropłowych jest wyższa od wszystkich innych typów nawodnień. Ocenia się, że nawet w stosunku do nawodnień deszczownianych zużycie wody jest od 20 do 70% niższe [cyt. 6]. Szczególnie korzystny jest w przypadku tych nawodnień poziom niezbędnego zapotrzebowania wody do nawodnień (rys. 2). Rozdeszczowanie 1 m^3 wody może wywołać efekt porównywalny z wykorzystaniem 25 m^3 wody w nawodnieniach zalewowych, 5 m^3 przy nawodnieniu stokowym i tylko około $0,5 \text{ m}^3$ wody w nawodnieniu kropłowym [cyt. 6].

W intensywnej produkcji rolniczej stosuje się duże dawki nawozów mineralnych rozsiewanych na powierzchnię gleby w niewielu zazwyczaj dawkach w okresie wegetacyjnym. Przy takiej technologii nawozy nie są efektywnie wykorzystywane, gdyż:



Rysunek 2. Porównywalne w efektach zapotrzebowanie wody do różnych technik nawodnień

- w czasie dużych opadów (lub dużych dawek nawodnieniowych) część nawozów może ulec zmyciu z powierzchni gleby lub wmyciu do poziomu poniżej zasięgu systemu korzeniowego roślin,
- ilość związków w glebie nie jest dostosowywana do zmieniających się w sezonie wegetacyjnym potrzeb pokarmowych roślin.

Przemieszczone wskutek opadów nawozy powodują degradację środowiska naturalnego poprzez zanieczyszczanie nawozami wód powierzchniowych i podziemnych. Powyższych wad nie posiada technologia łącznego nawadniania i nawożenia za pomocą nawodnień kropkowych. System ten umożliwia optymalne zaopatrzenie roślin w makro- i mikroskładniki. Ze względu na możliwość dawkowania nawozów w małych ilościach ich wykorzystanie staje się bardzo efektywne przy istotnym zmniejszeniu nakładów siły roboczej.

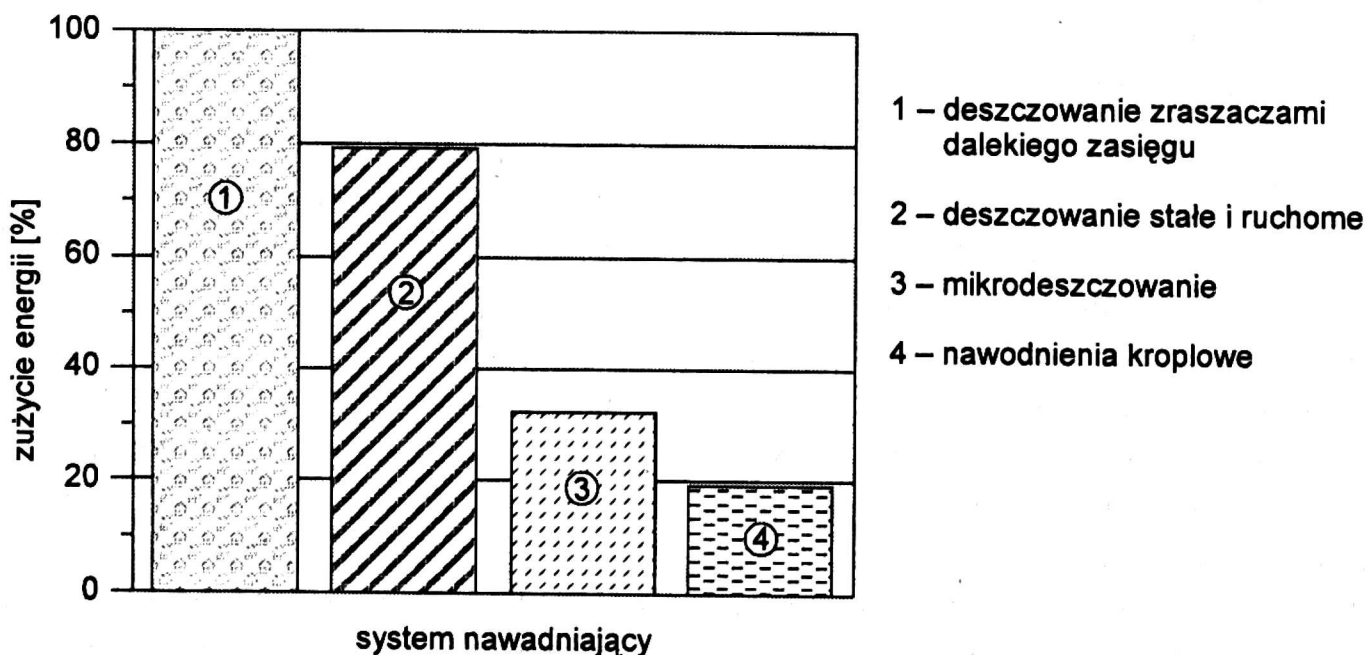
Dla oceny wpływu małych, lecz częstych dawek polewowych i nawozowych Pierzgałski, Jeznach i in. [cyt. 6] wykonali szczegółowe badania bilansu wodnego i azotowego w profilu glebowym. Badanie te wykazały, że przy technologii nawożenia poprzez system nawadniający można wyeliminować odciek roztworu w głąb profilu. Odciek może się pojawiać jedynie wskutek opadów deszczu, lecz wówczas wobec mniejszej zawartości związków azotowych w glebie stężenie roztworów wymywanych do niższych poziomów gleby jest mniejsze, niż przy nawożeniu posypowym. Oznacza to możliwość zminimalizowania zanieczyszczeń wód gruntowych i zwiększenie efektywności wykorzystania nawozów. Stwierdzenie to potwierdzają wyniki obliczeń wykonanych za pomocą modelu NLEAP (Nitrate Leaching And Economic Analysis Package). Wskazują one na istotne znaczenie technologii nawodnienia i nawożenia (wielkości częstotliwość dawek) na stopień wymycia związków azotowych.

Mniejsze zużycie wody w nawodnieniach kropłowych rzutuje jednocześnie na zmniejszenie zużycia energii przy pompowaniu wody. Drugim równie istotnym czynnikiem wpływającym na ilość energii zużywanej w nawodnieniach jest mniejsze, niż przy nawodnieniach deszczownianych, niezbędne ciśnienie wody w przewodach nawadniających.

W systemach nawodnień kropłowych wymagane jest najniższe ciśnienie, w granicach 0,01–0,02 MPa., dla prawidłowego działania emitera. W nawodnieniach wgłębnych stosuje się różne rozwiązania. W niektórych (przewody porowate) ciśnienie robocze może być podobnego rzędu, jak przy nawodnieniach kropłowych, w innych może być większe i sięgać 0,05–0,20 MPa. Mikrodeszczownie działają przy ciśnieniu 0,05–0,20 MPa, a deszczownie 0,20–1,00 MPa. Na rysunku 3 podano przykładowe porównanie wymaganej energii dla różnych systemów nawadniających [cyt. 6].

Brak siły roboczej lub wysokie koszty zatrudnienia mogą decydować o wyborze nawodnień kropłowych, umożliwiających częściową lub całkowitą automatyzację. Oprócz obsługi systemu w czasie nawodnienia, instalacje nawadniające wymagają dużych nakładów siły roboczej na konserwację urządzeń. Przedstawione dane [cyt. 6], charakteryzują relację między zapotrzebowaniem na siłę roboczą w poszczególnych systemach nawadniających.

Wszystkie sprzyjające środowisku naturalnemu cechy nawodnień kropłowych odnoszą się do systemów dobrze funkcjonujących. Natomiast źle funkcjonujący system nawodnień kropłowych, 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.



Rysunek 3. Relatywne zużycie energii w różnych systemach nawadniających

Podsumowanie

Rozwój systemów nawodnień i związane z nim zagadnienia środowiskowe, ekonomiczne i społeczne stwarzają szereg pilnych do rozwiązania problemów technologicznych. Do najważniejszych z nich zaliczyć należy: użytkowanie systemów nawadniających, modernizację istniejących nawodnień, wprowadzanie nowoczesnej techniki.

Systemy nawadniające są układem skomplikowanym, niedziałającym samoczynnie, lecz wymagającym aktywnej eksploatacji, obejmującej obsługę i użytkowanie urządzeń. Niska kultura rolna i niski poziom świadomości użytkowników prowadzą do zwiększenia zagrożeń środowiskowych oraz przyspieszonego starzenia się, a często zniszczenia, urządzeń wodnych. Szacuje się, że około 50% systemów nawadniających w krajach rozwijających się wymaga rekonstrukcji.

Do podstawowych problemów technologicznych nawodnień zaliczyć można także niski poziom użytkowania systemów nawadniających, konieczność modernizacji starych nawodnień oraz wprowadzanie nowoczesnej techniki.

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. Jednym z kierunków osiągnięcia tego celu jest zastosowanie zasobooszczędnych systemów nawadniania oraz powtórne wykorzystywanie wody. Wymogi te spełniają systemy mikronawodnień.

Rozwiązanie środowiskowych i technologicznych problemów nawodnień wymaga podjęcia wielu programów badawczych. Powinny one obejmować zagadnienia zwiększenia efektywności nawodnień, optymalizację gospodarowania wodą i roztworami nawozowymi w relacji woda–gleba–roślina–atmosfera, ocenę biologicznych aspektów nawodnień, minimalizację wpływu nawodnień na środowisko, doskonalenie rozwiązań konstrukcyjnych, problemy ekonomiczno-społeczne, jak również szeroko pojęte doradztwo i edukację.

Literatura

- [1] Bucks D.A. 1995. Historical development in microirrigation. Proceed. of the Fifth International Microirrigation Congress. Orlando, Florida, USA: 1–5.
- [2] FAO 1992. World agricultural statistics. Rome.
- [3] FAO 2001. Crops and drops: making the best use of water for agriculture: 22 ss.

- [4] Jeznach J. 1978. Projektowanie systemów nawodnień kropłowych. Maszynopis SGGW; Warszawa: 118 ss.
- [5] Jeznach J., Pierzgalski E. 1993. Systemy mikronawodnień a warunki przyrodnicze i środowiskowe. W pracy: „Współczesne problemy melioracji”. SGGW, Warszawa: 200–210.
- [6] Jeznach J. 1996. Analiza funkcjonowania systemów nawodnień kropłowych w różnych warunkach środowiskowych. SGGW, Warszawa, Rozprawy Naukowe i Monografie: 127 ss.
- [7] Jeznach J. 1998. Reliability of the drip irrigation systems under different operation conditions in Poland. *Agricultural Water Management. Elsevier* 35: 261–167.
- [8] Jeznach J., Megale P.G. 1998. Field test methods for emitter-pipe systems and emitter lateral lines in micro-irrigation systems. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 458: 67–73.
- [9] Jeznach J., Pierzgalski E., Somorowski C. (red.) 2001. II Polish-Israeli Scientific Conference on „Water Resources Management and Irrigation of Cultivated Plants”. Scientific Review Faculty of Engineering and Environmental Sciences Warsaw Agricultural University. Vol. 22. 450 ss.
- [10] Jeznach J. 2003. Forest nursery irrigation systems reliability. *acta horticulturae et regionecturae*. Vol. 6 Supplement. Slovak Agricultural University Nitra: 101–103.
- [11] Treder W. 2003. Wpływ fertygacji nawozami azotowym i wieloskładnikowym na zmiany chemiczne gleby oraz na wzrost i owocowanie jabłoni. *Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa, Monografie i Rozprawy*. Skierniewice: 97 ss.
- [12] Wagner A., Jeznach J., Ptach W. 2003. Ocena funkcjonowania systemu nawodnień kropłowych w warunkach nawadniania oczyszczonymi ściekami. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska* XII, 2(27): 20–26.
- [13] Ostromęcki J. 1973. Podstawy melioracji nawadniających. PWN.
- [14] Polska Norma PN-R-01000. Nawodnienia umiejscowione. Terminologia. PKN. Warszawa.
- [15] Smith M. 2000. Optimising crop production and crop water management under reduced water supply. 6th International Micro-Irrigation Congress Cape Town, South Africa. P-1.

Technical problems of irrigation

Key words: irrigation, technical problems, irrigation system, irrigation effectiveness, microirrigation

Summary

Development of the irrigation systems and accompanying environmental, economic and social issues create a number of technological problems that need to be solved urgently. The most important of these problems are: the utilization of irrigation systems, modernization of existing systems, and introduction of the modern technology. Basic technological problems deal with: low level of systems' utilization, the necessity to modernize existing systems and the introduction of modern technology. The approach advised here would be an integrated use of the resources such as water, soil

and atmosphere, the improvement of techniques and technology, as well as monitoring and control of their impact on the environment. The sustainable agricultural production demands more and more technologies and techniques adapted precisely to the demands of plants, and creating balanced technological, economical and ecological systems. One of the conditions to reach this goal is an application of resources-saving irrigation systems and re-utilization of water. These demands are fulfilled by micro irrigation systems.

The solving of environmental and technological problems demands many research programmes. They should encompass such issues as the effectiveness of irrigation systems, an appropriate water and nutrient solution management, biological assessment of the systems impact, minimizing the impact on environment, new constructive solutions of economic and social problems, as well as the education and advisory.