

Potrzeby, efekty i perspektywy nawadniania roślin na obszarach szczególnie deficytowych w wodę

Czesław Rzekanowski, Jacek Żarski, Stanisław Rolbiecki

*Katedra Melioracji i Agrometeorologii
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J. i J. Śniadeckich w Bydgoszczy
ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz
e-mail: rzekan@utp.edu.pl*

Słowa kluczowe: nawadnianie roślin, obszary deficytowe w wodę, potrzeby nawadniania, efekty nawadniania, kierunki rozwoju nawodnień

Wstęp

Według danych ICID (International Commission on Irrigation and Drainage) [17] aktualnie nawadnia się na świecie wszystkimi systemami ponad 270 mln ha gruntów, co stanowi 18% powierzchni przeznaczanej pod uprawy. Przeważająca część nawadnianego arealu jest położona w strefach klimatycznych stale lub okresowo suchych bądź półsuchych, w których uprawa roślin bez nawadniania byłaby niemożliwa. Na obszarach tych główną przesłankę zastosowania nawodnień stanowi kryterium klimatyczne, a ściślej stały lub powtarzający się co roku w tej samej porze sezonowy brak opadów atmosferycznych.

W Polsce, w odróżnieniu do krajów położonych w cieplejszych strefach klimatycznych, nawadnianie roślin ma zasadniczo charakter interwencyjny. Celem nawadniania jest uzupełnianie okresowych niedoborów opadów atmosferycznych w stosunku do wymagań wodnych roślin uprawnych. W ujęciu średnim wieloletnim niedobory te wynikają ze zbyt małej ilości opadów w porównaniu z zapotrzebowaniem roślin, wyrażanym za pomocą wskaźników ewapotranspiracji lub opadów optymalnych. Dotyczy to zwłaszcza środkowej, nizinnej części kraju, określanej jako obszar szczególnie deficytowy w wodę dla rolnictwa. W konkretnych sezonach wegetacji lub fragmentach tych sezonów, niedobory te są z kolei skutkiem okresowych braków opadów, określanych mianem posuch lub susz. Susze rolnicze w warunkach klimatycznych Polski należą do zjawisk nieregularnych, lecz częstych. Ich występowanie wynika z bardzo dużej zmienności czasowej klimatu Polski, przejawiającej się

nieregularnością ilości i rozkładu opadów atmosferycznych w tych samym okresie kalendarzowych kolejnych lat.

Mimo aktualnego regresu i ograniczeń wynikających z niekorzystnych uwarunkowań ekonomicznych i wielkości źródeł wody, nawadnianie roślin w Polsce, jako jeden z elementów gospodarowania wodą w rolnictwie, wydaje się rozwiązaniem przyszłościowym. Do czynników przyspieszających rozwój nawodnień, obok podnoszenia wydajności produkcji roślinnej i zapewnienia stabilnych plonów dobrej jakości, zaliczyć można potrzebę wzrostu nowoczesności i konkurencyjności rolnictwa oraz przewidywane zmiany klimatyczne.

Celem pracy jest przedstawienie kierunków rozwoju nawadniania roślin w Polsce na tle kryteriów klimatycznych i glebowych, uzyskiwanych efektów produkcyjnych oraz aktualnych uwarunkowań gospodarczych i ekonomicznych.

Potrzeby nawadniania roślin

Potrzeby nawadniania w Polsce wynikają z występowania niedoborów opadów atmosferycznych, które w okresie wegetacyjnym stanowią główne źródło bieżącego zaopatrzenia roślin w wodę. Niedobory opadów definiuje się jako różnicę między wskaźnikami potrzeb wodnych roślin, a rzeczywistymi opadami, jakie wystąpiły w całym okresie wegetacji lub niektórych fazach wzrostu i rozwoju roślin. Oblicza się je najczęściej w odniesieniu do całego wielolecia, co pozwala na ocenę zmienności przestrzennej, lub dla kolejnych sezonów wegetacji roślin, a to umożliwia ocenę ich zmienności czasowej. W warunkach przejściowego klimatu Polski ważniejsza wydaje się analiza zmienności czasowej niedoborów opadów, a zatem potrzeb nawadniania, gdyż warunki zaopatrzenia roślin w wodę w poszczególnych latach różnią się bardziej niż średnio w poszczególnych rejonach i miejscowościach.

Mimo wielu badań liczbowe ujęcie potrzeb nawadniania roślin napotyka na duże trudności. Wynika to między innymi z niezwykle złożonej zależności wskaźników potrzeb wodnych roślin od kompleksu czynników glebowych i meteorologicznych, a także od różnic gatunkowych i odmianowych uprawianych roślin. Te ostatnie zależą od długości okresów wegetacji, zmienności faz rozwojowych roślin i różnej w nich wrażliwości roślin na niedostatki wody (okresy wzmożonego zapotrzebowania na wodę) oraz od stopnia odporności na warunki posuszne.

Potrzeby wodne określa się wskaźnikowo, najczęściej za pomocą opadów optymalnych, potrzeb opadowych lub wyznaczając ewapotranspirację łąnu roślin w warunkach optymalnego uwilgotnienia gleby. Wskaźniki opadowe są szczególnie przydatne do klimatycznej oceny potrzeb nawadniania, natomiast wskaźniki ewapotranspiracji mają większe znaczenie w operacyjnym monitorowaniu zużycia wody glebowej, niezbędnym do umiejętnego dozowania dawek nawodnieniowych, czyli sterowania nawadnianiem.

Spośród bardzo wielu prób dokonania rejonizacji potrzeb nawadniania roślin w Polsce wymienić można pracę Grabarczyka [6], który jako wskaźnik potrzeb wodnych przyjął opady optymalne Klatta oraz liczne prace Dzieżyca i in. [2, 3, 4], wykorzystujące tzw. potrzeby opadowe, wyznaczone na podstawie plonowania roślin w doświadczeniach COBORU. W skali regionalnej ocena potrzeb nawadniania była prezentowana w wielu pracach, na podstawie różnych metod, założeń i wskaźników [8, 12, 14]. Szczegółową charakterystykę zmienności przestrzennej potrzeb nawadniania roślin w Polsce na podstawie prac różnych autorów przedstawił Rojek [20]. Z nowszych prac na szczególną uwagę zasługuje „Atlas niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych w Polsce” [16], przygotowany pod redakcją naukową J. Ostrowskiego i L. Łabędzkiego, syntetyzujący zależność tych niedoborów od wskaźników klimatycznych, możliwości retencyjnych gleb i rzeczywistej pokrywy glebowej oraz czynnika biologicznego (roślinnego).

Biorąc pod uwagę kryterium klimatyczne, największe potrzeby nawadniania występują w Polsce na obszarach określanych jako szczególnie deficytowe w wodę, obejmujących środkową, nizinną część Polski, określoną przez Romera jako Kraina Wielkich Dolin. Obszary te charakteryzują się najniższymi opadami atmosferycznymi w okresie wegetacyjnym, wybitnie niekorzystnymi klimatycznymi bilansami wodnymi oraz zwiększoną częstotliwością występowania długotrwałych okresów bezopadowych. Ze względu na kryterium glebowe, wielkość potrzeb nawadniania roślin uzależniona jest przede wszystkim od ich właściwości wodnych, określanych za pomocą stopnia zwięzłości. Znaczenie ma nie tylko zwięzłość poziomu orno-próchnicznego, ale również rodzaj podłoża. Dobór gatunków i odmian na pola wyposażone w instalacje nawadniające (kryterium roślinne) zależy w mniejszym stopniu od ich sumarycznego i okresowego zapotrzebowania na wodę, zależnego od długości okresów wegetacji, zmienności okresów wzmożonego zapotrzebowania na wodę i stopnia odporności na warunki posuszne, a w większym stopniu od przewidywanych efektów ekonomicznych zastosowania zabiegu.

Potrzeby nawadniania w Polsce były w praktyce dostrzegane i przygotowywano w tym zakresie stosowne plany rozwojowe. Dotyczyło to głównie metod powierzchniowych w dolinach rzek, czyli nawodnienia zalewowego, stokowego i podsiąkowego. Przygotowany na lata 1965–1975 perspektywiczny kompleksowy plan gospodarki wodnej, opracowany przez Komitet Gospodarki Wodnej PAN, przewidywał zastosowanie takich systemów na 90% powierzchni trwałych użytków zielonych. Nigdy nie został jednak zrealizowany i zupełnie rozminął się z praktyką. Z tego okresu rozwoju nawodnień powierzchniowych pozostały takie sztandarowe obiekty jak: Dolina Obry, Górna Narew, Kuwasy, Wizna czy rejon Kanału Wieprz-Krzna, na których najczęściej gospodarowały PGR-y. Ostatnim dużym przedsięwzięciem było hasło zagospodarowania zlewni Górnej Noteci, nazwanym Górnonoteckim Systemem Wodno-Gospodarczym, realizowanym w latach 1981–1990. Zastosowano tutaj nowoczesne i kompleksowe podejście do rozwiązania gospodarki wodnej w całej zlewni Noteci, wybudowano

zbiorniki wodne, przewidywano nawodnienia na obszarze 110 tys. ha, w tym deszczowniane na 88,5 tys. ha. Zrealizowane w tym programie systemy nawodnień podsiąkowych można uznać za wzorcowe pod względem rozwiązań projektowych oraz rozrządu wody i do dziś są w niezłym stanie technicznym [21].

Jeszcze w 1990 r. statystyki podawały, że w różne systemy nawadniające wyposażone było około 464 tys. ha, w tym: zalewowe – 80 tys. ha, podsiąkowe – 314 tys. ha, deszczowniane – 57 tys. ha i mikronawodnienia (głównie kropłowe) – 3 tys. ha [19, 21]. Obecnie areał ten jest oceniany na 415 tys. ha, z tego 365 tys. ha to systemy grawitacyjne na trwałych użytkach zielonych, a 49 tys. ha nawodnienia ciśnieniowe na gruntach ornych [13]. Taki stan już w 1989 r. należało uznawać, w porównaniu do krajów sąsiednich, na wysoce niewystarczający jak na warunki glebowo-klimatyczne Polski. Szczególnie mały był areał uzbrojony w nowoczesne systemy deszczowniane i kropłowe, które składają się na wizytówkę techniki nawodnieniowej danego kraju.

Efekty nawadniania roślin

Podstawowym wskaźnikiem efektów produkcyjnych nawadniania roślin są przeciętne (średnie wieloletnie) przyrosty plonów osiągane pod wpływem zastosowania tego zabiegu. Duże znaczenie gospodarcze mają także zmiany jakości plonu. W przypadku roślin pastewnych ważne jest określenie zmian wartości paszowej, a w przypadku roślin towarowych poznanie wpływu nawadniania na kompleks cech jakościowych, składających się na przydatność plonu do bezpośredniej konsumpcji lub do technologii przetwórstwa surowców. Mniejsze znaczenie dla bezpośredniej wyceny efektów produkcyjnych nawadniania roślin ma oszacowanie zmian plonów ubocznych oraz masy resztek pozbiorowych. Warto jednak pamiętać, że ewentualne przyrosty plonów ubocznych zwiększają korzyści związane z zastosowaniem nawodnień, przyczyniając się do zwiększenia produkcji obornika i zapobiegając ubytkom materii organicznej w glebach.

Bezpośredni efekt produkcyjny nawadniania w postaci wzrostu plonu i zmian jego jakości jest pochodną powodowanych przez ten zabieg modyfikacji wzrostu i rozwoju roślin. W szczególności nawadnianie wpływa na zmiany aktywności procesów fizjologicznych, budowę morfologiczną i anatomiczną, a w konsekwencji na elementy struktury plonu. Z kompleksowych badań prowadzonych na przykładzie roślin zbożowych w ośrodku szczecińskim pod kierunkiem Karczmarczyka [10] wynika, że nawadnianie połączone z nawożeniem optymalnymi dawkami NPK powodowało istotne zwiększenie intensywności procesów fizjologicznych, zachodzących w liściach roślin, a więc wyższą asymilację CO₂, transpirację oraz przewodność aparatów szparkowych. Intensyfikacja procesów fizjologicznych oraz przedłużenie okresu fizjologicznej sprawności roślin nawadnianych prowadziły do ich bujniejszego wzrostu, wytworzenia wyższych i grubszych źdźbeł, większych kłosów, a także zwiększenia liczby i masy ziaren w kłosie.

Na temat efektów produkcyjnych nawadniania w różnych warunkach glebowych i klimatycznych przeprowadzono w Polsce bardzo dużo badań naukowych. Rezultaty pojedynczych doświadczeń były następnie przedmiotem licznych syntez. Do najbardziej znanych i najczęściej cytowanych prac syntetycznych z tego zakresu zaliczyć można przede wszystkim obszerną monografię Dzieżyca [1], pracę Dzieżyca i Nowaka [5] oraz Grabarczyka [7]. Analiza zwyczajek plonów uzyskiwanych pod wpływem nawadniania zarówno w poszczególnych doświadczeniach, jak i prezentowanych w wymienionych syntezach prowadzi do wniosku, że wielkość efektów produkcyjnych nawadniania roślin uzależniona jest przede wszystkim od rodzaju gleb, a szczególnie ich właściwości wodnych, określanych najczęściej za pomocą stopnia zwięzłości. Znaczenie ma nie tylko zwięzłość poziomu orno-próchnicznego, ale również rodzaj podłoża. Zgodnie z wynikami wielu doświadczeń, wielkość bezwzględnych i względnych zwyczajek plonu pod wpływem nawadniania oraz efekty jednostkowe wyrażone przyrostem plonu na 1 mm wody nawodnieniowej są tym większe, im gleba jest lżejsza. Największe efekty występują na glebach piaskowych o niskim poziomie wód gruntowych, charakteryzujących się małą pojemnością wodną, a zatem małą zdolnością do ciągłego zaopatrywania roślin w wodę. Wraz ze wzrostem stopnia zwięzłości i retencji wodnej gleb, efekty nawadniania systematycznie maleją. W nielicznych doświadczeniach prowadzonych na glebach ciężkich lub bardzo ciężkich (mada żuławska, gleba lessowa) nie uzyskano istotnych różnic w plonowaniu roślin nie nawadnianych i nawadnianych. W niektórych latach zaznaczyło się nawet ujemne oddziaływanie nawadniania, np. wskutek zwiększenia stopnia wylegania roślin [22].

W przypadku rozpatrywania wpływu czynnika glebowego na osiągnięte zwyczki plonów poszczególnych gatunków i odmian ważne jest nie tylko określenie ich bezwzględnych, względnych i jednostkowych wielkości, ale również ocena możliwości plonotwórczych roślin, uprawianych na różnych glebach w warunkach nawadniania. Zwraca uwagę fakt, że plonowanie roślin nawadnianych na glebach niższych kategorii zaledwie dorównuje plonowaniu uzyskiwanemu na lepszych glebach bez nawadniania. W związku z tym nawadnianie roślin na glebach słabszych (kompleks żytni bardzo słaby, słaby i dobry) jest zabiegiem zaledwie wyrównującym ich szanse produkcyjne, w stosunku do gleb lepszych (kompleks żytni bardzo dobry i kompleksy pszenne).

W konkretnym sezonie wegetacji, w danych warunkach glebowych, efekty produkcyjne nawadniania roślin są często bardzo różne, korelując istotnie z ilością opadów atmosferycznych w okresie wzmożonego zapotrzebowania roślin na wodę. Zależność ta pozwala określić wielkość przewidywanych zwyczajek plonów w wydzielonych strefach opadów atmosferycznych. Na istotną zależność między przyrostami plonów pod wpływem deszczowania i sumą opadów atmosferycznych zwrócił uwagę Grabarczyk [7]. Na podstawie rezultatów doświadczeń prowadzonych na glebach lekkich o przewadze IV klasy bonitacyjnej, zaproponował formułę prostoliniowej, odwrotnie proporcjonalnej zależności:

$$Q = (P_{\text{OPT}} - P_{\text{RZ}}) \cdot k$$

gdzie: Q – spodziewany przyrost plonu pod wpływem deszczowania [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$],
 k – przyrost plonu na 1 mm deficytu opadów atmosferycznych [$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$],
 P – suma opadów atmosferycznych optymalnych i rzeczywistych w okresie wzmożonego zapotrzebowania na wodę danego gatunku [mm].

Zależności te pozwoliły na szeroką interpolację wyników doświadczeń na różne regiony kraju i uściślenie prognozowanych efektów nawadniania roślin w różnych strefach opadowych Polski. W strefie o opadach atmosferycznych niższych od 350 mm w okresie wegetacji obejmującej Niż Polski (co można utożsamiać z rejonami szczególnie deficytowymi w wodę), spodziewane przeciętne zwyczajki plonu były największe, na obszarach zaś o opadach przekraczających w okresie od kwietnia do września 400 mm odpowiednio mniejsze [22].

Niezależnie od wyników wielu doświadczeń polowych i czytelnych syntez, generalnie należy uznać, że w praktyce rolniczej nawodnienia powierzchniowe nie dawały w Polsce wysokich efektów produkcyjnych, a nadto okazywały się na owe czasy kłopotliwe do konserwacji i sprawiały problemy eksploatacyjne. Systemy zalewowe i stokowe ulegały zatem marginalizacji, ograniczono je do nawodnień pozawegetacyjnych, bądź ściekami. Znacznie lepiej sprawdzały się systemy podsiąkowe, w szczególności oparte na dwustronnym regulowaniu poziomu wód gruntowych, bądź wykorzystujące zasoby własne zlewni, czyli z regulowanym odpływem [1]. Ambitne programy rozwojowe, jak chociażby rządowy „Program Wisła”, przewidywały w latach 1980–2000 instalacje deszczowni na obszarze 800 tys. ha, łącznie zaś planowano nawadniać tym sposobem ponad 1 mln ha gruntów. W praktyce sytuacja była jeszcze gorsza, bowiem z owych 464 tys. ha naprawdę nawadniało się kilkakrotnie mniej [11, 18]. Po przemianach ustrojowych nastąpił głęboki spadek nawadnianej powierzchni upraw rolniczych. Łabędzki [13] podaje, że powierzchnia ta zmniejszyła się o 75%, to jest z 301 500 ha w 1990 r. do 79 991 ha w 2007 r., z czego 75 222 ha stanowiły systemy podsiąkowe na trwałych użytkach zielonych, a zaledwie 4 653 ha nawodnienia ciśnieniowe deszczowniane. Mikronawodnienia, uchodzące w świecie za najnowocześniejsze, stosuje się w Polsce w uprawach ogrodniczych na szacowanej przez różnych autorów powierzchni 5000–10000 ha [9, 13, 21]. O skali regresu nawodnień w Polsce świadczy również spadek poboru wody z 519 do 99,1 hm^3 , tj. o 83% [13]. Zjawisko tak ogromnej recesji było praktycznie nie do uniknięcia, a złożyło nie na nią kilka podstawowych przyczyn:

- zmiany systemowe w krajowej gospodarce i rolnictwie oraz brak perspektyw na stabilną politykę rolną;
- zlokalizowanie urządzeń nawadniających w gospodarstwach państwowych i spółdzielczych, niezależnie od oczekiwań użytkowników oraz w oderwaniu od rachunku ekonomicznego;
- techniczne zużycie urządzeń nawadniających (dekapitalizacja), nie odnawianych z braku pieniędzy bądź gospodarza;

- słabe zainteresowanie użytkowników korzystaniem z urządzeń, wynikające z niskich efektów produkcyjnych, nie gwarantujących zwrotu poniesionych nakładów na eksploatację;
- zła organizacja służb eksploatacyjnych oraz niewłaściwa lub zupełny brak konserwacji, powodujące dużą obniżkę sprawności technicznej urządzeń (zdemastrowane rowy, groble, doprowadzalniki i urządzenia piętrzące);
- niski poziom wiedzy technicznej użytkowników i nieumiejętność wykorzystywania potencjalnych możliwości, jakie mogło dawać nawadnianie;
- błędy w projektowaniu i słaba jakość stosowanych na owe czasy rozwiązań technicznych, w połączeniu z niską jakością prac wykonawczych oraz dużą awaryjnością urządzeń.

Perspektywy nawadniania roślin

Rolnictwo w dobrze funkcjonującej gospodarce kraju musi być nowoczesne i konkurencyjne. Nowoczesne, aby było zdolne do wprowadzania technologii dostosowanych precyzyjnie do wymagań nowych odmian roślin, w tym technologii ekologicznych, a nadto nowego sprzętu i nowych środków ochrony. Wymogi jakościowe stawiane żywności wymagają stosowania na szeroką skalę precyzyjnych technik nawodnieniowych, umożliwiających fertygację i zaawansowaną automatyzację. Techniki nawodnieniowe przechodzą w większości krajów zmiany jakościowe, w wyniku czego grawitacyjne systemy powierzchniowe są zastępowane systemami ciśnieniowymi, zapewniającymi oszczędne gospodarowanie wodą. Szczególnie ważny jest ostatni argument, bowiem obserwowane ostatnio zmiany klimatyczne przyczyniają się do wzrostu częstotliwości i intensywności susz w rolnictwie.

Możliwe do pozyskania w celach nawodnieniowych zasoby wody powinny być w Polsce wykorzystywane w sposób szczególnie racjonalny. Większość naukowców jest zgodna, że największe możliwości stwarzają tu mikronawodnienia, dające szanse na wzrost areału nawadnianej powierzchni przy jednoczesnym zmniejszeniu zużycia wody [9, 13, 15, 21]. Dopiero w dalszej kolejności przewidywany jest rozwój deszczowania i na końcu nawodnień podsiąkowych, głównie opartych na retencji własnej zlewni. Problem skoku jakościowego, w którym na pierwszym miejscu stawiana jest efektywność wykorzystania wody, z dużym sukcesem rozwiązywano już w innych krajach, np. w Izraelu.

Biorąc pod uwagę omówione wcześniej problemy, jak też pojawiające się ostatnio nowe grupy potencjalnych inwestorów należy oczekiwać, że nawodnienia mogą znaleźć zastosowania w następujących obszarach związanych z rolnictwem:

- 1. Polowe towarowe warzywnictwo i sadownictwo.** Chodzi tu głównie o mikronawodnienia, stworzone z myślą o dostarczaniu wody uprawom sadzonym rzędowo, gdzie nie trzeba zwilżać całej powierzchni pola, a jedynie ściśle określone jego miejsca. Woda jest dostarczana punktowo pojedynczymi kroplami lub niewielkimi strużkami, w pobliże roślin lub bezpośrednio do systemu korzenio-

wego. Optymalnie nawilżona gleba pozwala na produkowanie wysokiej jakości warzyw i owoców, zgodne z najwyższymi standardami gwarantującymi zachowanie odpowiednich norm jakościowych. Takie nawadnianie zapewni równocześnie utrzymanie wierności plonowania, przy zmiennych czasowo w Polsce warunkach klimatycznych. Należy zatem w tym obszarze przewidywać dużą dynamikę w powiększaniu się areálu nawadnianych upraw ogrodnich, szczególnie przy dostępie na naszym rynku renomowanych światowych firm, produkujących najwyższej jakości sprzęt nawodnieniowy. Oczekuje się, że w ciągu 3–4 lat powierzchnia plantacji uzbrojona w mikronawodnienia przekroczy 10 tys. ha i ta rosnąca tendencja będzie się utrzymywać przez najbliższe 10–15 lat. W tabeli 1 przedstawiono bardzo wysokie efekty mikronawadniania wybranych roślin ogrodnich na obszarach szczególnie deficytowych w wodę, uzyskane w doświadczeniach ośrodka bydgoskiego.

Tabela 1. Efekty produkcyjne mikronawadniania wybranych upraw ogrodnich w rejonie Bydgoszczy [23]

Gatunek	Średni wieloletni przyrost plonu (w nawiasie zakres przyrostów plonów w wieloleciu)	
	t · ha ⁻¹	kg · mm ⁻¹
Burak ćwikłowy	17,4 (3,6–24,8)	108 (89–113)
Marchew jadalna	22,6 (6,8–37,2)	140 (44–162)
Rzodkiewka	6,5 (5,7–7,1)	100 (88–110)
Cukinia	26,2 (15,1–32,8)	104 (75–119)
Dynia zwyczajna	39,4 (33,5–45,2)	323 (266–447)
Dynia olbrzymia	32,9 (27,6–41,4)	143 (113–180)
Aronia czarnoowocowa	6,2 (0,1–9,2)	35 (0,3–44)
Porzeczka czarna	8,4 (1,6–11,8)	46 (9–63)
Truskawka	7,2 (0,5–10,6)	48 (2–84)

- Szklarnie i uprawy pod osłonami**, co jest związane z intensywną produkcją, opartą na uprawie bezglebowej lub aeroponicie. Całość bazuje na pełnej automatyzacji dawkowania wody, regulacji mikroklimatu i dostarczania nawozów w postaci pożywek. Systemy kropłowe oraz mikrozaszanie gwarantują oszczędność nakładów pracy, wody i precyzję. W takich warunkach uprawiane są rośliny ozdobne, warzywa, truskawki, poziomki, a nawet winna latorośl. Oczekuje się tu dalszego wdrażania nowoczesnych technik nawadniania.
- Deszczowanie upraw polowych.** Systemy te najwyższą efektywność zapewniają na stosunkowo słabych glebach, czyli na kompleksach żytnich średnich i słabych, których w Polsce jest bardzo dużo. Poczesne miejsce zajmuje tu Kraina Wielkich Dolin, którą można utożsamiać z obszarami szczególnie deficytowymi w wodę, gdzie znajduje się 1872,3 tys. ha gleb kompleksu żytniego słabego, 1226,9 tys. ha żytniego bardzo słabego i 791,9 tys. ha żytniego dobrego, wchodzących enklawami w te dwa pierwsze, bądź z nimi sąsiadujące [3, 8]. Jak wiadomo, na większości takich gleb nie można uzyskać zadawalających rezultatów ekono-

micznych, stąd rolnictwo na nich nie ma charakteru towarowego, lecz raczej socjalny. W przyszłości są one widziane jako potencjalne użytki ekologiczne (zalesienie lub ugorowanie), ale nie wszystkie gleby słabe uda się zmarginalizować. Na tych słabych glebach gospodaruje wiele rodzin, a nadto Polska powinna posiadać rezerwy gruntów uprawnych, możliwe do szybkiego uruchomienia w razie nagłych potrzeb, bądź wybitnie korzystnej koniunktury na rynkach światowych. Taką rezerwę mogą stanowić gleby lekkie i bardzo lekkie, łatwe w uprawie i mogące zapewnić nie tylko przyzwoite plonowanie wielu roślin, ale także dać surowce roślinne o wysokich parametrach jakościowych. W tabeli 2. przedstawiono efekty produkcyjne nawadniania deszczownianego wybranych upraw rolniczych, uzyskane w wieloletnich doświadczeniach polowych na glebie bardzo lekkiej w rejonie Bydgoszczy. Są to najwyższe efekty, spośród podawanych w literaturze krajowej.

Tabela 2. Efekty produkcyjne deszczowania wybranych upraw rolniczych na glebie bardzo lekkiej w rejonie Bydgoszczy [23]

Gatunek	Średni wieloletni przyrost plonu (w nawiasie zakres przyrostów plonów w wieloleciu)	
	t · ha ⁻¹	kg · mm ⁻¹
Pszonica jara	2,27 (1,95–2,65)	19,2 (16,1–21,7)
Jęczmień jary	2,37 (1,14–3,73)	19,5 (15,2–20,0)
Owies	2,09 (1,28–3,32)	16,3 (12,8–21,1)
Burak cukrowy	19,8 (4,3–37,7)	115 (60–141)
Ziemniak wczesny	13,1 (6,7–22,6)	135 (62–231)
Ziemniak późny	19,8 (15,4–23,6)	138 (110–175)
Łubin żółty	1,04 (0,77–1,48)	9,5 (5,4–17,0)
Bobik	3,07 (1,38–4,20)	35,0 (22,3–46,7)
Mieszanka strączkowo-zbożowa	2,36 (1,53–2,87)	25,1 (23,5–31,9)
Kupkówka pospolita	4,47 (2,14–8,13)	16,0 (12,7–21,0)
Kukurudza na ziarno	4,12 (1,80–6,42)	28,0 (31,1–38,9)
Mieszanka traw z motylkowymi	6,40 (4,13–13,98)	31,2 (21,7–50,8)

- Szkółkarstwo i produkcja leśnego materiału nasadzeniowego.** Jest już wielu producentów posiadających gospodarstwa wyposażone w odpowiedni sprzęt nawadniający, którzy dążą do wprowadzenia pełniejszej mechanizacji lub automatyzacji w oparciu o mikronawodnienia.
- Tereny poddawane rekultywacji:** hałdy pokopalniane, wysypiska, wyrobiska po wyeksploatowaniu surowców powierzchniowych (żwirownie, piaskownie) i górnictwie odkrywkowym – mikronawodnienia i systemy deszczowniane.
- Przydomowe trawniki, ogrody i tereny rekreacyjne** (np. pola golfowe). Jest to nowy w Polsce i perspektywiczny obszar całkowicie zautomatyzowanych nawodnień, wykonywanych przy użyciu stałych instalacji, opartych o wynurzające się z murawy zraszacze. Spotyka się tu wysoko zaawansowane technicznie systemy zraszające, sprzężone z automatycznymi stacjami meteorologicznymi

i pełną automatyzacją. Należy przewidywać szybkie powiększanie się powierzchni zraszanych ogrodów, głównie za przyczyną pojawiania się coraz liczniejszej grupy zasobnych finansowo inwestorów, wprowadzających zachodnie standardy zabudowy otoczenia domów oraz chętnych do korzystania z odpowiednio wyposażonych obiektów rekreacyjnych (np. pola golfowe).

7. Nawodnienia podsiątkowe użytkowników zielonych na obszarach dolinowych, głównie oparte na retencji własnej zlewni.

Rozpatrując perspektywy rozwoju nawodnień, trzeba również uwzględnić źródła wody i możliwość jej pozyskiwania. Według różnych ocen, nawodnienia ciśnieniowe w Polsce do 2025 roku powinny objąć około 1 mln ha. Największe możliwości będą miały gospodarstwa z bezpośrednią dostępnością do wody lub łatwością jej pozyskania, a więc położone w pobliżu rzek, jezior i różnych zbiorników wodnych, bądź mające możliwość eksploatacji odnawialnych i płytko zalegających zasobów wód podziemnych. Takie warunki spełniają przykładowo obszary niecki mazowieckiej i łódzkiej. Z poczynionych przez nas analiz wynika, że w Krainie Wielkich Dolin takie warunki spełniają gospodarstwa producenckie na około 750 tys. ha gleb. Są to potencjalne tereny, na których w pierwszej kolejności powinno się propagować i wspierać rozwój nawodnień deszczownianych.

Według naszej analizy źródeł wody do nawodnienia 750 tys. ha jest wystarczająco dużo. Przyjmując bowiem, że średnio w sezonie wegetacyjnym należałoby dostarczyć 1500 m^3 wody na 1 ha, potrzeba byłoby łącznie 1125 mln m^3 . Tymczasem potencjalne zasoby wód w Krainie Wielkich Dolin wynoszą według naszych szacunków kilkakrotnie więcej, nawet biorąc pod uwagę, że jest to obszar o najniższym odpływie jednostkowym w Polsce (średnio $3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$). Składało by się na to:

- zatrzymanie 10% odpływu powierzchniowego, co jest w dużej części możliwe nawet w ramach małej retencji wodnej – daje to 2250 mln m^3 wody, wystarczającej do nawodnienia ponad 1,5 mln ha;
- wykorzystanie 30% odpowiednio podczyszczonych ścieków, czyli 750 mln m^3 umożliwiające nawodnienia na obszarze około 0,5 mln ha;
- wykorzystanie na szerszą skalę gnojowicy i gnojówki, co wiąże się między innymi z akcją wyposażania gospodarstw w płyty gnojowicowe, oraz sięgnięcie po nisko zasolone wody – to kolejne 225 mln m^3 wystarczające do nawodnienia 0,15 mln ha;
- eksploatacja łatwo odnawialnych zasobów wód podziemnych – 1800 mln m^3 wody do nawodnienia 1,2 mln ha.

Przedstawione potencjalne zasoby liczą zatem 5.025 mln m^3 wody, co wystarczyłoby do nawodnienia $3,35 \text{ mln ha}$ gruntów. Wspomniane 750 tys. ha można byłoby właściwie nawodnić od ręki, bez podejmowania większych inwestycji w zakresie gospodarki wodnej. W perspektywie po 2025 roku, kiedy pojawi się w Polsce konieczność realizacji nawodnień na większych powierzchniach gleb uprawnych, nowe inwestycje dla zgromadzenia niezbędnych zasobów wody staną się jednak koniecznością, co będzie realizowane jako jedno ze składowych przedsięwzięć w regulowaniu całej gospodarki wodnej kraju.

Podsumowanie

Na podstawie powyższych rozważań można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Spośród ogólnego areału 464 tys. ha wyposażonych w urządzenia nawadniające gruntów uprawnych w Polsce, na najnowocześniejsze metody ciśnieniowe przypada 60 tys. ha. Z tego jednak aktualnie nawadnia się 79,991 ha, a reszta istnieje tylko w ewidencji. Ten stan w porównaniu do innych krajów europejskich, świadczy o dużym zapóźnieniu krajowej techniki nawodnieniowej.
2. Efekty produkcyjne i ekonomiczne osiągnięte w wyniku nawadniania w Polsce są w praktyce dość niskie, co jest głównie spowodowane błędną lokalizacją urządzeń oraz złym funkcjonowaniem służb eksploatacyjno-konserwacyjnych. Niski zysk nie zachęcał do rozwoju nawodnień, zaś istniejące systemy powierzchniowe i deszczowniane przez nikłe zainteresowanie użytkowników, ulegały dekapitalizacji lub dewastacji.
3. W dobie unowocześniania polskiego rolnictwa należy preferować do nawadniania upraw polowych rozwój systemów ciśnieniowych, a do upraw sadowniczych i warzywnych mikronawodnień.
4. Ocenia się, że do roku 2025 nawodnienia powinny objąć w Polsce powierzchnię około 1 mln ha i być lokalizowane głównie na lżejszych glebach Krainy Wielkich Dolin. Ich rozwój mógłby być stymulowany przez odpowiednią politykę kredytową państwa.
5. W pierwszej kolejności urządzenia deszczowniane powinny być instalowane w gospodarstwach, gdzie występuje naturalna łatwość pozyskania wody, bez konieczność ponoszenia dodatkowych nakładów inwestycyjnych. Ocenia się, że w Krainie Wielkich Dolin warunki te spełniają gospodarstwa na około 750 tys. ha, leżące w pobliżu rzek i jezior oraz mające dostęp do łatwo odnawialnych źródeł wody podziemnej.
6. Do nawodnienia areału 0,75 mln ha potrzebne byłoby 1,125 mln m³ wody, którą to ilość można byłoby pozyskać przez racjonalniejsze retencjonowanie znajdującej się na terenie zlewni rolniczych. Potencjalne zasoby wody możliwe do wykorzystania do celów nawodnieniowych, obliczane są na około 5 mln m³, co mogłoby wystarczyć do nawodnienia 3,35 mln ha gruntów.

Literatura

- [1] Dzieżyc J. 1988. Rolnictwo w warunkach nawadniania. PWRiL, Warszawa: 1–416.
- [2] Dzieżyc J. 1989. Potrzeby wodne roślin uprawnych (praca zbiorowa). PWN Warszawa: 1–420.
- [3] Dzieżyc J., Nowak L., Panek K. 1987. Średnie regionalne niedobory opadów i potrzeby deszczowania roślin uprawnych na glebach lekkich i średnich. *Zesz. Problem. Post. Nauk Roln.* 314: 35–47.
- [4] Dzieżyc J., Badura U., Nowak L., Panek K. 1990. Zarys rejonizacji potrzeb deszczowania podstawowych roślin uprawnych w Polsce. *Zesz. Problem. Post. Nauk Roln.* 387: 103–115.
- [5] Dzieżyc J., Nowak L. 1993. Deszczowanie. Rozdział w pracy zbiorowej „Czynniki plonotwórcze-plonowanie roślin” pod red. J. Dzieżycy. PWN Warszawa-Wrocław: 329–352.

- [6] Grabarczyk S. 1983. Melioracje rolne. Rozdział w pracy zbiorowej „Podstawy agrotechniki” pod red. W. Niewiadomskiego. PWRiL Warszawa: 79–129.
- [7] Grabarczyk S. 1987. Efekty, potrzeby i możliwości nawodnień deszczownianych w różnych regionach kraju. *Zesz. Problem. Post. Nauk Roln.* 314: 49–64.
- [8] Grabarczyk S., Peszek J., Rzekanowski Cz., Żarski J. 1990. Rejonizacja potrzeb deszczowania w Krainie Wielkich Dolin. *Zesz. Problem. Post. Nauk Roln.* 387: 73–88.
- [9] Jeznach J. 2009. Aktualne trendy w rozwoju mikronawodnień. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, PAN, 6: 83–94.
- [10] Karczmarczyk S. 1999. Zbiór referatów dotyczących problematyki nawadniania zbóż. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 193, *Agricultura* (73): 1–220.
- [11] Kosturkiewicz A., Przybyła C. 1992. Problemy eksploatacji deszczowni wielkoobszarowych w regionie Wielkopolski. *Roczniki AR w Poznaniu CCXXXIV*, 10: 37–47.
- [12] Koźmiński C., Karczmarczyk S. 1990. Rejonizacja potrzeb nawadniania roślin uprawnych na Pomorzu. *Zesz. Problem. Post. Nauk Roln.* 387: 9–37.
- [13] Łabędzki L. 2009. Przewidywane zmiany klimatyczne a rozwój nawodnień w Polsce. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, PAN 3: 7–18.
- [14] Malicki L., Podstawka E., Kapusta B. 1990. Rejonizacja potrzeb deszczowania ważniejszych upraw polowych w środkowowschodniej Polsce. *Zesz. Problem. Post. Nauk Roln.* 387: 89–102.
- [15] Nyc K., Pokładek R. 2009. Eksploatacja systemów melioracyjnych podstawą racjonalnej gospodarki wodnej w środowisku przyrodniczo-rolniczym. Ser. Współczesne problemy inżynierii środowiska, UP Wrocław, XIV: 1–87.
- [16] Ostrowski J., Łabędzki L. 2008. Atlas niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych w Polsce. Wydawnictwo IMUZ Falenty-Warszawa.
- [17] Pierzgałski E., Karczmarczyk S. 2006. Rozwój nawodnień na świecie i w Polsce. Rozdział w pracy zbiorowej „Nawadnianie roślin” pod red. S. Karczmarczyka i L. Nowaka. PWRiL Poznań: 15–25.
- [18] Przybyła Cz., Kozaczyk P. 1995. Problemy eksploatacji deszczowni w warunkach gospodarki rynkowej. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu* 266: 39–45.
- [19] Rocznik Statystyczny GUS. 2008.
- [20] Rojek M. 2006. Potrzeby nawadniania w Polsce. Rozdział w pracy zbiorowej „Nawadnianie roślin” pod red. S. Karczmarczyka i L. Nowaka. PWRiL Poznań: 91–108.
- [21] Rzekanowski Cz. 2000. Perspektywy nawodnień roślin wobec nadchodzących przemian w polskim rolnictwie. *Ekologia i Technika* VIII 3: 83–91.
- [22] Żarski J. 2006. Potrzeby i efekty nawadniania zbóż. Rozdział w pracy zbiorowej „Nawadnianie roślin” pod red. S. Karczmarczyka i L. Nowaka. PWRiL Poznań: 383–403.
- [23] Żarski J., Rolbiecki S., Dudek S., Rolbiecki R., Rzekanowski C. 2004. Potrzeby i efekty nawadniania roślin w rejonie Bydgoszczy. Rozdział w monografii pod red. M. Rojka pt. Bilanse wodne ekosystemów rolniczych, Seria: Współczesne Problemy Inżynierii Środowiska, t. III, Rozdział 11: 187–203.

Requirements, results and perspectives of plant irrigation on the areas characterized by distinct water deficits

Key words: irrigation of plants, areas with water deficits, irrigation needs, results of irrigation, directions of irrigation development

Summary

Paper presents the directions of plant irrigation development in Poland on the background of climatic and soil criterions, production results obtained in field experiments and production practice as well as current economic conditions. It was found that at the present time of modernization in Polish agriculture the development of pressure systems should be preferable for irrigation of field crops and that of micro-irrigation – for orchards and vegetables. Irrigation installations in Poland should cover an area about 1 mln ha till the year 2025, and they should be localized first of all on light soils in the central, lowland part of Poland.

