INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 3/2009, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 19–27
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Czesław Rzekanowski

KSZTAŁTOWANIE SIĘ POTRZEB NAWODNIENIOWYCH ROŚLIN SADOWNICZYCH W POLSCE

SHAPING OF IRRIGATION NEEDS FOR FRUIT PLANTS IN POLAND

Streszczenie

W pracy przedstawiono kształtowanie się potrzeb nawodnieniowych roślin sadowniczych w Polsce, opierając się na formule $N = P - P_o$ [mm], w której N to niedobory wody [mm] w danym okresie, P – opady rzeczywiste [mm] w danym okresie, a P_o – opady optymalne (potrzeby wodne roślin). Opady optymalne przyjęto wg zmodyfikowanej tabeli Pressa [1963], zawierającej potrzeby wodne roślin w mm na glebach ustalone dla trzech zakresów temperatur powietrza, w kolejnych miesiącach sezonu wegetacji. Potrzeby N określono w 27 wybranych stacjach meteorologicznych, dla pięciu podstawowych gatunków drzew owocowych oraz truskawek. Najwyższe niedobory wodne drzew owocowych stwierdzono w pasie środkowym Polski z odejściem na północ do Szczecina oraz w rejonie Poznania, Płocka i Słubic. Kształtowały się one w sezonie wegetacyjnym, przy wysokich temperaturach powietrza, w przypadku śliw na poziomie od 160 do 190 mm, jabłoni 140–171 mm, grusz 50–81 mm oraz wiśni i czereśni 39–73 mm. Korzystniejsze warunki wilgotnościowe panowały w obu skrajnych pasach kraju, chociaż i tu występowały potrzeby nawadniania, szczególnie w stosunku do śliw i jabłoni. Najwyższe niedobory opadów dla tych roślin stwierdzono w rejonach Białegostoku i Gdańska w pasie północnym oraz Lublina i Puław w południowym.

Obliczono również niedobory wody N w okresach nawodnieniowych określonych osobno dla każdego gatunku drzew owocowych. Stwierdzono, że największe niedobory wody również występowały w środkowym pasie kraju, a najmniejsze w południowym. W przypadku wysokich temperatur powietrza, niedobory opadów w Krainie Wielkich Dolin z reguły przekraczały 100 mm dla jabłoni i wahały się od 73 do 108 mm dla śliw. Szczególnie duże niedobory wody były w okresie nawodnieniowym w rejonie Poznania, Szczecina i Kalisza. Natomiast przy dobrym rozkładzie opadów nie zachodziłaby potrzeba nawadniania

grusz, wiśni i czereśni w całym pasie południowym, a najwyższe deficyty wody występowały w przypadku uprawy jabłoni i śliw, bo sięgające 50–75 mm, szczególnie w rejonie Lublina, Puław i Wrocławia. W pasie północnym Polski niedobory opadów przekraczały 50 mm, dochodząc do 82 mm w rejonie Białegostoku. Najmniejsze niedobory dotyczyłyby śliw.

Słowa kluczowe: potrzeby nawodnieniowe, potrzeby wodne, rośliny sadownicze, nawadnianie

Summary

Irrigation needs of orchard plants in Poland are presented in the work using the formula $N = P – P_o$ (mm), where: N – water needs (mm) in a given period, P – actual rainfall (mm) in a given period, P_o – optimum rainfall (water needs of plants). Optimum rainfall amounts according to modified schedule of Press [1963] for three ranges of air temperature in the particular months of the vegetation period were taken into consideration. Needs N were determined for 27 chosen meteorological stations, for five fruit trees' basic species as well as strawberries. The higher water needs for fruit trees were determined in central belt of Poland with north region of Szczecin as well as regions of Poznań, Płock and Słubice. These needs in the vegetation period with high temperatures ranged from 160 to 190 mm for plum trees, 140–171 mm for apple trees, 50–81 mm for pear trees as well as 39–73 mm for sweet and sour cherries. Advantageous moisture conditions were determined in both extreme belts of country, but also here irrigation needs were occurred in case of plum-trees and apple-trees. The highest rainfall deficits were detected in regions Białystok and Gdańsk in northern belt as well as Lublin and Puławy in south.

Water deficits N were also calculated for irrigation periods for particular fruit tree species. It was found that the highest water deficits occurred in central belt of country, and the smallest – in south. In case of high temperatures of air, rainfall shortages in Land of Great Valleys were usually above 100 mm for apple trees, and they ranged from 73 to 108 mm for plum trees. The particularly large shortages of water were during the irrigation period in regions of Poznań, Szczecin and Kalisz. In case of advantageous rainfall schedule, one need would not set the irrigation of pear trees, sour cherry-trees and sweet cherry trees in whole south belt. The highest water deficits occurred in case of apples and plums ranging 50–75 mm, particularly in region of Lublin, the Puławy and Wroclaw. In northern belt of Poland the shortages of falls crossed 50 mm, coming to 82 mm in region of Białystok. The smallest shortages would concern plum-trees.

Key words: *irrigation needs, water needs, orchard plants, irrigation*

WSTĘP

Podstawą funkcjonowania rolnictwa w Polsce są bieżące opady atmosferyczne, zatem głównymi czynnikami decydującymi o dostatku lub braku wilgoci dla roślin są gleba i klimat. W przypadku gleby najważniejsze znaczenie ma jej zdolność do zatrzymywania wody, czyli polowa pojemność wodna, a nadto głębokość zalegania lustra wody gruntowej i związany z nią podsiąk kapilarny. Na

glebach lekkich, o małej zawartości części spławialnych, po zimie lub obfitych opadach letnich ilość zgromadzonej w jednometrowym profilu glebowym wody wynosi 60–100 mm, podczas gdy na glebach zwięźlejszych przekracza nawet 300 mm. W glebach ciężkich i bardzo ciężkich, mimo większej ich pojemności wodnej niż w glebach lżejszych, ilość wody teoretycznie dostępnej dla roślin jest mniejsza i wynosi 130–190 mm. Ostromęcki [1973] ilość wody łatwo dostępnej w warstwie czynnej profilu glebowego (dla sadów wynosi ona 0,8–1,2 m) określa na 30 mm w glebach lekkich (piaski luźne i słabo gliniaste) i do 150 mm w lepszych (gliny średnie). W półmetrowej warstwie gleby, określanej w warunkach stosowania nawodnień warstwą o kontrolowanym uwilgotnieniu, wody łatwo dostępnej znajduje się według Drupki [1986] odpowiednio od 25 do 45 mm. Zakładając, że przed nadejściem okresu bezopadowego gleba posiadała zapasy wody równe polowej pojemności wodnej, starczyłoby jej roślinom na około 15 dni na glebie lekkiej i blisko na 70 dni na bardzo dobrej, licząc średnio po 3,5 mm zużycia wody na dobę.

Drugim istotnym czynnikiem decydującym o właściwej ilości wody dla roślin jest klimat i związane z nim występowanie opadów atmosferycznych. Ogólnie przyjmuje się, że rośliny sadownicze dla optymalnego wzrostu i plonowania wymagają w naszej strefie klimatycznej opadów rocznych rzędu 700–800 mm [Słowik 1973], a nawet 800–900 mm [Hołubowicz 1993]. W Polsce takie opady nie występują, a średnia wieloletnia roczna suma opadów atmosferycznych wynosi 602 mm, z odchyłkami w niektórych latach o 30% na plus lub minus. Nadto cechuje je zmienność przestrzenna, od 505 mm w środkowej części kraju do ponad 700 mm w pasie nadmorskim i podgórskim. Z pracy Chrzanowskiego [1988] zawierającej zestawienia opadów z lat 1891–1980 wynika, że najmniejsze ich sumy roczne odnotowano w stacjach opadowych położonych w Krainie Wielkich Dolin: w Poświętnym – 505 mm, Płocku – 509 mm, Poznaniu – 511 mm i Toruniu – 513 mm, dużo więcej natomiast w pasie północnym: w Koszalinie – 716 mm i Lęborku – 675 mm i południowym: Jeleniej Górze – 689 mm, Krakowie – 659 mm i Częstochowie – 652 mm.

Poza rocznymi sumami opadów, dla prawidłowego zaopatrzenia w wodę upraw ogrodniczych równie istotne znaczenie ma ich rozkład w sezonie wegetacyjnym, a szczególnie w okresie wzmożonego zaopatrzenia w wodę. Częstym bowiem zjawiskiem w Polsce jest pojawianie się lat suchych i okresów posusznych, chociaż bywają też lata o nadmiernych opadach. Łabędzki [2006] na podstawie licznych publikacji zauważa, że na terenie Polski nasila się występowanie okresów susz i że będzie to trend wieloletni. Według Koźmińskiego [1986] posuchy atmosferyczne w okresie od kwietnia do września dłuższe od 15 dni zdarzają się w środkowej części kraju w 60–80% lat, a w maju i czerwcu w 30-40% lat oraz w lipcu i sierpniu w około 20–30% lat.

Celem pracy było określenie potrzeb nawadniania roślin sadowniczych w Polsce, na podstawie opadów optymalnych.

KLIMATYCZNY WSKAŹNIK POTRZEB WODNYCH ROŚLIN SADOWNICZYCH

Potrzeby wodne roślin sadowniczych są wysokie, zdecydowanie przewyższające potrzeby większości upraw polowych. Rosną one w miarę wydłużania się okresu wzrostu i dojrzewania owoców oraz w miarę spłycania systemu korzeniowego roślin, a ten zaś zależy zarówno od gatunku, jak i typu podkładek. Nadto znaczenie ma też gęstość nasadzenia drzew, ich wiek, sposób utrzymania międzyrzędzi, rodzaj gleby i jej podłoża, a także poziom wody gruntowej oraz lokalne uwarunkowania fizjograficzne. Ze wszystkich roślin sadowniczych najwięcej wody wymagają jagodowe, a z nich borówka wysoka, truskawka i poziomka, a następnie malina, porzeczka i agrest. Z drzew duże potrzeby mają: jabłoń i śliwa (szczególnie na podkładkach karłowych i półkarłowych), średnie – czereśnia, grusza, brzoskwinia i orzech włoski, a stosunkowo małe – wiśnia i morela.

W warunkach klimatycznych Polski nawadnianie pełni jedynie rolę uzupełniającą w stosunku do występującej ilości opadów. W przeciętnych warunkach niedobory opadowe oceniane są w sezonie wegetacyjnym na około 150–200 mm. Drupka [1986] podaje, że najszybciej pobierana jest woda z wierzchniej warstwy profilu glebowego, czyli do głębokości 30–50 cm, z której pochodzi około 70–75% całego zużycia. Dlatego też celem uzupełniającego nawadniania jest pokrywanie strat wody w tej górnej warstwie, zwanej warstwą o kontrolowanym uwilgotnieniu – h_k. Pobór wody z warstw głębszych jest powolniejszy, szczególnie gdy stosunkowo wysoko znajduje się lustro wody gruntowej i występuje podsiąk kapilarny. Udział warstw głębszych w całkowitym zaopatrzeniu drzew owocowych w wodę ocenia się na 20–30%.

Za najlepszy wskaźnik klimatyczny potrzeb stosowania nawodnień w ogrodnictwie może posłużyć różnica pomiędzy ewapotranspiracją potencjalną, utożsamianą z potrzebami wodnymi dobrze rozwiniętej i zacieniającej glebę roślinności a opadami atmosferycznymi:

$$N = ETp - P \quad [mm]$$

gdzie:

N – niedobór opadów atmosferycznych w mm, przy braku zapasów wody w glebie,
ETp – ewapotranspiracja potencjalna w mm,
P – opady atmosferyczne w mm, w okresie obliczeniowym.

Wysokość ewapotranspiracji potencjalnej jest zmienna, zależna od czynników klimatycznych, decydujących o zdolności ewaporacyjnej powietrza (niedosyt wilgotności, temperatura powietrza, nasłonecznienie, prędkość wiatru). Można ją wyliczyć wzorami: Penmana, Matula, Turca, czy Grabarczyka.

Aczkolwiek najbardziej popularny i w powszechnym użyciu jest wzór Penmana, to na uwagę zasługuje łatwy w stosowaniu i dość dokładny wzór Grabarczyka [1976]. Zgodnie z nim:

$$ETp = 0{,}32\ (\Sigma d + \tfrac{1}{3}\Sigma t) \quad [mm]$$

gdzie:

Σd – suma średnich dobowych niedosytów wilgotności powietrza [hPa],
Σt – suma średnich dobowych temperatur powietrza [^{o}C].

Zależnie od charakteru napływających mas powietrza i typu pogody, ETp może w naszych warunkach przybierać różne wartości. Według Matula [za Drupką 1986] miesięczne średnie wartości ETp dla środkowego i południowego pasa Polski (lata 1948–1962) wynoszą: maj 90–92 mm, czerwiec 106–110 mm, lipiec 114–116 mm i sierpień 92–96 mm, a według Kędziory [1995] dla Wielkopolski (lata 1951–1970) odpowiednio: 85, 112, 107 i 91 mm. W latach posusznych, w miesiącach upalnych o małym zachmurzeniu i niskich opadach atmosferycznych wartości ETp są odpowiednio wyższe, sięgające nawet w Kotlinie Warszawskiej: w maju do 135 mm, czerwcu – 180 mm, w lipcu – 135 mm i sierpniu – 165 mm. Niskie wartości występują natomiast w miesiącach pochmurnych i z wysokimi opadami.

Tabela 1. Współczynniki roślinne „k_r" dla sadów w pełni rozwoju wg Doorenbosa i Pruitta [1977]
Table 1. Plant coefficients „k_r" for orchards in fully development according to Doorenbos and Pruitt [1977]

Rodzaj drzew Trees' kind	Miesiąc Month	Gleba bez okrywy roślinnej Soil without plant cover		Gleba z okrywą roślinną Soil with plant cover	
		okres - period			
		wilgotny – moist	suchy – dry	wilgotny – moist	suchy – dry
	IV	0,45	0,40	0,50	0,45
	V	0,55	0,60	0,75	0,85
Jabłonie – Apples	VI	0,75	0,85	1,00	1,15
Czereśnie – Sweet cherries	VII	0,86	1,00	1,10	1,25
Wiśnie – Sour cherries	VIII	0,85	1,00	1,10	1,25
	IX	0,80	0,95	1,10	1,20
	X	0,60	0,70	0,85	0,95
	IV	0,45	0,40	0,50	0,45
Brzoskwinie – Peaches	V	0,50	0,55	0,70	0,80
Morele – Apricots	VI	0,65	0,75	0,90	1,05
Grusze – Pears	VII	0,75	0,90	1,00	1,15
Śliwy – Plums	VIII	0,75	0,90	1,00	1,15
	IX	0,70	0,70	0,95	1,10
	X	0,55	0,65	0,75	0,88

Przy korzystaniu ze wskaźnika klimatycznego ETp, wyrażającego fizyczną chłonność atmosfery, należy wprowadzić współczynnik roślinny k_r, wahający się dla sadów od 0,4 do 1,25, a uwzględniający biologiczną aktywność roślin w wydalaniu pary wodnej w procesie transpiracji. Stąd też rzeczywiste zużycie wody oznaczone symbolem ETr w nawadnianym sadzie będzie wynosić:

$$ETr = k_r \times ETp \quad [mm]$$

gdzie:

k_r – współczynnik roślinny zależny od fazy rozwojowej oraz stanu i typu roślinności; wartości współczynnika według Doorenbosa i Pruitta [1977] podano w tabeli 1.

WIELKOŚCI NIEDOBORÓW WODNYCH ROŚLIN SADOWNICZYCH W POLSCE

Potrzeby wodne roślin sadowniczych można wyrazić jako tzw. opady optymalne, niezbędne do uzyskania wysokich plonów. Słowik [1973] podaje, że w krajach europejskich jako ogólne wytyczne można przyjmować dane Kemmera i Schulza (tab. 2), stanowiące orientacyjny wskaźnik potrzeb nawadniania drzew owocowych na glebach średnio zwięzłych.

Tabela 2. Ilość opadów niezbędna do uzyskania wysokich plonów na średnio zwięzłych glebach w warunkach Niemiec wg Kemmera i Schulza [Słowik 1973]
Table 2. Rainfalls amounts which are necessary to obtain high yields the concise soils in conditions of Germany according to Kemmer and the Schulz [Słowik 1973]

Średnia temperatura V–IX (°C) Average temperature V–IX (°C)	Potrzebna roczna suma opadów w mm Yearly sum of rainfall needed in mm			
	jabłoń apple	grusza pear	brzoskwinia apricot	winorośl grape-vine
14	540	500	–	–
15	620	570	440	400
16	700	640	500	450
17	780	710	560	500

Dla celów nawodnieniowych konieczna jest znajomość potrzeb wodnych drzew owocowych dla poszczególnych miesięcy okresu wegetacyjnego. Taką tabelę zawierającą potrzeby wodne w mm na glebach średnich opracował dla warunków klimatycznych Niemiec wschodnich Press [1963], uzależniając ją od trzech zakresów temperatur powietrza, w kolejnych miesiącach sezonu wegetacji. Na jej podstawie opracowano tabelę 3, zamieszczając opady optymalne dla pięciu podstawowych gatunków drzew owocowych oraz truskawek. Wynika z niej, że największe potrzeby wodne mają truskawki (515–620 mm), mniejsze śliwy (400–510 mm) i jabłonie (380–490 mm), a najmniejsze wiśnie i czereśnie

(280–345 mm). Zamieszczone dane mogą być stosowane w warunkach klimatyczno-glebowych Polski i posłużyć jako opady optymalne (P_o) do ustalania wielkości potrzeb nawodnieniowych drzew owocowych, zgodnie z formułą:

$$N = P - P_o \ [mm],$$

gdzie:

N – niedobory wody [mm] w danym okresie (np. sezon wegetacyjny),
P – opady rzeczywiste [mm] w danym okresie,
P_o – opady optymalne (potrzeby wodne roślin) wg zmodyfikowanej tabeli Pressa.

Na podstawie zaproponowanej formuły wyliczono niedobory wody w okresie wegetacyjnym dla wybranych 27 stacji opadowych w Polsce [Chrzanowski 1988], dla pięciu gatunków drzew owocowych, przy trzech średnich miesięcznych zakresach temperatur powietrza. Niedobory zamieszczone w tabeli 4 przedstawiono, dzieląc równoleżnikowo stacje w kraju na trzy pasy:

– północny: Białystok, Gdańsk, Koszalin, Lębork, Olsztyn, Prabuty i Szczecin,

– Krainy Wielkich Dolin (środkowy): Gorzów Wlk., Kalisz, Koło, Leszno, Piła, Płock, Poznań, Skierniewice, Słubice, Toruń, Warszawa i Częstochowa,

– południowy: Jelenia Góra, Kielce, Kraków, Lublin, Puławy, Sandomierz, Wrocław i Zamość.

Najwyższe niedobory wodne drzew owocowych stwierdzono w pasie środkowym z odejściem w kierunku Szczecina oraz w rejonie Poznania, Płocka i Słubic. Kształtują się one w sezonie wegetacyjnym, przy wysokich temperaturach powietrza, w przypadku śliw od 160 do 190 mm, jabłoni 140–171 mm, grusz 50–81 mm oraz wiśni i czereśni 39–73 mm. Korzystniejsze warunki wodne panują w obu skrajnych pasach, chociaż i tu są rejony o dużych potrzebach nawadniania, szczególnie w stosunku do śliw i jabłoni. Najwyższe niedobory opadów dla tych roślin występują w rejonach Białegostoku i Gdańska w pasie północnym oraz Lublina i Puław w południowym.

Największe jednak w sezonie wegetacyjnym zapotrzebowanie na wodę rośliny sadownicze wykazują w najcieplejszych miesiącach letnich, czyli w czerwcu, lipcu i sierpniu. W związku z tym obliczono niedobory wody w okresach nawodnieniowych określonych osobno dla każdego gatunku (tab. 5). Na tej podstawie stwierdzono, że największe niedobory wody również występują w środkowym pasie kraju, a najmniejsze w południowym. W przypadku wysokich temperatur powietrza, niedobory opadów w Krainie Wielkich Dolin z reguły przekraczają 100 mm dla jabłoni i wahają się od 73 do 108 mm dla śliw. Szczególnie duże niedobory wody są w okresie nawodnieniowym w rejonie Poznania, Szczecina i Kalisza. Natomiast przy dobrym rozkładzie opadów nie zachodziłaby potrzeba nawadniania grusz, wiśni i czereśni w całym pasie południowym.

Spore natomiast deficyty wody pojawiałyby się w przypadku uprawy jabłoni i śliw, bo sięgające 50–75 mm, szczególnie w rejonie Lublina, Puław i Wrocławia. W pasie północnym Polski niedobory opadów przekraczałyby 50 mm, dochodząc do 82 mm w rejonie Białegostoku. Najmniejsze niedobory dotyczyłyby śliw.

WNIOSKI

1. Za klimatyczny wskaźnik potrzeb nawodnień w sadownictwie może służyć różnica między ewapotranspiracją potencjalną a opadami atmosferycznymi, czyli N = ETp – P [mm]. W praktyce niedobory wody roślin sadowniczych w sezonie wegetacyjnym, bądź okresie nawodnieniowym, można obliczać wzorem $N = P - P_o$ [mm], odejmując od opadów rzeczywistych opady optymalne dla danego gatunku roślin.

2. Potrzeby wodne roślin sadowniczych, utożsamiane z opadami optymalnymi, można określać wg tabeli Pressa i wynoszą one w sezonie wegetacyjnym dla śliw 400–510 mm, jabłoni 380–490 mm, wiśni i czereśni 280–345 mm oraz truskawek 515–620 mm.

3. Wyliczone niedobory wody w sezonie wegetacyjnym dla 27 stacji opadowych w kraju wskazują, że w przypadku roślin sadowniczych największe deficyty wody występują w centralnym pasie Polski (Kraina Wielkich Dolin) i wynoszą one dla śliw 160–190 mm, jabłoni 140–171 mm, grusz 50–81 mm oraz wiśni i czereśni 39–73 mm. Korzystniejsze warunki wilgotnościowe panują w pasie północnym i południowym, chociaż i tu są rejony o dużych potrzebach nawadniania, szczególnie w stosunku do śliw i jabłoni.

4. Niedobory wody w okresie nawodnieniowym układają się obszarowo podobnie jak w sezonie wegetacyjnym. Przy wysokich temperaturach powietrza w centralnym pasie kraju z reguły przekraczają 100 mm dla jabłoni i wahają się od 73 do 108 mm dla śliw, a dotyczy to szczególnie rejonu Poznania, Szczecina i Kalisza. Przy dobrym rozkładzie opadów nie zachodziłaby potrzeba nawadniania grusz, wiśni i czereśni w pasie południowym, a deficyty wody pojawiałyby się w przypadku uprawy jabłoni i śliw (sięgające 50–75 mm) w rejonie Lublina, Puław i Wrocławia. W pasie północnym Polski niedobory opadów przekraczałyby 50 mm, dochodząc do 82 mm w rejonie Białegostoku.

BIBLIOGRAFIA

Chrzanowski J. *Regionalizacja i klasyfikacja dobowych wartości opadów w Polsce*. Wiad. IMiGW, t. 11, z. 1-2, 1988, s. 93–102.

Doorenbos J., Pruitt W.O. *Guidelines for predicting crop water requirements*. Irrigation and Drainage Paper Nr 24, FAO, Roma, 1977, s. 179.

Drupka S. *Podkoronowe minizraszanie*. [W:] Nowe technologie w sadownictwie, red. S. Pieniążek. PWRiL Warszawa, 1986, s. 162–186.
Grabarczyk S. *Polowe zużycie wody a czynniki meteorologiczne.* ZPPNR, PWN Warszawa, z. 181, 1976, s. 495–511.
Hołubowicz T. *Sadownictwo*. Wyd. AR Poznań, 1993.
Łabędzki L. *Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji*. Wyd. IMUZ, Falenty, 2006, 3–107.
Kędziora A. *Podstawy agrometeorologii*. PWRiL Poznań, 1995.
Koźmiński Cz. *Przestrzenny i czasowy rozkład okresów bezopadowych trwających ponad 15 dni na terenie Polski*. ZPPNR, z. 268, PWN Warszawa, 1986, s. 17–36.
Ostromęcki J. *Podstawy melioracji nawadniających*. PWN, Warszawa, 1973.
Press H. *Praktika sel'skochozjajstvennych melioracji.* Przekład z niemieckiego, Sel'chozizdat Moskwa 1963.
Słowik K. *Deszczowanie roślin sadowniczych.* PWRiL Warszawa 1973.

Prof. dr hab. Czesław Rzekanowski
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy,
Katedra Melioracji i Agrometeorologii
rzekan@utp.edu.pl
ul. Bernardyńska 6
85-029 Bydgoszcz

Recenzent: *Prof. dr hab. Zdzisław Koszański*