

# POTRZEBY NAWADNIANIA ROŚLIN SADOWNICZYCH

CZESŁAW RZEKANOWSKI

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy,  
Katedra Melioracji i Agrometeorologii

## 1. Wstęp

Podstawą funkcjonowania rolnictwa w Polsce są bieżące opady atmosferyczne, z których część wody retencjonowana w glebie stanowi źródło zaopatrzenia roślin. Głównymi czynnikami decydującymi o dostatku lub braku wilgoci są w związku z tym gleba i klimat.

W przypadku gleby najważniejsze znaczenie ma jej zdolność do zatrzymywania wody, czyli tzw. połowa pojemności wodna. Ważną rolę odgrywa też 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 sięga 60-100 mm, a 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. Z tej ilości tylko część wody, określana jako woda łatwo dostępna, może być pobierana przez korzenie roślin. Ostromecki (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 glebach lepszych (gliny średnie). Według Drupki (1986) w półmetrowej warstwie gleby, określanej w warunkach stosowania nawodnień warstwą o kontrolowanym uwilgotnieniu, znajduje się od 25 do 45 mm wody łatwo dostępnej. Zakładając zatem, że przed nadejściem okresu bezopadowego gleba posiadała zapasy wody równe połowej 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 nadto zależnie od położenia centrów niżu i wyżu raz może napływać na nasz obszar powietrze kontynentalne, cechujące się latem wysoką ciepłotą i niską zawartością pary wodnej, innym razem z nad oceanów powietrze o dużej zawartości pary wodnej. W związku z tym w tych samych miesiącach letnich możemy mieć pogodę upalną i suchą albo deszczową i chłodną. Średnia wieloletnia roczna suma opadów atmosferycznych w Polsce wynosi 602 mm, z odchyłkami w niektórych latach o 30% na plus lub minus. Opady cechuje u nas zmienność przestrzenna, od 505 mm w środkowej części kraju do ponad 700 mm w pasie nadmorskim i podgórskim. Dowodzą tego dane Chrzanowskiego (1988) zawierające zestawienie opadów z lat 1891-1980. Wynika z nich, że najmniej opadów rocznie odnotowano w stacjach opadowych położonych w krainie wielkich dolin: w Poświętnem – 505 mm, Płocku – 509 mm, Poznaniu – 511 mm i Toruniu – 513 mm, a dużo więcej w pasie północnym: Koszalinie – 716 mm i Łęborku – 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 również 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. Posuchy atmosferyczne dłuższe niż 15 dni zdarzają się w środkowej części kraju w 30-40% lat w maju i czerwcu oraz w około 30-35% lat w lipcu i sierpniu.

## 2. 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 spływania systemu korzeniowego roślin, a ten zaś zależy zarówno od gatunku, jak i typu podkładek. Nadto ogromne znaczenie mają: gęstość nasadzenia drzew, ich wiek, sposób utrzymania międzyrzędzi, rodzaj gleby i jej podłoża, poziom wody gruntowej oraz lokalne warunki fizjograficzne. Przyjmuje się, że ze wszystkich roślin sadowniczych najwięcej wody wymagają jagodowe, a z nich posiadające najpłytszy system korzeniowy – borówki wysokiej, truskawki i poziomki, a następnie maliny, porzeczki i agrest. Z drzew duże potrzeby mają: jabłonie i śliwy (szczególnie na podkładkach karłowych i półkarłowych), średnie – czereśnie, grusze, brzoskwinie i orzechy włoskie, a stosunkowo małe – wiśnie i morele.

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. Jak podaje Drupka (1986), 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 podsiak 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:

$$N = ET_p - P \quad [\text{mm}]$$

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. Najbardziej popularny i w powszechny w użyciu jest wzór Penmana, jednak dużo łatwiejszy, prostszy w stosowaniu i wystarczająco dokładny jest wzór Grabarczyka (1976). Zgodnie z nim:

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

gdzie:  $\Sigma d$  – suma średnich dobowych niedosytów wilgotności powietrza [hPa],

$\Sigma t$  – suma średnich dobowych temperatur powietrza [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Zależnie od charakteru napływających mas powietrza i typu pogody, ETp może w naszych warunkach przybierać różne wartości. Według Matula (za Druką 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, w czerwcu – 180 mm, w lipcu – 135 mm i w sierpniu 165 – mm.

Niskie wartości występują natomiast w miesiącach pochmurnych i z wysokimi opadami.

Przy korzystaniu ze wskaźnika klimatycznego ETp, wyrażającego fizyczną chłonność atmosfery, należy wprowadzić współczynnik roślinny  $k_r$ , wynoszący 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  $E_{Tr}$ , w nawadnianym sadzie będzie wynosić:

$$E_{Tr} = k_r \times E_{Tp} \quad [\text{mm}]$$

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.

Tabela 1. Współczynniki roślinne „ $k_r$ ” dla sadów w pełni rozwoju według Doorenbosa i Pruitta (1977)

Rodzaj drzew	Miesiąc	Gleba bez okrywy roślinnej		Gleba z okrywą roślinną	
		okres			
		wilgotny	suchy	wilgotny	Suchy
Jabłonie Czereśnie Wiśnie	IV	0,45	0,40	0,50	0,45
	V	0,55	0,60	0,75	0,85
	VI	0,75	0,85	1,00	1,15
	VII	0,86	1,00	1,10	1,25
	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
Brzoskwinie Morele Grusze Śliwy	IV	0,45	0,40	0,50	0,45
	V	0,50	0,55	0,70	0,80
	VI	0,65	0,75	0,90	1,05
	VII	0,75	0,90	1,00	1,15
	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

### 3. Wielkości niedoborów wody roślin sadowniczych

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)

Średnia temperatura od V do IX (°C)	Potrzebna roczna suma opadów w mm			
	jabłoń	grusza	brzoskwinia	winorośl
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. 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 posiadają 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:

$$N = P - P_o \text{ [mm]},$$

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, dla pięciu gatunków drzew owocowych, przy trzech średnich miesięcznych zakresach temperatur powietrza. Niedobory podano w tabeli 4. Stacje pomiarowe od liczby 1 do 7 są zlokalizowane w północnym pasie

Polski, stacje od 8 do 18 w krainie wielkich dolin, a pozostałe, czyli od 19 do 27, reprezentują pas południowy. Najwyższe niedobory wodne drzew owocowych stwierdzono w pasie środkowym z odejściem na północ do Szczecina oraz w rejonie Poznania, Płocka i Słubic. W sezonie wegetacyjnym przy wysokich temperaturach powietrza kształtują się one 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 wilgotnościowe panują w obu skrajnych pasach, chociaż i tu są rejon 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.

Rośliny sadownicze w sezonie wegetacyjnym wykazują największe zapotrzebowanie na wodę 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 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.

Tabela 3. Potrzeby wodne [mm] drzew owocowych na glebach średnich przy niskich (I), średnich (II) i wysokich (III) temperaturach powietrza wg Pressa (1963), w modyfikacji własnej

Roślina (okresy nawodnień)		Miesiące okresu wegetacyjnego												Okres wegetacji (IV-IX) mm
		kwiecień		maj		czerwiec		lipiec		sierpień		wrzesień		
		°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	
<i>Jabłonie</i> 15.05-15.09	I	6	50	11	60	14	70	16	80	15	70	12	50	380
	II	8	60	13	70	16	80	18	90	17	80	14	55	435
	III	10	70	15	80	18	90	20	100	19	90	16	60	490
<i>Grusze</i> 10.05-5.09	I	6	45	11	55	14	65	16	60	15	55	12	45	325
	II	8	50	13	60	16	70	18	70	17	60	14	50	360
	III	10	55	15	70	18	75	20	80	19	65	16	55	400
<i>Wiśnie</i> i czereśnie 10.05-5.08	I	6	40	11	45	14	65	16	70	15	60	-	-	280
	II	8	45	13	50	16	70	18	80	17	65	-	-	310
	III	10	50	15	60	18	75	20	90	19	70	-	-	345
<i>Śliwy</i> 10.05-5.09	I	6	50	11	65	14	75	16	80	15	80	12	50	400
	II	8	60	13	75	16	85	18	90	17	90	14	55	455
	III	10	70	15	85	18	95	20	100	19	100	16	60	510
<i>Truskawki</i> 1.05-15.07 (1.05-25.09)	I	6	40	11	70	14	110	16	120	15	105	12	70	515
	II	8	45	13	80	16	120	18	130	17	115	14	80	570
	III	10	50	15	90	18	130	20	140	19	125	16	90	620



Tabela 4. Niedobory wody drzew N [mm] w sezonie wegetacyjnym [wieloletnie 1891-1980] w wybranych stacjach opadowych [N = P - P<sub>0</sub>]

Lp.	Miejscowość	Opady VI-IX mm	Jabłonie			Grusze			Wiśnie i czereśnie			Sliwy		
			temperatury: I - niskie, II - średnie, III - wysokie			temperatury: I - niskie, II - średnie, III - wysokie			I - średnie, III - wysokie			I - II - III		
			I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Białystok	353	-27	-82	-137	+28	+7	-47	+29	-1	-36	-47	-102	-157
2	Gdańsk	362	-18	-73	-128	+37	+2	-38	+22	-8	-43	-38	-93	-148
3	Koszalin	419	+39	-16	-71	+94	+59	+19	+59	+29	-6	+19	-36	-91
4	Łębork	395	+15	-40	-95	+70	+35	-5	+42	+12	-23	-5	-60	-115
5	Olsztyn	378	-2	-57	-112	+53	+18	-22	+45	+15	-20	-22	-77	-132
6	Prabuty	382	+2	-53	-108	+57	+22	-18	+47	+17	-18	-18	-73	-128
7	Szczecin	319	-61	-116	-171	-6	-41	-81	-8	-38	-73	-81	-136	-191
8	Gorzów Wlk.	332	-48	-103	-158	+7	-28	-68	+8	-22	-57	-68	-123	-178
9	Kalisz	334	-46	-101	-156	+9	-26	-76	+12	-18	-53	-76	-121	-176
10	Koło	331	-49	-104	-159	+6	-29	-69	+8	-22	-57	-69	-124	-179
11	Leszno	339	-41	-96	-151	+14	-21	-61	+13	-17	-52	-61	-116	-171
12	Piła	338	-42	-107	-162	+13	-22	-62	+15	-15	-50	-62	-117	-172
13	Płock	324	-56	-111	-166	-1	-36	-76	+1	-29	-84	-76	-131	-186
14	Poznań	320	-60	-115	-170	-5	-40	-80	-2	-32	-67	-80	-135	-190
15	Skierzwice	350	-30	-85	-140	+25	-10	-50	+26	-4	-39	-50	-105	-160
16	Słubice	324	-56	-111	-166	-1	-36	-76	0	-30	-65	-76	-131	-186
17	Toruń	326	-54	-109	-164	+1	-34	-74	+5	-25	-60	-74	-129	-184
18	Warszawa	339	-41	-96	-151	+14	-21	-61	+16	-14	-49	-61	-116	-171
19	Częstochowa	414	+34	-21	-76	+89	+54	+14	+53	+23	-12	+14	-41	-96
20	Jelenia Góra	449	+69	+14	-41	+124	+89	+49	+81	+51	+16	+49	-6	-61
21	Kielce	405	+25	-30	-85	+80	+45	+5	+44	+14	-21	+5	-50	-105
22	Kraków	438	+58	+3	-52	+113	+79	+38	+102	+72	+37	+38	-17	-72
23	Lublin	365	-15	-70	-125	+40	+5	-35	+40	+10	-25	-35	-90	-145
24	Puławy	370	-10	-65	-120	+45	+10	-30	+44	+14	-21	-30	-85	-140
25	Sandomierz	406	+26	-29	-84	+81	+46	+6	+79	+49	+14	+6	-49	-104
26	Wrocław	379	-1	-56	-111	+54	+19	-21	+52	+22	-13	-21	-76	-121
27	Zamość	410	+30	-25	-80	+85	+50	+10	+78	+48	+13	+10	-35	-100

Tabela 5. Niedobory wody drzew N [mm] w przewidywanym okresie nawodnieniowym [N = P - P<sub>0</sub> (opad optymalny)]

Lp.	Miejscowość	Jablonie						Grusze						Wiśnie i czereśnie						Sliwy		
		I		II		III		I		II		III		I		II		III		I	II	III
		temperatury: I – niskie, II – średnie, III – wysokie																				
1	Białystok	-7	-44	-82	+36	+12	-12	-12	+18	0	-24	-4	-38	-72								
2	Gdańsk	-3	-40	-78	+36	+12	-12	-12	+8	-10	-34	-5	-39	-73								
3	Koszalin	+35	-2	-40	+67	+43	+19	+28	+10	-14	+26	-8	-42									
4	Łęborg	+20	-17	-55	+54	+30	+6	+22	+4	-20	+13	-21	-55									
5	Olsztyn	+13	-24	-62	+50	+26	+2	+29	+13	-13	+13	-21	-55									
6	Prabuty	+13	-24	-62	+54	+30	+6	+30	+12	-12	+14	-20	-54									
7	Szczecin	-42	-79	-117	+1	-23	-47	-10	-28	-52	-40	-74	-108									
8	Gorzów Wlk.	-29	-66	-104	+16	-8	-32	+6	-12	-36	-25	-59	-93									
9	Kalisz	-27	-64	-106	+19	-5	-29	+9	-9	-33	-22	-56	-90									
10	Koło	-23	-60	-102	+21	-3	-27	+11	-7	-31	-20	-54	-88									
11	Leszno	-23	-60	-102	+22	-2	-26	+8	-10	-34	-19	-53	-87									
12	Piła	-21	-58	-96	+29	+5	-19	+8	-10	-34	-17	-51	-85									
13	Płock	-29	-66	-104	+15	-9	-33	+3	-15	-39	-26	-60	-94									
14	Poznań	-40	-77	-115	+6	-18	-42	0	-18	-42	-35	-69	-103									
15	Skiermiewice	-10	-47	-85	+36	+12	-12	+22	+4	-20	-5	-39	-73									
16	Ślubice	-34	-71	-109	+9	-15	-39	-1	-19	-43	-32	-66	-100									
17	Toruń	-29	-66	-104	+15	-9	-33	+4	-14	-38	-25	-59	-93									
18	Warszawa	-19	-56	-94	+26	+2	-22	+11	-7	-31	-15	-49	-83									
19	Częstochowa	+35	-2	-40	+89	+65	+41	+61	+43	+19	+40	+6	-28									
20	Jelenia Góra	+55	-18	-20	+100	+76	+52	+69	+51	+27	+56	+22	-12									
21	Kielce	+31	-6	-44	+74	+50	+26	+49	+31	+7	+33	-1	-35									
22	Kraków	+56	+19	-19	+100	+76	+52	+70	+52	+28	+59	+25	-9									
23	Lublin	0	-37	-75	+44	+20	-4	+25	+7	-17	+3	-31	-65									
24	Puławy	+5	-32	-70	+50	+26	+2	+30	+12	-12	+9	-25	-59									
25	Sandomierz	+35	-2	-40	+81	+57	+33	+58	+40	+16	+40	+6	-28									
26	Wrocław	+9	-28	-66	+55	+31	+7	+35	+17	-7	+14	-20	-54									
27	Zamość	+35	-2	-40	+78	+54	+30	+52	+34	+10	+38	+4	-30									

#### 4. Technologia nawadniania roślin sadowniczych

Rośliny sadownicze najlepiej rozwijają się i plonują, kiedy wilgotność gleby bliska jest połowej pojemności wodnej. Sygnałem do rozpoczęcia nawadniania jest spadek połowej pojemności do 70-75%. Optymalne zatem warunki wodne gleby do rozwoju roślin stworzymy wówczas, kiedy uda się w sezonie wegetacyjnym w warstwie gleby o kontrolowanym uwilgotnieniu utrzymać wilgotność w tym zakresie. Bardzo przydatny w ustalaniu terminu nawadniania jest tensjometr, umieszczony w zwilżanej bryle gleby na głębokości 0,2-0,3 m i określający jej potencjał wodny. Z reguły nawadnianie rozpoczyna się wtedy, kiedy manometr przyrządu wskazuje od -0,02 do -0,03 MPa w przypadku stosowania systemów kroplowych i od -0,03 do -0,05 MPa w przypadku mikrozaszania. Często w praktyce potrzeby nawadniania ustala się na podstawie obserwacji warunków opadowych, wyglądu roślin i gleby. W sadzie można zainstalować deszczomierz, umożliwiającą pomiar wysokości opadów, lub można skorzystać z informacji pozyskiwanych z najbliższej stacji opadowej. W naszym klimacie potrzeba pierwszego nawodnienia może wystąpić w przypadku truskawek już w pierwszych dniach maja, krzewów owocowych w połowie maja, a drzew pod koniec tego miesiąca. Duże potrzeby nawodnień utrzymują się przez cały czerwiec, lipiec i do połowy sierpnia, a czasem i dłużej, aż do początku września.

Znajomość zużycia wody w sadzie jest niezbędna dla prawidłowego zaprojektowania urządzeń nawodnieniowych, z czym następnie wiąże się właściwe ustalanie wysokości jednorazowych dawek wody, częstotliwość nawadniania i głębokość zwilżania profilu glebowego ( $h_k$ ). Dotychczasowe doświadczenia wskazują, że użytkownicy systemów nawadniających z reguły stosują nadmierne dawki wody (nawet o 50%), pogarszając tym samym ich efektywność ekonomiczną.

## Ustalanie początku okresów nawadniania

Spośród stosowanych w rolnictwie metod nawadniania w sadach dominuje podkoronowe minizraszanie i system kroplowy. Każda z tych metod wymaga odmiennej technologii nawadniania: terminu rozpoczęcia, wielkości jednorazowych dawek wody i długości przerw. W obu w ustaleniu terminu pierwszego nawadniania można kierować się danymi zawartymi w tabeli 6. Jest zasadą, aby rozpocząć je w zalecanym optymalnym terminie, pod warunkiem że w poprzedzającym go czasie nie wystąpiły większe opady. Jeżeli natomiast 6-7 dni wcześniej spadło co najmniej 25-30 mm, to pierwsze nawadnianie należy przesunąć o 5-6 dni.

Tabela 6. Przewidywane okresy nawodnień wg Słowika (1973) oraz przybliżone sezonowe normy nawodnień

Grupa roślin*	Sezonowe normy [mm]		Miesiące i dekady																
			IV			V			VI			VII			VIII			IX	
	od	do	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Czereśnie	175	220	-----																
Grusze	225	270	-----																
Jabłonie	275	350	-----																
Śliwy	265	330	-----																
Wiśnie	175	220	-----																
Truskawki	515	620	-----																
Agrest	180	210	-----																
Maliny	180	210	-----																
Porzeczki	200	230	-----																
Szkółki	210	250	-----																

\* sezonowe normy nawodnień dla drzew i truskawek według Pressa (1963), a krzewów owocowych według Słowika (1973)

## Ustalanie wielkości dawek nawadniających

Potrzeby wodne drzew owocowych rosną wraz z ich rozwojem i pełną wartość osiągają około piątego roku po posadzeniu. Stąd też w nowo założonym sadzie dawki wody powinny być odpowiednio

mniejsze – o około 50% – a potem stopniowo wzrastać. Powszechnie przyjmuje się, że młode drzewa potrzebują około 25, a w pełni dojrzałe 50 l wody na dobę. W Polsce straty wody na ewapotranspirację rzeczywistą wynoszą od 3,0 do ponad 5,0 mm, co oznacza utratę 30-50 m<sup>3</sup> wody z 1 ha na dobę (1 mm opadu na powierzchni 1 ha jest równoważony 10 m<sup>3</sup> wody). Według Drupki (1986) dla przedziału średnich dobowych temperatur w granicach 17-22°C dobowe wartości  $e_{pr}$  mogą, po uwzględnieniu współczynnika roślinnego, wynieść:

w maju i sierpniu  $e_{pr} = 3,3-5,0 \text{ mm} \cdot \text{doba}^{-1}$ ,

w czerwcu i lipcu  $e_{pr} = 4,0-5,3 \text{ mm} \cdot \text{doba}^{-1}$ .

Biorąc pod uwagę, że nawadnianiem pokrywa się 70% zapotrzebowania drzew na wodę, będzie to odpowiednio:

w maju i sierpniu  $e_h = 2,3-3,5 \text{ mm} \cdot \text{doba}^{-1}$

w czerwcu i lipcu  $e_h = 2,8-3,7 \text{ mm} \cdot \text{doba}^{-1}$ .

Dla celów obliczeniowych można przyjmować średnią wartość  $e_h = 3,5 \text{ mm} \cdot \text{doba}^{-1}$ .

### Podkoronowe minizraszanie

W przypadku stosowania nawadniania podkoronowego, gdy zamierzamy nawilżyć glebę na określoną głębokość, dawkę polewową „d” określamy ze wzoru (wg Drupki 1986):

$$d = 0,1 \times d_{wd} \times h_k \quad [\text{mm}]$$

gdzie:  $d_{wd}$  – deficyt wody łatwo dostępnej, wyrażany np. w mm na każde 10 cm miąższości warstwy gleby

$h_k$  – głębokość warstwy gleby o kontrolowanym uwilgotnieniu wyrażona w cm

Dopuszczalne wartości planowanego deficytu wody łatwo dostępnej uzależnione są głównie od rodzaju gleby. Można orientacyjnie przyjmować, że  $d_{wd}$  w mm na 10 cm warstwy gleby wynosi dla: piasków

słabo gliniastych 5-7, piasków gliniasto-pyłastych 6,5-9, glin lekkich i średnich 9 i glin ciężkich 9-8 mm.

Z kolei czas pracy minizraszaczy określamy:  $t = \frac{d}{i}$  [h]

gdzie:  $d$  – jednorazowa dawka wody w mm,  
 $i$  – średnia intensywność zraszania w  $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$

Częstotliwość nawadniania  $T$  w dobach w okresie utrzymywania się bezopadowej pogody

określa się ze wzoru:  $T = \frac{d}{eh}$  [doba],

gdzie:  $d$  – wysokość ostatnio podanej jednorazowej dawki wody w mm  
 $e_h$  – wartość dla przewidywanego dla danego okresu dobowego zużycia wody z górnej, kontrolowanej warstwy gleby w  $\text{mm}\cdot\text{doba}^{-1}$ .

Tabela 7. Przybliżone wielkości dawek polewowych w mm w zależności od zamierzonej głębokości zwilżenia gleby wg Dрупki (za Słowikiem 1979)

Zamierzona głębokość zwilżenia w cm	Gliny		Gliny piaszczyste		Piaski gliniaste		Piaski luźne lub słabo gliniaste	
	mm	$\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$	mm	$\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$	mm	$\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$	mm	$\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$
10	12	120	10	100	8	80	6	60
20	24	240	20	200	16	160	12	120
30	36	360	30	300	24	240	18	180
40	48	480	40	400	32	320	24	240
50	60	600	50	500	40	400	30	300

Przeciętnie przy dawce wody wysokości 25 mm i przeciętnej temperaturze powietrza nawadnianie wypada raz na 10 dni, przy wysokiej raz na 7 dni (licząc  $e_h = 3,5$  mm na dobę). Pojawiające się obfite deszcze wydłużają przerwy w nawadnianiu, a opady bilansują się tak, jak dawki nawodnieniowe, ustalając odpowiednie wartości dobowego zużycia wody  $e_h$  stosownie do temperatur i wilgotności powietrza.

Orientacyjne wielkości dawek polewowych, zależnie od rodzaju gleb i zamierzonej głębokości zwilżania gleb przedstawiono w tabeli 7. Z reguły zalecana miąższość warstwy gleby  $h_k$  do jakiej należałoby ją

zwilżyć podczas nawadniania wynosi dla truskawek 40 cm, a dla krzewów i drzew owocowych 50 cm.

### Nawadnianie kropłowe

W systemach kropłowych bryła ziemi jaką powinniśmy zwilżyć w wyniku wykonania nawodnienia powinna wynosić około 30-33% przestrzeni penetrowanej przez korzenie roślin. Odpowiednią dawkę wody można wyliczyć ze wzoru (Słowik i Kielak 1979):

$$d = \frac{ETr \times S \times 75}{10000 \times A \times B} \quad [\text{l wody na 1 emiter}]$$

gdzie: ETr – dobowe straty wody na ewapotranspirację rzeczywistą w l·ha<sup>-1</sup>,  
 S – pokrycie gleby koronami drzew w %,  
 A – liczba drzew na 1 ha w szt.,  
 B – liczba emiterów na 1 drzewo.

**Przykład:** Podstawiając do wzoru: ETr = 4 mm·doba<sup>-1</sup>, co oznacza straty 40.000 l wody z powierzchni 1 ha; przykrycie gleby koronami drzew S = 40%; A = 800 drzew na ha; B = 2 emiter na drzewo; to ilość wody jaką należy podać systemem kropłowym w przeliczeniu na 1 emiter w sadzie wyniesie:

$$d = \frac{4000 \times 40 \times 75}{10000 \times 800 \times 2} = 7,5 \text{ litrów}$$

Zakładając wydatek 1 emitera równy 2 l·h<sup>-1</sup>, system kropłowy powinien pracować codziennie po 3 godziny i 45 minut na dobę lub co drugi dzień po 7,5 godziny na dobę.

### 5. Wnioski

1. Za klimatyczny wskaźnik potrzeb nawodnień w ogrodnictwie może służyć różnica między ewapotranspiracją potencjalną a opadami atmosferycznymi, czyli  $N = ETp - P$  [mm].

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. Niedobory wody roślin sadowniczych w sezonie wegetacyjnym bądź okresie nawodnieniowym można obliczać odejmując od opadów rzeczywistych opady optymalne dla danego gatunku roślin z wzoru:  $N = P - P_o$  [mm].

4. 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.

5. 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 wynoszą 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.

### **Literatura:**

- Chrzanowski J. 1988: Regionalizacja i klasyfikacja dobowych wartości opadów w Polsce. Wiad. IMiGW, 11, (1-2): 93-102.
- Doorenbos J., Pruitt W.O. 1977: Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper Nr 24, FAO, Roma, 179.



- Drupka S. 1986: Podkoronowe minizraszanie. [W:] Nowe technologie w sadownictwie, red. S. Pieniążek. PWRiL Warszawa, 162-186.
- Dzieżyc J. 1988: Rolnictwo w warunkach nawadniania. PWN Warszawa.
- Grabarczyk S. 1976: Polowe zużycie wody a czynniki meteorologiczne. ZPPNR, PWN Warszawa, 181: 495-511.
- Hołubowicz T. 1993: Sadownictwo. Wyd. AR Poznań.
- Kędziora A. 1995: Podstawy agrometeorologii. PWRiL Poznań.
- Ostromecki J. 1973: Podstawy melioracji nawadniających. PWN Warszawa.
- Press H. 1963: Praktika selkhozozhajstvennykh melioracji. Przekład z niemieckiego, Selchozizdat Moskwa.
- Słowik K. 1973: Deszczowanie roślin sadowniczych. PWRiL Warszawa.
- Słowik K., Kielak Z. 1979: Sposoby określania potrzeb nawadniania roślin sadowniczych. Co nowego w sadownictwie, Pr. Inst. Sad., Biul. Inform. ser. C, 1(65): 10-15.