



OCENA POTRZEB NAWADNIANIA JABŁONI W WYBRANYM REGIONIE POLSKI W LATACH 2011-2016

Katarzyna Wójcik, Waldemar Treder, Aleksandra Zbudniewek
Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach

EVALUATION OF IRRIGATION REQUIREMENTS OF APPLE IN SELECTED FRUIT PRODUCTION REGION POLAND IN THE YEARS 2011-2016

Streszczenie

Polska jest największym producentem jabłek w Europie. Opady atmosferyczne są podstawowym źródłem wody dla roślin. Klimat Polski charakteryzuje przestrzenna i czasowa zmienność, co utrudnia szacowanie potrzeb nawodnieniowych roślin oraz prognozowanie bilansu wodnego. Celem podjętych badań była ocena potrzeb wodnych jabłoni oraz wysokości opadów efektywnych co pozwoli na określenie potrzeb nawadniania. Dane pomiarowe obejmowały okresy wegetacyjne od V do IX za lata 2011-2016. Analizując dane średnie dla lat i lokalizacji badań stwierdzono, że w naszych warunkach klimatyczny bilans wodny (KBW) tylko w czerwcu dokładnie odzwierciedla bilans potrzeb wodnych jabłoni. W maju wartości KBW są wyraźnie zawyżone w odniesieniu do bilansu potrzeb wodnych jabłoni (BPW-jabłoni), a w VII, VIII i IX zaniżone.

Słowa kluczowe: jabłoni, potrzeby wodne

Abstract

Poland is the biggest producer of apple in Europe. Rainfalls are basic source of water for plants. The climate of Poland is characterized by high temporal and spatial variation that makes estimation of plant water requirements and forecasting of water balance difficult. The aim of the study was assessment of water needs of apple trees as well as amount of effective precipitation, enabling estimation of irrigation requirements.

Data was collected during vegetative periods (May – Sep.) of 2011-2016. Analysis of data from different years and locations revealed that in Polish conditions climatic water balance accurately reflects balance of water requirements of apple trees only in June. In May values of climatic water balance were significantly higher, whereas in July, August and September lower compared to balance of apple water requirements.

Key words: *apple, water requirements*

WPROWADZENIE

Polska jest największym producentem jabłek w Europie (Makosz E., 2017). W 2016 roku zebrano rekordową ilość jabłek – 4 mln ton. Sady jabłoniowe w Polsce w 2015 roku zajmowały 180399 ha, natomiast średni krajowy plon jabłek z powierzchni wyniósł ok. 174,4 dt/ha (GUS, 2016). Przy tak wysokiej produkcji jabłek rynek jest bardzo konkurencyjny. Aby zachować wysoką pozycję na rynku, producenci muszą zachować wysoką jakość swoich produktów. Czynnikiem istotnie ograniczającym wysokość i jakość plonu w naszych warunkach klimatycznych jest zbyt mała ilość opadów, czego następstwem jest występowanie suszy glebowej (Treder i in. 2013, Wójcik i in. 2017).

Podstawowym źródłem wody dla roślin są opady atmosferyczne (Koźmiński, Michalska 1995). Charakterystyczną cechą klimatu Polski jest przestrzenna i czasowa zmienność opadów, co utrudnia szacowanie potrzeb nawodnieniowych roślin oraz prognozowanie bilansu wodnego (Kuchar, Iwański 2011). Klimatyczny bilans wodny stosujemy do porównania wysokości ewapotranspiracji, obliczonej na podstawie warunków atmosferycznych, w odniesieniu do sumy opadów atmosferycznych. Bilans taki pozwala na ocenę warunków siedliskowych roślin oraz ocenę potrzeb nawadniania (Łabędzki, 2006). Przyjmuje się, że rośliny sadownicze dla optymalnego wzrostu i plonowania wymagają w naszej strefie klimatycznej około 700 – 800 mm opadów (Słowik 1973). Niestety średnia opadów dla Polski centralnej to zaledwie 500 mm (Bac, Rojek 1979).

Opady charakteryzują się bardzo różną wielkością i intensywnością co ma wpływ na ich efektywność (Treder i in. 2011; Żarski, Dudek 2009; Zier-

nicka – Wojtaszek 2015). Efektywność opadów zależy od ich natężenia. Najmniej efektywne są opady nawalne, które w bilansie klimatycznym Polski stanowią stosunkowo duży przychód (Treder, Konopacki 1999). W przypadku dużej ilości lub nadmiernej intensywności opadów część wody może przesiąkać poza zasięg systemu korzeniowego lub jest odprowadzana z pola jako spływ powierzchniowy (Ballif, 1995; Treder, Konopacki 1999). Drupka (1993) podaje, że najbardziej korzystne dla roślin są opady o niskiej intensywności (od 2 – 3 mm h⁻¹). Bac i Rojek (1979) podnoszą tę wartość do 4 mm h⁻¹. Według Chudeckiego i współautorów (1971) niewielkie opady (poniżej 2,5 mm dziennie) nie wpływają na wilgotność gleby. Święcicki (1981) podaje że opady, których suma w ciągu doby jest mniejsza niż 5 mm nie mają znaczenia dla życia roślin – część wody niemal natychmiast odparowuje, pozostała zwilża tylko wierzchnie warstwy gleby. Według Drupki (1976) tylko opady większe niż dobowe wartości ewapotranspiracji potencjalnej mogą być uwzględniane jako znaczące w bilansie wodnym gleby. Tak więc przy analizie potrzeb nawadniania należy brać pod uwagę nie sumę opadów, ale sumę opadów efektywnych.

Konieczność nawadniania jabłoni w polskich warunkach klimatycznych udowodniły badania prowadzone w kilku ośrodkach naukowych położonych w różnych regionach kraju. Badania te wykazały, że nawadnianie zwiększa plonowanie jabłoni średnio o 30% (Treder, 1996). Owoce rosnące w warunkach suszy są zazwyczaj mniejsze, gorzej wybarwione i częściej zapadają na choroby przechowalnicze niż te, rosnące w warunkach optymalnej wilgotności gleby (Dori i in. 2005, Day 1997, Perez-Pastor i in. 2007, Treder i in. 2009).

Podstawowym czynnikiem decydującym o potrzebie nawadniania jest przebieg pogody, który określa bilans przychodów (ilość opadów efektywnych) i rozchodów wody (ewapotranspiracja), (Doorenbos, Pruitt 1977; Xing i in. 2008; Rzekanowski 2009). Ewapotranspiracja może być mierzona za pomocą lizymetrów wagowych lub szacowana w oparciu o pomiary meteorologiczne za pomocą wielu modeli matematycznych (Treder i in., 2010). Potrzeby wodne określonego gatunku roślin szacujemy w oparciu o wysokość ewapotranspiracji i specyficzny dla gatunku i okresu jego wegetacji współczynnik roślinny *k* (Doorenbos, Pruitt 1977).

Większość prac zajmujących się warunkami klimatycznymi Polski opisuje tzw. klimatyczny bilans wodny (KBW), a więc bezpośredni bilans ewapotranspiracji wskaźnikowej, która odnosi się do potrzeb wodnych murawy w odniesieniu do sumy opadów bez uwzględnienia ich efektywności. Dane te nie oddają rzeczywistego bilansu wodnego, a więc nie mogą służyć do określenia rzeczywistych potrzeb wodnych nawadniania roślin uprawnych.

CEL, MATERIAŁ I METODY

Celem opracowania jest ocena potrzeb wodnych jabłoni oraz wysokości opadów efektywnych co pozwoli na określenie potrzeb nawadniania tak ważnego dla gospodarki gatunku roślin sadowniczych. Dane meteorologiczne obejmujące okresy wegetacyjne od maja do września w latach 2011 – 2016. Dane pochodziły z trzech automatycznych stacji meteorologicznych (iMetos – Pessl Austria) rozmieszczonych w różnych regionach Polski: Skierniewice (N-51°57', E-20°09'), Biała Rządowa (N-51°15', E-18°27') i Zawichost (N-50°48', E-21°51').



Rysunek.1. Lokalizacja stacji meteo uwzględnionych w badaniach.

Figure 1. Location of meteorological stations.

Ewapotranspirację wskaźnikową (E_{To}) dla stacji objętych badaniami obliczono według modelu Hargreavesa, który uwzględnia pomiary maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza oraz dane dotyczące promieniowania słonecznego docierającego do atmosfery ziemi.

Model Hargreavesa:

$$E_{To} = HC Ra (T_{max} - T_{min})^{HE} \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) + HT$$

HC – współczynnik empiryczny = 0,00023

Ra – radiacja ponad atmosferą (mm dzień⁻¹)

T. max – temperatura maksymalna powietrza (°C)

T. min – temperatura minimalna powietrza (°C)

HE – współczynnik empiryczny = 0,5

HT – współczynnik empiryczny = 17,8

Do obliczeń wykorzystano aplikację zamieszczoną na stronie www.nawadnianie.inhort.pl, która została utworzona w ramach Programu Wieloletniego IO i zad. 3.1 „Rozwój wodo i energooszczędnych technologii upraw ogrodniczych”.

Współczynnik roślinny (k) dla jabłoni przyjęto za Doorenbosem i Pruittem (1977). Wartość współczynnika jest charakterystyczna dla gatunku i zmienia się w poszczególnych fazach rozwojowych roślin. Potrzeby wodne jabłoni ($ET_{jabłoni}$) określone zostały za pomocą przemnożenia wartości ewapotranspiracji wyliczonej modelem Hargreavsa przez specyficzny dla jabłoni współczynnik roślinny k: $ET_{jabłoni} = k ETo$ (Allen i in. 1998).

Do oceny efektywności opadów użyto dwóch kryteriów: kryterium przyjętego przez Drupkę (1976), który definiuje opady efektywne jako takie, których ilość jest wyższa od dobowej wartości ewapotranspiracji wskaźnikowej. W przypadku drugiego kryterium do oceny efektywności opadów przyjętego wg. Chomicza (1953) opady nawalne to opady >20 mm. Przyjęto, że ze względu na pojemności wodną gleb i zasięg aktywnego systemu korzeniowego jabłoni (ok 40 cm) gleba nie może retencjonować dziennych opadów wyższych od 20 mm. Wyznaczony w pracy współczynnik zmienności opadów określano statystycznie za pomocą wzoru jako miara zróżnicowania rozkładu cechy: $V = \frac{s}{\bar{x}} 100\%$

OPIS I WYNIKI BADAŃ

W latach objętych badaniami, opady atmosferyczne charakteryzowały się bardzo dużą zmiennością od 30% dla Skierniewic do 39% dla Zawichostu. Kaczorowska (1962) szacuje zmienność opadów dla Polski zaledwie na poziomie 13%. Autorka podaje, że wiosną te współczynniki mogą wahać się w zakresie 20% – 34%, a jesienią 29% – 45%. W przypadku naszych pomiarów na stacji w Zawichoście współczynnik zmienności opadów dla lipca wyniósł aż 122%. Współczynnik zmienności wyznaczony dla wszystkich stacji w maju wyniósł 69% a w czerwcu 42%.

Zmierzone średnie opady dla okresów wegetacji za lata 2011 – 2016 były zazwyczaj niższe od średnich opadów z wielolecia wyznaczonych dla tych obszarów przez Koźmińskiego i Michalską (1995). W przypadku Skierniewic średnia suma opadów w okresie wegetacji (lata 2011 – 2016) wynosiła 308 mm, przy średniej wieloletniej równej 375 mm. Dla Białej Rządowej średnia ta wynosiła 282 mm, a dla Zawichostu średnie opady dla badanych lat wynosiły 323 mm.

Tabela 1. Sumy opadów w okresie wegetacji oraz liczba dni deszczowych w zależności od przyjętego kryterium efektywności – Skierniewice (2011 – 2016).

Table 1. Total amount of precipitation over growing season and a number of days with a rainfall depending on the adopted efficiency criterion – Skierniewice (2011 – 2016).

Rok	Odnotowane opady		Dzienne opady > ETo				Dzienny opad > 20mm			
	Suma (mm)	Liczba dni deszczowych	Suma (mm)	Liczba dni z opadem > ETo	% w odniesieniu do odnotowanej sumy opadów	% w odniesieniu do liczby dni deszczowych	Suma (mm)	Liczba dni z opadem > 20 mm	% w odniesieniu do odnotowanej sumy opadów	% w odniesieniu do liczby dni deszczowych
2011	428	71	396	35	92	46	157	5	37	7
2012	230	58	192	20	83	34	84	3	36	5
2013	351	64	337	40	96	63	86	3	24	5
2014	329	71	308	38	93	54	78	3	24	4
2015	173	52	143	18	83	35	0	0	0	0
2016	338	59	310	32	92	54	98	3	29	5
Średnia	308	62	281	30	90	48	84	2,8	25	4,3

W tabelach 1, 2, 3 zaprezentowano wysokość opadów oraz ogólną liczbę dni z opadami występującymi w analizowanym okresie. W każdym sezonie wegetacyjnym we wszystkich ocenianych lokalizacjach występowała stosunkowo duża liczba dni z opadem niższym od wyznaczonej dla tego dnia wartości ETo. Przykładowo dla Skierniewic w sezonie wegetacyjnym 2011 roku na 71 dni z opadem zaledwie w ciągu 35 dni odnotowano opad wyższy od ewapotranspiracji. Pomimo tego, że dni z opadem efektywnym stanowiły zaledwie 46% ogółu dni deszczowych wniosły one 92% sumy opadów odnotowanych dla tego okresu oceny. Bardzo podobne zależności odnotowano także dla pozostałych lokalizacji. Rekordowy pod względem ilości opadów efektywnych okazał się rok 2011 w Zawichoście, gdzie suma opadów efektywnych wynosiła 520 mm co stanowiło 94% ogółu opadów i aż 52% dni deszczowych. Najniższy udział opadów efektywnych (większych od dziennej ETo) w odniesieniu do całkowitej ilości opadów odnotowano w bardzo suchym roku 2015. W Skierniewicach dni z opadem efektywnym stanowiły 35% ogółu dni deszczowych odpowiadało to 83% ogólnej ilości opadów. W Białej Rządowej dni z opadem efektywnym stanowiły zaledwie 20% ogółu dni deszczowych co odpowiadało 68% sumy opadów. Odpowiednie wartości dla Zawichostu w 2015 roku wynosiły 47% dni z opadem efektywnym co stanowiło 73% ogółu opadów. Analizując dane średnie z lat stwierdzono, że w Skierniewicach dni z opadem wyższym od ETo stanowiły

48% ogółu, a ich udział w przychodach klimatycznego bilansu wodnego stanowił aż 90% sumy opadów. Odpowiednio w Białej Rządowej 41% dni z opadem efektywnym wniosło 85% opadów i Zawichoście 44% dni dało 85% opadów.

Tabela 2. Sumy opadów w okresie wegetacji oraz liczba dni deszczowych w zależności od przyjętego kryterium efektywności – Biała Rządowa (2011 – 2016).

Table 2. Total amount of precipitation over growing season and a number of days with a rainfall depending on the adopted efficiency criterion – Biała Rządowa (2011 – 2016).

Rok	Odnotowane opady		Dzienny opad < ETo				Dzienny opad > 20mm			
	Suma (mm)	Liczba dni deszczowych	Suma (mm)	Liczba dni deszczowych	% odnotowanych opadów	% odnotowanej liczby	Suma (mm)	Liczba dni deszczowych	% odnotowanych opadów	% odnotowanej liczby
2011	285	69	239	24	84	35	100	4	35	6
2012	337	72	296	32	88	44	54	2	16	3
2013	393	68	373	36	95	53	133	5	34	7
2014	243	47	223	26	92	55	49	2	20	4
2015	140	71	96	14	68	20	*	*	*	*
2016	293	63	254	24	86	38	75	3	25	5
Średnia	282	65	247	26	85	41	82	3	26	5

* – brak danych

Niską efektywność mają także opady bardzo wysokie (nawalne), które nie mogą być zakumulowane w glebie. Często ich intensywność jest bardzo wysoka co powoduje znaczny spływ powierzchniowy. Wyniki naszych analiz (tabele 1, 2, 3) wykazały, że opady tego rodzaju stanowią stosunkowo duży przychód w bilansie klimatycznym. Szczególnie wysoki udział opadów nawalnych odnotowywano w Zawichoście – w roku 2011, było to aż 57% ogólnej sumy opadów a w 2014 – 54%. Średnio dla okresu badań w Zawichoście opady nawalne stanowiły 39 % sumy opadów co odpowiadało 7% dni deszczowych. Niższy udział opadów nawalnych odnotowano w Skierniewicach gdzie stwierdzono zaledwie 4,3% dni deszczowych, których udział w sumie opadów wyniósł 25% a w Białej Rządowej dni z opadem nawalnym stanowiły 5% ogółu dni deszczowych w których spadło 26% sumy opadów. Zdaniem Ballifa (1995) opady nawalne są niekorzystne, ponieważ przenikają poza zasięg systemu korzeniowego lub zostają odprowadzone z pola jako spływ powierzchniowy – nie są dostatecznie wykorzystane przez rośliny. Potwierdzają to także badania Tredera i Konopackiego

(1999), którzy w swoich badaniach również potwierdzili niską efektywność opadów nawalnych. Nadmiar opadów przy działaniu wysokiej temperatury i ograniczonej przepuszczalności gleby lub braku prawidłowego zdrenowania, może po ulewnych deszczach powodować zastoiska wodne, utrzymujące się nieraz przez kilka tygodni. W skrajnych przypadkach w wyniku braku tlenu w glebie zalegająca woda może być powodem wypadania drzew (Treder, Pacholak 2006). Opady nawalne występowały w okresie prowadzenia badań stosunkowo rzadko bo średnio dla lat i lokalizacji zaledwie 3,3 dni na 61 dni z opadem w ciągu sezonu wegetacyjnego (Rys.1). Stanowiło to 5,4% wszystkich deszczowych dni ich ilość była jednak bardzo znacząca ponieważ średnio wyniosła aż 35,3% sumy opadów. Dienne opady poniżej wartości ewapotranspiracji stanowią zaledwie 10% sumy opadów.

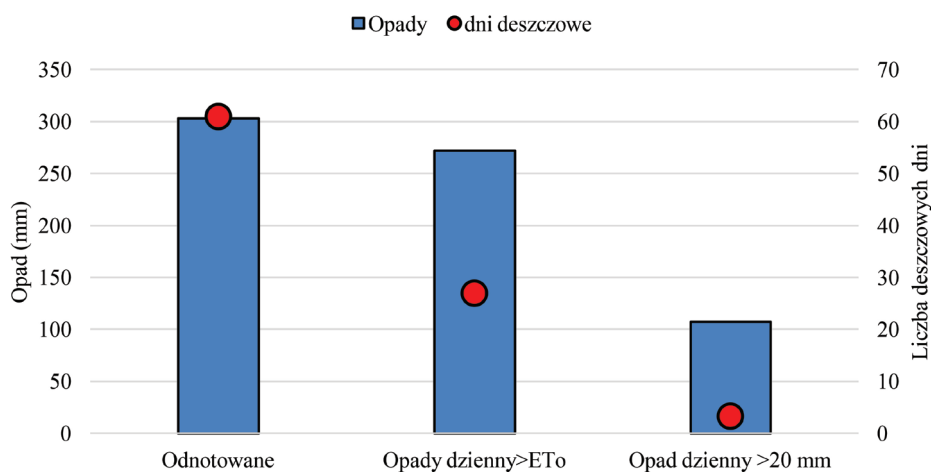
Tabela 3. Sumy opadów w okresie wegetacji oraz liczba dni deszczowych w zależności od przyjętego kryterium efektywności – Zawichost (2011 – 2016).

Table 3. Total amount of precipitation over growing season and a number of days with a rainfall depending on the adopted efficiency criterion – Zawichost (2011 – 2016).

Rok	Odnotowane opady		Dzienny opad < ETo				Dzienny opad > 20mm			
	Suma (mm)	Liczba dni deszczowych	Suma (mm)	Liczba dni deszczowych	% odnotowanych opadów	% odnotowanej liczby	Suma (mm)	Liczba dni deszczowych	% odnotowanych opadów	% odnotowanej liczby
2011	550	63	520	33	94	52	316	8	57	13
2012	377	64	344	27	91	42	157	5	42	8
2013	283	55	260	16	92	29	153	5	54	9
2014	209	51	183	21	87	41	32	1	15	2
2015	287	57	211	27	73	47	135	5	47	9
2016	234	49	211	26	90	53	45	2	19	4
Średnia	323	56	288	25	88	44	140	4	39	7

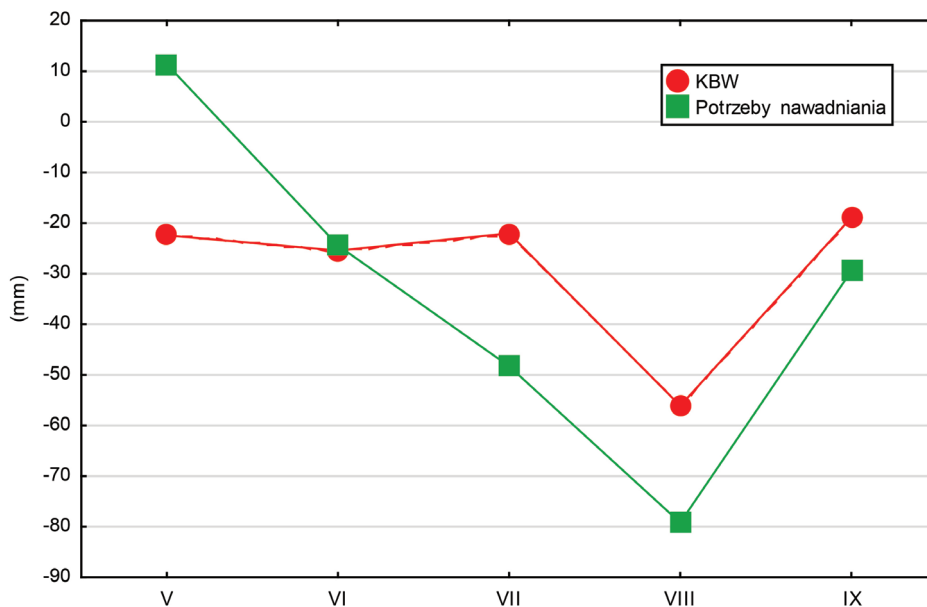
W tabeli 4 przedstawiono klimatyczny bilans wodny oraz potrzeby wodne jabłoni w latach 2011-2016. W maju potrzeby wodne jabłoni są zawsze niższe niż wartości klimatycznego bilansu wodnego. Wynika to przede wszystkim z niskiej wartości współczynnika roślinnego dla jabłoni (0,4 – 0,7) w tym okresie. Latem wraz ze wzrostem wartości współczynnika roślinnego (1.2) i przy uwzględnieniu efektywności opadów wyznaczone bilanse potrzeb wodnych jabłoni są wyraźnie

nizsze od bilansów klimatycznych. Najwyższe potrzeby nawadniania występują w miesiącach letnich. Sezon wegetacyjny roku 2011 w Skierniewicach wykazał dodatni bilans klimatyczny jak też dodatni bilans potrzeb nawadniania jabłoni. Analizując jednak każdy miesiąc indywidualnie stwierdzamy, że na wynik sumaryczny istotnie wpłynęły wysokie opady występujące w lipcu. We wszystkich pozostałych miesiącach sezonu wegetacyjnego wyznaczone bilanse były ujemne a więc dla osiągnięcia wysokich i dobrej jakości plonów nawadnianie było wskazane. Podobną sytuację w tym samym roku mieliśmy w Zawichoście gdzie w lipcu odnotowano ekstremalnie dużą ilość opadów. Sezonowe przedstawianie bilansów wodnych nie odzwierciedla krótkookresowej rzeczywistej sytuacji hydrologicznej a więc też i potrzeb nawadniania roślin. Nawet gdy sezonowa suma opadów jest wysoka mogą występować dotkliwie okresowe niedobory opadów. W roku 2012 we wszystkich lokalizacjach w całym sezonie wegetacyjnym (poza czerwcem w Białej Rządowej) wystąpiły stosunkowo wysokie potrzeby nawadniania jabłoni. W latach 2013 i 2014 nie wykazano potrzeb nawodnieniowych jabłoni tylko w miesiącach wiosennych w roku 2013 był to maj i czerwiec a w 2014 tylko maj. W kolejnych latach 2015 i 2016 wykazano wysokie niedobory opadów w całym okresie wegetacji.



Rysunek 2. Procent odnotowanych opadów efektywnych > ETo i opadów nawalnych > 20 mm. Dane średnie za lata 2011-2016 – Skierniewice, Biała Rządowa, Zawichost.

Figure 2. Percentage contribution of effective rains > ETo and rainstorms > 20 mm. Average data for years 2011-2016 – Skierniewice, Biała Rządowa, Zawichost.



Rysunek 3. Klimatyczny bilans wodny (KBW) oraz bilans potrzeb wodnych jabłoni (BPW-jabłoni). Dane średnie za lata 2011-2016, Skierniewice, Biała Rządowa, Zawichost.

Figure 3. Climatic water balance (CWB) and apple tree water requirement balance (WRB-apple). Average data for years 2011-2016, Skierniewice, Biała Rządowa, Zawichost.

Analizując dane średnie dla lat i lokalizacji badań (Rys. 3) można stwierdzić, że w naszych warunkach KBW tylko w czerwcu dokładnie spełnia bilans potrzeb wodnych jabłoni. W maju wartości KBW są wyraźnie zawyżone w odniesieniu do BPW-jabłoni a w VII, VIII i IX zaniżone. W okresie w którym prowadzono badania średnie niedobory opadów wyniosły w czerwcu 24,4 mm, w lipcu 48,2 mm a w sierpniu aż 79 mm.

Tabela 4. Klimatyczny bilans wodny (KBW) i bilans potrzeb wodnych jabłoni (BPW-jabłoni). Skierniewice, Biała Rządowa, Zawichost (2011 – 2016).

Table 4. Climatic water balance and apple tree water requirement balance. Skierniewice, Biała Rządowa, Zawichost (2011 – 2016).

Rok	Miesiąc	Skierniewice		Biała Rządowa		Zawichost	
		KBW	BPW-jabłoni	KBW	BPW-jabłoni	KBW	BPW-jabłoni
2011	V	-42,8	-7	-52,4	-10,8	-73,2	-31,4
	VI	-4,9	-4,2	-47,5	-57,6	-17,9	-18,6
	VII	106,4	78,8	9,6	-15,5	274,7	249,3
	VIII	-9,8	-31,4	-31,3	-59,2	-47,1	-69,8
	IX	-4,3	-49,2	-42,9	-53	-51,6	-60,1
Suma	V – IX	44,6	31,6	-164,5	-196,1	84,9	69,4
2012	V	-81,5	-41	-73,7	-33,5	-49,6	-9,5
	VI	-31,2	-29,9	38,7	38,5	-7,3	-5,8
	VII	-40,3	-77,9	-38,5	-71,6	-13,9	-46,8
	VIII	-33,1	-56,0	-36,9	-64,8	-23,4	-47,4
	IX	-12,9	-22,9	-14,5	-23,5	-27,6	-38,7
Suma	V – IX	-199	-227,7	-124,9	-154,9	-121,8	-148,2
2013	V	39,4	74,3	65,4	100,6	63,1	100,9
	VI	43,4	50,3	25,1	26,5	-8,4	-5,4
	VII	-94,6	-120,4	-82,5	-104,7	-105,2	-128,9
	VIII	-61,8	-81	-58,3	-79,7	-99	-120,9
	IX	16	9,4	12,3	0,8	-35,1	-47,1
Suma	V – IX	-57,6	-67,4	-38	-56,6	-184,6	-201,4
2014	V	4,4	36,1	6	40	24,9	54,2
	VI	-33,8	-27,3	-57,8	-55,9	-74	-70,5
	VII	-22,7	-48,6	-41,3	-59,2	-110,3	-134,4
	VIII	-4,9	-26,5	0	0	-89,3	-107,4
	IX	-26,7	-33,5	2,7	-7,0	-7,8	-18,1
Suma	V – IX	-83,7	-99,8	-90,4	-82,1	-256,5	-276,2
2015	V	-45,5	-13,1	-65,9	-29,7	-35,4	0
	VI	-59,3	-59	-40	-47,4	-66,2	-57,9
	VII	-65,4	-93,9	-76,4	-108,1	-38,7	-35,2
	VIII	-83,7	-108	-96,1	-123,5	-115,3	-140,1
	IX	-30	-30	-48,8	-54,4	43,7	33,4
Suma	V – IX	-283,9	-304	-327,2	-363,1	-211,9	-199,8

Rok	Miesiąc	Skierniewice		Biała Rządowa		Zawichost	
		KBW	BPW-jabłoni	KBW	BPW-jabłoni	KBW	BPW-jabłoni
2016	V	-45,5	-2,3	-20,5	17,8	-20,7	-40,7
	VI	-8,9	-8,0	-27,9	-32,2	-79,7	-75,3
	VII	13,1	-16	-32,6	-67,2	-37,7	-68,9
	VIII	-35,3	-58,1	-65,5	-86,3	-63,2	-86,5
	IX	-42,8	-50,4	-26,5	-35,6	-43,5	-50,9
Suma	V – IX	-119,4	-134,8	-173	-203,5	-244,8	-322,3

PODSUMOWANIE

W latach objętych badaniami opady atmosferyczne charakteryzowały się bardzo dużą zmiennością od 30% dla Skierniewic do 39% dla Zawichostu. W Zawichoście współczynnik zmienności opadów dla lipca wyniósł aż 122%. Współczynnik zmienności wyznaczony dla wszystkich stacji w maju wyniósł 69% a w czerwcu 42%. W każdym z badanych sezonów wegetacyjnych we wszystkich ocenianych lokalizacjach występowała stosunkowo duża liczba dni z opadem niższym od wyznaczonej dla tego dnia wartości ETo. Analizując dane średnie z lat stwierdzono, że w Skierniewicach dni z opadem wyższym od ETo stanowiły 48% ogółu, a ich udział w przychodach klimatycznego bilansu wodnego stanowił aż 90% sumy opadów. Odpowiednio w Białej Rządowej 41% dni z opadem efektywnym wniosło 85% opadów i Zawichoście 44% dni dało 85% opadów. Opady nawalne występowały w okresie prowadzenia badań stosunkowo rzadko bo średnio dla lat i lokalizacji zaledwie 3,3 dni na 61 dni z opadem w ciągu sezonu wegetacyjnego. Stanowiło to 5,4% wszystkich deszczowych dni ich ilość była jednak bardzo znacząca ponieważ średnio wyniosła aż 35,3% sumy opadów. Analizując dane średnie dla lat i lokalizacji badań stwierdzamy, że w naszych warunkach klimatyczny bilans wodny (KBW) tylko w czerwcu dokładnie odzwierciedla bilans potrzeb wodnych jabłoni (BPW-jabłoni). W maju wartości KBW są wyraźnie zawyżone w odniesieniu do bilansu potrzeb wodnych jabłoni (BPW-jabłoni), a w VII, VIII i IX zaniżone. W okresie w którym prowadzono badania średnie niedobory opadów wyniosły w czerwcu 24,4 mm, w lipcu 48,2 mm a w sierpniu aż 79 mm.

Przedstawione analizy nie uwzględniają przychodów wody pochodzących z podsiąkania które przy wysokim poziomie wód gruntowych wiosną może mieć istotny udział w rzeczywistym bilansie wodnym. Latem kiedy dla większości stanowisk poziom wód gruntowych się znacznie obniża i przychody z podsiąkania można praktycznie pominąć uśrednione dane zawarte w tej pracy mogą posłużyć do wstępnego oszacowania ilości wody niezbędnej do nawadniania. Symulacje tu wykonane odnoszą się do intensywnego sadu będącego w pełni

owocowania. Rzeczywiste wielkości zużytej wody w sadzie zależą od wieku i intensywności nasadzenia, formy korony, zastosowanych ściółek, intensywności nawadniania oraz rodzaju i efektywności systemu nawodnieniowego.

*Badania opisane w opracowaniu były finansowane z dotacji dla
Młodych Naukowców*

LITERATURA:

Allen R.G., Pereira S., Raes D., Smith M. 1998. *Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, s.300.

Bac S., Rojek M. 1979. *Meteorologia i klimatologia*. PWN, Warszawa

Ballif J.L. 1995. *Runoff water and infiltration of a viticultural soil in Champagne*. Results of mulching with municipal compost and crushed bark 1985-1994. *Progres Agricole et Viticole*, 112, s. 534-544.

Chomicz K., 1953. *Normy opadowe dla potrzeb kanalizacji miast*. *Gospodarka Wodna* nr 10, s. 377-382.

Chudecki Z., Duda L., Koźmiński C. 1971. *Wpływ wielkości opadów atmosferycznych na zmiany uwilgotnienia gleby lekkiej na terenie RZD Lipki*. *Zesz. Nauk. WSR w Szczecinie* 37, s. 47-68.

Day K.R. 1997. *Orchard factors affecting postharvest stone fruit quality*. *Hortscience* 32, s.820-823

Drupka S. 1976. *Techniczna i rolnicza eksploatacja deszczowni*. PWRiL, Warszawa, s.103-122

Drupka S. 1993. *Jak podlewać?* PZD, Warszawa

Dori K., Behboudian M.H., Zagebe – Deminguez J.A. 2005. *Water relations, growth, yield, and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial root zone drying*. *Scientia Horti*. 104, s.137-149

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

GUS. 2016 .www.stat.gov.pl

Kaczorowska Z. 1962. *Opady w Polsce w przekroju wieloletnim*. *Prace geograficzne* nr 33. Wydawnictwa Geologiczne Warszawa, s.112.

Koźmiński C., Michalska B. 1995. *Atlas uwilgotnienia gleby pod roślinami uprawnymi w Polsce*. AR Szczecin, s.56.

Kuchar L., Iwański S. 2011. *Symulacja opadów atmosferycznych dla oceny potrzeb nawodnień roślin w perspektywie oczekiwanych zmian klimatycznych*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 5, s.7-18.

Łabędzki L., 2006. *Susze rolnicze-zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Nr 17, s.107.

Makosz E, 2017. Prof. Makosz: rekordowe zbiory jabłek w 2016 r., niskie ceny. Rzeczpospolita.

Perez – Pastor A., Ruiz – Sanchez M.C., Martinez J.A., Nortes P.A., Artes F., Domingo F. 2007. *Effect of deficit irrigation on apricot fruit quality at harvest and during storage*. J. Sci. Food Agric. 87, s. 2409 – 2415.

Treder W., 1996. *Badania nad efektywnością nawadniania roślin sadowniczych w Polsce*. XXXIV Ogólnopolska Naukowa Konferencja Sadownicza ISK, s.19-27.

Treder W., Konopacki P., 1999. *Impact of quantity and intensity of rainfall on soil water content in an orchard located in the central part of Poland*. Journal of water and land development no 3, s. 47-58.

Treder W., Pacholak E., 2006. *Nawadnianie roślin*. Praca zbiorowa pod redakcją Stanisława Kaczmarczyka i Lecha Nowaka. PWRiL, s.333 – 346.

Treder W., Klamkowski K., Krzewińska D., Tryngiel – Gać A. 2009. *Najnowsze trendy w nawadnianiu upraw sadowniczych – prace badawcze związane z nawadnianiem roślin prowadzone w ISK w Skierniewicach*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 6, s. 95-107.

Treder W., Wójcik K., Żarski J. 2010. *Wstępna ocena możliwości szacowania potrzeb wodnych roślin na podstawie prostych pomiarów meteorologicznych*. Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa t.18, s. 143-153.

Treder W., Wójcik K., Tryngiel-Gac A., Krzewińska D., Klamkowski K., 2011. *Rozwój nawodnień roślin sadowniczych w świetle badań ankietowych*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 5, s.61-69.

Treder W., Jakubiak B., Klamkowski K., Rudnicki W., Kursa M., Tryngiel-Gac A., 2013. *Prognoza potrzeb wodnych – internetowa platforma prognozowania potrzeb wodnych roślin sadowniczych zrealizowana w ramach projektu Proza*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 2/I, s. 115-125.

Rzekanowski Cz., 2009. *Kształtowanie się potrzeb nawodnieniowych roślin sadowniczych w Polsce*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 3, s.19-27.

Słowik K. 1973. *Wpływ nawadniania i nawożenia na wzrost i owocowanie roślin sadowniczych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 2, s. 59-67.

Święcicki Cz. 1981. *Gleboznawstwo melioracyjne*. PWN, Warszawa, s.218-228.

Wójcik K., Treder W., Zbudniewek A., 2017. *Estimation of plant water requirements during sequences of days without precipitation in 2011-2015*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich nr II/1, s.611-623.

Ziernicka-Wojtaszek A., Zuśka Z., Piskulak P. 2015. *Potrzeby opadowe roślin uprawnych w aspekcie współczesnych zmian klimatu*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, III/1, 507-514.

Żarski J., Dudek S. 2009. *Zmienność czasowa potrzeb nawadniania wybranych roślin w regionie Bydgoszczy*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 3, 141-149.

Xing Z., Chow L., Meng F.R., Res H.W., Stevens L., Monteith L., 2008. *Validating evapotranspiration equations using Bowen Ratio in New Brunswick*. Maritime, Canada 8, s.412 – 428.

Mgr Katarzyna Wójcik
Prof. dr hab. Waldemar Treder
Aleksandra Zbudniewek
Zakład Agrotechnologii – Pracownia Nawadniania
Instytut Ogrodnictwa
Ul. Konstytucji 3 Maja 1/3
96-100 Skierniewice
Tel. 46 8345415
e-mail: Katarzyna.Wojcik@inhort.pl
Waldemar.Treder@inhort.pl

Wpłynęło: 15.09.2017

Akceptowano do druku: 20.12.2017