

OSZACOWANIE ZMIAN POTENCJAŁU WODNEGO LIŚCI SELERA I BURAKA NA PODSTAWIE POMIARÓW WYBRANYCH CZYNNIKÓW METEOROLOGICZNYCH

Joanna Stabryła¹, Stanisław Grzesiak²

¹ Katedra Rekultywacji Gleb i Ochrony Torfowisk,
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

² Zakład Fizjologii Roślin im. F. Górskiego, Polskiej Akademii Nauk w Krakowie

Wstęp

Okresowe lub długotrwałe braki wody we wszystkich rolniczych regionach świata są czynnikiem ograniczającym wykorzystanie energii słonecznej w produkcji żywności i pasz. Zawartość wody w glebie, zarówno w znaczeniu jej niedoboru (susza glebowa) jak i nadmiaru (zatapianie upraw), jest głównym czynnikiem środowiska powodującym obniżenie plonów [JONES 1992]. Aktualne warunki meteorologiczne i zawartość wody w glebie oddziałuje zarówno pośrednio jak i bezpośrednio na intensywność plonotwórczych procesów fizjologicznych, a współdziałanie pomiędzy tymi czynnikami nie jest wystarczająco poznane i wyjaśnione. Przyпуска się, że zróżnicowanie sezonowej zmienności uwodnienia tkanek jest odpowiedzialne za obserwowaną niestabilność plonowania roślin uprawnych, w tym szczególnie odmian wrażliwych na działanie stresu suszy.

W polskich warunkach klimatycznych rośliny uprawne są często narażone na wystąpienie warunków okresowej suszy. Aby przeciwdziałać jej niekorzystnym następstwom coraz częściej stosuje się nawadnianie gleby. Ze względów ekonomicznych konieczne jest opracowanie metod pozwalających na optymalizację ilości wody dostarczanej, niezbędnej dla prawidłowej wegetacji roślin. Większość zalecanych do praktycznego stosowania metod sztucznego deszczowania upraw opiera się na pomiarach ewapotranspiracji rzeczywistej i pozornej, fluorescencji lub na aktualnym stanie zawartości wody w glebie. Niestety szerszego praktycznego zastosowania dotychczas nie znalazły metody oparte na pomiarach fizjologicznych parametrów stanu uwodnienia tkanek roślinnych.

W układzie gleba-roślina-atmosfera siłą motoryczną ruchu wody w roślinie jest gradient potencjału wody w tym układzie. Aktualny potencjał wody w glebie zależy przede wszystkim od ilości opadów deszczu, poziomu wody gruntowej oraz temperatury. Obniżenie potencjału wodnego gleby w warunkach suszy powoduje obniżenie potencjału wody w komórkach różnych organów roślinnych przy czym zmiany potencjału wody w tkankach nadziemnych roślin są bardziej widoczne, gdyż w przeciwieństwie do środowiska glebowego, środowisko atmosferyczne charakteryzuje się większą zmiennością parametrów meteorologicznych, w tym

szczególnie temperatury i wilgotności powietrza [JOHNSON i in. 1991; Li i in. 1991].

Celem pracy było wyznaczenie minimalnego zestawu niezależnych czynników meteorologicznych pozwalających na ilościowe określenie aktualnego potencjału wodnego liści buraka i selera. Szczególną uwagę zwrócono na możliwość wykorzystania biofizycznych parametrów uwodnienia liści badanych gatunków roślin warzywnych i ich wykorzystanie dla prognozowania czasu nawadniania poletek.

Materiał i metody

Doświadczenie prowadzono w sezonach wegetacyjnych 1993–1995 na selerze korzeniowym, odmiany Jabłkowy i buraku ćwikłowym, odmiany Czerwona Kula. Oba badane gatunki charakteryzują się dużymi wymaganiami wodnymi i są wrażliwe na odczyn gleby (pH od 6,5 do 7,0).

Poletka doświadczalna (3 x 6 m) zlokalizowano w Chelmie koło Krakowa. W doświadczeniu stosowano 2 obiekty: rośliny nawadniane (IR) i poddane działaniu suszy (D) w trzech powtórzeniach. Nawadnianie gleby prowadzono według wskazań tensjometrów, które były założone na głębokości 25 cm na poletkach deszczowanych (przeciętna głębokość korzenienia się analizowanych roślin). Warzywa deszczowano wówczas, gdy wskazania tensjometrów spadały poniżej – 0,05 MPa.

Pomiary

Pomiary potencjału wodnego (Ψ) liści selerów i buraków wykonywano w godzinach pomiędzy 13 a 16, w miesiącach lipcu, sierpniu i wrześniu, przy pomocy prasy sprężynowej zaprojektowanej przez Boronia i dostosowanej do pomiarów polowych. Z liści selerów i buraków, o podobnych cechach morfologicznych, wycinano 3 krążki liściowe (o średnicy 10 mm) i umieszczano na tłoczku dociskowym, na porowatej gąbce pokrytej folią. Krążki przykrywano bibułą, po czym „zamykano” prasę głowicą aparatu z przezroczystym okienkiem z pleksi, które umożliwiało zaobserwowanie momentu wypłynięcia soku ksylemu. W chwili pojawienia się soku z krążków liściowych odczytywano siłę dociskową, którą następnie przeliczano na potencjał wodny liści według następującego wzoru:

$$\Psi = -0,132d - 0,009 \quad (\text{MPa})$$

gdzie:

Ψ – potencjał wodny liści roślin (MPa)

d – wartość odczytana z prasy sprężynowej

Pomiary względnej wilgotności powietrza (RH) wykonywano psychrometrem Assmanna o godzinie 13⁰⁰, na wysokości 1 m nad powierzchnią gleby. Wyniki pomiarów wykorzystano do obliczeń potencjału wodnego atmosfery (Ψ_a).

Sumę ewapotranspiracji potencjalnej (ET_p), w dekadzie lub w krótszym okresie, obliczono metodą Penmana w modyfikacji francuskiej, przystosowaną do warunków krajowych [ROGUSKI i in. 1987; KOWALIK 1995], wykorzystując algorytm zawarty w programie symulacyjnym SWAP [VAN DEN BROEK i in. 1994]. Szczegółowy opis obliczeń ewapotranspiracji zamieszczono w pracy [STABRYŁA, BORON 2001].

Evapotranspirację rzeczywistą (ET_r) dla roślin uprawianych w warunkach nawodnień obliczono z zależności [ROGUSKI i in. 1987]:

$$ET_r = k \cdot ET_p$$

gdzie:

k – współczynnik roślinny zależny od rodzaju rośliny nawadnianej i jej fazy rozwojowej. Dla selerów w okresie od 1 lipca do 31 lipca przyjęto współczynnik $k = 1,10$, natomiast od 1 sierpnia do 10 września $k = 1,0$. Dla buraków przyjęto współczynniki $k = 1,15$ (od 1.07 do 31.07) i $k = 1,10$ (od 1.08 do 10.09).

Dane meteorologiczne wykorzystane przy obliczaniu ewapotranspiracji uzyskano ze Stacji Meteorologicznej Kraków-Balice.

Analiza statystyczna wyników pomiarów

W celu wyznaczenia zbioru czynników środowiskowych mających wpływ na kształtowanie się potencjału liści warzyw, zastosowano regresję krokową wieloraką rzędu drugiego. Zastosowanie powyższej metody pozwoliło na uzyskanie zależności charakteryzujących się wysokim poziomem ufności przy równoczesnym dobrym odwzorowaniu danych doświadczalnych. Regresje wielorakie rzędu drugiego wyznaczono dla całego okresu badawczego, niezależnie dla selerów oraz buraków deszczowanych i niedeszczowanych. Analiza istotności współczynników korelacji wielorakiej według testu Snedecora [GREŃ 1987] pozwoliła na potwierdzenie poprawności wyboru zbioru czynników oraz zależności opisujących kształtowanie się potencjałów. Obliczenia regresji krokowej wielorakiej rzędu drugiego wykonano wykorzystując program komputerowy EXCEL, wersja 7,0.

Wyniki i dyskusja

Temperatura jest czynnikiem, który w naszej strefie klimatycznej w znaczny sposób decyduje o produktywności roślin uprawnych. Co prawda wysoka temperatura powyżej 50°C, która powodowała by śmierć rośliny wskutek koagulacji białka u nas nie występuje, niemniej jednak pojawiająca się czasem w naszym klimacie temperatura około 35°C może być szkodliwa, a nawet śmiertelna dla wielu roślin. Szkodliwość wysokiej temperatury działającej dłużej najczęściej związana jest z silnym odwodnieniem organizmu, wskutek suszy glebowej i atmosferycznej. Przejawia się ona poprzez naruszenie regulacji procesów biochemiczno-fizjologicznych, szczególnie fotosyntezy i oddychania oraz wytworzenia w organizmie szkodliwych związków chemicznych.

Procesy biologiczne zachodzące w roślinach są związane z zależnością temperaturą enzymów oraz innych reakcji chemicznych. Proces fotosyntezy jest również wrażliwy na temperaturę [TAIZ, ZEIGER 1991]. Krzywą opisującą zależność pomiędzy fotosyntezą a temperaturą, charakteryzują trzy kluczowe punkty: temperatury graniczne w jakich ten proces może zachodzić oraz temperatura optymalna. Punkty te określają czynniki biochemiczne takie jak wiązanie substratów czy aktywność enzymów. Wpływ niedosytu wilgotności powietrza jest związany między innymi z przemykaniem aparatów szparkowych, co powoduje obniżenie fotosyntezy.

Charakterystyka meteorologiczna lat 1993-1995

Charakterystykę warunków klimatycznych przeprowadzono na podstawie najważniejszych czynników dla wegetacji roślin: temperatury i opadów w latach 1993-1995. W tabeli 1 podano sumy opadów dla miesięcy półrocza letniego oraz średnie miesięczne dobowe wartości temperatury powietrza dla okresu badawczego oraz te same parametry obliczone dla trzydziestolecia 1951-1980. Wynika z nich, że rok 1993 należy zaliczyć do lat bardzo suchych. Suma opadów od maja do października wynosiła 281 mm, tj. o 187 mm mniej w porównaniu z wielolecieciem 1951-1980. W 1994 i 1995 roku nastąpił wzrost opadów w letnim półroczu kolejno do 411 mm i 434 mm.

Tabela 1; Table 1

Średnie miesięczne dobowe wartości temperatury powietrza (°C) i miesięczne sumy opadów (mm) na tle danych meteorologicznych z wielolecia 1951-1980 dla stacji Kraków-Balice

Mean daily air temperature (°C) and total monthly precipitation (mm) and their mean monthly multiannual (1951-1980) values for station Cracow-Balice

Rok Year	Miesiące; Months												Suma opa- dów Total precipit. (V-X)	Temp. śred. Mean temp. (V-X)
	V		VI		VII		VIII		IX		X			
	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm	°C	mm		
1951-1980	13	77	16,7	100	18	98	17,4	92	13,4	54	8,5	47	468	14,5
1993	16	46	15,9	58	17	81	17,2	33	12,8	36	9,1	27	281	14,7
1994	13,3	77	16,7	46	21,1	51	18,4	72	15	88	6,7	72	411	15,2
1995	12,8	80	16,8	111	20,5	40	17,7	81	12,6	105	9,7	18	434	15,0

W roku 1993 najsuchszym miesiącem był sierpień; suma opadów wynosiła tylko 33 mm, tj. trzykrotnie mniej w stosunku do wielolecia 1951-1980 (tab. 1). Według kryterium opadowego KACZOROWSKIEJ [1962] miesiąc ten należy zaliczyć do bardzo suchych (36% normy). Czerwiec według tego samego kryterium należał do miesięcy suchych. Sumaryczny opad w tym miesiącu wynosił tylko 58 mm przy średniej normie wieloletniej 100 mm.

W sezonie wegetacyjnym 1994 roku najsuchszym miesiącem był czerwiec, dla którego zanotowano tylko 46 mm opadu deszczu (tj. 46% normy). W lipcu sumaryczna ilość opadów zwiększyła się tylko o 5 mm. Według kryteriów oceny suszy opracowanych dla niedoboru opadów [KACZOROWSKA 1962], miesiąc ten należy zaliczyć do suchych. Sierpień natomiast należał do miesięcy przeciętnych (78% normy).

W roku 1995 najmniej opadów zanotowano w lipcu - tylko 40 mm. Tak mała ilość opadów pozwala zaliczyć ten miesiąc do bardzo suchych (41% normy). W sierpniu ilość opadów dwukrotnie wzrosła i osiągnęła wartość 81 mm. Podobnie jak pozostałe miesiące letnie 1995 roku, sierpień należał do miesięcy przeciętnych.

W 1993 roku najcieplejszym miesiącem był maj (tab. 1). Średnia dobowa temperatura dla tego miesiąca wynosiła 16°C, tj. o 3°C więcej w porównaniu z

normą wieloletnią 1951–1980. Według charakterystyki termicznej ZIERNICKIEJ [2001] miesiąc ten należał do skrajnie ciepłego. Pozostałe miesiące 1993 roku zakwalifikowano do normalnych. W 1994 roku lipiec okazał się skrajnie ciepłym miesiącem, bowiem średnia dobową temperaturę tego miesiąca przewyższyła normę wieloletnią aż o $3,1^{\circ}\text{C}$ i wynosiła $21,1^{\circ}\text{C}$. Sierpień i wrzesień odznaczały się wyższymi temperaturami dobowymi w stosunku do temperatur z analizowanego wielolecia, co pozwoliło zakwalifikować je do miesięcy ciepłych. W roku 1995 temperatura w lipcu przekroczyła normę wieloletnią o $2,5^{\circ}\text{C}$, natomiast pozostałe miesiące zaliczono do normalnych [ZIERNICKA 2001].

W przeprowadzonych badaniach wartości potencjału wodnego liści (Ψ) badanych gatunków przyjęto jako zmienną zależną, natomiast niedosyt wilgotności powietrza (Δ), temperaturę powietrza (t), potencjał wodny atmosfery (Ψ_a) oraz ewapotranspirację rzeczywistą (ET_r) jako zmienne niezależne. Dla danych wprowadzanych wyznaczono współczynniki korelacji wielorakiej oraz na podstawie testu Snedecora zweryfikowano hipotezę, że $R \neq 0$. Wyniki przedstawiono w tabeli 2. Dla analizowanych roślin zależności były istotne; w przypadku selerów deszczowanych współczynnik regresji wielorakiej R wynosił $0,7387$, a dla selerów poddanych działaniu suszy $R = 0,8049$. Dla buraków wartości wspomnianego współczynnika były wyższe i wynosiły $R = 0,8692$ w przypadku buraków nawadnianych i $R = 0,8298$ dla nienawadnianych. Wszystkie powyższe współczynniki regresji wielorakiej były istotne na poziomie ufności $\alpha = 0,01$, co pozwoliło na przyjęcie hipotezy, że $R \neq 0$ dla wszystkich rozpatrywanych przypadków. Po usunięciu zmiennych nieistotnych dla analizowanych roślin (w kolejnych etapach wieloczynnikowej regresji krokowej) istotny okazał się wpływ niedosytu wilgotności powietrza (Δ) i potencjału wodnego atmosfery (Ψ_a).

Zależności potencjału wodnego liści roślin od niedosytu wilgotności powietrza i potencjału wodnego atmosfery dla wszystkich rozpatrywanych przypadków wyrażały się wzorem:

$$\Psi = a \cdot \Delta + b \cdot \Delta^2 + c \cdot \Psi_a^2 + d \cdot \Delta \cdot \Psi_a + e$$

gdzie:

- Ψ – potencjał wodny liści analizowanych roślin (MPa),
- Ψ_a – potencjał wodny atmosfery (MPa),
- a, b, c, d – współczynniki wyznaczone na podstawie regresji wieloczynnikowej,
- Δ – niedosyt wilgotności powietrza (hPa).

Tabela 2; Table 2

Równania regresji wieloczynnikowej rzędu drugiego dla potencjału wodnego liści selerów i buraków

Multiple step regression of second range for leaves water potential of celery and beet

Gatunek Species	Obiekt; Treatment	
	Nawadniany Irrigated (IR)	Nienawadniany Non-irrigated (D)
Seler Celery	$\Psi = -0,01494 \cdot \Delta - 0,0002285 \cdot \Delta^2 - 0,00006973 \cdot \Delta \cdot \Psi_a - 0,4429$	$\Psi = -0,0001112 \cdot \Delta^2 - 0,6331 \cdot \Delta \cdot \Psi_a - 0,0001112$
Burak Beet	$\Psi = -0,04829 \cdot \Delta - 0,00002329 \cdot \Psi_a^2 - 0,0003097 \cdot \Delta \cdot \Psi_a - 0,1069$	$\Psi = -0,03382 \cdot \Delta - 0,000008627 \cdot \Psi_a^2 - 0,0001578 \cdot \Delta \cdot \Psi_a - 0,3351$

W celu sprawdzenia istotności badanych zależności wyznaczono współczynniki korelacji wielorakiej R i zweryfikowano hipotezę, że $R \neq 0$. Współczynniki te (R) były istotne na poziomie ufności $\alpha = 0,01$. Dla selerów deszczowanych R osiągnął wartość 0,6377, natomiast dla niedeszczowanych R wynosił 0,6999. Dla buraków współczynniki korelacji były wyższe i wynosiły: $R = 0,8473$ dla nawadnianych warzyw, natomiast dla nienawadnianych $R = 0,7875$.

Wykorzystując krokową regresję wieloczynnikową rzędu drugiego, zarówno w przypadku liści selera jak i buraka, wyznaczono potencjał wodny atmosfery oraz niedosyt wilgotności powietrza jako czynniki determinujące potencjał wodny liści. Analiza regresji liniowych wskazywała by raczej wybór temperatury powietrza i niedosytu wilgotności powietrza jako wielkości na podstawie których należy wyznaczać wartości potencjału wodnego liści [STABRYŁA, BOROŃ 2001]. Jednak wysoka korelacja pomiędzy niedosytem wilgotności powietrza a temperaturą powietrza ($r = 0,8200$) powoduje, że w zależnościach nie mogą występować razem. W tej sytuacji zastosowanie regresji krokowej pozwoliło na wyznaczenie minimalnego zbioru zmiennych niezależnych pozwalających na wyznaczenie wartości potencjału wodnego liści roślin.

Roślina stanowi jeden z elementów obiegu wody w systemie SPAC (gleba-roślina-atmosfera), dlatego jej stan wodny należy rozpatrywać w powiązaniu ze stanem wodnym gleby a także atmosfery [BLAD 1983; TURNER, BURSCH 1983; RAO, MENDHAM 1991]. Stan wodny atmosfery wyrażany jest przez potencjał wodny atmosfery lub często jako niedosyt wilgotności powietrza. BOROŃ [1987] stwierdził, że niedosyt wilgotności powietrza w istotny sposób wpływał na transpirację i różnicę temperatury między liściem a powietrzem. Badania HALLA i HOFFMANA [1976] przeprowadzone na fasoli karłowatej wskazują wpływ niedosytu wilgotności powietrza na przewodnictwo dyfuzyjne liścia. SOJKA i PARSONS [1983] uzyskali prostoliniową zależność pomiędzy niedosytem wilgotności liścia (LVPD – Leaf Vapor Pressure Deficit), a potencjałem wodnym liścia soi. EHRLER i in. [1978] stwierdzili liniową zależność pomiędzy niedosytem wilgotności powietrza i różnicą temperatury pomiędzy liściem pszenicy a powietrzem ($r = 0,8030$).

BOROŃ [1987] na podstawie swoich badań przeprowadzonych na fasoli zycznej w 1983 roku uzyskał prostoliniową zależność pomiędzy potencjałem wodnym liścia fasoli a potencjałem wodnym atmosfery; współczynnik korelacji liniowej wynosił 0,8236.

W 1989 roku NAGAWIECKA i in. [1989] prowadzili badania kapusty, cebuli, ogórków i fasoli. Mierzyli między innymi potencjał wodny i turgorowy liścia wyżej wymienionych roślin. Określili zależności pomiędzy potencjałem wodnym liścia tych warzyw a potencjałem wodnym atmosfery, niedosytem wilgotności powietrza i ewapotranspiracją rzeczywistą. Najsilniejsze zależności wystąpiły pomiędzy potencjałem wodnym liścia kapusty, ogórków i fasoli a niedosytem wilgotności powietrza. Współczynniki korelacji regresji liniowej były wyższe od 0,94. Nieco niższe współczynniki korelacji uzyskano dla tych samych roślin i potencjału wodnego atmosfery; mieściły się w one przedziale od 0,6855 (dla ogórków) do 0,8378 (dla kapusty). Natomiast najniższe zależności zanotowano dla potencjału wodnego liścia i ewapotranspiracji rzeczywistej.

Wnioski

1. Obliczenie krokowej regresji wieloczynnikowej drugiego rzędu pozwala na stwierdzenie, że niedosyt wilgotności powietrza i potencjał wodny atmosfery

- są czynnikami determinującymi aktualny potencjał wodny liści selera i buraka.
2. Zależności pomiędzy potencjałem wodnym liści selerów i buraków a niedostytem wilgotności powietrza i potencjałem wodnym atmosfery mają charakter nieliniowy.
 3. Przedstawione badania mogą znaleźć zastosowanie w badaniach modelowych przepływu wody w układzie gleba-roślina-atmosfera (SPAC).

Literatura

- BLAD B.L.** 1983. *Atmospheric demand for water in Teare I.D.*, in: *Crop – water relations*. J. Wiley & Sons (Eds). New York – Chichester – Brisbane – Toronto – Singapore: 1–37.
- BOROŃ K.** 1987. *Wykorzystanie potencjału wodnego liścia do oceny stresu wodnego nawadnianej i nienawadnianej fasoli zwyczajnej*. Zesz. Nauk. AR Kraków, Rozpr. 115: 68 ss.
- EHRLER W.L., IDSO S.B., JACKSON R.D., REGINATO R.J.** 1978. *Diurnal changes in plant water potential and canopy temperature of wheat as affected by drought*. Agron. J. 70: 999–1004.
- GREŃ J.** 1987. *Statystyka matematyczna*. PWN, W-wa: 362 ss.
- HALL A.E., HOFFMAN G.J.** 1976. *Leaf conductance response to humidity and water transport in plants*. Agron. J. 68: 876–881.
- JOHNSON I.R., MELKONIAN J.J., THORNEJ J.H.M., RIHA S.J.** 1991. *A model of water flow through plants incorporating shoot/root „message” control of stomatal conductance*. Plant Cell Environ. 14: 531–544.
- JONES H.G.** 1992. *Plants and microclimate. A quantitative to environmental plant physiology*. Cambridge University Press: 207 ss.
- KACZOROWSKA Z.** 1962. *Opady w Polsce w przekroju wieloletnim*. Prace Geograf. Inst. Geogr.i Prz. Zagosp. PAN 33: 107 ss.
- KOWALIK P.** 1995. *Obieg wody w ekosystemach lądowych*. Ofic. Wydaw. Politech. Warszawska: 84 ss.
- LI X., FENG Y., BOERSMA L.** 1991. *Activation energy as a measure of plant response to temperature and water stress*. Annales Bot. 68: 151–157.
- NAGAWIECKA H., BOROŃ K., STABRYŁA J.** 1989. *Dobór metod określania potrzeb nawodnieniowych roślin uprawnych*. Resortowy program badawczy nr RR II 19 pt. „Dokonalenie systemów wodno-melioracyjnych w zakresie podstaw projektowania, wykonawstwa i eksploatacji”, maszynopis.
- RAO M.S.Ś., MENDHAM N.J.** 1991. *Soil – plant – water relations of oilseed rape (Brassica napus) and (B. campestris)*. J. of Agric. Science, Cambridge 117: 197–205.
- ROGUSKI W., SARNACKA S., DRUPKA S.** 1987. *Instrukcja wyznaczania potrzeb i niedoborów wodnych roślin uprawnych*. IMUZ Falenty: 43 ss.
- SOJKA R.E., PARSONS J.E.** 1983. *Soybean water status and canopy microclimate relationships at four row spacings*. Agron. J. 75: 961–968.

STABRYŁA J., BOROŃ K. 2001. *Wpływ wybranych warunków środowiska na potencjał wodny liści selera*. Materiały konferencyjne, IMUZ Falenty 47: 131–139.

TAIZ L., ZEIGER E. 1991. *Plant Physiology*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., Redwood City, California: 565 ss.

TURNER N.C., BURSCH G.J. 1983. *The role of water in plants, in: Crop – water relations*. I.D. Teare, A. Wiley (Eds) – Interscience Publication John Wiley & Sons, New York – Chichester – Brisbane – Toronto – Singapore: 74–117.

VAN DEN BROEK B.J., ELBERS J.A., HUYGEN J., KABAT P., WESSELING J.G., VAN DAM J.C., FEDDES R.A. 1994. SWAP 1993 – *Input instructions manual*. Landbouwniversiteit Wageningen. Rapport 45: 186 ss.

ZIERNICKA A. 2001. *Klasyfikacja odchyień temperatury powietrza od normy w Polsce południowo-wschodniej*. Zesz. Nauk. AR Kraków 22: 7–18.

Słowa kluczowe: potencjał wodny liści, seler korzeniowy, burak ćwikłowy, stres wodny, wieloczynnikowa regresja krokowa rzędu drugiego

Streszczenie

Celem pracy było wyznaczenie minimalnego zestawu niezależnych czynników meteorologicznych pozwalających na ilościowe określenie aktualnego potencjału wodnego liści buraka i selera. Szczególną uwagę zwrócono na możliwość wykorzystania biofizycznych parametrów uwodnienia liści badanych gatunków roślin warzywnych i ich wykorzystanie dla prognozowania czasu nawadniania poletek.

Doświadczenie przeprowadzono na selerze korzeniowym, odmiany Jabłkowy (*Apium graveolens* L. var. *rapaceum* (MILL.) DC) i buraku ćwikłowym, odmiany Czerwona kula (*Beta vulgaris* L.).

Pomiary potencjału wodnego liści selera i buraka, w miesiącach lipcu, sierpniu i wrześniu, w latach 1993–1995, wykonywano zarówno na poletkach deszczowanych jak i niedeszczowanych. Czynniki środowiska to: niedosyt wilgotności powietrza, potencjał wodny atmosfery, temperatura powietrza i ewapotranspiracja rzeczywista.

Analizę wyników eksperymentu przeprowadzono z wykorzystaniem metod statystyki matematycznej. W celu wyznaczenia zbioru czynników środowiskowych mających wpływ na kształtowanie się potencjału wodnego liści zastosowano regresję krokową wieloraką rzędu drugiego. Zastosowanie powyższej metody pozwoliło na uzyskanie zależności charakteryzujących się wysokim poziomem ufności przy równoczesnym dobrym odwzorowaniu danych doświadczalnych. Regresje wielorakie rzędu drugiego wyznaczono dla całego okresu badawczego, niezależnie dla selerów oraz buraków deszczowanych i niedeszczowanych. Analiza istotności współczynników korelacji wielorakiej według testu Snedecora pozwoliła na potwierdzenie poprawności wyboru zbioru czynników oraz zależności opisujących kształtowanie się potencjału wodnego.

Obliczenie regresji krokowej wielorakiej rzędu drugiego wykonano wykorzystując program komputerowy EXCEL, wersja 7,0.

Na podstawie wyżej wymienionej regresji wieloczynnikowej drugiego rzędu stwierdzono, że czynnikami determinującymi potencjał wodny liści selera i buraka są niedosyt wilgotności powietrza i potencjał wodny atmosfery. Deszczowanie

selerów zwiększyło stabilność potencjału wodnego liści selera na zmiany czynników meteorologicznych analizowanych w niniejszej pracy.

ESTIMATION OF CHANGES OF LEAVES WATER POTENTIAL OF CELERY AND BEET ON THE BASIS OF CHOSEN METEOROLOGICAL FACTORS

Joanna Stabryła¹, Stanisław Grzesiak²

¹ Department of Reclamation and Peat-Bogs Protection,
Agricultural University, Kraków

² Department of Plant Physiology, Polish Academy of Sciences, Kraków

Key words: leaf water potential, celery root, beet root, water stress, multiple step regression of second range

Summary

The purpose of this paper is to determine the minimal group of independent environmental factors which allow to estimate leaves water potential of celeries and beets tissue.

The experiment was conducted on root celeries, variety (*Apium graveolens* L. var. *rapaceum* (MILL.) DC) and red beet, variety Red Sphere (*Beta vulgaris* L.).

Measurements of leaves water potential of celeries and beets in months July, August and September in the years 1993–1995 were taken on both irrigated and not irrigated plots. Environmental factors are: air humidity deficiency, atmosphere water potential, air temperature and actual evapotranspiration. Experiment results analysis was carried out by means of statistical methods. To determine the group of environmental factors influencing leaves water potential shaping, multiple step regression of second range was employed. Application of above method made it possible to obtain relationships characterised by high confidence level for the whole measurement period, independently for celeries and beets irrigated and not irrigated. The analysis of multiple correlation coefficients according to Snedecor test proved the choice of the group of factors and relationships characterising shaping of water potential to be correct.

The calculation of multiple step regression of second range was carried out by means of EXCEL computer programme, release 7.0.

On the basis of the above mentioned multiple step regression of second range it was stated that factors determining leaves water potential of celeries and beets are humidity deficiency and air water potential. Celeries irrigation increased stability of leaves water potential on meteorological factors changes analysed in this paper.

Dr inż. Joanna Stabryła

Katedra Rekultywacji Gleb i Ochrony Torfowisk

Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja

Al. Mickiewicza 24/28

30-059 KRAKÓW

e-mail: rmstabryl@cyf-kr.edu.pl