

# ZWIĄZEK MIĘDZY OPADAMI UPZEDNIMI A UWILGOTNIENIEM GLEBY W UPRAWIE BURAKÓW CUKROWYCH NA KUJAWACH

**Leszek ŁABĘDZKI, Paweł ADAMSKI**

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy w Bydgoszczy

*Słowa kluczowe: buraki cukrowe, opady, uwilgotnienie gleby, wskaźnik standaryzowanego opadu SPI, wskaźnik uwilgotnienia gleby SMI*

## Streszczenie

Warunki glebowe na obszarze Kujaw sprzyjają uprawie buraków cukrowych. Za mniej sprzyjające uznaje się warunki klimatyczne. Uprawa buraków cukrowych jest zagrożona okresowymi niedoborami wody. Ze względu na zmienność opadów i ich wpływ na kształtowanie się wilgotności gleby i oddziaływanie na rozwój roślin uprawnych w krótkich okresach zbadano związek między opadami upzednimi, występującymi w okresach o różnej długości, a wilgotnością gleby w uprawie buraków cukrowych. Miarą opadów upzednich jest wskaźnik standaryzowanego opadu *SPI*, a uwilgotnienia gleby – wskaźnik wilgotności gleby *SMI*.

Na podstawie doświadczenia modelowego, przeprowadzonego dla lat 1970–2009, stwierdzono, że uwilgotnienie gleby na koniec miesiący okresu wegetacji buraków cukrowych na Kujawach w największym stopniu zależy od opadu, który wystąpił do dwóch miesięcy wstecz.

## WSTĘP

Burak cukrowy jest najważniejszą rośliną okopową uprawianą na Kujawach. Jego udział w strukturze zasiewów na obszarze tzw. Czarnych Kujaw wynosi 7–12%, podczas gdy średnio w Polsce – 2,5% [Rolnictwo..., 2008].

Według podziału na regiony agroklimatyczne w półroczu letnim [BAC, KOŹMIŃSKI, ROJEK, 1993], Kujawy pod względem warunków wilgotnościowych

i ciepłno-energetycznych należą do regionu suchego, ciepłego i umiarkowanie słonecznego.

Warunki glebowe na obszarze Kujaw sprzyjają uprawie buraków cukrowych. Za mniej sprzyjające uznaje się warunki klimatyczne. Charakterystyczne jest występowanie w tym regionie okresów susz meteorologicznych nie tylko w latach suchych i średnich, ale także w latach mokrych. Uprawa buraków cukrowych jest zagrożona okresowymi niedoborami wody. Średnie wieloletnie niedobory wody dla buraków cukrowych w okresie IV–IX wynoszą 40–80 mm na glebach charakteryzujących się zapasem wody użytecznej równym 120 mm [OSTROWSKI i in., 2008].

W warunkach Kujaw warunki pluwiometryczne są uznawane za główny czynnik, limitujący wzrost roślin uprawnych i poziom plonowania. Ze względu na dynamikę tych warunków w okresie wegetacji i ich wpływ na kształtowanie się wilgotności gleby i oddziaływanie na rozwój roślin uprawnych w krótkich okresach istotne wydaje się poznanie tych zależności. W związku z tym celem pracy było zbadanie związku między opadami w okresach o różnej długości, poprzedzających dany moment rozwoju roślin, zwanymi opadami uprzednimi, a wilgotnością gleby w uprawie buraków cukrowych.

## METODY I MATERIAŁ BADAŃ

Przedmiotem pracy jest zależność między wilgotnością gleby na koniec każdego miesiąca okresu wegetacji buraków cukrowych a opadami uprzednimi. Opady uprzednie są zdefiniowane jako opady, które wystąpiły w okresie poprzedzającym koniec kolejnego miesiąca okresu wegetacji.

Jako wskaźnik warunków opadowych zastosowano wskaźnik standaryzowanego opadu *SPI* (ang. „Standardized Precipitation Index”) [ŁABĘDZKI, 2006; MCKEE, DOEKSEN, KLEIST, 1993], natomiast warunki uwilgotnienia gleby określono za pomocą wskaźnika uwilgotnienia gleby *SMI* (ang. „Soil Moisture Index”) [ŁABĘDZKI, 2006]. Badana zależność między wilgotnością gleby i opadami jest w rzeczywistości zależnością między tymi wskaźnikami.

*SPI* obliczono dla okresów 1-, 2-, 3-, 4-, 5- i 6-miesięcznych, poprzedzających kolejny miesiąc wraz z tym miesiącem. *SPI*, liczone dla opadów sumowanych w miesiącach poprzedzających, są traktowane jako wskaźniki opadów uprzednich. *SMI* obliczono na koniec każdego miesiąca od kwietnia do września.

Dla tak obliczonych wartości *SPI* i *SMI* określono korelacje liniowe między nimi. Na podstawie wartości współczynników korelacji oceniono wpływ opadów bieżących (w danym miesiącu) oraz uprzednich (w miesiącach poprzedzających wraz z bieżącym) na aktualne zapasy wody użytecznej w glebie (na końcu każdego miesiąca) w uprawie buraków cukrowych w warunkach klimatycznych Kujaw.

W celu określenia powyższych zależności przeprowadzono badania modelowe w okresie 40 lat (1970–2009), wykorzystując dane meteorologiczne ze stacji Bydgoszcz-IMUZ. Badania przeprowadzono w odniesieniu do gleby występującej na Kujawach, jaką jest czarna ziemia kujawska, powstała z gliny piaszczysto-pylastej, zalegającej na glinie lekkiej i lekkiej pylastej. Pod względem granulometrycznym, według podziału na kategorii ciężkości gleb, jest to gleba średnia [Potrzeby wodne..., 1989]. Glebę tę zaklasyfikowano do III klasy bonitacyjnej (kompleks żytni bardzo dobry).

W obliczeniach przyjęto, że okres wegetacji buraków cukrowych rozpoczyna się na Kujawach średnio w trzeciej dekadzie kwietnia (wschody), a obliczenia prowadzono do końca września, czyli do końca umownego okresu wegetacyjnego.

Wskaźnik standaryzowanego opadu  $SPI$  jest standaryzowanym odchyleniem opadu od wartości mediany opadu w wieloleciu i dla danej wartości opadu  $P$  oblicza się go według równania:

$$SPI = \frac{u - \bar{u}}{d_u} \quad (1)$$

gdzie:

$SPI$  – wskaźnik standaryzowanego opadu,

$u$  – przekształcona znormalizowana suma opadu  $P$ ,

$\bar{u}$  – średnia wartość znormalizowanego ciągu opadów,

$d_u$  – odchylenie standardowe znormalizowanego ciągu opadów.

Zastosowano następującą funkcję przekształcającą:

$$f(P) = u = \sqrt[3]{P} \quad (2)$$

Wskaźnik uwilgotnienia gleby  $SMI$  jest obliczany na koniec każdego miesiąca jako stosunek aktualnego zapasu wody użytecznej i zapasu wody trudno dostępnej w warstwie korzeniowej profilu glebowego:

$$SMI = \frac{ZWU_{ak}}{ZWTD} \quad (3)$$

gdzie:

$SMI$  – wskaźnik uwilgotnienia gleby,

$ZWU_{ak}$  – aktualny zapas wody użytecznej w warstwie korzeniowej (na koniec miesiąca), mm;

$ZWTD$  – zapas wody trudno dostępnej w warstwie korzeniowej, mm.

Wskaźnik *SMI* może przyjmować wartości:

- $SMI \geq 1$ , gdy  $ZWU_{ak} \geq ZWTD$  – dostateczne uwilgotnienie gleby,  
 $SMI < 1$ , gdy  $0 < ZWU_{ak} < ZWTD$  – niedostateczne uwilgotnienie gleby – susza glebowa,  
 $SMI = 0$ , gdy  $ZWU_{ak} = 0$  – brak wody użytecznej dla roślin.

Wskaźnik uwilgotnienia gleby *SMI* informuje o dostatecznym uwilgotnieniu gleby, gdy  $SMI \geq 1$ , bądź o niedostatecznym, gdy  $SMI < 1$ . W tym drugim przypadku mamy do czynienia z suszą glebową, ograniczeniem poboru wody przez korzenie i ewapotranspiracji. Występuje wtedy spadek potencjału wody glebowej do wartości  $-0,1$  MPa ( $pF = 3,0$ ) i zostaje wyczerpany zapas wody łatwo dostępnej dla roślin. Gdy  $SMI = 0$ , brak jest wody użytecznej dla roślin i jest to jednoznaczne z osiągnięciem stanu trwałego wędnięcia roślin, które występuje w warunkach  $pF = 4,2$ , czyli gdy potencjał wody w glebie wynosi  $-1,5$  MPa.

Zapasy wody użytecznej w glebie symulowano za pomocą modelu CROPBALANCE [ŁABĘDZKI, 2006; ŁABĘDZKI i in., 2008]. Zapasy wody użytecznej w warstwie korzeniowej gleby o głębokości  $d$  zmiennej w czasie (tab. 1) oblicza się z krokiem czasowym jednej doby od 1 kwietnia według równania:

$$ZWU_p^t = ZWU_k^{t-1} = ZWU_p^{t-1} + P^{t-1} + WG^{t-1} - ET^{t-1} \quad (4)$$

gdzie:

- $ZWU_p^t$  – zapas wody użytecznej na początku doby  $t$  w warstwie korzeniowej, mm;  
 $ZWU_p^{t-1}$  – zapas wody użytecznej na początku doby  $t - 1$  w warstwie korzeniowej, mm;  
 $ZWU_k^{t-1}$  – zapas wody użytecznej na końcu doby  $t - 1$  w warstwie korzeniowej, mm;  
 $P^{t-1}$  – opad w dobie  $t - 1$ , mm;  
 $WG^{t-1}$  – podsiak kapilarny do warstwy korzeniowej w dobie  $t - 1$ , mm;  
 $ET^{t-1}$  – ewapotranspiracja rzeczywista w dobie  $t - 1$ , mm.

Zmiany głębokości korzenia się roślin  $d$  w kolejnych dekadach okresu wegetacji przyjęto za DOORENBOSEM i PRUITTEM [1977] oraz ROGUSKIM, SARNACKĄ i DRUPKĄ [1988].

Dopływ wody glebowej kapilarnej do aktualnej warstwy korzeniowej z warstw głębszych (składnik  $WG$  w równaniu (4)) zależy od różnicy potencjałów wody w poszczególnych warstwach gleby oraz właściwości przewodzących gleby. Za RENGEREM i STREBELEM [1982] oraz DOORENBOSEM i PRUITTEM [1977] przyjęto dla badanej gleby wartość  $0,3 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ .

Ewapotranspirację rzeczywistą  $ET^t$  w dobie  $t$  oblicza się według równania:

$$ET^t = k_s^t k_c^t ET_o^t \quad (5)$$

gdzie:

- $ET_o^t$  – ewapotranspiracja wskaźnikowa wg Penmana-Monteitha w okresie doby  $t$ , mm;
- $k_c^t$  – współczynnik roślinny w dobie  $t$ , zależny od fazy rozwojowej rośliny i wielkości plonu,
- $k_s^t$  – współczynnik glebowo-wodny w dobie  $t$ , obliczany dla każdej doby symulacji jako stosunek zapasu wody użytecznej w glebie na początku doby  $ZWU_p^t$  (mm) do zapasu wody trudno dostępnej  $ZWTD$  (mm):

$$k_s^t = \frac{ZWU_p^t}{ZWTD} \quad (6)$$

gdzie  $ZWU_p^t < ZWTD$ .

Gdy  $ZWU_p^t \geq ZWTD$ , to  $k_s^t = 1$  i  $ET^t = k_c^t ET_o^t = ET_p^t$

gdzie  $ET_p^t$  – ewapotranspiracja potencjalna w okresie doby  $t$ , mm.

W pracy zastosowano współczynniki roślinne  $k_c$  (tab. 1), określone dla kolejnych dekad okresu wegetacyjnego w dostosowaniu do ewapotranspiracji wskaźnikowej, obliczanej metodą Penmana-Monteitha, na podstawie badań lizymetrycznych, prowadzonych w latach 1968–1985 [ŁABĘDZKI, 2006; ROGUSKI, SARNACKA, DRUPKA, 1988]. W dwóch pierwszych dekadach kwietnia, przed wschodami roślin, współczynniki  $k_c$  odnoszą się do parowania wody z gleby niepokrytej roślinnością. W tym okresie zmiany zapasu wody użytecznej są obliczane w warstwie gleby 0–10 cm ( $d = 0,1$  m).

Zapas wody trudno dostępnej  $ZWTD$  został obliczony na koniec każdego miesiąca w warstwie korzeniowej o głębokości  $d$  za pomocą wzoru:

$$ZWTD = (1 - p)ZWU \quad (7)$$

gdzie:

- $ZWTD$  – zapas wody trudno dostępnej, mm;
- $ZWU$  – zapas wody użytecznej, mm;
- $p$  – współczynnik dostępności wody.

Współczynnik dostępności wody  $p$  zależy od fazy fenologicznej rośliny, głębokości korzenia się oraz zdolności poboru wody przez rośliny. Wartość  $p$  dla buraków cukrowych jest zmienna i wynosi od 0,50 do 0,65 (tab. 1) [DOORENBOS, PRUITT, 1977; ŁABĘDZKI i in., 2008; ROGUSKI, SARNACKA, DRUPKA, 1988].

**Tabela 1.** Współczynnik roślinny  $k_c$  do wzoru Penmana-Monteitha, głębokość korzenia się  $d$  (m) oraz współczynnik dostępności wody  $p$  dla buraków cukrowych [DOORENBOS, PRUITT, 1977; ŁABĘDZKI, 2006; ŁABĘDZKI i in., 2008; ROGUSKI, SARNACKA, DRUPKA, 1988]

**Table 1.** Crop coefficient  $k_c$  for the Penman-Monteith equation, root depth  $d$  (m) and soil water availability coefficient  $p$  for sugar beet [DOORENBOS, PRUITT, 1977; ŁABĘDZKI, 2006; ŁABĘDZKI *et al.*, 2008; ROGUSKI, SARNACKA, DRUPKA, 1988]

Miesiąc	Month	Dekada	Ten-day period	$k_c$	$d$	$p$
Kwiecień	April		1 <sup>1)</sup>	0,20	0,1	0,50
			2 <sup>1)</sup>	0,20	0,1	0,50
			3	0,53	0,1	0,50
Maj	May		1	0,61	0,2	0,50
			2	0,66	0,3	0,50
			3	0,78	0,4	0,50
Czerwiec	June		1	0,88	0,5	0,50
			2	1,01	0,6	0,50
			3	1,21	0,7	0,50
Lipiec	July		1	1,21	0,8	0,50
			2	1,26	0,9	0,50
			3	1,24	1,0	0,50
Sierpień	August		1	1,21	1,0	0,50
			2	1,20	1,0	0,50
			3	1,20	1,0	0,60
Wrzesień	September		1	1,17	1,0	0,65
			2	1,13	1,0	0,65
			3	1,07	1,0	0,65

<sup>1)</sup> Gleba bez roślin. <sup>1)</sup> Bare soil.

Zapas wody użytecznej  $ZWU$  został obliczony dla każdej z 10-centymetrowych warstw w 1-metrowym profilu jako różnica między zapasem wody w warunkach  $pF = 2,0$  i zapasem wody w warunkach  $pF = 4,2$ :

$$ZWU = ZW_{pF2,0} - ZW_{pF4,2} \quad (8)$$

gdzie:

$ZW_{pF2,0}$  – zapas wody, gdy  $pF = 2,0$ , mm;

$ZW_{pF4,2}$  – zapas wody, gdy  $pF = 4,2$ , mm.

Zapas wody użytecznej  $ZWU$  w analizowanym profilu glebowym został obliczony na koniec każdego miesiąca w warstwie korzeniowej o głębokości  $d$  przez zsumowanie wartości tego parametru w 10-centymetrowych warstwach. W badanej glebie  $ZWU$  w 1-metrowym profilu wynosi 146 mm.

## WYNIKI BADAŃ

Średnia wartość współczynnika uwilgotnienia gleby *SMI* w latach 1970–2009 na Kujawach w badanej glebie wynosiła od 1,06 na koniec sierpnia do 1,49 na koniec kwietnia, z odchyleniem standardowym, wynoszącym odpowiednio 0,46 i 0,53 (tab. 2). Wskazuje to na dużą zmienność *SMI* w poszczególnych latach.

**Tabela 2.** Parametry statystyczne wskaźnika uwilgotnienia gleby *SMI* na koniec każdego miesiąca okresu wegetacyjnego w latach 1970–2009

**Table 2.** Statistical parameters of the soil moisture index *SMI* at the end of each month of the growing season in 1970–2009

Parametr Parameter	Kwiecień April	Maj May	Czerwiec June	Lipiec July	Sierpień August	Wrzesień September
Wartość średnia Mean value	1,49	1,28	1,10	1,09	1,06	1,25
Odchylenie standardowe Standard deviation	0,53	0,49	0,46	0,33	0,46	0,67
Wartość minimalna Minimum value	0,33	0,53	0,66	0,65	0,55	0,31
Wartość maksymalna Maximum value	2,00	1,99	2,00	2,00	2,27	2,74
Mediana Median	1,69	1,22	0,87	1,03	0,87	1,21
Liczba lat z <i>SMI</i> < 1 Number of years with <i>SMI</i> < 1	9	13	23	19	22	15
Częstotliwość, % Frequency, %	23	33	58	48	55	38

Najmniejsze średnie wartości *SMI* występowały na koniec czerwca, lipca i sierpnia, czyli miesiące w okresie krytycznym wegetacji buraków cukrowych. Są to miesiące o największym zapotrzebowaniu buraków cukrowych na wodę. W tych miesiącach najczęściej występowały wartości *SMI* < 1, to znaczy, że najczęściej występowała wówczas susza glebowa. Miesiące z wartościami *SMI* < 1 wystąpiły w ponad połowie analizowanych lat – częstotliwość tych miesięcy wynosiła 48–58%. Mediana współczynnika *SMI* w porównaniu z wartością średnią wskazuje na asymetrię dodatnią rozkładu wartości *SMI* we wszystkich miesiącach, oprócz kwietnia. Oznacza to, że w wieloleciu przeważają miesiące, w których występuje susza (*SMI* < 1). W końcu czerwca i sierpnia w połowie lat zapas wody użytecznej w warstwie korzeniowej gleby był mniejszy o 13% od zapasu wody trudno dostepnej (mediana *SMI* = 0,87).

Miarą zależności między stanem uwilgotnienia gleby na koniec miesiąca od kwietnia do września a opadem atmosferycznym, który wystąpił w okresie tego miesiąca i w miesiącach poprzedzających, jest współczynnik korelacji liniowej *r* między wartościami wskaźnika uwilgotnienia gleby *SMI* i wskaźnika standaryzowanego opadu *SPI* (tab. 3). Wszystkie współczynniki korelacji były istotne na poziomie  $p < 0,5$ .

**Tabela 3.** Współczynnik korelacji liniowej między *SMI* a *SPI***Table 3.** Linear correlation coefficient between *SMI* and *SPI*

Miesiąc Month	Liczba miesięcy poprzedzających dany miesiąc wraz z nim Number of previous months with a given month					
	1	2	3	4	5	6
Kwiecień April	0,46	–	–	–	–	–
Maj May	0,81	0,80	–	–	–	–
Czerwiec June	0,85	0,67	0,50	–	–	–
Lipiec July	0,82	0,81	0,74	0,65	–	–
Sierpień August	0,83	0,66	0,51	0,45	0,44	–
Wrzesień September	0,70	0,86	0,74	0,58	0,45	0,41

W kwietniu zależność ta była mała ( $r = 0,46$ ). W tym miesiącu wyczerpanie wody z gleby jest niewielkie na skutek niewielkiej ewapotranspiracji w fazie wschodów i kiełkowania. Ponadto duże zapasy wody, które pozostały w profilu glebowym po miesiącach zimowych, powodują, że bieżący opad w kwietniu ma niewielki wpływ na stan uwilgotnienia gleby na koniec tego miesiąca.

Uwilgotnienie gleby w maju w bardzo dużym stopniu zależy od opadów występujących w tym miesiącu ( $r = 0,81$ ). Podobnie silną zależność stwierdzono z opadami uprzednimi, które wystąpiły od początku kwietnia ( $r = 0,80$ ). Na stan uwilgotnienia gleby pod uprawą buraków cukrowych na koniec maja mają wpływ opady występujące od początku kwietnia. W tym czasie roślina nie potrzebuje znacznych ilości wody. Ubytki wody z gleby wynikają ze zwiększonego parowania z powierzchni gleby na skutek zwiększającego się usłonecznienia oraz temperatury, a straty uzupełniają na bieżąco opady.

W czerwcu relacja między wskaźnikiem opadu w tym miesiącu a wskaźnikiem uwilgotnienia gleby jest bardzo silna ( $r = 0,85$ ). Opad miesięczny w bardzo dużym stopniu wpływa na uwilgotnienie gleby. W tym okresie rozpoczyna się intensywny pobór wody przez rośliny, który jest na bieżąco pokrywany z opadów. Opad 2-miesięczny (w maju i czerwcu) również w dużym stopniu wpływa na stan uwilgotnienia gleby, jednak ta zależność jest już słabsza. Opad 3-miesięczny (kwiecień–czerwiec) w jeszcze mniejszym stopniu decyduje o stanie uwilgotnienia gleby. Im dłuższy jest okres poprzedzający koniec tego miesiąca, tym słabsza zależność.

W lipcu uwilgotnienie gleby pod burakami cukrowymi w 67% ( $r = 0,82$ ) jest uzależnione od opadów, które wystąpiły w bieżącym miesiącu. Rośliny, które przez cały lipiec są w okresie krytycznym ze względu na zapotrzebowanie na wodę, praktycznie cały czas pobierają ją z gleby, a zapasy są stale uzupełniane przez opady, dlatego taka duża zależność uwilgotnienia od opadu. Wilgotność na końcu lipca jest bardzo silnie powiązana z opadami, które wystąpiły w czerwcu i lipcu. Świadczy o tym wysoki współczynnik korelacji ( $r = 0,81$ ). Im mniej opadów występuje w tym okresie, tym wskaźnik *SMI* w lipcu jest mniejszy. Dla kolejnych poprzedzających miesięcy zależność jest coraz słabsza.



Uwilgotnienie gleby w sierpniu w bardzo dużym stopniu zależy od opadów, które występują w tym miesiącu ( $r = 0,83$ ). Taki duży wpływ opadu na uwilgotnienie jest spowodowany wyczerpywaniem wody użytecznej z gleby w lipcu, co jest wynikiem ogromnego zapotrzebowania buraków cukrowych na wodę w tym czasie. Im większe jest wykorzystywanie wody z gleby przez rośliny w danym okresie fenologicznym, tym silniejsza zależność uwilgotnienia gleby od opadu. Suma opadu w lipcu i sierpniu w dużym stopniu, aczkolwiek w mniejszym niż opad tylko w sierpniu, ma wpływ na wilgotność na koniec sierpnia. Zależność ta jest słabsza w odniesieniu do opadów, które wystąpiły w poprzednich miesiącach. Opad z czerwca w małym stopniu wpływa na uwilgotnienie, ponieważ w większości został on wykorzystany w lipcu. Podobnie opad z maja i kwietnia w coraz słabszym stopniu wpływa na uwilgotnienie gleby w sierpniu.

We wrześniu największy wpływ na uwilgotnienie gleby na koniec tego miesiąca ma opad występujący w sierpniu i we wrześniu. Słabsza niż w pozostałych okresach miesięcznych zależność od opadu wrześniowego ( $r = 0,70$ ) wynika ze zmniejszonego zapotrzebowania buraków cukrowych na wodę we wrześniu, co wiąże się z zakończeniem okresu krytycznego i mniejszym zapotrzebowaniem roślin na wodę w tym miesiącu. Opady, które występują od lipca, w większym stopniu wpływają na uwilgotnienie gleby niż opady we wrześniu. Opady występujące od czerwca w niewielkim stopniu ( $r = 0,58$ ) wpływają na *SMI* ostatniego miesiąca okresu wegetacyjnego. Wpływ ten jest dużo mniejszy niż opadów w lipcu i sierpniu. Opady z maja, tak jak i z kwietnia, w niewielkim stopniu decydują o *SMI* na koniec września.

## WNIOSKI

1. Wpływ opadów uprzednich na stan uwilgotnienia gleby na koniec kolejnych miesięcy okresu wegetacji buraków cukrowych uprawianych na Kujawach na glebie średniej jest największy dla okresów 1- (dany miesiąc) i 2-miesięcznych (dany miesiąc i poprzedzający) w maju, czerwcu, lipcu i sierpniu. Opad występujący w tych miesiącach wyjaśnia ok. 70% wieloletniej zmienności uwilgotnienia gleby, a suma opadu w danym miesiącu i poprzedzającym – 44–66% zmienności. W kwietniu i we wrześniu brak jest silnej zależności uwilgotnienia od opadu w tych miesiącach.

2. Dla dłuższych niż 2 miesiące okresów poprzedzających zależność uwilgotnienia gleby od opadów systematycznie się zmniejsza.

3. Doświadczenie modelowe, przeprowadzone na podstawie danych z lat 1970–2009, wykazało, że uwilgotnienie gleby na koniec miesiąca okresu wegetacji buraków cukrowych na Kujawach w największym stopniu zależy od sumy opadów z dwóch miesięcy poprzedzających koniec danego miesiąca.

## LITERATURA

- BAC S., KOŹMIŃSKI C., ROJEK M., 1993. Agrometeorologia. Warszawa: PWN ss. 250.
- DOORENBOS J., PRUITT W.O., 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper no. 52. Rome: FAO ss. 156.
- ŁABĘDZKI L., 2006. Susze rolnicze – zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji. Woda Środowisko Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie nr 17 ss. 107.
- ŁABĘDZKI L., BĄK B., KANECKA-GESZKE E., KASPERSKA-WOŁOWICZ W., SMARZYŃSKA K., 2008. Związek między suszą meteorologiczną i rolniczą w różnych regionach agroklimatycznych Polski. Woda Środowisko Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie nr 25 ss. 137.
- MCKEE T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proc. 8th Conf. Applied Climatology, 17–22 January 1993, Anaheim, California s. 179–184.
- OSTROWSKI J., ŁABĘDZKI L., KOWALIK W., KANECKA-GESZKE E., KASPERSKA-WOŁOWICZ W., SMARZYŃSKA K., TUSIŃSKI E., 2008. Atlas niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych w Polsce. Falenty: Wydaw IMUZ ss. 19 + 32 mapy.
- Potrzeby wodne roślin uprawnych, 1989. Pr. zbior. Red. J. Dzieżyc. Warszawa: PWN ss. 419.
- RENGER M., STREBEL O., 1982. Beregnungsbedürftigkeit der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Niedersachsen. Geologisches Jahrbuch R. F H. 13.
- ROGUSKI W., SARNACKA S., DRUPKA S., 1988. Instrukcja wyznaczania potrzeb i niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych. Materiały Instruktażowe nr 66. Falenty: IMUZ ss. 43 + zał.
- Rolnictwo w województwie kujawsko-pomorskim w 2007 roku, 2008. Bydgoszcz: Urząd Statystyczny ss. 102.

*Leszek ŁABĘDZKI, Paweł ADAMSKI*

### RELATIONSHIP BETWEEN PREVIOUS-PERIOD PRECIPITATION AND SOIL MOISTURE UNDER SUGAR BEET IN KUJAWY REGION

*Key words: precipitation, soil moisture, soil moisture index SMI, standardized precipitation index SPI, sugar beet*

#### S u m m a r y

Soils conditions are favourable to growing sugar beet in Kujawy region. Climatic conditions are less favourable. Sugar beet cultivation is threatened by periodic water deficits.

For temporal variability of precipitation and its influence on soil moisture and crop development, the relationship between precipitation occurring in the preceding period of different duration and soil moisture under sugar beet is examined in the paper. Standardized precipitation index *SPI* is a measure of previous-period precipitation and soil moisture index *SMI* is a measure of soil moisture.

On the basis of the model experiment performed for 1970–2009, it has been proved that soil moisture at the end of the months in the growing period of sugar beet in Kujawy region is mostly influenced by precipitation in the preceding two months.

---

#### Recenzenci:

*prof. dr hab. Andrzej Kędziora*

*prof. dr hab. Bożena Michalska*

Praca wpłynęła do Redakcji 14.04.2010 r.