

**Wiesława KASPERSKA-WOŁOWICZ, Ewa KANECKA-GESZKE**

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Wielkopolsko-Pomorski Ośrodek  
Badawczy w Bydgoszczy  
Institute for Land Reclamation and Grassland Farming in Falenty, Regional Research  
Centre in Bydgoszcz

## **Monitorowanie warunków agroklimatycznych na polu buraka cukrowego na Kujawach**

### **Monitoring of agrometeorological conditions in the sugar beet field**

**Słowa kluczowe:** burak cukrowy, wilgotność gleby, model matematyczny, informacja agrometeorologiczna

**Key words:** sugar beet, soil moisture, mathematical model, agrometeorological information

#### **Wprowadzenie**

Kujawy znajdują się na obszarze Polski, na którym notowane są najmniejsze opady atmosferyczne. Jest to również obszar, należący do najcieplejszych w kraju. Należy również do strefy o dużym zagrożeniu występowania posuch atmosferycznych oraz o dużych niedoborach wodnych dla roślin (Peszek 1996). Rolnictwo na Kujawach charakteryzuje się wysokim poziomem agrotechniki. Największą powierzchnię zajmują gleby płowe, czarnoziemy leśno-łąkowe i gleby brunatne, należące do klas bonitacji gruntów IIIa–IVb (Gruszka 1996).

Na Kujawach od ponad trzydziestu lat prowadzone są pomiary agrometeorologiczne. Zarówno wieloletnie dane pomiarowe, jak i opisane właściwości fizyczno-wodne gleb mogą być przydatne między innymi do określenia ryzyka suszy na polach uprawnych, prognozowania jej wystąpienia i przebiegu, ostrzeżenia przed nią, oceny jej intensywności i skutków dla produkcji roślinnej i stanu upraw rolniczych. Dzięki wieloletnim danym pomiarowym można z dużym prawdopodobieństwem określić potrzeby nawodnień i przekazywać informacje zainteresowanym osobom i jednostkom (Kasperska-Wołowicz i Łabędzki 2006).

Burak cukrowy jest rośliną polową, której długość okresu wegetacji wynosi 150–180 dni, przy czym na nizinach Polski trwa przeciętnie 170 dni i kończy się zbiorem około 20 października (Potrzeby wodne..., 1989). Jest to roślina wrażliwa na deficyt wody w glebie, a zarazem ma duże znaczenie gospodarcze, stano-

wi ważny element struktury zasiewów i dobrze reaguje na nawodnienia (Gruszka 1996). W okresie wegetacji buraka cukrowego, który w warunkach Kujaw rozpoczyna się siewem średnio między 20 a 25 kwietnia, można wyróżnić kilka faz fenologicznych i okres zwiększonego zapotrzebowania na wodę. Okres krytyczny dla buraka cukrowego przypada od drugiej połowy czerwca do pierwszej dekady września (Drupka 1976, Gąsowski i Ostrowska 1993, Łabędzki 1996).

Warunki przyrodnicze Kujaw są sprzyjające do uprawy buraka cukrowego, gleby na tym obszarze posiadają dużą zawartość próchnicy i składników pokarmowych (Analiza strategiczna..., 2001). Niemniej uprawa buraka cukrowego zagrożona jest okresowymi niedoborami wody. Średnie wieloletnie niedobory opadów atmosferycznych dla buraka cukrowego w okresie czerwiec–wrzesień wynoszą na glebach bardzo lekkich 75–100 mm, a na glebach lekkich 60–85 mm (Rzekanowski i in. 1996). W przeciętnym okresie wegetacyjnym (kwiecień–wrzesień) na glebach o zapasie wody użytecznej równym 120 mm niedobory wodne wynoszą 40–80 mm (Ostrowski i in. 2008).

W pracy przedstawiono wyniki monitoringu warunków meteorologicznych i wilgotności gleby, prowadzonego na polach uprawnych buraka cukrowego na Kujawach w okresie wegetacyjnym (kwiecień–wrzesień) w latach 2005–2006. Oceniono również przydatność modelu CROPBALANCE do monitorowania warunków wilgotnościowych na polu uprawnym buraka cukrowego. Zarówno dane pomiarowe, jak i otrzymane z obliczeń modelowych mogą stanowić wartościową podbudowę lokalnego sy-

stemu agrometeorologicznej osłony rolnictwa.

## Material i metody

Monitorowanie warunków meteorologicznych i wilgotności gleby pod uprawą buraka cukrowego na Kujawach prowadzono w latach 2005–2006. Temperaturę i wilgotność powietrza, promieniowanie słoneczne, prędkość wiatru oraz opad atmosferyczny mierzono z wykorzystaniem automatycznych stacji agrometeorologicznych położonych w Bydgoszczy i miejscowości Więcławice (Roguski i in. 2001). Dane meteorologiczne ze stacji w Bydgoszczy są reprezentatywne dla obszaru Kujaw (Bąk 2006), zatem wykorzystano je do analizy wieloletnich wyników pomiarowych. Ewapotranspirację wskaźnikową obliczono według wzoru Penmana-Monteitha (Kasperska-Wołowicz i Łabędzki 2004).

Badania polowe prowadzono na dwóch polach produkcyjnych buraka cukrowego. Obszar badań charakteryzował się płaską rzeźbą terenu, przechodzącą miejscami w rzeźbę pagórkowatą. Buraki cukrowe były uprawiane na czarnej ziemi, przeważnie na glinie piaszczystej pylastej, położonej na glinie lekkiej lub średniej.

Na początku okresu wegetacyjnego pobrano próby do oznaczenia krzywej retencyjności (pF) w profilu o nienaruszonej strukturze do głębokości 100 cm. Próby pobrano w 3 powtórzeniach, w warstwach co 10 cm. Charakterystyki wodne oznaczano w blokach pyłowych i pyłowo-kaolinowych w zakresie potencjałów równoważnych pF = 0; 1,0; 1,5;

2,0; 2,2; 2,5; 2,7 i w komorach ciśnieniowych w zakresie potencjałów równoważnych  $pF = 3,4$  i  $4,2$  (Zawadzki 1973). W każdej warstwie gleby zapas wody użytecznej dla roślin określono z różnicy między wilgotnością profilu gleby, odpowiadającą wartości trwałego więdnięcia roślin ( $pF = 4,2$ ), a wilgotnością gleby, odpowiadającą połowej pojemności wodnej ( $pF = 2,0$ ). W okresie wegetacji buraka cukrowego wilgotność gleby w profilu 0–100 cm mierzono metodą TDR w warstwach co 10 cm raz na dekadę (co 10 dni).

Kameralne prace badawcze polegały na symulacji zmian zapasów wody użytecznej, obliczeniu bilansu wodnego i wilgotności gleby w warstwie korzeniowej buraka cukrowego z wykorzystaniem modelu matematycznego CROP-BALANCE, będącego modyfikacją modelu CROPDEF (Łabędzki 1997, 2006), oraz porównaniu wartości wilgotności gleby pomierzonej w polu z wartościami obliczonymi.

Bilansowanie w każdym roku rozpoczynano przy założeniu pełnej retencji użytecznej gleby na wiosnę (przy stanie połowej pojemności wodnej). Obliczenia wykonywano w okresach dekad kalendarzowych, miesięcy i w całym okresie wegetacyjnym (kwiecień – wrzesień) jako sumę wielkości dekadowych. W badaniach modelowych symulacji zapasów wody przyjęto wartości współczynnika dostępności wody ( $p$ ) dla buraków cukrowych za Doorenbosem i Pruittem (1977) oraz za Łabędzkim (1990). Współczynnik dostępności wody ( $p$ ) określa, jaka część zapasu wody użytecznej jest łatwo dostępna dla roślin. Jest on zależny od fazy rozwojowej rośliny oraz głębokości korzeni. Dla buraka na

początku okresu wegetacyjnego bilansowanie zapasów wody odbywało się w warstwie 0,1 m, a w miarę wydłużania się okresu wegetacji buraka cukrowego – zwiększała się głębokość bilansowanej warstwy wraz ze zwiększaniem się głębokości warstwy korzeniowej buraka cukrowego. W pierwszej dekadzie maja głębokość bilansowanej warstwy osiągnęła 0,2 m. W kolejnych dekadach przyrost głębokości systemu korzeniowego wynosił średnio  $0,1 \text{ m} \cdot \text{d}^{-1}$ , co oznacza, że na koniec czerwca głębokość systemu korzeniowego wynosiła 0,7 m, a na koniec lipca 1 m. Stan ten utrzymywał się do końca okresu wegetacyjnego.

Na podstawie wartości wskaźnika standaryzowanego opadu SPI (Standardized Precipitation Index) oceniono zagrożenie suszą atmosferyczną. Wskaźnik ten jest standaryzowanym odchyleniem sumy opadu w danym okresie od wartości mediany z wielolecia (McKee i in. 1993, Łabędzki i Bąk 2002, Łabędzki 2006). Na podstawie wskaźnika CDI (Crop Drought Index) oraz niedoborów wodnych ( $N$ ) oceniono zagrożenie suszą rolniczą. Wskaźnik CDI opisuje redukcję ewapotranspiracji rzeczywistej w stosunku do ewapotranspiracji potencjalnej w aktualnych warunkach meteorologicznych (Łabędzki 2006). Niedobór wody dla roślin obliczano z różnicy między zapasem wody w stanie wilgotności krytycznej a aktualnym zapasem wody użytecznej. Wartości niedoboru określono dla plonu buraka cukrowego równego  $500 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Klasyfikację zarówno suszy meteorologicznej według SPI, jak i rolniczej według CDI określono za Łabędzkim (2006) – tabela 1.

TABELA 1. Klasyfikacja suszy meteorologicznej według wskaźnika SPI i suszy rolniczej według wskaźnika CDI (Łabędzki 2006)

TABLE 1. Classification of meteorological drought according to SPI and agricultural drought according to CDI (Łabędzki 2006)

Rodzaj suszy Drought category	SPI	CDI
Umiarkowana Moderate	-1,49– -0,50	0,10–0,19
Silna Severe	-1,99– -1,50	0,20–0,49
Ekstremalna Extreme	$\leq -2,00$	0,50–1,00

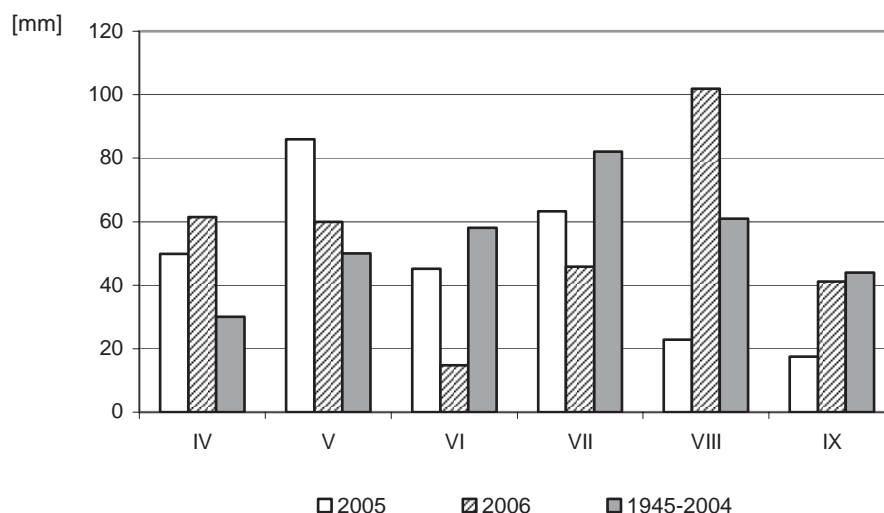
## Wyniki badań

W Bydgoszczy suma opadów atmosferycznych, średnia roczna z wielolecia 1945–2004, wynosiła 520 mm, w okresie zaś wegetacyjnym około 320 mm. W Więclawicach w okresie 1949–2004 średnia roczna suma opadów wynosiła 505 mm, a w okresie wegetacyjnym 327 mm. Opad w okresie wegetacyjnym w Bydgoszczy stanowił 62%, w Więclawicach zaś 65% średniej sumy rocznej. W okresie wegetacyjnym (kwiecień–wrzesień) w 2005 roku suma opadów atmosferycznych była o mniej więcej 40 mm mniejsza od średniej sumy z lat 1945–2004, a w 2006 roku o kilkanaście milimetrów większa od średniej.

Rozkład opadu na stacji w Bydgoszczy i Więclawicach w latach 2005–2006 był podobny. W kwietniu i maju, w obydwu latach, opad był większy od wartości średniej z wielolecia. W kolejnych miesiącach w 2005 roku (czerwiec–wrzesień) opady atmosferyczne były mniejsze od średnich z wielolecia. Posuchę atmosferyczną obserwowano w sierpniu i wrześniu. W 2006 roku głęboka posucha atmosferyczna wystąpiła w czerwcu. W lipcu obserwowano wiele dni bez opadu atmosferycznego, a jeśli

wystąpił, to pochodził z intensywnych opadów burzowych, które w Bydgoszczy odnotowano trzykrotnie. W tych dwóch miesiącach notowano również bardzo wysoką temperaturę powietrza (średnia temperatura w drugiej i trzeciej dekadzie czerwca przekroczyła 21°C, a w lipcu przekroczyła 23°C). Tak wysoka temperatura oraz mniejszy od średniego z wielolecia opad atmosferyczny, przyczyniły się do wystąpienia długotrwałej posuchy atmosferycznej. Bardzo mokry sierpień w 2006 roku uzupełnił niedobory opadu z czerwca i lipca (rys. 1).

W okresie od kwietnia do września w analizowanych latach wskaźnik SPI osiągnął wartości większe niż -0,50, co oznacza, że badane okresy wegetacyjne nie należały do suchych. W 2005 roku w miarę wydłużania się okresu wegetacyjnego zmniejszały się wartości wskaźnika SPI, osiągając za okres od kwietnia do września wartość -0,32. Suchy sierpień i wrzesień zaważyły o tym, że SPI w całym okresie wegetacyjnym osiągnął wartości ujemne. Z kolei w 2006 roku suchy czerwiec i lipiec wpłynęły na to, że w okresie od początku kwietnia do końca lipca wskaźnik SPI osiągnął najmniejszą wartość w badanym okresie, równą -0,36, natomiast mokry sierpień



RYSUNEK 1. Suma miesięczna opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym (IV–IX) w Bydgoszczy w latach 2005–2006 oraz średnia w latach 1945–2004  
 FIGURE 1. Monthly precipitation sum in the growing period (IV–IX) at Bydgoszcz in the years 2005–2006 and mean in 1945–2004

spowodował, że okres wegetacyjny w tym roku był mniej suchy niż w poprzednim 2005 roku (tab. 2).

Rozkład czasowy opadu atmosferycznego i temperatury powietrza w okresie wegetacyjnym w 2006 roku był bardziej sprzyjający dla uprawy buraka cukrowego niż w roku poprzednim. Zważywszy, że okres krytyczny buraka cukrowe-

go przeciętnie przypada w terminie od 21 czerwca do 10 września, można zauważyć, że na Kujawach suchy sierpień i wrzesień w 2005 roku wpłynęły bardziej niekorzystnie na plon buraka cukrowego niż suchy czerwiec i lipiec w 2006 roku. Średni w Polsce plon buraka cukrowego w 2005 roku wyniósł  $416 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ , w 2006 roku zaś był o 5,3% większy od uzyska-

TABELA 2. Wartości SPI w poszczególnych miesiącach i okresach uprzednich (sumowanych od początku kwietnia do końca bieżącego miesiąca) w okresie wegetacyjnym 2005 i 2006 na Kujawach  
 TABLE 2. SPI values in particular months and previously periods (summing since the beginning of April to the end of current month) in the growing period in 2005–2006 in the Kujawy region

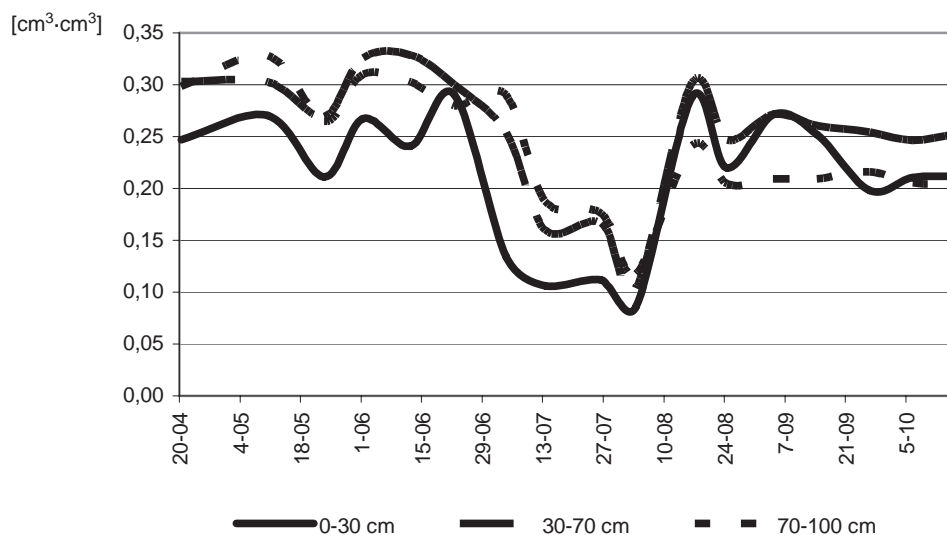
Rok Year	SPI w okresie / SPI in the period					
	IV	IV–V	IV–VI	IV–VII	IV–VIII	IV–IX
2005	1,08	1,22	0,70	0,37	–0,01	–0,32
2006	1,54	0,96	0,02	–0,36	0,16	0,10
Rok Year	SPI w okresie / SPI in the period					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX
2005	1,08	1,09	–0,19	–0,18	–1,14	–1,12
2006	1,54	0,45	–1,45	–0,68	1,30	0,02

nego w poprzednim roku. W województwie kujawsko-pomorskim w 2005 roku średni plon wyniósł  $373 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ , a w roku następnym był większy około 20–25% (Wyniki produkcji..., 2007).

W pierwszym roku badań buraki cukrowe uprawiano na polu A o zapasie wody użytecznej ZWU w jednowarstwowym profilu gleby równym 114 mm, w drugim zaś roku badań na polu B o ZWU = 176 mm (tab. 3). Punkt wilgotności krytycznej dla roślin ( $pF = 2,7$ ) w warstwie 0–60 cm (największego ukorzenia roślin) na pierwszym polu odpowiadał wilgotności w przedziale od  $0,165$  do  $0,20 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ , na drugim zaś polu – wilgotności w przedziale od  $0,210$  do  $0,242 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ .

Na przykładzie uprawy buraka cukrowego w 2006 roku przedstawiono przebieg i rozkład wilgotności gleby w różnych warstwach profilu gleby (rys. 2). Na początku okresu wegetacji obser-

wowano we wszystkich warstwach dostateczne uwilgotnienie gleby. Wyraźny spadek wilgotności gleby w warstwie 0–30 cm rozpoczął się od początku trzeciej dekady czerwca, w warstwie 30–70 cm – od pierwszej dekady lipca, a w warstwie 70–100 cm – od drugiej dekady lipca. Początek wilgotności krytycznej ( $2,7 > pF < 3,0$ ) w warstwie 30–70 cm zanotowano na przełomie pierwszej i drugiej dekady lipca. Tendencja malejąca utrzymywała się w całym profilu do 3 sierpnia, kiedy wilgotność gleby osiągnęła mniejszą wartość od wilgotności krytycznej dla roślin. Długość okresu, w którym notowano ciągły spadek wilgotności wynosił 42 dni w warstwie 0–30 cm, 31 dni w warstwie 30–70 cm oraz 22 dni w warstwie 70–100 cm. Po intensywnych i długotrwałych opadach deszczu w pierwszej i drugiej dekadzie sierpnia zwiększyła się wilgotność w profilu gleby, a w warstwie 30–70 cm



RYSUNEK 2. Przebieg średniej wilgotności w różnych warstwach profilu gleby pod burakiem cukrowym w 2006 roku

FIGURE 2. The course of mean moisture in the different layers of the soil profile under the sugar beet in 2006

TABELA 3. Wilgotność gleby przy różnych wartościach potencjału wody (pF) pod uprawą buraka cukrowego na Kujawach w latach 2005 i 2006  
 TABLE 3. Soil moisture at different values of water potential (pF) in the fields under sugar beet in Kujawy region in 2005 and 2006

Warstwa gleby Soil layer [cm]	Wilgotność gleby [cm <sup>3</sup> ·cm <sup>-3</sup> ] dla pF / Soil moisture at pF														
	Pole A (ZWU = 114 mm) w 2005 r. The field A (ZWU = 114 mm) in 2005						Pole B (ZWU = 176 mm) w 2006 r. The field B (ZWU = 176 mm) in 2006								
	pF = 0	pF = 2,0	pF = 2,7	pF = 3,4	pF = 4,2	pF = 0	pF = 2,0	pF = 2,7	pF = 3,4	pF = 4,2	pF = 0	pF = 2,0	pF = 2,7	pF = 3,4	pF = 4,2
0-10	0,462	0,241	0,165	0,119	0,060	0,420	0,271	0,216	0,166	0,110	0,425	0,269	0,210	0,151	0,107
10-20	0,431	0,285	0,200	0,134	0,082	0,423	0,278	0,217	0,159	0,091	0,379	0,292	0,232	0,183	0,120
20-30	0,373	0,254	0,184	0,151	0,118	0,388	0,298	0,221	0,184	0,123	0,379	0,292	0,232	0,183	0,120
30-40	0,340	0,251	0,188	0,143	0,098	0,388	0,298	0,221	0,184	0,123	0,379	0,292	0,232	0,183	0,120
40-50	0,345	0,252	0,193	0,136	0,096	0,388	0,298	0,221	0,184	0,123	0,379	0,292	0,232	0,183	0,120
50-60	0,346	0,237	0,194	0,185	0,163	0,395	0,298	0,242	0,201	0,140	0,379	0,298	0,242	0,201	0,140
70-80	0,325	0,258	0,237	0,171	0,112	0,357	0,270	0,176	0,115	0,073	0,357	0,270	0,176	0,115	0,073
90-100	0,308	0,225	0,197	0,160	0,130	0,324	0,263	0,173	0,124	0,083	0,324	0,263	0,173	0,124	0,083

Objaśnienie / Explanation: ZWU – zapas wody użytecznej / useful soil water reserves.



wilgotność na poziomie połowej pojemności wodnej utrzymywała się do końca wegetacji buraka (rys. 2).

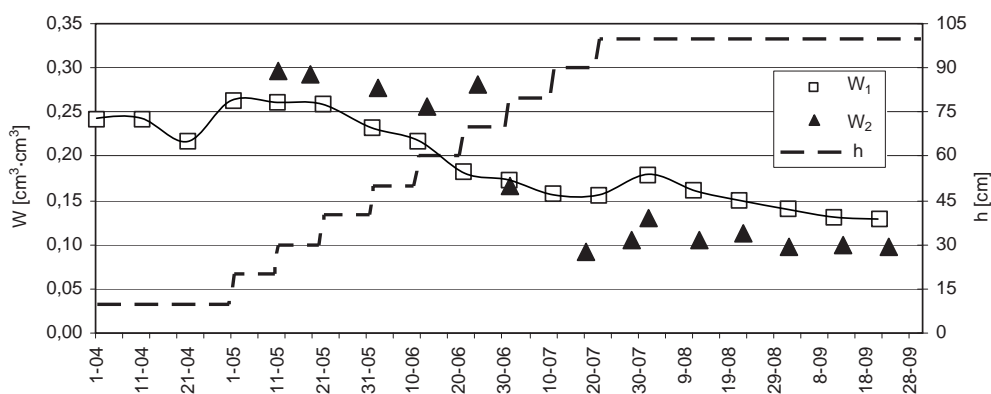
Prowadzone w sezonie wegetacyjnym pomiary wilgotności gleby i badania modelowe pozwoliły porównać przebieg wilgotności gleby w warstwie korzeniowej buraka cukrowego pomierzony i obliczony za pomocą modelu CROPDEF i ocenić przydatność modelu do monitorowania wilgotności gleby i określania zapasów wody na polu buraka cukrowego.

W obydwu latach badań na dwóch różnych polach obserwowano zgodność przebiegu wartości pomierzonych i obliczonych (rys. 3 i 4). W 2005 roku zarówno według wartości obliczonych, jak i pomierzonych pod koniec czerwca wilgotność gleby w warstwie 0–50 cm spadła poniżej wilgotności krytycznej. Tak mała wilgotność utrzymywała się do końca okresu wegetacji (rys. 3). Rozkład opadów atmosferycznych w tym roku, był niekorzystny w drugiej połowie okresu wegetacyjnego. Jego kon-

sekwencją było osiągnięcie mniejszego od średniego z wielolecia plonu buraka cukrowego.

Zgodność przebiegu wartości pomierzonych i obliczonych obserwowano również w 2006 roku, (rys. 4). Podobnie jak w poprzednim roku, w ostatniej dekadzie czerwca wilgotność gleby w warstwie korzeniowej buraka (zarówno według badań modelowych, jak i pomiarów) spadła poniżej wartości krytycznej dla roślin. W lipcu wilgotność pomierzona systematycznie się obniżała, zbliżając się do niebezpiecznego punktu trwałego wędnięcia roślin w ostatnią dekadę lipca. W sierpniu w wyniku intensywnych opadów atmosferycznych, które rozpoczęły się w drugim dniu i trwały przez cały miesiąc, zapasy wody w poszczególnych warstwach gleby zostały uzupełnione, a wilgotność osiągnęła wartość większą od wilgotności krytycznej dla roślin.

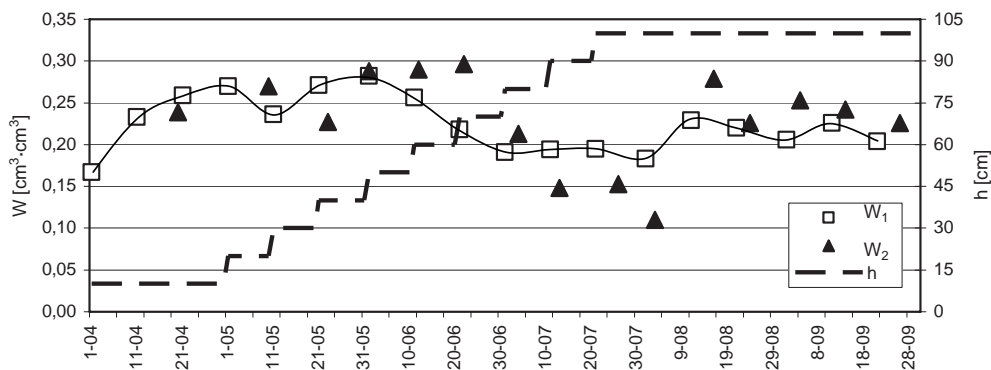
Współczynnik korelacji ( $r$ ) liniowej zależności między wilgotnością pomierzoną ( $W_2$ ) i obliczoną ( $W_1$ ) w warstwie korzeniowej buraka cukrowego osiągnął



RYSUNEK 3. Przebieg średniej wilgotności ( $W$ ) korzeniowej warstwy gleby o głębokości ( $h$ ) na polu buraka cukrowego w 2005 roku:  $W_1$  – wartości obliczone,  $W_2$  – wartości pomierzone

FIGURE 3. The course of soil mean moisture ( $W$ ) in the root zone at the depth ( $h$ ) in the sugar beet field in 2005:  $W_1$  – calculated values,  $W_2$  – measured values



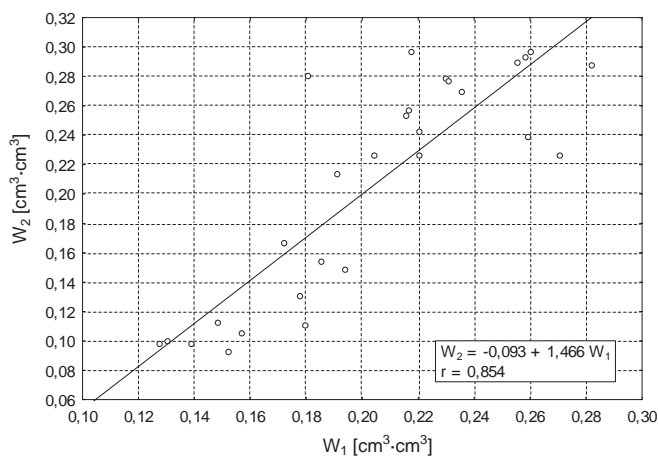


RYSUNEK 4. Przebieg średniej wilgotności ( $W$ ) korzeniowej warstwy gleby o głębokości ( $h$ ) na polu buraka cukrowego w 2006 roku:  $W_1$  – wartości obliczone,  $W_2$  – wartości pomierzone  
 FIGURE 4. The course of soil mean moisture ( $W$ ) in the root zone at the depth ( $h$ ) in the sugar beet field in 2006:  $W_1$  – calculated values,  $W_2$  – measured values

wartość 0,854 na poziomie istotności  $p < 0,002$ , co oznacza zgodność przebiegu wartości obliczonych według modelu i pomierzonych na polu w 73% (rys. 5).

Na podstawie badań modelowych i z wykorzystaniem wskaźnika CDI oceniono, czy wystąpiła susza rolnicza dla buraka cukrowego i kiedy było jej największe nasilenie. O suszy w danym miesiącu

decydował przebieg warunków meteorologicznych i wegetacji roślin za okres od początku kwietnia do końca bieżącego miesiąca. W obydwu analizowanych latach w ciągu pierwszych trzech miesięcy, w okresie od kwietnia do czerwca, nie było suszy. Natomiast na koniec lipca notowano silną suszę rolniczą ( $0,20 \leq \text{CDI} \leq 0,49$ ) w uprawie buraka



RYSUNEK 5. Zależność między wilgotnością korzeniowej warstwy gleby obliczoną ( $W_1$ ) i pomierzoną ( $W_2$ ) na polu buraka cukrowego na Kujawach w latach 2005–2006  
 FIGURE 5. Dependence between soil moisture of the sugar beet root zone calculated ( $W_1$ ) and measured ( $W_2$ ) in the Kujawy region in 2005–2006

cukrowego, która według badań modelowych odpowiadała redukcji ewapotranspiracji o 30% w 2005 roku oraz o 28% w 2006 roku. W 2005 roku największe nasilenie suszy obserwowano w okresie od lipca do końca września, a w całym okresie półrocznym wskaźnik CDI osiągnął wartość 0,37, klasyfikując ten okres do silnej suszy. W 2006 roku największe nasilenie suszy obserwowano na koniec lipca, w późniejszym okresie uległo ono zmniejszeniu, wartość CDI klasyfikowała okres wegetacji buraka cukrowego na pograniczu umiarkowanej i silnej suszy (tab. 4).

o 70 mm niż w 2005 roku. Zdaniem Dzieżyca i innych (1987, za: Rzekanowski i in. 2005), niedobory opadu dla buraka cukrowego w okresie wegetacji w centralnej Polsce na glebach średnich w latach przeciętnych wynoszą 49–65 mm, a w latach suchych 154–159 mm. Według Gruszki (1996), niedobory wodne dla buraka cukrowego na Kujawach na glebach lekkich (ZWU = 60–71 mm) w latach suchych (z prawdopodobieństwem  $p = 20\%$ ) wynoszą 205 mm, w latach przeciętnych ( $p = 50\%$ ) – 100 mm; na glebach zaś średnich (ZWU = 84–92 mm) odpowiednio 189 i 89 mm.

TABELA 4. Wartości wskaźników CDI i niedoborów wodnych  $N$  [mm] dla buraka cukrowego w latach 2005–2006 na Kujawach

TABLE 4. Values of CDI index and water deficits  $N$  [mm] for sugar beet in 2005–2006 at Kujawy

Rok Year	Okres / Period					
	IV	IV–V	IV–VI	IV–VII	IV–VIII	IV–IX
CDI						
2005	0	0	0,06	0,30	0,33	0,37
2006	0	0	0,03	0,28	0,23	0,20
$N$						
2005	0	0	15,5	102,5	153,3	187,5
2006	0	0	19,0	117,8	117,8	117,8

W obydwu latach w kwietniu i maju nie wystąpiły niedobory wodne dla buraka cukrowego plonującego około  $500 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Niewielkie niedobory obserwowano w czerwcu, natomiast ich nasilenie było w lipcu. W 2005 roku w sierpniu i wrześniu niedobory systematycznie zwiększały się, osiągając na koniec sezonu wegetacji wartość około 190 mm. W 2006 roku w sierpniu i wrześniu na skutek dużych opadów deszczu wartość niedoborów wodnych pozostała na poziomie wartości z lipca, a na koniec okresu wegetacyjnego była mniejsza

## Podsumowanie

Posucha rozpoczęta w lipcu i trwająca do końca okresu wegetacji 2005 roku była bardziej szkodliwa dla wzrostu i rozwoju roślin niż posucha, która wystąpiła w czerwcu i lipcu 2006 roku i została przerwana długotrwałymi opadami sierpniowymi. Rozkład czasowy opadu atmosferycznego, wilgotności gleby i temperatury powietrza na Kujawach w okresie wegetacyjnym 2005 roku był bardziej niekorzystny dla uprawy buraka cukrowego niż rozkład tych elementów

w 2006 roku. Według wskaźnika SPI, umiarkowana susza wystąpiła w sierpniu i wrześniu 2005 roku oraz w czerwcu i lipcu 2006 roku. Badane okresy wegetacyjne nie należały do suchych.

W 2006 roku w 100-centymetrowym profilu gleby wyczerpanie wody w uprawie buraka cukrowego najszybciej wystąpiło w warstwie 0–30 cm; rozpoczęło się około 10 dni wcześniej niż w warstwie 30–70 cm oraz 20 dni wcześniej niż w warstwie 70–100 cm.

Według wskaźnika CDI, dla uprawy buraka cukrowego okres wegetacyjny w 2005 roku był okresem silnej suszy, w 2006 roku zaś był na pograniczu suszy umiarkowanej i silnej. W 2005 roku niedobory wodne dla buraka cukrowego były większe o prawie 60% w stosunku do 2006 roku.

Obserwowano silny związek między wilgotnością w korzeniowej warstwie gleby pomierzoną na polu uprawnym oraz obliczoną według modelu CROPDEF.

Pomiary wilgotności gleby, elementów meteorologicznych oraz wyniki symulacji komputerowych mogą stanowić ważny element systemu monitoringu i informacji agrometeorologicznej na obszarze Kujaw. Wskaźniki suszy meteorologicznej i rolniczej mogą być znaczącym uzupełnieniem takiego systemu.

## Literatura

- Analiza strategiczna obszarów rolniczych w województwie kujawsko-pomorskim, 2001. Red. F. Rudnicki, Z. Skinder. Wydaw. ATR, Bydgoszcz.
- BAK B. 2006: Wskaźnik standaryzowanego opadu *SPI* jako kryterium oceny suszy rolniczej na glebach o różnej retencji użytecznej. Praca doktorska. IMUZ, Bydgoszcz.
- DOORENBOS J., PRUITT W.O. 1977: Guidelines for predicting crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper 24. FAO, Rome.
- DRUPKA S. 1976: Techniczna i rolnicza eksploatacja deszczowni. PWRiL, Warszawa.
- DZIEŻYC J., NOWAK L., PANEK K. 1987: Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 314: 11–34.
- GAŚOWSKI A., OSTROWSKA D. 1993: Klucz do oznaczania stadiów rozwojowych niektórych gatunków roślin rolniczych. Wydaw SGGW, Warszawa.
- GRUSZKA J. 1996: Znaczenie i warunki stosowania nawodnień deszczownianych w rolnictwie regionu Kujaw. Rozprawa habilitacyjna. IMUZ, Falenty.
- KASPERSKA-WOŁOWICZ W., ŁABĘDZKI L. 2004: Porównanie ewapotranspiracji wskaźnikowej według Penmana i Penmana-Monteitha w różnych regionach Polski. *Woda, Środowisko, Obszary Wiejskie* 4, 2a (11): 123–136.
- KASPERSKA-WOŁOWICZ W., ŁABĘDZKI L. 2006: Koncepcja systemu monitorowania suszy na obszarach rolniczych. *Woda, Środowisko, Obszary Wiejskie* 6, 1 (16): 161–171.
- ŁABĘDZKI L. 1990: Model krótkoterminowej prognozy potrzeb nawadniania. Opracowanie tematu CPBR 10.8.7.1.B.13. IMUZ, Falenty.
- ŁABĘDZKI L. 1996: Potrzeby wodne i redukcja plonu roślin przy ograniczonych zasobach wody do nawodnień. *Przegląd Naukowy Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska SGGW* 10: 311–318.
- ŁABĘDZKI L. 1997: Potrzeby nawadniania użytków zielonych – uwarunkowania przyrodnicze i prognozowanie. Rozprawa habilitacyjna. IMUZ, Falenty.
- ŁABĘDZKI L. 2006: Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji. *Rozpr. Nauk. i Monog.* 17. Wydaw. IMUZ, Falenty.
- ŁABĘDZKI L., BAK B. 2002: Monitoring suszy za pomocą wskaźnika standaryzowanego opadu. *Woda, Środowisko, Obszary Wiejskie* 2, 2 (5): 9–19.

- McKEE T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J. 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proc. 8<sup>th</sup> Conf. Applied Climatology, 17–22 January 1993, Anaheim, California.
- OSTROWSKI J., ŁABĘDZKI L., KANECKA-GESZKE E., KOWALIK W. 2008: Kartograficzna prezentacja niedoborów wodnych buraka cukrowego oszacowanych z zastosowaniem modelu CROPDEF. *Acta Agrophysica* (w druku).
- PESZEK J. 1996: Uwarunkowania klimatyczno-przyrodnicze produkcji rolniczej w regionie bydgoskim. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 438: 19–32.
- Potrzeby wodne roślin uprawnych, 1989. Red. J. Dzieżyc. PWN, Warszawa.
- ROGUSKI W., ŁABĘDZKI L., KASPERSKA W. 2001: Analiza niedosytu wilgotności powietrza obliczanego z pomiarów ciągłych oraz terminowych w oparciu o wyniki stacji automatycznych w rejonie Bydgoszczy. *Annales UMCS, Lublin B, LV/LVI*: 36.
- RZEKANOWSKI C., DUDEK S., ŻARSKI J. 1996: Potrzeby opadowe buraka cukrowego w świetle wieloletnich doświadczeń opadowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 438: 61–68.
- RZEKANOWSKI C., ŻARSKI J., DUDEK S., ROLBIECKI S., ROLBIECKI R. 2005: Nawadnianie, jako sposób przeciwdziałania obniżkom plonów buraka cukrowego uprawianego na glebach lekkich w latach suchych. *Woda, Środowisko, Obszary Wiejskie* 5 (14): 287–300.
- Wyniki produkcji roślinnej w 2006 r., 2007. GUS, Warszawa.
- ZAWADZKI S. 1973: Laboratoryjne oznaczenia retencyjności utworów glebowych. *Wiad. IMUZ XI*, 2: 11–32.

## Summary

**Monitoring of agrometeorological conditions in the sugar beet field.** The results of agrometeorological and soil moisture monitoring in the field of sugar beet in the Kujawy region in 2005–2006 are shown in the paper. The examined growing seasons (IV–IX) were average in precipitation according to the SPI index. The moderate drought occurred in August–September 2005 and June–July 2006. The time distribution of precipitation and soil moisture in 2006 was more favourable than in 2005 for sugar beet growing. According to crop drought index CDI for sugar beet, the severe drought was in 2005 and severe bordered to moderate drought was in 2006. The measured in the field and calculated according to CROPBALANCE model values of soil moisture in the root zone were agreeable. The meteorological and soil moisture data and mathematical modelling can be the important and useful elements in the system of agrometeorological monitoring and information in the Kujawy region. The indices of meteorological (SPI) and agricultural (CDI) drought can be the significant complement of this system.

### Authors' address:

Wiesława Kasperska-Wołowicz,  
Ewa Kanecka-Geszke  
Instytut Melioracji i Użytków Zielonych  
w Falentach  
Wielkopolsko-Pomorski Ośrodek Badawczy  
w Bydgoszczy  
Glinki 60, 86-174 Bydgoszcz  
Poland  
e-mail: imuzbyd@by.onet.pl