

## **CZĘSTOŚĆ WYSTĘPOWANIA W POŁUDNIOWO-WSCHODNIEJ POLSCE NIEKORZYSTNYCH DLA ROŚLIN UPRAWNYCH WARUNKÓW PLUWIOTERMICZNYCH W PERSPEKTYWIE GLOBALNEGO OCIEPLENIA**

Agnieszka Ziernicka-Wojtaszek, Tadeusz Zawora

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

**Streszczenie.** Opracowano prognozę częstości występowania warunków pluwiotermicznych niekorzystnych dla ważniejszych roślin uprawnych w Polsce południowo-wschodniej przy założonych scenariuszach wzrostu temperatury powietrza o 1,0, 1,5 i 2,0°C w stosunku do średniej z okresu 1901–2000. Symulację przeprowadzono metodą współczynnika hydrotermicznego Sielaninowa, obliczając jego wartości w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego (IV–X) przy założeniu niezmiennych opadów i odpowiednio podwyższonych wartości temperatury powietrza. Wartości krytyczne współczynnika ustalono na podstawie reakcji stanu roślin uprawnych w warunkach produkcyjnych na zmienne warunki pluwiotermiczne. Dla scenariusza przyrostu temperatury o 2,0°C można się spodziewać wzrostu częstości niedostatecznego uwilgotnienia z 23 do 33% i spadku częstości nadmiernego uwilgotnienia z 23 do 14%.

**Słowa kluczowe:** warunki pluwiotermiczne, rośliny uprawne, globalne ocieplenie, południowo-wschodnia Polska

### **WSTĘP**

Charakterystyczną cechą klimatu Polski jest przejściowość między morskim klimatem Europy Zachodniej a kontynentalnym Europy Wschodniej i spowodowana tym duża zmienność pogody i meteorologicznych warunków wegetacji roślin uprawnych w poszczególnych latach. Przejściowość ta uwidacznia się szczególnie na obszarze południowo-wschodniej Polski w zróżnicowaniu pojawów fenologicznych [Obrębska-Starkłowa 1977] i występowania typów opadów [Cebulak 1994]. Konfrontacja wartości plonotwór-

---

Adres do korespondencji – Corresponding autor: dr inż. Agnieszka Ziernicka-Wojtaszek, Katedra Meteorologii i Klimatologii Rolniczej, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24–28, 30-059 Kraków, e-mail: aziernik@poczta.fm

czej elementów meteorologicznych, takich jak usłonecznienie, temperatura powietrza czy opady atmosferyczne, w okresach kalendarzowych lub fazach fenologicznych z wysokością plonów roślin uprawnych pozwala na określenie optymalnych wartości tych elementów, a także ich niedoborów bądź nadmiarów [Dzieżyc i in. 1987, Dzieżyc 1993].

Reakcję roślin uprawnych na zmienne warunki pogodowe dobrze oddają oceny stanu roślin uprawnych na koniec miesiąca (rzadziej – dekady), wyrażone w stopniach kwalifikacyjnych od 1 do 5, prowadzone przez służby rolne jednostek administracyjnych już od końca XIX wieku. Wieloletnie obserwacje stanu roślin uprawnych i pluwiotermicznych warunków wegetacji wykazały, że zakres wartości temperatury i opadów sprzyjających wegetacji, czyli takich, przy których stan roślin uznaje się za bardzo dobry, dobry i przeciętny, jest dość ściśle określony. Powyżej i poniżej tych wartości zaznaczają się niedobory lub nadmiary danego elementu, powodujące pogorszenie stanu upraw.

Dobrym wskaźnikiem kompleksowym do określania zmienności meteorologicznych warunków wegetacji jest współczynnik hydrotermiczny Sielaninowa [Cherszkowicz 1971] nazywany współczynnikiem zabezpieczenia w wodę lub umownym bilansem wilgoci. Jego zaletą jest to, że opiera się na dwóch powszechnie mierzonych elementach meteorologicznych: opadach atmosferycznych i temperaturze powietrza. Obserwowany i prognozowany w procesie globalnego ocieplenia wzrost temperatury powietrza, przy braku wyraźnych tendencji opadów atmosferycznych na obszarze Polski, pozwala – przy założeniu niezmienności poziomu agrotechniki i reżimu opadów – na symulację przyszłych warunków meteorologicznych wegetacji roślin uprawnych.

Celem badań było opracowanie prognozy zmian częstości występowania warunków pluwiotermicznych niekorzystnych dla ogółu ważniejszych roślin uprawnych przy scenariuszach zakładających zmianę temperatury powietrza o 1,0, 1,5 i 2,0°C w stosunku do wartości średniej z wielolecia 1901–2000 i niezmiennione dla tego okresu opady, na przykładzie województwa podkarpackiego, dla którego to obszaru istnieje stuletni ciąg obserwacji stanu roślin uprawnych.

## MATERIAŁ I METODY

W opracowaniu wykorzystano średnie obszarowe wartości temperatury powietrza i sumy opadów atmosferycznych oraz komunikaty o stanie upraw ogółu ważniejszych roślin uprawnych z poszczególnych miesięcy okresu wegetacyjnego (IV–X) w stuleciu 1901–2000 z obszaru obecnego województwa podkarpackiego. Temperaturę powietrza i sumy opadów atmosferycznych obliczono jako średnie ważone wartości pochodzących z położonych na badanym obszarze lub w jego sąsiedztwie stacji meteorologicznych o długoletnich ciągach obserwacyjnych, takich jak Tarnów, Głogów, Rzeszów, Jarosław, Zdanów i Lesko. Informacje o stanie upraw i warunkach wykonywania prac polowych pochodziły z regionalnych (a niekiedy ogólnopolskich) czasopism o problematyce rolniczej, meteorologicznej i statystycznej: Biuletynu Agrometeorologicznego, Biuletynu Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej, Doświadczalnictwa Rolniczego, Gazety Rolniczej, Kwartalnika Statystycznego, Miesięcznika Statystycznego, Miesięcznego Przeglądu Agrometeorologicznego, Rolnika, Tygodnika Rolniczego, Wiadomości Korespondenta Rolnego GUS, Wiadomości Meteorologicznych PIM.

Z miesięcznych wartości temperatury powietrza i opadów atmosferycznych skonstruowano wartości współczynnika hydrotermicznego Sielaninowa będącego ilorzem miesięcznej sumy opadów i 0,1 sumy średnich dobowych temperatur powietrza. Wartości współczynnika skonfrontowano z oceną pluwiotermicznych warunków wegetacji, wśród których wydzielono warunki niesprzyjające z powodu niedostatecznego uwilgotnienia, warunki sprzyjające oraz warunki, przy których korespondenci rolni donosili o miernym lub złym stanie roślin uprawnych z powodu nadmiernego uwilgotnienia. Uszeregowanie wartości współczynnika Sielaninowa w porządku rosnącym pozwoliło na ustalenie granicznych wartości współczynnika, przy których zaznacza się niedostatek lub nadmiar uwilgotnienia. Znając te wartości graniczne i zakładając, z jednej strony, niezmienną poziomą agrotechniki, długości okresu wegetacji roślin uprawnych oraz struktury i sumy opadów, a z drugiej – wzrost temperatury powietrza o 1,0, 1,5 i 2,0°C (w każdym miesiącu), wygenerowano dla 100-letniego okresu nowe wartości wspomnianego współczynnika z uwzględnieniem odpowiednio podwyższonej temperatury powietrza. Przy 100-letnim okresie obserwacji i takim samym okresie symulowanym za częstość występowania warunków niedostatecznego i nadmiernego uwilgotnienia uznano liczbę przypadków w porównywanych stuleciach.

## WYNIKI I DYSKUSJA

W regionalizacji agroklimatycznej byłych krajów demokracji ludowej [Cherszkowicz 1971], na podstawie przeprowadzonych masowych doświadczeń dotyczących zależności między plonowaniem roślin uprawnych a warunkami uwilgotnienia, przyjęto następujące wartości współczynnika hydrotermicznego Sielaninowa za okres VI–VIII: poniżej 1,3 dla stref o różnym natężeniu posuchy, 1,3–1,6 dla strefy optymalnego uwilgotnienia i powyżej 1,6 dla strefy wilgotnej. Odnosząc wartość tego wskaźnika do warunków wegetacji ważniejszych roślin uprawnych w stuleciu 1901–2000 na terytorium obecnego województwa podkarpackiego, stwierdzono, że pogorszenie się stanu roślin uprawnych z powodu niedostatecznego uwilgotnienia (według relacji korespondentów rolnych) występuje przy wartości współczynnika Sielaninowa wynoszącej: w kwietniu i maju – 1,3 i poniżej, w czerwcu – 1,2 i poniżej, w lipcu i sierpniu – 1,1 i poniżej. Dla września i października odpowiednie wartości krytyczne współczynnika wynoszą 0,9 i 1,0 (tab. 1). Nadmierne uwilgotnienie przejawiające się pogorszeniem stanu roślin uprawnych na badanym terenie zaznacza się dopiero przy wartości współczynnika Sielaninowa wynoszącej 2,8 i powyżej – w kwietniu, maju i czerwcu, a od 2,5, 2,2, 2,1 i 2,6 odpowiednio – w kolejnych miesiącach od lipca do października.

W okresie 1901–2000 częstość posuch o różnym natężeniu, zaznaczających się pogorszeniem stanu roślin uprawnych, średnio dla wszystkich miesięcy wynosiła szacunkowo 23%, czyli co 4–5 rok był posuszny (tab. 2). Największe natężenie zjawiska (29%) wystąpiło w maju – miesiącu o największym zapotrzebowaniu na wodę roślin uprawnych, dość duże (26%) w październiku – miesiącu o największej zmienności opadów, a najmniejsze (19%) w kwietniu, kiedy to dużą rolę odgrywają jeszcze pozimowe zapasy wody w glebie.

Przy scenariuszu podniesienia się temperatury powietrza o 1,0°C można szacować, że – niezależnie od natężenia zjawiska w poszczególnych miesiącach – częstość wystę-

Tabela 1. Zakres wartości współczynnika hydrotermicznego Sielaninowa dla warunków niedostatecznego, dostatecznego i nadmiernego uwilgotnienia na obszarze województwa podkarpackiego (1901–2000)

Table 1. Range of values of Selianinov's hydrothermal coefficient for deficient, normal and excessive humidity conditions in Podkarpackie Province (1901–2000)

Kategoria uwilgotnienia Humidity category	Miesiąc – Month						
	kwiecień April	maj May	czerwiec June	lipiec July	sierpień August	wrzesień September	październik October
Niedostateczne Deficient	0,4–1,3	0,4–1,3	0,4–1,2	0,5–1,1	0,4–1,1	0,2– 0,9	0,1–1,0
Dostateczne Normal	1,4–3,1	1,4–2,7	1,3–2,7	1,2–2,4	1,2–2,1	1,0– 2,0	1,1–2,5
Nadmierne Excessive	2,8–5,9	2,8–4,8	2,8–4,5	2,5–5,3	2,2–3,6	2,1– 5,1	2,6–8,6

Tabela 2. Częstość występowania (%) uwilgotnienia niedostatecznego dla ważniejszych roślin uprawnych na obszarze województwa podkarpackiego przy różnych scenariuszach wzrostu temperatury powietrza

Table 2. Frequency of occurrence (%) of deficient humidity conditions for principal cultivated plants in Podkarpackie Province under various scenarios of air temperature increase

Scenariusz wzrostu temperatury Temperature increase scenario	Miesiąc – Month							średnia IV–X mean Apr–Oct
	kwiecień April	maj May	czerwiec June	lipiec July	sierpień August	wrzesień September	październik October	
Temperatura powietrza Air temperature 1901–2000	19	29	23	21	23	23	26	23
Przyrost o 1,0°C 1.0 °C increase	30	31	25	23	25	26	33	28
Przyrost o 1,5°C 1.5 °C increase	36	34	28	25	27	29	37	31
Przyrost o 2,0°C 2.0 °C increase	38	37	30	25	29	31	38	33

powiania niedostatecznego uwilgotnienia zwiększy się o 5 punktów procentowych, a przy wzroście o 1,5°C – o 8 punktów procentowych. Największy przyrost częstości analizowanego zjawiska, o 10 punktów procentowych, nastąpi w przypadku wzrostu temperatury powietrza o 2,0°C, co oznacza, że prawie co trzeci rok będzie suchy.

W stuleciu 1901–2000 częstość występowania nadmiernego uwilgotnienia, zaznaczającego się pogorszeniem stanu roślin uprawnych, bez względu na zróżnicowanie w poszczególnych miesiącach można szacować na 23%, co oznacza, że co czwarty–piąty

rok był nadmiernie wilgotny. Najbardziej wilgotny był październik (34%) – miesiąc o największej zmienności opadów, dalej plasowały się lipiec i sierpień (23 i 25%) – miesiące o najwyższych ich sumach oraz kwiecień (22%) – miesiąc o dużych poziomach zapasów wody w glebie (tab. 3).

Przy założonym wzroście temperatury powietrza o 1,0°C można przyjąć, że – niezależnie od zróżnicowania w poszczególnych miesiącach – częstość występowania nadmiernego uwilgotnienia przeciętnie zmniejszy się o 4 punkty procentowe, zaś przy podniesieniu się temperatury o 1,5°C – o 7 punktów procentowych. W przypadku podniesienia się temperatury powietrza o 2,0°C nastąpi największy spadek częstości – o 9 punktów procentowych. Oznacza to, że przeciętnie tylko co siódmy rok będzie nadmiernie wilgotny dla większości roślin uprawnych.

Tabela 3. Częstość występowania (%) uwilgotnienia nadmiernego dla ważniejszych roślin uprawnych na obszarze województwa podkarpackiego przy różnych scenariuszach wzrostu temperatury powietrza

Table 3. Frequency of occurrence (%) of excessive humidity conditions for principal cultivated plants in Podkarpackie Province under various scenarios of air temperature increase

Scenariusz wzrostu temperatury Temperature increase scenario	Miesiąc – Month							średnia IV–X mean Apr–Oct
	kwiecień April	maj May	czerwiec June	lipiec July	sierpień August	wrzesień September	październik October	
Temperatura powietrza Air temperature 1901–2000	22	17	14	23	25	23	34	23
Przyrost o 1,0°C 1.0 °C increase	19	12	11	19	22	22	28	19
Przyrost o 1,5°C 1.5 °C increase	15	9	10	17	20	21	22	16
Przyrost o 2,0°C 2.0 °C increase	10	6	9	15	16	20	19	14

Przeprowadzone badania pozwoliły na ustalenie lokalnych wartości granicznych współczynnika hydrotermicznego Sielaninowa do wydzielenia okresów posusznych i nadmiernie uwilgotnionych. Okazało się, że dla tych ostatnich są to wartości przeważnie znacznie odbiegające od powszechnie przyjmowanych. Ich wiarygodność została potwierdzona stuletnim cyklem obserwacji reakcji roślin uprawnych w warunkach produkcyjnych na zmienne warunki termiczno-opadowe. Teren województwa podkarpackiego jest dość zróżnicowany pod względem rzeźby terenu, klimatu i gleby. Aby określić częstość występowania niedostatecznego i nadmiernego uwilgotnienia w poszczególnych mezo-regionach klimatyczno-glebowych, należałoby dysponować kalendarzem stanów roślin uprawnych w odpowiadających im jednostkach administracyjnych.

Wobec mniejszej efektywności opadów atmosferycznych, obserwowany i prognozowany wzrost zasobów ciepła będzie ograniczał możliwość zaspokojenia potrzeb wodnych uprawianych roślin [Ziernicka 2004]. Otrzymane wyniki mogą być przyczynkiem do prognozowania zmian zasobów agroklimatycznych produkcji roślinnej w związku z zachodzącymi i prognozowanymi zmianami klimatu Polski, przedstawionymi w opracowaniach Obrębskiej-Starkłowej i innych [1994], Demidowicza i innych [1999] oraz Górskiego [2002].

## WNIOSKI

1. Na podstawie 100-letnich obserwacji warunków pluwiotermicznych wegetacji ważniejszych roślin uprawnych wykazano, że na obszarze południowo-wschodniej Polski krytyczne wartości współczynnika hydrotermicznego Sielaninowa dla warunków nadmiernego uwilgotnienia są wyższe od powszechnie przyjmowanej wartości 1,6 i w zależności od miesiąca wynoszą od 2,1 do 2,8.
2. Przy założeniu niezmiennego poziomu agrotechniki oraz niezmiennych sum i struktury opadów atmosferycznych, dla scenariusza wzrostu temperatury powietrza o 1,0°C należy się spodziewać, że w porównaniu do częstości z okresu 1901–2000 częstość występowania niedostatecznego uwilgotnienia zwiększy się z 23 do 28%, a przy wzroście temperatury o 2,0°C – do 33%. Odpowiednio, częstość występowania nadmiernego uwilgotnienia zmniejszy się z 23 do 19% i do 14%.

## PIŚMIENNICTWO

- Cebulak E., 1994. Zmienność maksymalnych opadów dobowych w dorzeczu górnej Wisły. Wiad. IMiGW XVII (XXXIII), 1, 83–91.
- Cherszkowicz E., 1971. Agroklimaticzeskije riesursy territorii socialisticzeskich stran Jewropy. Izdatielstwo Bołgarskoj Akadiemii Nauk Sofia.
- Demidowicz G., Deputat T., Górski T., Krasowicz S., Kuś J., 1999. Prawdopodobne zmiany produkcji roślinnej związane ze spodziewanymi zmianami klimatu Polski. Mat. Ogólnopol. Konf. Nauk. „Zmiany i zmienność klimatu Polski”, Łódź, 4–6.11.1999, 43–48.
- Dziężyc J., Nowak L., Panek K., 1987. Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 314, 11–33.
- Dziężyc J., 1993. Czynniki plonotwórcze – plonowanie roślin. PWN Warszawa – Wrocław.
- Górski T., 2002. Współczesne zmiany agroklimatu Polski. Pam. Puł. 130, 241–250.
- Obrębska-Starkłowa B., 1977. Typologia i regionalizacja fenologiczno-klimatyczna na przykładzie dorzecza górnej Wisły. Rozprawa hab. nr 11, UJ Kraków.
- Obrębska-Starkłowa B., Bednarz Z., Niedźwiedz T., Trepieńska J., 1994. Klimat Karpat w okresie globalnego ocieplenia i prognozowane zmiany gospodarcze. Probl. Zagosp. Ziem Górs. 27, 13–38.
- Ziernicka A., 2004. Globalne ocieplenie a efektywność opadów atmosferycznych. Acta Agrophys. 3(2), 393–397.

## FREQUENCY OF DEFICIENT PLUVIO-THERMAL CONDITIONS FOR CULTIVATED PLANTS IN SOUTHEASTERN POLAND IN THE LIGHT OF GLOBAL WARMING

**Abstract.** A forecast about the frequency of occurrence in southeastern Poland of the pluvio-thermal conditions that are unfavourable for principal cultivated plants was prepared for three scenarios of temperature increase (by 1.0, 1.5 or 2.0 °C) over the long-term period average of 1901–2000. The simulation was carried out using Selianinov's hydro-thermal coefficient whose values were calculated for each month in the growing season (April–October) assuming steady precipitation and appropriately increased air temperatures. The critical values of Selianinov's coefficient were established on the basis of how the state of cultivated plants in the field responded to the changing pluvio-thermal conditions. For the scenario with 2.0 °C temperature rise, it can be expected that the frequency of deficient humidity conditions would increase from 23 to 33%, and that of excessive humidity conditions would decrease from 23 to 14%.

**Key words:** pluvio-thermal conditions, cultivated plants, global warming, southeastern Poland

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 2.08.2008*