

WPLYW EKSTREMALNEGO UWILGOTNIENIA GLEBY I CZYNNIKÓW METEOROLOGICZNYCH NA PŁONOWANIE JĘCZMIENIA JAREGO W POLSCE*

C. Koźmiński, B. Michalska

Katedra Agrometeorologii, Akademia Rolnicza, ul. Papieża Pawła VI, 3, 71-434 Szczecin
E-mail: agro@agro.ar.szczecin.pl

S t r e s z c z e n i e: W pracy wykorzystano dane agrometeorologiczne dotyczące: opadów, temperatury powietrza oraz usłonecznienia z 59 stacji meteorologicznych w Polsce z lat 1970-1995. Ponadto uwzględniono niedostateczne i nadmierne dekadowe stany uwilgotnienia gleby w okresie od kwietnia do lipca z Biuletynów Agrometeorologicznych IMGW, za lata 1966-1995, a także plony jęczmienia jarego z 49 województw zebrane z opracowań statystycznych GUS.

W celu określenia wpływu ekstremalnego uwilgotnienia gleby na zmniejszenie plonu jęczmienia jarego wyznaczono progowe wartości wskaźników dla niedostatecznego $W_{ug_n} > 1,4$ i nadmiernego $W_{ug_m} > 0,6$ uwilgotnienia gleby. Opracowano prawdopodobieństwo występowania wartości tych wskaźników oraz obliczono potencjalne zmniejszenie plonu jęczmienia. Wykorzystując dane agrometeorologiczne opracowano równania regresji dla określenia wielkości plonów jęczmienia na koniec kwietnia, maja, czerwca i lipca uzyskując dobre i bardzo dobre wyniki (średni błąd weryfikacji 4,7%). Wyznaczono 3 strefy potencjalnego zagrożenia jęczmienia jarego przez ekstremalne uwilgotnienie gleby.

S ł o w a k l u c z o w e: jęczmień jary, wilgotność gleby, prognozy

WSTĘP

Niniejsza praca jest kontynuacją oceny wpływu ekstremalnego uwilgotnienia gleby i warunków meteorologicznych na wielkość i zmienność plonowania zbóż ozimych i jarych w Polsce [3,4]. Postępujące zmiany klimatu i związane z nimi nasilenie ekstremalnych warunków pogodowych skłania do opracowań klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce.

W ostatnich 15 latach areal uprawy jęczmienia jarego w kraju systematycznie maleje, od 15% w strukturze zasiewów zbóż w roku 1980 do 10% w roku 1995, przy czym najmniejsze powierzchnie uprawy występują w województwach Polski

*Pracę zrealizowano w ramach projektu nr 0668/P06/98/15 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych.

południowej. Na glebach pszennych istotny wpływ usłonecznienia na plony jęczmienia jarego występuje od kłoszenia do dojrzałości woskowej, a na żytnich od wschodów do kłoszenia [6], zaś zmiany średnich dobowych temperatur najsilniej oddziałują od krzewienia do dojrzałości woskowej [7]. Największy związek plonów jęczmienia z opadami przypada na glebach pszennych w międzyfazie kłoszenie-dojrzałość woskowa, a na glebach żytnich, w okresie od krzewienia do kłoszenia [9]. Natomiast na plony jęczmienia ozimego istotnie oddziałuje nadmierne uwilgotnienie gleby od kwietnia do czerwca i niedostateczne od maja do lipca [3].

MATERIAŁY I METODY

W opracowaniu wykorzystano dekadowe informacje o niedostatecznym i nadmiernym uwilgotnieniu gleby od 1 IV do 31 VII w latach 1966-1995 oraz miesięczne wartości usłonecznienia, temperatury powietrza i opadów w latach 1970-1995 zebrane z 59 stacji IMGW z Biuletynów Agrometeorologicznych [2].

Wielkość plonów jęczmienia jarego z poszczególnych województw i kraju zaczerpnięto z Opracowań Statystycznych GUS za lata 1970-1995 [8].

Posługując się metodą regresji wielokrotnej oszacowano wpływ ekstremalnego uwilgotnienia gleby, wyrażonego wskaźnikiem W_{ug} [3] na wielkość i zmienność plonu jęczmienia jarego. Następnie określono progowe wartości wskaźnika W_{ug} dla niedostatecznego (n) od maja do lipca i nadmiernego (m) od kwietnia do lipca uwilgotnienia gleby, po przekroczeniu których następowało zmniejszenie plonów jęczmienia poniżej wartości średniej wieloletniej w skali kraju oraz wyznaczono prawdopodobieństwo ich występowania na terenie Polski. Podstawiając do równania regresji:

$$y = 32,1438 - 3,3478W_{ugm\ IV-VI} - 1,4123W_{ugn\ V-VII}$$

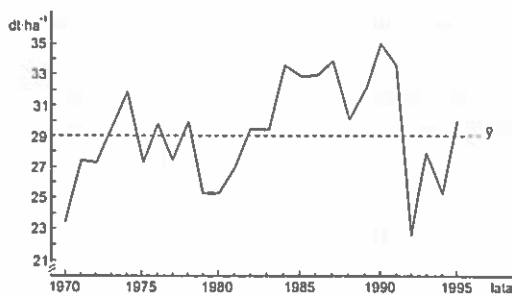
wymienione wartości W_{ug} z poszczególnych województw obliczono zmniejszenie plonów jęczmienia jarego, w porównaniu z plonem średnim krajowym, uzyskując w ten sposób względne przestrzenne zróżnicowanie zmniejszenia plonów w wyniku występowania ekstremalnego uwilgotnienia gleby. Analiza uzyskanych wyników dała podstawę do wydzielenia na terenie kraju stref zagrożenia upraw jęczmienia jarego przez ekstremalne uwilgotnienie gleby.

W kolejnej pracy [5] podjęto próbę łącznego oszacowania wielkości plonów jęczmienia jarego na podstawie opadów i ekstremalnego uwilgotnienia gleby oraz czynników meteorologicznych, z uwzględnieniem trendu plonów. Spośród kilkudziesięciu równań regresji wybrano te, które najlepiej opisują przeszłe plony jęczmienia na kolejne terminy: koniec kwietnia, maja, czerwca i lipca.

Przeprowadzono również weryfikację załączonych w tabelach równań na przykładzie dziesięciu kolejnych lat (1986-1995), eliminując każdorazowo dane meteorologiczne ze sprawdzanego roku i obliczając wielkości plonów z nowo utworzonych równań regresji. W celu scharakteryzowania przestrzennego rozkładu zagrożenia plantacji tej rośliny przez ekstremalne uwilgotnienie gleby obliczono średnie wartości wskaźników: dla niedostatecznego uwilgotnienia - $W_{ug_n} > 1,4$, i dla nadmiernego uwilgotnienia gleby - $W_{ug_m} > 0,6$.

WYNIKI I DYSKUSJA

W okresie od 1970 do 1991 wystąpił istotny dodatni trend plonów jęczmienia jarego w Polsce, który następnie został załamany przez dwie susze glebowe (1992 i 1994) i pogorszenie się agrotechniki. W analizowanym okresie 1970-1995 zaznaczyły się też bardzo duże wahania plonów jęczmienia jarego w poszczególnych latach (Rys. 1), zwłaszcza między latami 1991 i 1992 spowodowane głównie długotrwałą suszą glebową, która rozpoczęła się na terenie kraju już w drugiej dekadzie czerwca 1992 roku i trwała do początku września [1]. Drugim czynnikiem istotnie zmniejszającym plony roślin uprawnych było załamanie się poziomu agrotechniki na początku lat 90, skutkiem czego przeciętne plony w kraju były niższe o około 10% od średnich wieloletnich.



Rys. 1. Przebieg plonów jęczmienia jarego w kolejnych latach 1970-1995 w Polsce.

Fig. 1. Yields of spring barley in successive years 1970-1995 in Poland.

Najwyższe plony jęczmienia jarego (powyżej 30 dt·ha⁻¹) notuje się w południowo-zachodniej części kraju, gdzie występują sprzyjające warunki agrometeorologiczne i wysoka kultura rolna (Rys. 2). W kierunku na północny wschód i wschód plony tej rośliny maleją do około 25 dt·ha⁻¹ w województwach suwalskim, białostockim i łomżyńskim. O wielkości współczynnika zmienności plonów jęczmienia jarego w poszczególnych województwach zadecydowały głównie warunki agrotechniczne w byłych PGR-ach oraz wyjątkowo ekstremalne warunki uwilgotnienia gleby w północnej i północno-zachodniej części kraju. Zmienność plonów omawianej rośliny waha się od około 10% w południowo-wschodniej części kraju do około 16% w części północnej (Rys. 3).

Duże zagrożenie plantacji jęczmienia jarego przez niedostateczne uwilgotnienie gleby od maja do lipca (Rys. 4) występuje w środkowej części Polski ($Wug_n > 2,8$), a zwłaszcza we wschodniej części Pojezierza Wielkopolskiego i na Kujawach ($Wug_n > 3,0$), gdzie w okresie wegetacji notuje się najniższe opady w Polsce. Natomiast najmniejsze zagrożenie z tytułu niedoborów wody w wierzchniej warstwie gleby występuje w południowo-wschodniej części kraju ($Wug_n < 2,4$). Na przełomie wiosny i lata dorzecza środkowej Noteci, Warty i Odry charakteryzują się dużą powtarzalnością okresów z niedostatecznym uwilgotnieniem gleby, trwającym co najmniej dwie dekady powyżej 50% (Rys. 5). W kierunku na południowy wschód i wschód prawdopodobieństwo występowania tych okresów wyraźnie maleje do poniżej 20% na obszarze Karpat i Rostocza.

Jak wynika z Rys. 6, najwyższe wartości wskaźnika nadmiernego uwilgotnienia gleby $Wug_m > 0,6$ obserwuje się w środkowo-wschodniej części Polski - powyżej 1,6, a w dorzeczu Wkry, na Rostoczku i na obszarze Karpat nawet powyżej 1,8. Najniższe wartości opisywanego wskaźnika występują w zachodniej części Pojezierza Wielkopolskiego - poniżej 1,2.

Dorzecze Warty i Noteci odznacza się najmniejszym prawdopodobieństwem występowania okresów trwających ponad dekadę z nadmiernym uwilgotnieniem gleby poniżej 40%, a w miarę przemieszczania się na południowy wschód wzrasta częstość tych okresów do ponad 60% na obszarze Karpat i Rostocza (Rys. 7). Stosunkowo często występuje nadmierne uwilgotnienie gleby na Żuławach i w dorzeczu Wkry (powyżej 50%).

Uwzględniając w równaniu regresji zarówno niedostateczne jak i nadmierne uwilgotnienie wierzchniej warstwy gleby z danego województwa obliczono potencjalne zmniejszenie plonów uzyskując względne ich przestrzenne zróżnicowanie na terenie kraju. Według Rys. 8 potencjalne zmniejszenie plonu jęczmienia jarego z tytułu występowania ekstremalnego uwilgotnienia gleby waha się od poniżej 16% w środkowozachodniej Polsce, na Pojezierzu Mazurskim i na Wyżynie Małopolskiej do ponad 24% w środkowym dorzeczu Wisły oraz środkowym dorzeczu Bugu. Największe przestrzenne zróżnicowanie zmniejszenia plonów jęczmienia zaznacza się w zachodniej części Pojezierza Pomorskiego i w południowo-zachodniej części Pojezierza Mazurskiego, uwarunkowane regionalnym zróżnicowaniem ekstremalnego uwilgotnienia gleby.

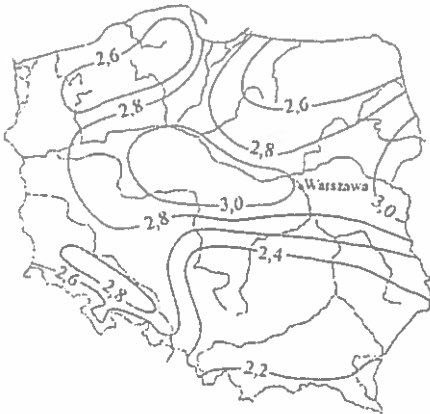
Na podstawie średnich wartości wskaźników niedostatecznego ($Wug_n > 1,4$) i nadmiernego ($Wug_m > 0,6$) uwilgotnienia gleby oraz średniego zmniejszenia plonów jęczmienia jarego wyznaczono na obszarze kraju trzy główne strefy potencjalnego zagrożenia upraw jęczmienia przez ekstremalne uwilgotnienie gleby (Rys. 9). Ze względu na regionalne zróżnicowanie wartości wskaźników Wug_n i Wug_m w obrębie stref I i II wydzielono dodatkowo podstrefy a i b, a ich charakterystykę ilościową załączono w Tabeli 1.



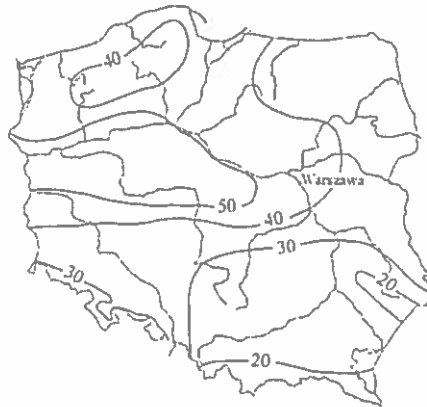
Rys. 2. Średnie plony jęczmienia jarego według województw. Lata 1970-1995.
 Fig. 2. Mean spring barley yields according to provinces. Years 1970-1995.



Rys. 3. Współczynnik zmienności plonów jęczmienia jarego wg województw. Lata 1970-1995.
 Fig. 3. Variation coefficient of spring barley according to provinces. Years 1970-1995.



Rys. 4. Średnie wartości wskaźnika $W_{ug_n} > 1,4$ niedostatecznego uwilgotnienia gleby w okresie V-VII. Lata 1970-1995.
 Fig. 4. Mean values of index $W_{ug_n} > 1,4$ of insufficient soil moisture from May to July. Years 1970-1995.

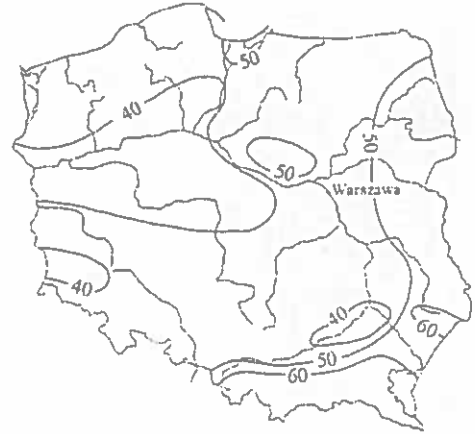


Rys. 5. Prawdopodobieństwo przewyższenia wartości wskaźnika $W_{ug_n} > 1,4$ w okresie V-VII.
 Fig. 5. Probability of exceeding index value $W_{ug_n} > 1,4$ from May to July.



Rys. 6. Średnie wartości wskaźnika $Wug_m > 0,6$ nadmiernego uwilgotnienia gleby w okresie IV-VI. Lata 1970-1995.

Fig. 6. Mean values of index $Wug_m > 0,6$ of excessive soil moisture from April to June. Years 1970-1995.



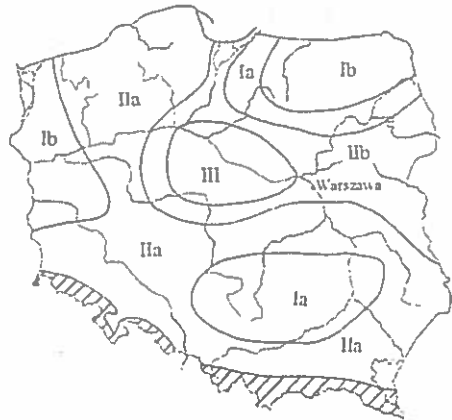
Rys. 7. Prawdopodobieństwo przewyższenia wartości wskaźnika $Wug_m > 0,6$ w okresie IV-VI.

Fig. 7. Probability of exceeding index value $Wug_m > 0,6$ from April to June.



Rys. 8. Zmniejszenie (%) plonu jęczmienia jarego spowodowane ekstremalnym uwilgotnieniem gleby w okresie IV-VII.

Fig. 8. Decrease (%) of spring barley yield caused by extreme soil moisture from April to July.



Rys. 9. Strefy potencjalnego zagrożenia jęczmienia jarego przez ekstremalne uwilgotnienie.

Fig. 9. Zones of potential threat to spring barley caused by extreme soil moisture.

T a b e l a 1. Charakterystyka wydzielonych stref potencjalnego zagrożenia jęczmienia jarego w kraju przez ekstremalne uwilgotnienie gleby

T a b l e 1. Characteristics of defined zones of potential hazard to spring barley in Poland caused by extreme soil moisture

Strefy	Średnie wartości $Wug_n > 1,4$ w okresie maj-lipiec	Średnie wartości $Wug_m > 0,6$ w okresie kwiecień-czerwiec	Średnie zmniejszenie plonu (%)
Ia	2,1 - 2,4	1,1 - 1,4	<16
b	2,4 - 2,7	1,1 - 1,4	<16
Iia	2,6 - 2,8	1,3 - 1,6	16 - 20
b	2,8 - 3,0	1,6 - 1,8	20 - 24
III	> 3,0	1,7 - 1,9	> 24

W strefie III - największe zagrożenie wynika z dużej intensywności i powtarzalności zarówno nadmiernego jak i niedostatecznego uwilgotnienia gleby, zaś w strefie Ib głównie z tytułu niedostatecznego uwilgotnienia gleby.

Obok ekstremalnego uwilgotnienia gleby bardzo duży wpływ na wielkość plonów zbóż jarych mają opady z listopada i marca. Stąd opracowano równania regresji z uwzględnieniem obydwu czynników w celu oszacowania przyszłych plonów jęczmienia jarego na kolejne terminy (Tabela 2). Zadawalające wyniki

T a b e l a 2. Zależność plonu jęczmienia jarego ($dt \cdot ha^{-1}$) w kraju od opadów i ekstremalnego uwilgotnienia gleby. Lata 1970-1995

T a b l e 2. Relationship between spring barley yield ($dt \cdot ha^{-1}$) in Poland and precipitation and extreme soil moisture. Years 1970-1995

Dzień	Równanie regresji	R ² (%)	F	Sy	S
do 30 IV	$y = 36,4460 - 0,0638x_1 - 0,1178x_2 - 2,8469x_3$	61,4	11,6	2,20	3,32
do 31 V	$y = 33,8009 - 0,0927x_2 - 3,2274x_4 - 4,8052x_5$	64,6	13,4	2,1	
do 30 VI	$y = 36,4826 - 0,0483x_1 - 0,1133x_2 - 1,8909x_6 - 1,3621x_7$	69,0	11,7	2,01	
do 31 VII	$y = 37,5695 - 0,0446x_1 - 0,1231x_2 - 1,8699x_8 - 0,9595x_9$	81,6	23,3	1,55	

Objaśnienia: x_1 - suma opadów w listopadzie, x_2 - suma opadów w marcu, x_3 - Wug_n IV, wskaźnik nadmiernego uwilgotnienia gleby w kwietniu, x_4 - Wug_m IV i V - wskaźnik nadmiernego uwilgotnienia gleby w kwietniu i maju, x_5 - Wug_n V, wskaźnik niedostatecznego uwilgotnienia gleby w maju, x_6 - Wug_m IV-VI, wskaźnik nadmiernego uwilgotnienia gleby od kwietnia do czerwca, x_7 - Wug_n V i VI, wskaźnik niedostatecznego uwilgotnienia gleby w maju i czerwcu, x_8 - Wug_m IV-VII, wskaźnik nadmiernego uwilgotnienia gleby od kwietnia do lipca, x_9 - Wug_n V-VII, wskaźnik niedostatecznego uwilgotnienia gleby od maja do lipca, R² - współczynnik determinacji, F - test Snedecora, Sy - błąd równania regresji, S - odchylenie standardowe.

uzyskuje się już na koniec kwietnia, kiedy to współczynnik determinacji R^2 wynosi 61%, a błąd równania regresji S_y 2,20 ($\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$) przy odchyleniu standardowym $S = 3,32$ ($\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$). Nieco lepsze wyniki oszacowania plonów daje równanie opracowane na koniec maja (R^2 około 65%). Uwzględniając opady z listopada i marca oraz nadmierne uwilgotnienie od kwietnia do czerwca, a także niedostateczne uwilgotnienie gleby w maju i czerwcu, opisuje się przyszłe plony w 69%, gdy błąd równania regresji jest mniejszy od odchylenia standardowego o około 40%. W miarę wydłużania się wegetacji roślin i gromadzenia danych agrometeorologicznych, opis przyszłych plonów staje się coraz dokładniejszy, co potwierdzają charakterystyki statystyczne równania regresji opracowanego na koniec lipca. Wówczas R^2 wynosi około 82%, a błąd równania regresji jest o połowę mniejszy od naturalnej zmienności plonów.

Z uwagi na ogólną dostępność danych meteorologicznych ze stacji IMGW opracowano równania regresji wielokrotnej uwzględniające sumy opadów z listopada, marca, maja i lipca oraz minimalną temperaturę powietrza w kwietniu i sumę godzin ze Słońcem w czerwcu (Tabela 3). Ponadto do równań regresji włączono trend plonów, zapisany jako kolejne lata od 70 ... do 95. Bardzo duży istotny i wysoce istotny statystycznie związek między sumami opadów z listopada i marca oraz minimalną temperaturą w kwietniu a plonami jęczmienia daje podstawę do oszacowań przyszłych plonów na koniec kwietnia w 73%. W równaniach opracowanych na koniec maja, w których włączono opady z tego miesiąca, uzyskano

T a b e l a 3. Zależność plonu ($\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$) jęczmienia jarego w kraju od czynników meteorologicznych, przy uwzględnieniu trendu plonów. Lata 1970-1995

T a b l e 3. Relationship between spring barley ($\text{dt}\cdot\text{ha}^{-1}$) in Poland and meteorological factors including trend of yield. Years 1970-1995

Dzień	Równanie regresji	R^2 (%)	F	S_y	S
do 30 IV	$y = 20,7550 + 0,1474x_1 - 0,0745x_2 - 0,1619x_3 - 0,7152x_4$	73,1	14,3	1,88	3,32
do 31 V	$y = 13,3537 + 0,1799x_1 - 0,0604x_2 - 0,1535x_3 - 0,7412x_4 + 0,0647x_5$	78,8	14,9	1,70	
do 30 VI	$y = 17,2645 + 0,1637x_1 - 0,0574x_2 - 0,1278x_3 - 0,7907x_4 + 0,7338x_5 - 0,0210x_6$	84,3	16,9	1,51	
do 31 VII	$y = 26,7348 + 0,1009x_1 - 0,0611x_2 - 0,1269x_3 - 0,8469x_4 + 0,0567x_5 - 0,0276x_6 - 0,0282x_7$	87,8	18,5	1,36	

Objaśnienia: x_1 - trend plonów zapisany jako kolejne lata 70, ...95, x_2 - suma opadów w listopadzie, x_3 - suma opadów w marcu, x_4 - minimalna temperatura powietrza w kwietniu, x_5 - suma opadów w maju, x_6 - suma godzin ze Słońcem w czerwcu, x_7 - suma opadów w lipcu.

opis przyszłych plonów w około 79%. Spośród rozpatrywanych czynników meteorologicznych w czerwcu, największy związek z plonami jęczmienia wykazało usłonecznienie, co potwierdzają także wyniki badań Makowieckiego [6]. Zmiana wielkości dekadowego usłonecznienia o 1 godzinę, w porównaniu z średnią wieloletnią wartością, powoduje zmianę plonu ziarna na glebach pszennych od 2 do 40 kg·ha⁻¹, a na żytnich od 2 do 50 kg·ha⁻¹ [6]. Z tych względów włączając do równania regresji, opracowanego na koniec czerwca, sumę godzin ze Słońcem, uzyskano oszacowanie przyszłych plonów w 84%. Z kolei w lipcu czynnikiem istotnie decydującym o plonach jęczmienia okazały się sumy opadów.

W celu oceny równań regresji załączonych w Tabeli 3 dla potrzeb prognozowania plonów jęczmienia jarego w skali kraju, dokonano ich weryfikacji w kolejnych dziesięciu latach okresu 1986-1995, co obrazuje Tabela 4. Na koniec maja różnice pomiędzy plonem rzeczywistym a obliczonym wahały się od 0,9% w latach 1989 i 1991 do 17,6% w 1992 roku, przy średniej różnicy 6,5%. Tak duża różnica w plonach w 1992 roku na niekorzyść plonu rzeczywistego wynikała głównie z załamania się poziomu agrotechniki. Obliczone na koniec czerwca różnice w plonach są znacznie niższe niż na koniec maja (średnia 4,7%), gdyż w 6 latach na 10 nie przekroczyły 5%, co świadczy o przydatności opracowanych modeli do prognozowania plonów jęczmienia jarego w skali kraju.

T a b e l a 4. Procentowe różnice między obliczonym na dzień 31 V, 30 VI i 31 VII a rzeczywistym plonem jęczmienia jarego w kraju, w kolejnych latach okresu 1986-1995

T a b l e 4. Differences in percentage between yield calculated on the last day of May, June and July and real spring barley yield in Poland in successive years 1986-1995

Lata- Plon	Dzień	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Średnia 1986- 1995
Obliczo- ny na dzień	31 V	34,4	30,9	27,1	31,4	31,1	32,8	26,1	29,2	26,7	30,8	29,5
	30 VI	33,3	32,2	30,5	31,4	30,9	32,5	24,7	29,1	26,3	30,9	30,2
	31 VII	32,9	31,7	27,9	32,0	31,2	32,6	24,7	28,0	26,8	30,9	29,9
Rzeczy- wisty		32,7	33,5	29,7	31,7	34,7	33,1	22,2	27,6	24,8	29,7	30,0
Różnica (%)	31 V	5,2	7,8	8,7	0,9	10,3	0,9	17,6	5,8	7,7	3,7	6,5
	30 VI	1,8	3,9	2,7	0,9	10,9	1,8	11,3	5,4	6,0	4,0	4,7
	31 VII	0,6	5,4	6,1	0,9	10,1	1,5	11,3	1,4	8,0	4,0	4,7

WNIOSKI

1. O zmienności i wielkości plonów jęczmienia jarego decydują nadmierne uwilgotnienie gleby od kwietnia do czerwca i niedostateczne - od maja do lipca, co dało podstawę do określenia zmniejszenia plonów tej rośliny na terenie kraju i wyznaczenia trzech głównych stref ryzyka uprawy jęczmienia jarego powodowanego ekstremalnym uwilgotnieniem gleby.

2. Wrażliwość jęczmienia jarego na ekstremalne uwilgotnienie gleby (zmniejszenie plonu od 16-24%) jest kilkakrotnie większa niż jęczmienia ozimego (od 4 do 8%). Największe ryzyko uprawy tej rośliny, zarówno ze względu na niedostateczne jak i nadmierne uwilgotnienie gleby występuje w dorzeczu środkowej Wisły.

3. Na wielkość plonów jęczmienia jarego wpływają również opady z jesieni i zimy, zwłaszcza z listopada i marca.

4. Spośród analizowanych czynników meteorologicznych, istotny i wysoce istotny wpływ na plony jęczmienia jarego mają, oprócz opadów z listopada i marca, także minimalne temperatury z kwietnia, usłonecznienie z czerwca oraz opady z maja i lipca, które opisują przyszłe plony (w zależności od terminu prognozy) od 73% - na koniec kwietnia, do 88% - na koniec lipca.

5. Przeprowadzona weryfikacja równań regresji wielokrotnej opartych na czynnikach meteorologicznych potwierdziła ich przydatność do opracowywania zadowalających prognoz przyszłych plonów jęczmienia jarego w skali kraju na koniec maja i dobrych prognoz - na koniec czerwca.

PIŚMIENNICTWO

1. Atlas uwilgotnienia gleby w Polsce. (Red. C.Koźmiński, B. Michalska). AR, Szczecin, 1995.
2. Biuletyny Agrometeorologiczne IMGW. Warszawa, 1966-1995.
3. Koźmiński C., Michalska B.: Wykorzystanie danych agrometeorologicznych do prognozowania plonów jęczmienia ozimego w Polsce. Zesz. Nauk. AR, Wrocław, 313, 115-124, 1997.
4. Koźmiński C., Michalska B.: Ryzyko uprawy pszenicy ozimej i żyta w Polsce, powodowane ekstremalnym uwilgotnieniem gleby. Zesz. Nauk. AR, Szczecin, 186, (Agric. 69), 47-53, 1998.
5. Koźmiński C., Michalska B.: Oddziaływanie nadmiernych opadów zimą i wczesną wiosną na plonowanie jęczmienia ozimego w Polsce. Acta Agrophysica 34, 113-120, 2000.
6. Makowiecki J.: Usłonecznienie - zboża. W: Czynniki plonotwórcze - plonowanie roślin (Red. J. Dzieżyc). PWN, Warszawa-Wrocław, 63-77, 1993.
7. Nowicka A.: Temperatura - zboża. W: Czynniki plonotwórcze - plonowanie roślin (Red. J. Dzieżyc). PWN, Warszawa-Wrocław, 100-115, 1993.
8. Opracowanie statystyczne. Produkcja roślinna. GUS, Warszawa, 1970-1995.
9. Panek K.: Opady - zboża. W: Czynniki plonotwórcze - plonowanie roślin (Red. J. Dzieżyc). PWN, Warszawa-Wrocław, 152-167, 1993.

**INFLUENCE OF SOIL MOISTURE AND AGROMETEOROLOGICAL FACTORS
ON SPRING BARLEY YIELDING IN POLAND**

C. Koźmiński, B. Michalska

Department of Agrometeorology, University of Agriculture, Papieża Pawła VI, 3
71-434 Szczecin, Poland, E-mail: agro@agro.ar.szczecin.pl

SUMMARY

The agrometeorological data (precipitation, air temperature, sunshine duration) from 59 meteorological stations of Poland in the years 1970-1995 were used in this study. The ten-day data of insufficient and excessive soil moisture from April to July in Poland and spring barley yields from 49 provinces in the years 1966-1995 were obtained from Agrometeorological Bulletins and GUS Reports Office.

The threshold values of W_{ug} indexes of insufficient soil moisture ($W_{ug} > 1,4$) and excessive soil moisture ($W_{ug} > 0,6$) were distinguished. On the basis of threshold indexes value and yield decrease the 3 zones of potential threat to spring barley by extreme soil moisture in Poland were defined. In the next part of the paper, the models of multiple regression equation for forecast of spring barley yields in Poland were worked out.

K e y w o r d s: spring barley, soil moisture, forecast.