

METODA OCENY WIELKOŚCI I WARTOŚCI STRAT W PRODUKCJI ROŚLINNEJ,
SPOWODOWANYCH DEFICYTEM LUB NADMIAREM OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH

Paweł Gołębiowski, Czesław Opaliński, Jan Pasis

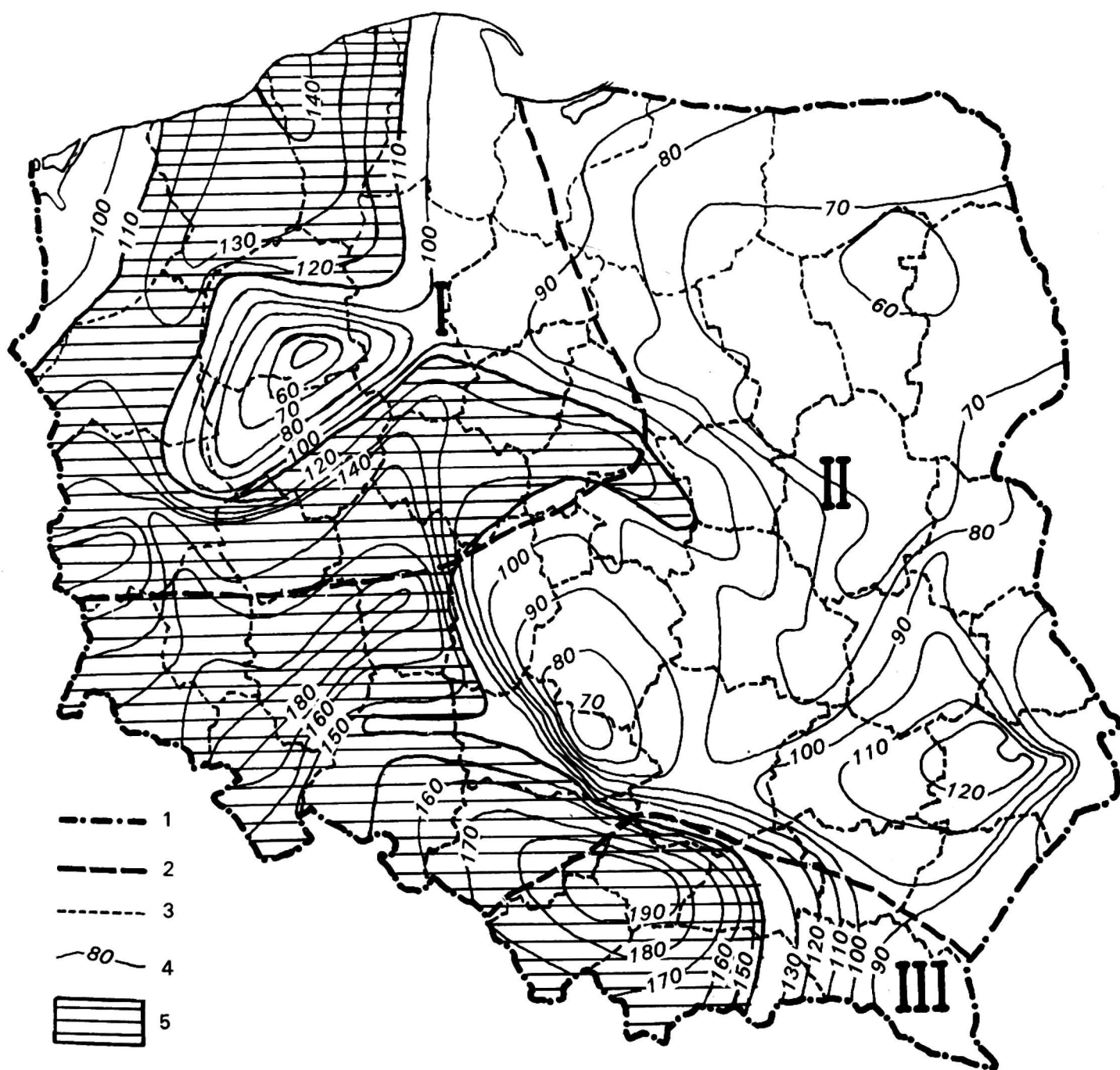
Instytut Budownictwa Rolniczego AR, Wrocław

Wysokość plonów i zbiorów roślin uprawnych kształtowana jest przez wiele czynników, do których zalicza się cechy klimatyczne (duża różnorodność typów klimatu na obszarze Polski, w tym zmieniający się rozkład i suma opadów w okresach dużego fizjologicznego zapotrzebowania na wodę roślin uprawnych) i czynniki plonotwórcze, jak: poziom agrotechniki, jakość gleb, stosowane odmiany roślin, poziom nawożenia, długość okresu wegetacyjnego itp. Liczba czynników mających wpływ na plonowanie i zbiory roślin jest bardzo duża. Przy określaniu bezpośredniej zależności między zbiorami i opadami wyłania się więc problem wyeliminowania czynników trzecich, zniekształcających badane zależności.

Do tego celu wykorzystać można trzy znane metody. Pierwsza z nich odnosi się do badań laboratoryjnych. Polega na eksperymentalnym tworzeniu sztucznych warunków, wyłączających oddziaływanie pewnych czynników. Druga polega na prowadzeniu obserwacji w warunkach naturalnych, tzn. przy działaniu wszystkich potencjalnie zakłócających warunków, z tym jednak, że notuje się wówczas wszystkie grupy cech zakłócających, a następnie rozpatruje się je oddzielnie dla poszczególnych grup. W ten sposób w ramach każdej z grup można badać związki między rozpatrywanymi czynnikami w izolacji od wpływu czynników zakłócających. Wadą tej metody jest konieczność posiadania dużej liczby wyników obserwacji. Trzecia metoda eliminacji czynników zakłócających

jest metodą statystyczno-rachunkową, polegającą na zastosowaniu specjalnych, stosunkowo skomplikowanych form opisu kształtu badanych zależności i eliminacji czynników zakłócających badaną relację.

Całkowite wyeliminowanie wpływu wszystkich czynników, potencjalnie zakłócających badaną współzależność, jest na ogół niemożliwe. Liczba cech, związanych słabiej lub silniej, pośrednio lub bezpośrednio bywa niekiedy bardzo duża. Zwłaszcza w zjawiskach przyrodniczych, w których samo nawet wyliczenie wszystkich czynników oddziałujących, a tym bardziej odizolowanie ich od siebie, czy też przeprowadzenie odrębnej obserwacji jest niewykonalne.



Rys. 1. Izolinie opadów dla okresu krytycznego żyta (1 VI-30 VI 1971): 1 - granice państwa, 2 - granice strefy, 3 - granice województwa, 4 - izohiety, 5 - rejon występowania niedoboru opadów

W opracowaniu prezentowanej metodyki wykorzystano trzeci wariant, tj. metodę statystyczno-rachunkową. W celu określenia wpływu czynnika opadów atmosferycznych na wysokość uzyskiwanych zbiorów wydzielono na obszarze Polski 12 modelowych jednostek obszarowych (województwa), kierując się ustalonym podziałem kraju na 6 zasadniczych rejonów klimatycznych. W wybranych jednostkach modelowych poddano obserwacji plony 6 roślin uprawnych, tj.: żyta, jęczmienia, pszenicy, owsa, ziemniaków i buraków cukrowych. Analiza opadów w kolejnych latach (1971-1976) oraz zbiorów sześciu roślin wskazuje na wyraźne ukształtowanie się pod tym względem w Polsce trzech rejonów (rys. 1):

- I - rejon północno-zachodni,
- II - rejon centralny,
- III - rejon południowy.

W dalszej części analizy wyłączono jednak niewielki obszar o najwyższych opadach (rejon południowy), ponieważ analiza dotyczyła przede wszystkim wpływu opadów na kształtowanie się strat gospodarczych w rolnictwie, spowodowanych posuchami lub nadmiarem opadów. Wysokość opadów atmosferycznych i plonowania roślin w tzw. województwach marginalnych znacznie odbiegają od pozostałych (wysokie opady, niskie plony), co niewątpliwie zakłóciłoby wyprowadzenie prawidłowych związków między wysokością opadów w okresach krytycznych a plonowaniem roślin i dlatego obszary te nie zostały objęte analizą.

Gdyby analizowana zależność miała charakter funkcyjny, to punkty losowe układałyby się wzdłuż jakiejś krzywej. Można zaobserwować, że przejawiają one jedynie określoną tendencję wzrostową, bądź też malejącą. Powyższą prawidłowość można przedstawić za pomocą odpowiedniej funkcji aproksymującej, będącą ujmującą zależność między badanymi zmiennymi w jej czystej postaci, tzn. z pominięciem zakłóceń o charakterze losowym. Do opisu w.w. funkcji wykorzystano program „Regresja” na maszynę cyfrową ODRA-1204. Następnie w oparciu o uzyskane wyniki wyznaczono (przy pomocy metody najmniejszych kwadratów) krzywe regresji między wysokością opadów w krytycznych okresach zapotrzebowania na wodę a uzyskanymi zbiorami. Dla każdej z sześciu wyznaczonych krzywych regresji o następującej postaci:

$$f(x) = ax + b, \quad (1)$$

$$f(x) = ax^2 + bx + c, \quad (2)$$

$$f(x) = ax^b, \quad (3)$$

$$f(x) = ae^{bx}, \quad (4)$$

$$f(x) = a + b \ln(x) \quad (5)$$

$$f(x) = \frac{ax + b}{x + c} \quad (6)$$

program „Regresja” wyznacza:

1) średnie odchylenie

$$S_o = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [f(x_i) - y_i], \quad (7)$$

2) średnie kwadratowe odchylenie

$$S_{ok} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [f(x_i) - y_i]^2}{n}} \quad (8)$$

3) średnie procentowe względne odchylenie kwadratowe

$$S_{wo} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[f(x_i) - y_i]^2}{fx_i}} \cdot 100\% \quad (9)$$

4) wartość empiryczną współczynnika korelacji

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (10)$$

gdzie

\bar{y} - wartość średnia zmiennej zależnej (plony w t/ha),
 \bar{x} - wartość średnia zmiennej niezależnej (opady w mm),

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (11)$$

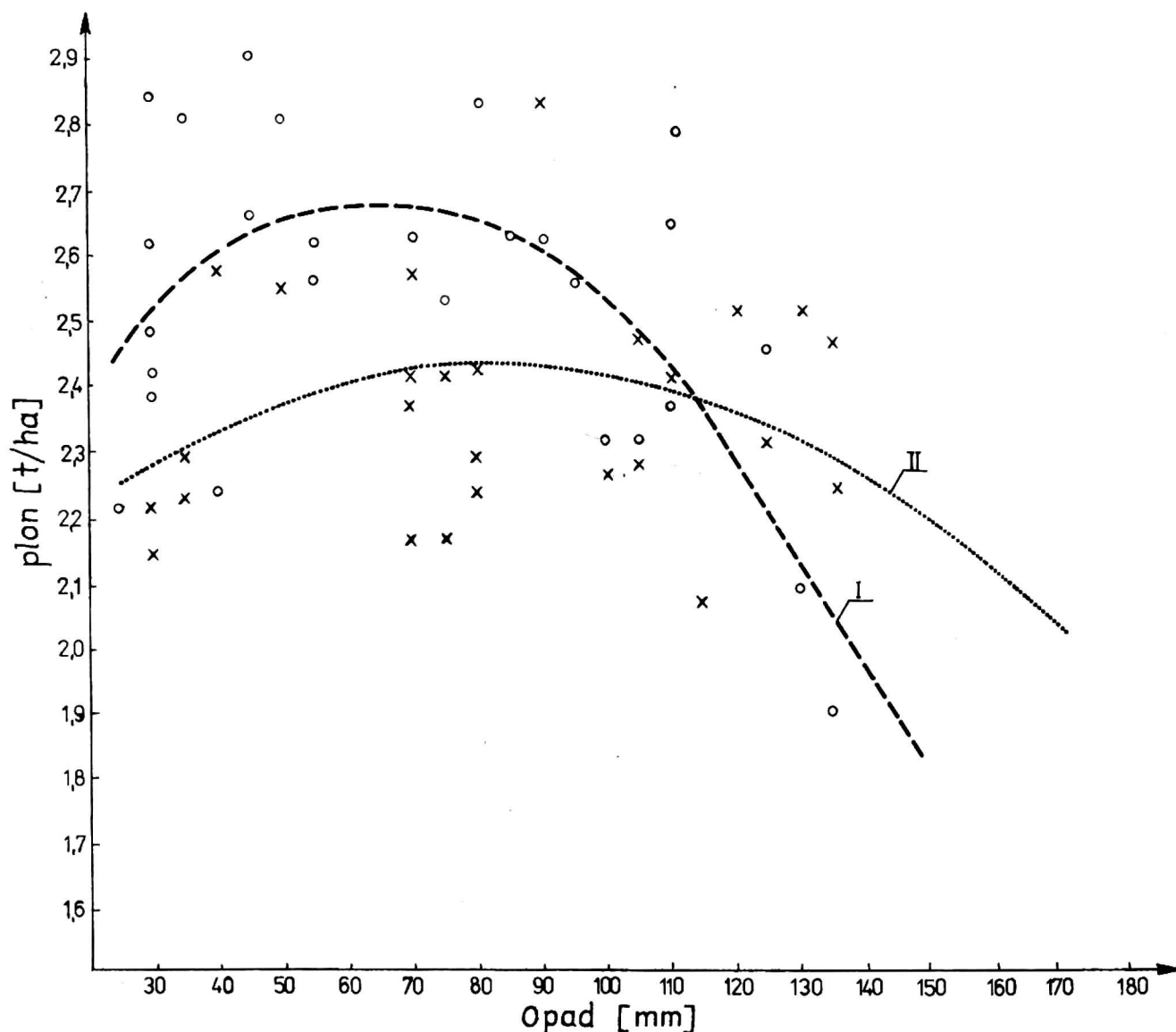
n - liczba parametrów x i y.

Na podstawie wartości odchyleni (wzór 7 i 8) można z kolei określić, która z wymienionych krzywych (od 1 do 6) najlepiej aproksymuje dane wartości x i y.

Związek między plonami i opadami w okresach krytycznego zapotrzebowania na wodę przez rośliny uprawne

Rejon	Roślina	Funkcja aproksymująca	Odchylenie			Współ- czynnik korelacji
			średnie	średnie kwadratowe	średnie procentowe kwadratowe	
I	żyto	$y=21,3+0,17x-0,0013x^2$	1,59	1,92	7,60	0,35
II		$y=20,5+0,09x-0,0006x^2$	1,23	1,58	6,63	0,41
I	pszenica	$y=22,2+0,22x-0,001x^2$	2,75	3,28	10,40	0,45
II		$y=16,6+0,127x-0,000x^2$	1,70	2,19	8,18	0,17
I	jęczmień	$y=33,64+0,0011x-0,00031x^2$	1,78	2,18	7,00	0,55
II		$y=16,47+0,18x-0,0007x^2$	2,19	2,92	10,80	0,17
I	owies	$y=9,05+0,31x-0,0012x^2$	1,73	2,58	9,60	0,28
II		$y=17,5+0,1x-0,0003x^2$	1,61	1,99	8,01	0,22
I	buraki cukrowe	$y=229,6 + 0,38x$	29,15	33,19	11,71	0,34
II		$y=192,6 + 0,51x$	28,72	35,35	12,88	0,55
I	ziemniaki	$y=111,9+0,76x-0,0016x^2$	17,10	20,82	10,85	0,32
II		$y=58,2+1,30x - 0,0031x^2$	16,80	23,44	12,60	0,36

Funkcje opisujące zależność między badanymi zmiennymi przedstawiono w tabeli 1, a na rysunku 2 krzywe regresji między plonami żyta i opadami w okresie krytycznym. Oddzielna analiza zależności stochastycznej między badanymi cechami w obrębie każdej z wydzielonych stref (I, II) umożliwia częściowe wyeliminowanie zakłóceń losowych, ponieważ



Rys. 2. Zależność plonu od wysokości opadów w rejonie I i II

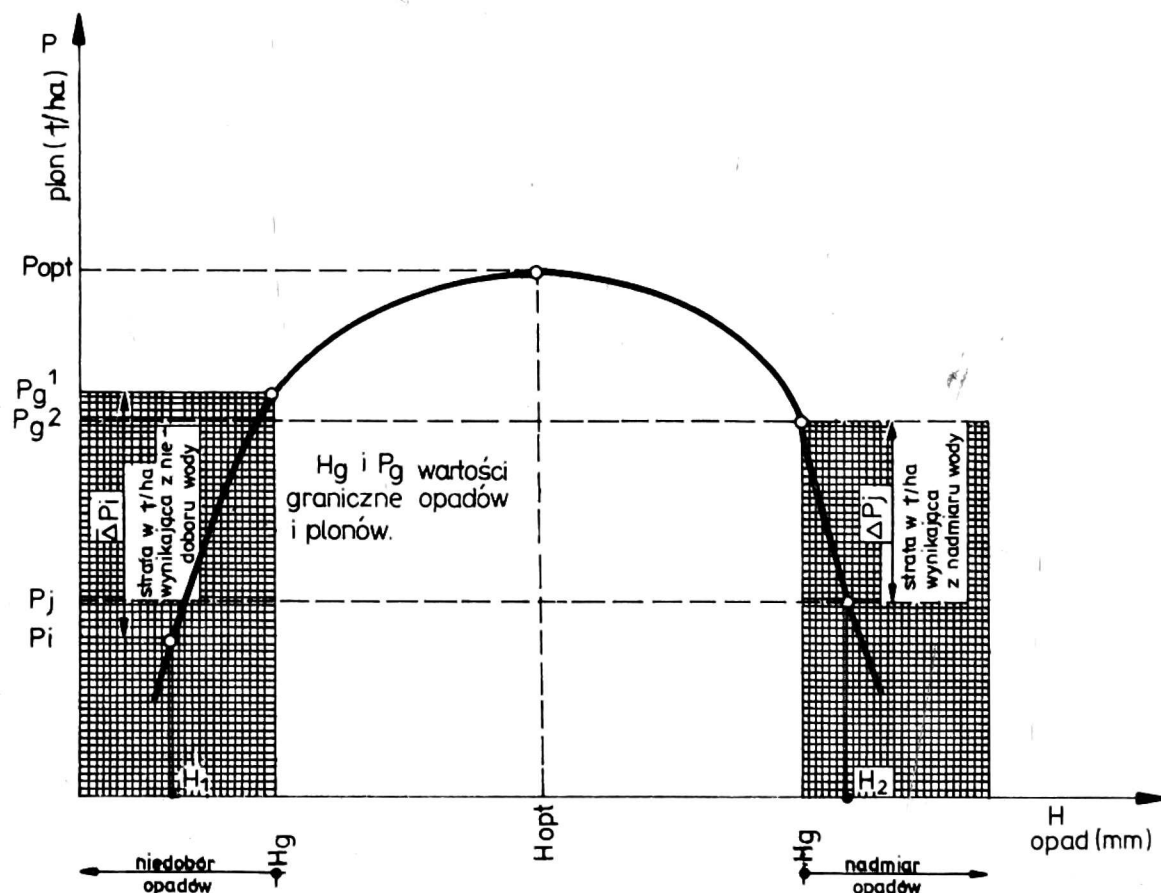
ani warunki glebowe, ani też nawożenie nie zmieniają się w sposób skokowy w krótkim okresie czasu, np. z roku na rok. Stąd krzywe regresji przedstawiają w konsekwencji zależność trendu wzrostu uzyskiwanych zbiorów w stosunku do opadów w okresach krytycznego zapotrzebowania na wodę. Można zatem wyznaczyć na ich podstawie, dla każdej z analizowanych roślin oraz rejonów, wielkość opadów (H_{opt}), dla których uzyskuje się najwyższe zbiory z jednostki powierzchni, wielkość opadów (H_g), dla których plonowanie roślin gwałtownie maleje, czyli przedział

powyżej i poniżej którego występują straty w rolnictwie na skutek niedoboru lub nadmiaru opadów (tab. 2, rys. 3).

T a b e l a 2

Wysokość opadów wyznaczona w oparciu o funkcje regresji dla poszczególnych roślin i rejonów klimatycznych, determinujących straty na skutek nadmiaru lub niedoboru wody

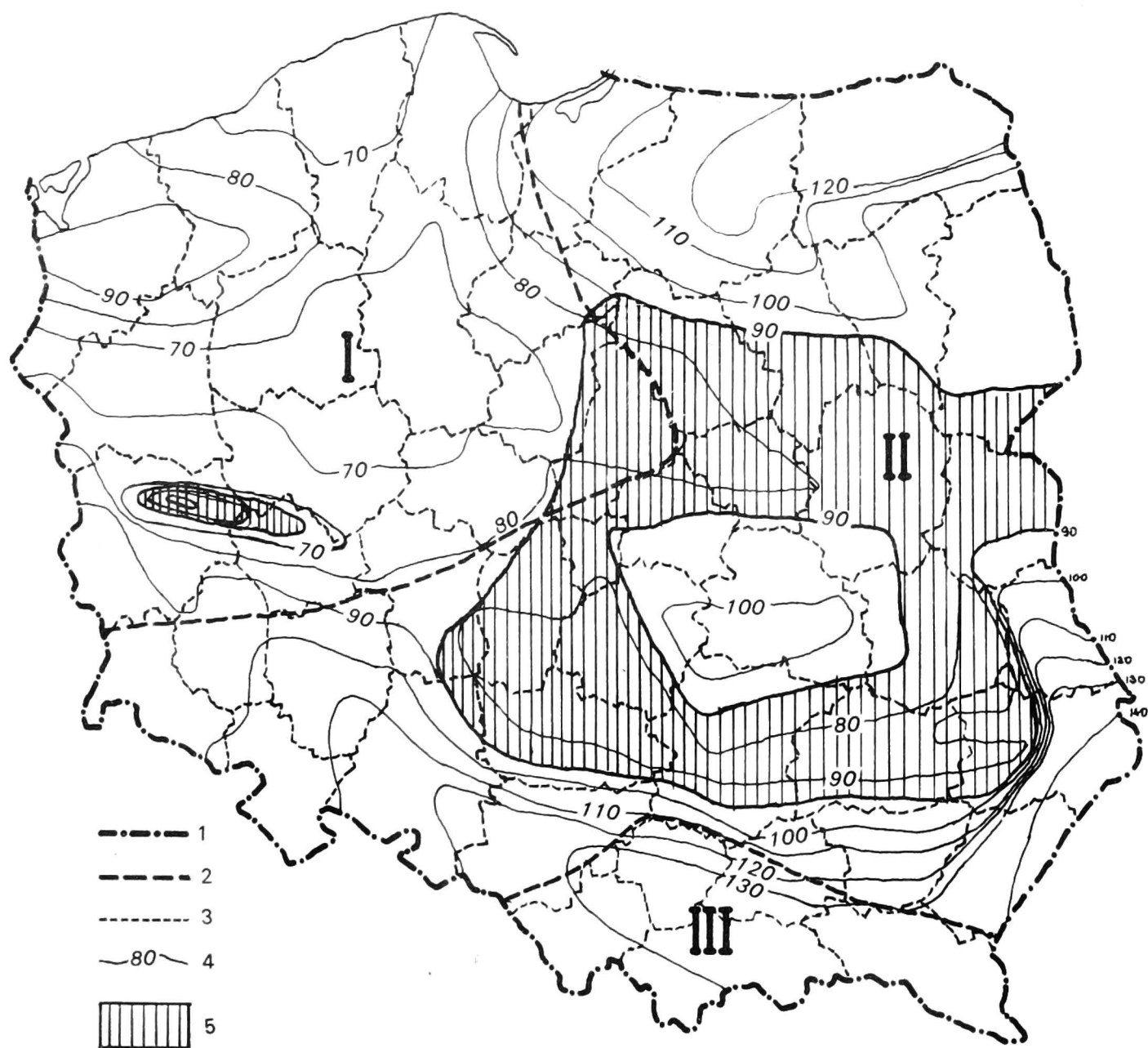
Roślina	Wysokość opadów w mm					
	rejon I			rejon II		
	min.	opt.	max.	min.	opt.	max.
Żyto	30	60	110	40	80	140
Pszenica	60	100	160	90	160	220
Jęczmień	-	40	100	60	120	180
Owies	70	130	190	80	150	220
Ziemniaki	160	200	300	120	210	300
Buraki cukrowe	120	240	-	-	120	240



Rys. 3. Ideowy schemat określania strat w plonowaniu roślin uprawnych

Średnia wysokość opadów w okresach krytycznego zapotrzebowania na wodę w rejonie II jest na przykład wyższa o ok. 20 do 50% w stosunku do rejonu I. Ponadto rejon I charakteryzuje się niższą wartością opadów optymalnych, przy których uzyskuje się maksymalne zbiory w stosunku do rejonu II oraz jest bardziej wrażliwy na wszelkie wahania opadowe.

Traktując zestawione w tablicy 2 minimalne i maksymalne wartości opadów, poniżej i powyżej których występuje niedobór lub nadmiar wody, a tym samym obniżenie wielkości uzyskiwanych zbiorów, wyznaczono dla każdej z analizowanych roślin rejonu strat wynikające z niedoboru i nadmiaru opadów (rys. 1 i rys. 4). Mając wyznaczone krzywe regresji plonowania roślin w stosunku do opadów atmosferycznych w okresach kry-



Rys. 4. Izolinie opadów dla okresu krytycznego pszenicy (1 V-30 VI 1976)

tycznych, można przewidzieć, na jakim poziomie ustali się wysokość uzyskiwanych plonów analizowanych roślin w zależności od wielkości opadów. Ma to duże znaczenie praktyczne, bowiem na tej podstawie można przewidywać średnią wartość możliwych do uzyskania zbiorów w zależności od wielkości naturalnych opadów w okresie krytycznego zapotrzebowania roślin na wodę. Wyznaczone prognozy będą tym lepsze, im rozrzut wartości zmiennej niezależnej (opadu) będzie mniejszy, czyli mniejsze będzie jego odchylenie standardowe, które może służyć jako miara dokładności naszych przewidywań.

Zarówno deficyty jak i nadmiary opadów w rolnictwie nie należą do zjawisk sporadycznych, występują w każdym okresie wegetacyjnym i decydują o plonach i wysokości zbiorów wszystkich uprawianych roślin. Nadmiar lub deficyt wody jest przyczyną spadku produkcji rolniczej, czyli spadku efektywności pracy społecznej, zakumulowanej w zużytych w rolnictwie nawozach mineralnych, energii paliw stałych, płynnych, maszyn rolniczych i środkach transportowych oraz spadku efektywności pracy żywej producentów rolnych. Praca ta nie przyniesie planowanych efektów, czyli będzie to jałowy bieg naszej gospodarki żywnościowej.

Można wyliczyć, że każdy niedobór opadu o 10 mm lub jego nadmiar powoduje obniżenie plonowania, np.: pszenicy o 0,11 t/ha, żyta 0,1 t/ha, owsa 0,17 t/ha.

Na podstawie wyliczonych zależności między zbiorami i opadami (funkcje aproksymujące - tab. 1) sprawdzono skuteczność proponowanej metody przez porównanie teoretycznych wielkości zbiorów wyliczonych na podstawie opracowanych funkcji z rzeczywistymi plonami, uzyskanymi z roczników statystycznych w wybranych województwach. Badania przeprowadzono dla roku 1976, który charakteryzował się znacznymi deficytami opadów w województwach, w których zaobserwowano straty w zbiorach roślin uprawnych. Wybrane województwa nie należą do zbioru jednostek modelowych. W województwach śląskim i gorzowskim opad w okresie krytycznym dla żyta wyniósł 25 mm. Teoretyczna wysokość plonów powinna w tym wypadku osiągnąć wartość 0,247 t/ha. W rzeczywistości uzyskano plony odpowiednio 0,234 t/ha i 0,244 t/ha. Tak więc popełniony błąd wyniósł 5,6 oraz 1,2%.

W rejonie II w województwach kieleckim i tarnobrzeskim teoretycznie wyliczone plony pokryły się całkowicie z rzeczywistymi i wynosiły 0,227 oraz 0,224 t/ha. Obliczone szacunkowo plony pszenicy w województwach sieradzkim i białskopodlaskim wynosiły 0,245 oraz 0,248 t/ha, w praktyce uzyskano 0,254 i 0,242 t/ha. W tym przypadku wielkość błędnie nie przekracza 3,5%. Podobne wielkości błędów uzyskano przy analizie

plonów pozostałych roślin uprawnych, tj.: owsa, jęczmienia, ziemniaków i buraków cukrowych. Uzyskane wyniki z weryfikacji metody oceny wielkości strat w zbiorach na skutek niedoborów lub nadmiaru opadów pozwalają na jej praktyczne wykorzystanie w planowaniu, gdyż osiąga się przy jej pomocy wysoką dokładność obliczeń i trafność prognostyczną.

Do wartości strat społecznych, jakie ponosimy na skutek niepomysłnej pogody w rolnictwie, należy doliczyć również koszt importu zbóż i pasz, realizowany z kredytów dewizowych handlu zagranicznego. Koszty te ponosi gospodarka dla utrzymania stanu i poziomu produkcji zwierzęcej, przemysłu rolno-spożywczego oraz zaopatrzenia rynku w artykuły żywnościowe. Suma wartości tych dwóch pozycji wydatków wyznacza w pewnym stopniu społeczną wartość strat spowodowanych niedoborem lub nadmiarem wody w produkcji rolniczej. Wartość ta w przeliczeniu na inwestycje melioracyjne, umożliwiające ograniczenie lub zniwelowanie skutków suszy bądź też powodzi, stanowi wielkość substytucyjną, antyimportową, pozwalającą uzyskać przyrost produkcji rolnej równy wielkości importowanej. W jednym okresie wegetacyjnym może wystąpić zarówno nadmiar jak i deficyt wody, obejmujący znaczne powierzchnie kraju (rys. 1 i 4). Stąd realizacja inwestycji melioracyjnych o funkcji obustronnego działania, czyli melioracji odwadniająco-nawadniających na większych kompleksach gleb umożliwia stworzenie obszarów stabilnego rolnictwa, tj. rolnictwa, w którym poniesione nakłady środków i pracy będą mogły przynosić rokrocznie planowane efekty rzeczowe i ekonomiczne.

WNIOSKI

1. Deficyty i nadmiary opadów atmosferycznych w rolnictwie, powodujące straty w zbiorach, mogą występować równocześnie w każdym roku i obejmować swoim zasięgiem znaczne obszary produkcji rolnej.

2. Ujęcie związków stochastycznych między wysokością opadów atmosferycznych w okresach krytycznych a plonowaniem poszczególnych roślin umożliwia wyznaczenie:

a) granicznych wielkości opadów, poniżej i powyżej których występuje zmniejszenie plonowania roślin na skutek nadmiaru lub niedoboru wody,

b) trendu plonowania roślin w zależności od opadów w okresach krytycznych,

c) względnych i bezwzględnych wielkości strat w produkcji roślinnej.

3. Opracowana metodyka określania strat spowodowanych niedoborem lub nadmiarem opadów może być zastosowana do oceny ekonomicznej zbiorów wszystkich roślin uprawnych zarówno w mikro- jak i makroskali terytorialnej i gospodarczej.

П. Голэмбёвски, Ч. Опалиньски, Я. Пасис

МЕТОД ОЦЕНКИ ВЕЛИЧИНЫ ПОТЕРЬ В ПРОИЗВОДСТВЕ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ НЕДОСТАТКА ИЛИ ИЗБЫТКА АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ

Р е з ю м е

В статье представлен статистико-расчётный метод, основанный на функции регрессии оценки потерь в урожайности культурных растений в зависимости от недостатка или избытка атмосферных осадков в период критической потребности растений в воде.

Обозначенные кривые регрессии показывают зависимость тенденции роста получаемого урожая от осадков. На их основе можно предвидеть, на каком уровне установится величина урожая исследуемых культурных растений в зависимости от величины естественных осадков.

P. Gołębiowski, Cz. Opaliński, J. Pasis

THE METHOD OF ESTIMATION OF THE AMOUNT AND VALUE
OF LOSSES IN PLANT PRODUCTION BROUGHT ABOUT BY
DEFICIT OR EXCESS OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION

S u m m a r y

There is presented the statistic-calculation method based upon the regression functions of estimation of losses in cropping of cul-

tivated plants brought about by the deficit or excess of atmospheric precipitation in the periods of critical water demand.

The regression curves determined show the dependence of the trend of crop increase on precipitation. This allows to predict the level of the quantity of crops according to the amount of natural precipitation.