

PRÓBA BONITACJI WARUNKÓW AGROMETEOROLOGICZNYCH W UPRAWIE ROŚLIN NA PRZYKŁADZIE PSZENICY OZIMEJ

Józef Makowiecki

Instytut Śląski w Opolu

Ocena warunków agrometeorologicznych z punktu widzenia planowania roślin może być przydatna w projektowaniu planowego rozmieszczenia produkcji rolniczej, zwiększaniu plonów przez dostosowanie agrotechniki do przebiegu pogody i prognozowania plonów.

Koncepcję bonitacji warunków agrometeorologicznych sprowadzono do określenia optymalnych dla plonowania układów ważniejszych czynników meteorologicznych i uznania innych układów za niesprzyjające.

Wzajemne związki między układem elementów meteorologicznych w poszczególnych okresach wzrostu i rozwoju roślin a wielkością plonu są bardzo złożone i przy ich rozpatrywaniu muszą być traktowane kompleksowo. Kompleksowym spojrzeniem na obiekty biologiczne charakteryzuje się podejście systemowe [1]. W niniejszym opracowaniu wykorzystano metody stosowane w analizie systemowej, która do rozwiązywania złożonych problemów proponuje metodę modelową. W nowoczesnym ujęciu modelem jest każde izomorficzne przedstawienie jakiegokolwiek systemu realnego. Izomorfie traktuje się tutaj jako jednoczesną odmienność rzeczową i tożsamość funkcyjną systemu prezentowanego oraz systemu prezentującego [1]. Uprzednio stosowane metody modelowe w badaniach nad uprawą okazały się bardzo przydatne do analizy obiektów opisanych wieloma cechami [3, 4].

W opracowaniu przedstawiono kolejno metodę budowy modeli układów elementów meteorologicznych odpowiadające różnym wysokościami plonów, w tym także maksymalnym i podano sposób badania wpływu wybranego czynnika agrometeorologicznego na plon i jego strukturę.

METODYKA BADAŃ

Próbie bonitacji układu elementów meteorologicznych z punktu widzenia wielkości plonu dokonano na przykładzie pszenicy ozimej odmiany Grana, metodą modelową. W tym celu najpierw ustalono opis procesu uprawowego. Biorąc pod uwagę uprzednio przeprowadzone przez autora badania [4], w opisie uprawy wyróżniono okresy nawiązujące do przebiegu wzrostu i rozwoju roślin. W opracowaniu jako ilustrację metody przedstawiono tylko cztery okresy tj. od ruszenia wegetacji do strzelania w źdźbło, od strzelania w źdźbło do kłoszenia, od kłoszenia do dojrzałości woskowej oraz od ruszenia wegetacji do dojrzałości woskowej. Warunki pogodowe w wyróżnionych czasokresach scharakteryzowano średnią temperaturą dobową powietrza, sumą opadów, średnim dziennym usłonecznieniem oraz współczynnikiem hydrotermicznym Sielianionowa (H_t) obliczonym według wzoru:

$$H_t = \frac{\text{suma opadów} \times 10}{\text{suma średnich temperatur dobowych}}$$

Macierz informacji do badań sporządzono na podstawie wyników doświadczeń polowych prowadzonych przez COBORU w Słupi Wielkiej i Doświadczalnictwo Terenowe w Opolu (IUNG w Puławach i WOPR w Łosiovie) prowadzonych w latach 1968-1976. Przy korzystaniu z wyników abstrahowano od szczegółowej tematyki doświadczeń, natomiast brano pod uwagę wielkość plonu i warunki w jakich wykształcił się. W zebranych materiałach brak było informacji dotyczących zagęszczenia źdźbeł na jednostce powierzchni i oziarnienia kłosów, zatem te dwa elementy struktury plonu oszacowano pośrednio metodą uprzednio wypróbowaną [4]. Założono, iż wielkość masy 1 m³ łąnu jest proporcjonalna do ilości źdźbeł na 1 m² pola i tę masę wyrażono w dekagramach. Natomiast za miernik oziarnienia kłosów przyjęto ilość ziaren przypadającą na jednostkę masy 1 m³ łąnu i nazwano produktywnością 1 dekagrama masy z 1 m³ łąnu. Obiekty ze względu na gleby, z których pochodziły podzielono na dwie grupy. Do pierwszej grupy zaliczono wyniki pochodzące z gleb bardzo urodzajnych zaliczanych do kompleksu pszennego bardzo dobrego i dobrego. Omawiane gleby odznaczają się dużą pojemnością wodną i dobrym podsiąkaniem wody. Dalej w opracowaniu są one nazywane mocnymi. Do drugiej grupy weszły wyniki z doświadczeń prowadzonych na glebach zaliczanych do kompleksu pszenno-żytniego, a niekiedy nawet pszennego dobrego w przypadku kiedy były podścielone utworami lżejszymi. Gleby te w porównaniu do gleb zaliczonych do grupy pierwszej odznaczały się lżejszym składem mechanicznym

z czym wiązała się mniejsza pojemność wodna i słabszy podsiąk wody. Dalej w opracowaniu gleby te są nazywane średniozwięzłymi.

Bonitację warunków agroklimatycznych wykonano przez szacunek natężenia elementów meteorologicznych w wydzielonych okresach wzrostu i rozwoju roślin towarzyszącego różnym wysokościami plonu ziarna. Szacunku tego dokonano na drodze grupowania obiektów według wartości cechy przyjętej za kryterium podziału. Taki podział zbioru obiektów na podzbiory Góralczyk [2] nazywa optymalizacją statystyczną. Sposób ten jest znany w cybernetyce jako metoda „czarnej skrzynki”. W ujęciu cybernetycznym roślinę wraz z otaczającym ją środowiskiem da się uznać za układ, którego modelem może być „czarna skrzynka” z dającymi się zaobserwować wejściami i wyjściami. Dla każdego wejścia da się stwierdzić odpowiedni stan wyjścia [5]. W naszym przypadku można uznać przebieg pogody jako bodźce na wejściu do układu, natomiast plony przyjąć za reakcje tego układu. Traktując proces uprawowy jako układ prospektywny możemy zmieniać stany wejścia i śledzić zmiany sytuacji wyjściowych, czyli zmieniać warunki (natężenie elementów meteorologicznych) i obserwować zmiany wielkości plonu. Traktując proces uprawowy retrospektywnie, czyli znając reakcję (wielkość plonów) możemy szukać odpowiadających im stanów wejścia (natężenia elementów meteorologicznych) [5].

Oceny układów elementów meteorologicznych z punktu widzenia wielkości plonów pszenicy ozimej odmiany Grana dokonano przez grupowanie obiektów w sposób inkludujący. Ze zbioru wszystkich analizowanych obiektów (S^0) — oddzielnie dla gleb mocnych i średniozwięzłych — wydzielono podzbiory obiektów o plonach ziarna:

- 1) niższych od średniej całego zbioru (S^{-1}),
- 2) wyższych od średniej całego zbioru (S^1),
- 3) wyższych od średniej zbioru S^1 (S^2).

Dla całego zbioru (S^0) obiektów jak i wyodrębnionych podzbiorów (S^{-1} , S^1 , S^2) obliczono średnie wartości rozpatrywanych elementów meteorologicznych w wydzielonych okresach wzrostu i rozwoju pszenicy. W ten sposób powstały cztery modele układów elementów meteorologicznych odpowiadające plonom ziarna zbieranym z gleb mocnych: 37,9 q z ha, 45,5 q z ha, 52,9 q z ha, 57,4 q z ha. Analogiczne modele dla gleb średniozwięzłych odpowiadały plonom ziarna: 30,1 q z ha, 36,3 q z ha, 43,9 q, 47,8 q z ha. Wyniki ujęto w tabelach zestawiając je obok siebie w kolejności wzrastającego plonu ziarna, aby umożliwić śledzenie zmian wartości rozpatrywanych elementów meteorologicznych w wydzielonych okresach (tab. 1, 2).

W celu zilustrowania możliwości bardziej szczegółowego rozpatrywania oddziaływania wybranych czynników agrometeorologicznych na ro-

ślinę przy pomocy proponowanej metody, przeanalizowano wpływ uwilgotnienia środowiska w fazie strzelania w źdźbło na plon i jego strukturę. Za kryterium podziału obiektów przyjęto wartość współczynnika hydrotermicznego (Ht) w fazie strzelania w źdźbło. Grupowania dokonano w sposób rozłączny i wyniki dla gleb mocnych zestawiono w tabeli 3, a dla średniozwięzłych w tabeli 4.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Dane zestawione w tabelach 1 i 2 tworzą modele układów rozpatrywanych elementów meteorologicznych w wydzielonych okresach wzrostu i rozwoju pszenicy ozimej Grana uprawianej na glebach mocnych i średniozwięzłych. Modele S^1 i S^2 odpowiadające plonom wyższym od średniej wszystkich obiektów mogą być uważane za korzystne dla plonowania, natomiast model S^{-1} za niesprzyjający. Przeanalizowanie zmian wartości elementów meteorologicznych towarzyszące wzrostowi plonów ziarna pozwala na uchwycenie korzystnych dla plonowania zmian natężenia tych elementów.

Wyniki badań ujęte w tabeli 1 wskazują, iż do uzyskania wysokich plonów na glebach mocnych Grana w okresie od ruszenia wegetacji do strzelania w źdźbło wymaga stosunkowo niskich opadów (36-39 mm), dużego usłonecznienia (4,9-5,0 godz/dzień) i dość słabego uwilgotnienia środowiska ($Ht = 1,3-1,4$). W fazie strzelania w źdźbło i w okresie od kłoszenia do dojrzałości woskowej wzrostowi plonów ziarna towarzyszył wyraźny spadek wielkości opadów i uwilgotnienia środowiska, natomiast wzrastało usłonecznienie dzienne. Plony najwyższe uzyskiwano w warunkach, kiedy w fazie strzelania w źdźbło opady wynosiły 84-89 mm przy wartości $Ht = 1,5-1,6$ i usłonecznieniu dziennym wynoszącym 6,5-6,7 godz. Natomiast w okresie od kłoszenia do dojrzałości woskowej wysokie plony ziarna pszenicy ozimej wymagały opadów w granicach 134-136 mm przy wartości $Ht = 1,5$ i usłonecznieniu 6,9-7,2 godz/dzień. Ogólnie można stwierdzić, iż dla gleb mocnych o dużej pojemności wodnej lata urodzajne odznaczają się umiarkowanymi opadami i dobrym usłonecznieniem, natomiast mniej urodzajne to lata przede wszystkim bardzo wilgotne.

Wyniki badań nad Graną uprawianą na glebach średniozwięzłych zestawiono w tabeli 2. Dane tej tabeli wyraźnie wykazują, iż do uzyskania dużych plonów ziarna pszenicy odmiany Grana uprawianej na tych glebach niezbędne są w okresie od ruszenia wegetacji do strzelania w źdźbło wysokie opady (63-66 mm) i dość silne uwilgotnienie środowiska ($Ht = 1,7$) przy dobrym usłonecznieniu dziennym (4,8-4,9 godz.). Natomiast w fazie strzelania w źdźbło wysokim plonom sprzyjają umiarko-

Tabela 1

Różnicowanie się wartości elementów meteorologicznych w okresie wiosenno-letnim towarzyszące wzrostowi plonów ziarna pszenicy ozimej Grana uprawianej na glebach mocnych

Elementy meteorologiczne w okresach	Średnie plony ziarna w q z ha			
	37,9	45,5	52,9	57,4
Symbole zbioru i podzbioru	S ⁻¹	S ⁰	S ¹	S ²
Liczba obiektów	129	261	132	71
Ruszenie wegetacji — strzelanie w źdźbło				
Temperatura powietrza średnia dobową w °C	7,6	7,5	7,5	7,3
Opad w mm	49	44	39	36
Usłonecznienie w godz./dzień	4,6	4,8	4,9	5,0
<i>Ht</i>	1,5	1,5	1,4	1,3
Faza strzelania w źdźbło				
Temperatura powietrza średnia dobową w °C	13,8	13,6	13,4	13,2
Opad w mm	101	95	89	84
Usłonecznienie w godz./dzień	6,1	6,3	6,5	6,7
<i>Ht</i>	1,9	1,8	1,6	1,5
Kłoszenie — dojrzałość woskowa				
Temperatura powietrza średnia dobową w °C	17,5	17,6	17,6	17,6
Opad w mm	145	139	134	136
Usłonecznienie w godz./dzień	6,6	6,8	6,9	7,2
Usłonecznienie — suma godz.	327	333	338	358
<i>Ht</i>	1,7	1,6	1,5	1,5
Ruszenie wegetacji — dojrzałość woskowa				
Opad w mm	295	278	262	256

wane opady (79-88 mm) powodujące umiarkowane uwilgotnienie środowiska ($Ht = 1,5-1,6$) przy dobrym usłonecznieniu dziennym (6,7-6,8 godz.). W okresie od kłoszenia do dojrzałości woskowej podnoszeniu plonów ziarna towarzyszył wyraźny wzrost opadów i uwilgotnienia środowiska przy dużym usłonecznieniu dziennym. Plony wysokie zbierano w przypadku gdy opady w omawianym okresie wynosiły 147-149 mm przy wartości współczynnika hydrotermicznego $Ht = 1,6-1,7$ i usłonecznieniu dziennym wynoszącym 6,8-6,9 godz. Duże plony Grany na glebach średniozwięzłych uzyskiwano w latach dość wilgotnych, wówczas gdy suma opadów od ruszenia wegetacji do dojrzałości woskowej wynosiła 291-301 mm.

Z kolei, rozpatrzono bardziej szczegółowo wpływ uwilgotnienia środowiska w fazie strzelania w źdźbło na plon i jego strukturę. Wyniki analizy dla gleb mocnych zestawiono w tabeli 3), a dla średniozwięz-

Tabela 2

Różnicowanie się wartości elementów meteorologicznych w okresie wiosenno-letnim towarzyszące wzrostowi plonów ziarna pszenicy ozimej Grana uprawianej na glebach średniozwięzłych

Elementy meteorologiczne w okresach	Średnie plony ziarna w q z ha			
	30,1	36,3	43,9	47,8
Symbole podzbiorów	S ⁻¹	S ⁰	S ¹	S ²
Liczba obiektów	111	200	89	46
Ruszenie wegetacji — strzelanie w źdźbło				
Temperatura powietrza średnia dobową w °C	8,3	8,4	8,5	8,2
Opad w mm	65	64	63	66
Usłonecznienie w godz./dzień	4,8	4,8	4,9	4,8
<i>Ht</i>	2,3	2,0	1,7	1,7
Faza strzelania w źdźbło				
Temperatura powietrza średnia dobową w °C	14,1	14,3	14,6	14,6
Opad w mm	80	79	79	88
Usłonecznienie w godz./dzień	7,0	6,9	6,8	6,7
<i>Ht</i>	1,6	1,5	1,5	1,6
Kłoszenie — dojrzałość woskowa				
Temperatura powietrza średnia dobową w °C	17,6	17,6	17,7	17,7
Opad w mm	117	131	149	147
Usłonecznienie w godz./dzień	7,3	7,1	6,9	6,8
Usłonecznienie — suma godz.	345	345	345	345
<i>Ht</i>	1,4	1,5	1,7	1,6
Ruszenie wegetacji — dojrzałość woskowa				
Opad w mm	262	275	291	301

łych w tabeli 4. Na glebach mocnych najwyższe plony ziarna uzyskiwano przy uwilgotnieniu środowiska określanym wartością $Ht = 0,9-1$, natomiast mniejsze i większe uwilgotnienie powodowało wyraźny spadek plonu ziarna (tab. 3). Największa masa 1000 ziarn wykształcała się przy $Ht \leq 1,4$, co prawdopodobnie wiązało się z mniejszym zagęszczeniem źdźbeł na 1 m² pola. Ilość ziarn na 1 m² pola było największa przy wartości $Ht = 1,5-1,9$; zagęszczenie źdźbeł na 1 m² wzrastało w miarę zwiększania się wartości Ht do 2,4, natomiast dalsze uwilgotnienie środowiska powodowało spadek zagęszczenia źdźbeł. Oziarnienie kłosów wzrastało wraz ze zwiększeniem się wartości Ht do 1,9, a przy dalszym uwilgotnieniu środowiska wyraźnie malało.

Na glebach średniozwięzłych (tab. 4) najwyższy plon ziarna uzyski-

Tabela 3

Wpływ uwilgotnienia środowiska w fazie strzelania w źdźbło na plonowanie pszenicy ozimej Grana uprawianej na glebach mocnych

Plon i jego struktura		Wartość <i>Ht</i> w fazie strzelania w źdźbło				
		≤0,8	0,9-1,4	1,5-1,9	2,0-2,4	>2,4
Liczba obiektów		16	75	74	46	50
Plon ziarna	w q z ha	39,4	47,2	48,1	45,7	40,9
Plon słomy	w q z ha	62	65	70	82	74
Masa 1000 ziarn	w g	43,7	44,0	39,9	39,9	39,4
Wysokość źdźbeł	w cm	88	91	96	98	93
Liczba ziarn na 1 m ²	w tys. szt.	9,0	10,8	12,2	11,6	10,4
Masa 1 m ³ łąnu*	w dag	76,5	77,0	78,5	90,3	86,7
Produkcyjność 1 dag masy z 1 m ³ łąnu** w szt. ziarn		117	140	163	131	120

* Miernik zagęszczenia źdźbeł na 1 m² łąnu.

** Miernik oziarnienia kłosów.

Tabela 4

Wpływ uwilgotnienia środowiska w fazie strzelania w źdźbło na plonowanie pszenicy ozimej Grana uprawianej na glebach średniozwięzłych

Plon i jego struktura		Wartość <i>Ht</i> w fazie strzelania w źdźbło				
		≤0,8	0,9-1,4	1,5-1,9	2,0-2,4	>2,4
Liczba obiektów		18	74	41	46	21
Plon ziarna	w q z ha	34,7	36,5	36,7	40,2	30,0
Plon słomy	w q z ha	53	57	59	58	46
Masa 1000 ziarn	w g	44,0	41,1	40,6	39,6	39,3
Wysokość źdźbeł	w cm	85	88	92	89	87
Liczba ziarn na 1 m ²	w tys. szt.	7,9	8,8	9,1	10,4	7,6
Masa 1 m ³ łąnu*	w dag	67,9	69,5	69,6	70,8	57,5
Produkcyjność 1 dag masy z 1 m ³ łąnu** w szt. ziarn		116	124	132	149	132

* Miernik zagęszczenia źdźbeł na 1 m² łąnu.

** Miernik oziarnienia kłosów.

wano w warunkach gdy w fazie strzelania w źdźbło $Ht = 2,0-2,4$. W tych samych warunkach zbierano najwięcej ziarna z 1 m² pola, łąn charakteryzował się najsilniejszym zagęszczeniem źdźbeł, a kłosy największym oziarnieniem. Silniejsze uwilgotnienie środowiska powodowało spadek plonu ziarna i wszystkich elementów jego struktury.

Przytoczone wyniki badań wyraźnie wskazują, iż przebieg pogody w okresie wiosenno-letnim korzystny dla wysokiego plonowania pszenicy ozimej odmiany Grana różnicuje się w zależności od jakości gleb. Od-

mienności te prawdopodobnie są wywołane różnicami w pojemności wodnej i zdolności podsiąku gleb. Lata sprzyjające dobremu plonowaniu Grany na glebach mocnych są mniej sprzyjające plonowaniu tej odmiany na glebach lżejszych, zatem warunki agrometeorologiczne należy bonitować w nawiązaniu do warunków siedliska glebowego.

Przeprowadzona analiza wykazała, iż warunki agrometeorologiczne wpływają na wielkość plonu przez kształtowanie elementów jego struktury (tab. 3 i 4). Znając zależności między czynnikami agrometeorologicznymi i plonem można przewidywać w określonych warunkach pogodowych stymulację lub upośledzenie poszczególnych elementów struktury plonu. Na tle takiej prognozy wyłaniają się zadania badawcze zmierzające do opracowania sposobów postępowania rolnika, które mogłyby osłabiać niekorzystne oddziaływanie czynników pogodowych na plon i wzmacniać sprzyjające. W opracowaniu podano tylko próby badań metodycznych i mają one charakter dyskusyjny. Autor zdaje sobie sprawę, iż wyniki, które mogłyby być praktycznie wykorzystane powinny uwzględniać cały okres wegetacyjny, nawiązywać do okresów krytycznych, przebiegu wegetacji, uprawy, nawożenia i innych elementów procesu uprawowego. Tak opracowana ocena warunków agrometeorologicznych związana z całym kompleksem elementów procesu uprawowego wydaje się być dopiero przydatną dla praktyki rolniczej.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych rozważań i wyników badań nasuwają się następujące sugestie:

1. Dla racjonalnego rozmieszczenia upraw jak i zwiększania wydajności z jednostki powierzchni niezbędne jest opracowanie kompleksowej oceny warunków agrometeorologicznych.

2. Bonitacja warunków agrometeorologicznych powinna dotyczyć poszczególnych gatunków, a nawet ważniejszych gospodarczo odmian i uwzględniać odmienności siedliska glebowego.

3. Proponowana metoda modelowa oceny kompleksu warunków agrometeorologicznych wydaje się, iż może uzupełniać dochodzenie do tej bonitacji na innej drodze.

LITERATURA

1. Habr J., Vepřek J.: Systemowa analiza i synteza. Warszawa, 1976.
2. Góralczyk J.: Warunki zwiększania nadwyżek zbożowych w gospodarstwach indywidualnych, cz. I. Opole, 1970.
3. Góralczyk J.: Zesz. probl. Post. Nauk rol., z. 122, 174-187, 1972.

4. Makowiecki J.: Próba optymalizacji agrotechniki na przykładzie uprawy pszenicy ozimej. Opole, 1975.
5. Mały słownik cybernetyczny. Pod red. M. Kempisty. (Warszawa, 1973).

Юзеф Маковецки

ПОПЫТКА БОНИТАЦИИ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ВОЗДЕЛЫВАНИИ РАСТЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Резюме

В статье представлена попытка применения модельного метода в оценке агрометеорологических условий для озимой пшеницы с точки зрения величины урожая. С этой целью сперва было составлено описание процесса возделывания, учитывающего характеристику урожая и важнейши метеорологических объектов в выделенных стадиях роста и развития растений. В соответствии с указанным описанием в полевых опытах были собраны соответствующие информации касающиеся озимой пшеницы сорта Грана. В исследованиях рассматривали отредльные объекты происходящие из тяжелых и средне-тяжелых почв. Анализ проводился путем группирования объектов с соответствующим свойством принятым в качестве критерия деления. При принятии в качестве такого критерия были конструированы модели хода погоды, отвечающие разным производительностям с гектара (табл. 1, 2). Системы качества метеорологических элементов в выделенные периоды, отвечающие максимальным урожаям были признаны оптимальными. Установлено, что потребности высоких урожаев пшеницы сорта Грана в интенсивности метеорологических элементов в выделенных стадиях роста и развития растений дифференцированы в зависимости от качества почвы.

Józef Makowiecki

ATTEMPT OF BONITATION OF AGROMETEOROLOGICAL CONDITIONS IN THE CULTIVATION OF CROPS, AS EXEMPLIFIED BY WINTER WHEAT

Summary

An attempt of application of the model method for estimation of agrometeorological conditions in the cultivation of winter wheat from the yield magnitude point of view is presented in the paper. For this purpose, first the cultivation process was described with characteristics of yield and important meteorological elements at the distinguished plant growth and development stages. According to this description, in field experiments suitable information concerning the Grana winter wheat variety was obtained. The objects originating from heavy and medium-heavy soils were considered separately. The respective analysis was carried out by grouping objects in accordance with the feature assumed as a criterion of the division. At assumption of the grain yield magnitude as the division criterion, weather course models corresponding with particular productivities from hectare

have been constructed (Tables 1, 2). The systems of values of meteorological elements in the periods distinguished corresponding with the maximum yields were regarded as optimum ones. It has been proved that the requirement of an adequate intensity of meteorological elements in the separated growth and development periods by high yields of the Grana winter wheat variety is differentiated depending on the soil quality.