

STAN OBECNY I PERSPEKTYWY AGROMETEOROLOGII

Tadeusz Górski

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
e-mail: tgorski@iung.pulawy.pl

Streszczenie. W artykule przedstawiono aktualną sytuację agrometeorologii na tle innych dyscyplin, oraz główne jej tendencje rozwojowe w ostatnim dwudziestoleciu. Możliwości agrometeorologii wzrosły znacznie w wyniku postępu w technikach obliczeniowych i pomiarowych, a także wskutek znacznej poprawy sprawdzalności prognoz pogody. Jednocześnie zauważa się zwiększenie zainteresowania informacją meteorologiczną w rolnictwie. Wydaje się, że najważniejszym zadaniem agrometeorologii jest obecnie organizacja operacyjnych zaleceń agrotechnicznych, zwłaszcza odnoszących się do ochrony roślin.

Słowa kluczowe: agrometeorologia, modelowanie, prognozy plonów

Dwa ostatnie dziesięciolecia przyniosły znakomity postęp światowej agrometeorologii. Zwiększyły się zarówno możliwości tej dyscypliny, jak i zapotrzebowanie na wyniki badań. Rozszerzył się zakres problematyki, wyłoniły się nowe obszary zainteresowania i nowe cele, wokół których koncentrowały się prace agrometeorologów.

Agrometeorologia jako dyscyplina ugruntowała swoją pozycję pośród nauk o środowisku. Chociaż w dalszym ciągu prawie nie istnieją zinstytucjonalizowane formy kształcenia agrometeorologów na poziomie wyższym, ich szeregi zasilają badacze z wykształceniem rolniczym i biologicznym, geograficznym, meteorologicznym i hydrologicznym, fizycznym i matematycznym, którzy w agrometeorologii właśnie upatrują szansę na przygodę intelektualną, a co najmniej na użyteczne zajęcie. Takie szerokie spektrum specjalistów przydatnych w agrometeorologii świadczy pośrednio o jej naturze i przedmiocie badań. Agrometeorologia wyraźnie przerosła swoje dawne definicje. Jeszcze w latach osiemdziesiątych spotykało się często określenia zgodne z wczesną propozycją słownika WMO, lub wprost z niej wynikające: „*Agricultural meteorology – Branch of meteorology which is concerned with the study of meteorology in relation to agriculture*” [18]. Już wcześniej Molga

dawał odpór takim tendencjom [10], a obecnie prawie nikt nie twierdzi, że agrometeorologia jest częścią meteorologii (choć w znacznej mierze z niej wyrosła). Powszechnie przyjmuje się, że przedmiotem agrometeorologii są *związki* między rolnictwem a jego klimatycznym środowiskiem, jak to ujmuje np. nowszy słownik: “*Agricultural meteorology (or agrometeorology) ... is concerned with the interactions between meteorological and hydrological factors, on the one hand, and agriculture in the widest sense, including horticulture, animal husbandry and forestry on the other hand*” [19]. Podobnie agroklimatologii nie można uważać za część klimatologii; jest ona działem agrometeorologii zajmującym się czasową i przestrzenną zmiennością klimatycznych czynników produkcji rolnej i ich efektów.

Praca nad związkami (interakcjami) wymaga również wiedzy o materii przez te związki łączonej i pewnych umiejętności warsztatowych wymaganych przez dyscypliny pokrewne. Tak więc agrometeorologowi nie mogą być obce problemy i metody rolnictwa i meteorologii; pożądany zakres jego zainteresowań (ew. kontaktów) udatnie przedstawiają „kręgi Molgi”. Oczywiście szczegóły powiązań interdyscyplinarnych mogą ulegać modyfikacjom, choćby w zależności od natury podejmowanych zadań; w pewnych sytuacjach nawet nauki ekonomiczne [1] i społeczne [5] wnoszą użyteczny wkład.

W ciągu ostatnich dwudziestu lat warsztat metodyczny agrometeorologii został znacznie rozszerzony, przede wszystkim wskutek bezprecedensowego postępu w technikach obliczeniowych i informatycznych. Zgromadzone uprzednio – i w dalszym ciągu zbierane – materiały empiryczne mogą być teraz łatwo systematyzowane i analizowane. Podejmuje się i wykonuje takie zadania, które wcześniej leżały poza zasięgiem możliwości technicznych i obliczeniowych. Agrometeorologia może teraz korzystać na dużą skalę także z innych narzędzi badawczych, takich jak automatyka pomiarowa (stacje meteorologiczne na polach, dające informacje *on line*) i teledetekcja (zdjęcia lotnicze i satelitarne upraw). Pełniejszych i pewniejszych informacji o zróżnicowaniu terenowym dostarczają rozwijane intensywnie [8] geograficzne systemy informacyjne (GIS).

Możliwości agrometeorologii wzrosły również w wyniku znacznej poprawy, jaka w ciągu ostatnich lat zaszła w sprawdzalności krótko- i średnioterminowych prognoz pogody. Przełomowe znaczenie mogą mieć prace nad prognozami długoterminowymi, po raz pierwszy opierane na związkach rzeczywiście istniejących i możliwych do określenia (w przeciwieństwie do wcześniejszych prób prognoz analogowych i numerycznych). Co najmniej w niektórych strefach klimatycznych, zwłaszcza w Ameryce Południowej, odkąd poznano ENSO (El Niño – Southern Oscillation), sprawa długoterminowych czy sezonowych prognoz pogody nie przedstawia się już tak beznadziejnie jak do niedawna. Po raz pierwszy więc, prognozy takie mogą – po przetworzeniu w placówkach agrometeorologicznych –

wspierać decyzje w rolnictwie [12,14,15]. Nie można wykluczyć, że prognozy długoterminowe, oparte na innych wskaźnikach cyrkulacyjnych, np. NAO (North Atlantic Oscillation) odegrają pewną rolę także w naszej strefie klimatycznej [9].

Pewien postęp odnotować można także w modelowaniu matematycznym związków między rośliną a jej środowiskiem; na uwagę zasługuje zwłaszcza lepsze rozpoznanie ograniczeń jakim podlegają modele „mechanistyczne” i „deterministyczne” proponowane przez szkołę holenderską (Wageningen) i rozpowszechnione w świecie. Jak to podaje Monteith [11] publikacje dotyczące modelowania w ostatnich trzydziestu latach wyparły z łamów *Journal of (Forest and) Agricultural Meteorology* prawie całkowicie doniesienia o instrumentacji, a więc odnoszące się do prac empirycznych. Bez wątpienia modele wnoszą znaczny wkład w rozwój i systematyzowanie wiedzy o związkach rośliny z jej środowiskiem (nie tylko klimatycznym; moduł meteorologiczny w tych modelach jest z reguły tylko jednym z kilku). Odgrywają one także pewną rolę w dydaktyce. Ich przydatność w zastosowaniach praktycznych jest jednak wątpliwa. Przedstawiciele wspomnianej szkoły, wyróżniając trzy dziedziny zastosowań (*research; teaching; decision making and learning processes*) piszą właśnie o tej ostatniej: “*Application in this domain is, despite decades of experience in agro-ecological modelling, still largely in its infancy*” [17].

Dość często spotkać można próby stosowania modeli mechanistycznych do prognozowania lub oceny plonów roślin. Poza nielicznymi wyjątkami, próby takie nie są udane. Tak np. w Wielkiej Brytanii obszerny test, oparty na ponad 360 doświadczeniach polowych z pszenicą ozimą wykazał absolutną nieprzydatność trzech uznanych modeli [6]. W tych samych warunkach obiecujące wyniki przyniósł uproszczony model regresyjny [7]. Ogólnie rzecz biorąc, modele empiryczno-statystyczne, wykorzystujące metody regresji wielokrotnej, mogą być przydatne w prognozowaniu plonów. Nie należy jednak spodziewać się prognoz bezbłędnych. Dotychczasowe doświadczenia wskazują na to, że metodę prognozowania obarczoną błędem standardowym nie przekraczającym połowy odchylenia standardowego plonów w wieloleciu, można uznać za dobrą.

Wydaje się, że niektóre problemy dotyczące wpływu czynników klimatycznych na roślinę znalazły w ostatnich dziesięcioleciach wystarczające – z praktycznego punktu widzenia – rozwiązanie. Tak np. w fenologii roślin dnia długiego stwierdzono wyłączną rolę temperatury i fotoperiodu. W badaniach plonowania znane są podstawowe reguły użycia metod regresji (wielość i interakcje czynników, nieliniowość związków). W coraz większym stopniu opracowania dotyczące poszczególnych gatunków uprawnych i siedlisk stają się tylko sprawą techniki, a nie twórczych poszukiwań.

Trzeba na tym miejscu jednak wyraźnie podkreślić, że żadna technika obliczeniowa nie eliminuje automatycznie błędów interpretacji, jeżeli użyto

niewłaściwych metod, lub też nie pamiętano o ich podstawowych założeniach. Niekiedy dochodzi w wyniku mniej lub bardziej skomplikowanych operacji matematycznych do twierdzeń źle umotywowanych, lub wręcz fałszywych. Jak się wydaje, szczególnie często błędy powstają wskutek złej interpretacji „istotności statystycznej”, która nie jest gwarancją poprawności, lecz tylko oceną prawdopodobieństwa uzyskania prawdziwego wniosku i to pod warunkiem zachowania niezależności próby.

Na stwierdzenie wyraźnie [2] wzrost zainteresowania problemami meteorologii rolniczej złożyło się wiele przyczyn. W krajach rozwiniętych intensywne rolnictwo zastępowane jest rolnictwem „zrównoważonym” i „ekologicznym”. Cel gospodarowania przesuwają się z ilości ziemiopłodów na jakość produktów oraz ochronę środowiska; oznacza to zwykle ograniczanie nakładów energetycznych z zewnątrz (w tym nawozów sztucznych i innych chemikaliów) i optymalizację zabiegów agrotechnicznych w związku z przebiegiem pogody. Wzrasta więc rola operacyjnych służb agrometeorologicznych. Także w innych krajach znaczenie doradztwa agrometeorologicznego rośnie w miarę upowszechniania systemów przekazu informacji.

Hipoteza „efektu szklarniowego”, której sprzyja widoczne w ostatnich dekadach globalne ocieplenie, zauważalne także w świecie roślinnym, przyciąga uwagę coraz większej liczby badaczy, w tym rolników [13]. Na kanwie różnych scenariuszy spodziewanego klimatu tworzone są opisy przyszłych warunków agroklimatycznych i projekty adaptacji rolnictwa. Nie przesądzając zasięgu i kierunku przyszłych zmian klimatu, można pozytywnie ocenić takie opracowania jako porządkujące wiedzę i rozszerzające warsztat metodyczny, co oznacza lepsze przygotowanie na przyszłe ewentualności.

W ogóle w badaniach rolniczych da się zauważyć, np. przeglądając czasopisma naukowe, znaczny wzrost zainteresowania problemami związków rolnictwa z klimatem. Można założyć, że obserwowane tendencje utrzymają się i w najbliższych dekadach. Rozwijając się, meteorologia rolnicza będzie dostarczała coraz więcej elementów decyzji zarówno w produkcji rolniczej, jak i w zagospodarowaniu terenów – nie tylko wiejskich. Rośnie znaczenie nowych kierunków badań, np. w uprawach biomasy na cele energetyczne, w rolnictwie miejskim, w gospodarce stawowej, w zootechnice, w przechowalnictwie i w transporcie produktów rolnych. W związku z efektem szklarniowym coraz więcej zainteresowania przyciągają klimatyczne, rolnicze i leśne aspekty obiegu węgla w przyrodzie.

Podsumowując można stwierdzić, że w agrometeorologii światowej zaszedł znaczny – a w niektórych zakresach wręcz imponujący – postęp. Zarówno w agrometeorologii fizycznej, jak i w agroklimatologii zbudowano mocne podstawy naukowe i metodyczne do zastosowań praktycznych, które wybijają się obecnie na plan pierwszy w działalności agrometeorologów. Symptomatyczna jest np.

zmiana w organizacji Komisji Meteorologii Rolniczej WMO, jaka zaszła między jej sesjami w latach 1979 [3] i 2002 [4]. W pierwszym przypadku na powołanych 15 grup roboczych tylko dwie skierowano na sprawy zastosowań i upowszechnienia; w drugim na trzy duże programy zbiorcze dwa poświęcone są organizacji i pracy służb agrometeorologicznych.

Również w Polsce – jak się wydaje – najważniejszym zadaniem agrometeorologii jest obecnie stworzenie systemu bieżących zaleceń agrotechnicznych, opartych na aktualnych i prognozowanych warunkach oraz na sformalizowanych modelach określających efektywność zabiegów w funkcji pogody. Nie stracił – niestety – na aktualności postulat sformułowany przed trzydziestu laty przez Molgę: „...*pilnym zadaniem agrometeorologii w Polsce jest odpowiednio mocne zorganizowanie stałej agrometeorologicznej obsługi ostrzegawczo-prognostycznej dla rolnictwa, ogrodnictwa, leśnictwa i hodowli w Polsce*”[10]. Szczególnie pozytywnych efektów można spodziewać się w ochronie roślin; optymalizacja liczby i terminów zabiegów obniży nie tylko koszty, ale i obciążenie środowiska [16].

PIŚMIENNICTWO

1. **Bac S.:** Perspektywy rozwoju agrometeorologii. Pamiętnik Puławski, 110, 11-23, 1997.
2. **Changnon S. A., Kunkel K. E.:** Rapidly expanding uses of climate data and information in agriculture and water resources: Causes and characteristics of new applications. Bull. Amer. Meteorol. Soc., 80, 821-830, 1999.
3. **Commission for Agricultural Meteorology:** Abridged final report of the Seventh Session. WMO – No.546, 1979.
4. **Commission for Agricultural Meteorology:** Thirteenth Session .WMO – No.951, 2002.
5. **Hollinger S. E., Kuchar L.:** Agricultural meteorology/climatology research opportunities of the future. Pamiętnik Puławski, 110, 25-36, 1997.
6. **Landau S., Mitchell R. A. C., Barnett V., Colls J. J., Craigon J., Moore K. L., Payne R.W.:** Testing winter wheat simulation models' predictions against observed UK grain yields. Agric. Forest Meteorol., 89, 85-99, 1998.
7. **Landau S., Mitchell R. A. C., Barnett V., Colls J. J., Craigon J., Payne R. W.:** A parsimonious, multiple-regression model of wheat yield response to environment. Agric. Forest Meteorol., 101, 151-166, 2000.
8. **Maracchi G., Pérarnaud V., Kleschenko A. D.:** Applications of geographical information systems and remote sensing in agrometeorology. Agric. Forest Meteorol., 103, 119-136, 2000
9. **Marsz A. A., Styszyńska A.:** Oscylacja północnego Atlantyku a temperatura powietrza nad Polską. WSM Gdynia 2001.
10. **Molga M.:** Agrometeorologia, jej stan obecny w Polsce oraz jej potrzeby rozwojowe. Materiały XI Zjazdu Agrometeorologów. IUNG Puławy, R(66), 22-37, 1973.
11. **Monteith J. L.:** Agricultural Meteorology: evolution and application. Agric. Forest Meteorol., 103, 5-9, 2000.
12. **Ogallo L. A., Boulahya M. S., Keane T.:** Applications of seasonal to interannual climate prediction in agricultural planning and operations. Agric. Forest Meteorol., 103, 159-166, 2000.

13. **Peter D., Maracchi G., Ghazi A.**(eds): Climate change impact on agriculture and forestry. European Commission 18175, Luxembourg, 1998.
14. **Podesta G., Letson D., Messina C., Royce F., Ferreyra R.A., Jones J., Hansen J., Llovet I., Grondona M., O'Brien J.**: Use of ENSO-related climate information in agricultural decision making in Argentina: a pilot experience. *Agric. Systems*, 74, 371-392, 2002.
15. **Sivakumar M.V.K.**: Climate prediction and agriculture. Proceedings of an international workshop. Intern. START Secretariat, Washington DC, 2000
16. **Strand J.F.**: Some agrometeorological aspects of pest and disease management for the 21th century. *Agric. Forest Meteorol.*, 103, 73-82, 2000.
17. **Van Ittersum M.K., Leffelaar P.A., van Keulen H., Kropff M.J., Bastiaans L., Goudrian J.**: On approaches and applications of the Wageningen crop models. *Eur. J. Agron.*, 18, 201-234, 2003.
18. **WMO**: International meteorological vocabulary. WMO No. 182, Geneva, 1966.
19. **WMO**: Glossary of terms used in agrometeorology. CagM No. 40, Geneva, 1990.

PRESENT SITUATION AND PERSPECTIVES OF AGROMETEOROLOGY

Tadeusz Górski

Institute of Soil Science and Plant Cultivation, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
e-mail: tgorski@iung.pulawy.pl

Abstract. The aim of the article is to outline the actual position of agricultural meteorology among other disciplines and to describe the general tendencies of its development in the last decades. A significant improvement in the computing and other technical methods increased the possibilities of agrometeorological research and services. The new opportunities were established also by better short- and medium-range weather forecasts. At the same time, a rapidly expanding interest in agrometeorological information may be observed in agriculture. The main direction of further activities seems to be the development of systems of operational recommendations, among them dealing with plant protection.

Key words: agrometeorology, modeling, yield forecasting