

CZESŁAW RADOMSKI  
*Katedra Meteorologii i Klimatologii SGGW*

## PROBLEM PRZYMROZKÓW W POLSCE Z PUNKTU WIDZENIA ROLNICTWA

Rolnictwo nasze ponosi rokrocznie poważne szkody wskutek przymrozków — szczególnie późnych wiosennych i wczesnych jesiennych. Przeto skuteczna a przy tym opłacalna ochrona roślin — zwłaszcza ogrodniczych i sadowniczych — przed szkodliwymi spadkami temperatury podczas wegetacji ma niechybnie duże znaczenie gospodarcze. Należy jednak stwierdzić, że zagadnieniu temu poświęca się u nas, praktycznie biorąc, stosunkowo niewiele uwagi, choć straty powodowane przez przymrozki — przynajmniej w niektórych regionach kraju — nie ustępują tym, jakie na przykład wywołują grady. Wystarczy podać, że szkody gradowe w latach 1946—1952 wyniosły w Polsce rocznie około 12 mln zł (28), podczas gdy przymrozkowe, wyrządzone zaledwie przez dwa przymrozki w drugiej połowie maja 1952 r. i tylko w woj. olsztyńskim osiągnęły ponad 7 mln zł (47). Należy dodać, że jest to szacunek niepełny, bo obejmuje jedynie uprawy ogrodnicze i sadownicze, a omawiane chłody poczyniły szkody także w gospodarce polowej i leśnej.

Przytoczona wyżej cyfra pozwala orientacyjnie przyjąć, że w całym kraju dotkniętym wówczas przymrozkami (32) straty były zapewne bardzo duże. Omawiany rok, choć miał nietypowo chłodny maj, nie należy bynajmniej do wyjątków; tyle że przymrozki nie w każdym okresie wegetacji są jednakowo niszczące i nie zawsze występują z takim samym natężeniem w całym kraju. Wyrządzają one jednak szkody przede wszystkim roślinom warzywnym i drzewiastym (3, 4, 5, 6, 9, 17, 18, 29, 41, 47), nierzadko jednak również gatunkom typowo rolniczym (3, 6, 8, 33, 41, 44), gdzie są często trudne do uchwycenia, a także roślinom ozdobnym (44), różnego rodzaju plantacjom specjalnym (44) itp.

Znane jest także następcze działanie przymrozków niebezpieczne dla roślin i tym groźniejsze, że ujawniające się nie od razu, a polegające na ogólnym osłabieniu organizmu, obniżeniu jego odporności na choroby. Piszą o tym między innymi Braun i Riehm (44). Do tkanki uszkodzonej przez przymrozek łatwo dostają się pasożyty. Fasola pod wpływem przymrozku traci odporność na *Botrytis*, buraki wykazują skłonność do pośpiechowatości, a u rzepaku pękają łodygi i zanika główny pęd, ponadto uszkodzane są żeńskie narządy generatywne. Również u tytoniu

objawy uszkodzeń mogą pojawić się dopiero po pewnym czasie od chwili wystąpienia przymrozku.

Niebezpieczne są również przymrozki w końcowym okresie wegetacji. Ziemiaki, których nać zbyt wcześnie została uszkodzona przez przymrozek jesienny, zawierają prawdopodobnie mniej skrobi (33). Schnelle (44) podaje, że w mięszu jabłek, które przymrozek zastał na drzewach — a co u nas spotyka się dosyć często — tworzą się brązowe plamy. Autor ten wspomina też o uszkodzeniach pomidorów. Już przy temperaturze powietrza bliskiej 0°C wyżej zawieszane na krzaku owoce wskutek silniejszego wypromieniowania mogą się bardzo silnie ochładzać, co prowadzi do uszkodzeń. Na skierowanej ku górze części zielonego owocu pomidora powstają zielonawo-rdzawe plamy, co wydatnie obniża jego jakość.

Już chociażby względy natury gospodarczo-ekonomicznej — nie mówiąc o czysto poznawczych — skłaniają do rozwijania studiów nad przymrozkami, zwłaszcza że kultury wrażliwe na to zjawisko zajmują u nas coraz to większą powierzchnię uprawną.

Aby opracowania naukowe traktujące o przymrozkach mogły być w pełni przydatne praktyce, powinny przede wszystkim wspierać się o dostatecznie reprezentatywny i poprawnie zmierzony materiał wyjściowy. Poruszana w tych opracowaniach tematyka powinna uwzględniać ponadto co najmniej takie elementy, jak wysokość pojawiania się przymrozków nad gruntem, porę ich występowania, intensywność, długotrwałość, częstość pojawiania się po sobie, typy przymrozków, wrażliwość na nie poszczególnych gatunków roślin, mikroklimatyczne charakterystyki, trafne metody prognozy i wreszcie sposoby walki z tym zjawiskiem.

### *Reprezentatywność danych o przymrozkach*

Liczba i rozmieszczenie na terenie kraju stacji meteorologicznych, skąd czerpiemy podstawowe dane do opracowań między innymi z zakresu przymrozków, nie odzwierciedla w pełni ani warunków fizjograficznych, ani też struktury użytków rolnych. Znaczna część tych stacji położona jest w rozrastających się coraz to bardziej miastach i nie może należycie reprezentować otwartej przestrzeni produkcyjnej. Niektóre stacje znajdują się w miejscach, gdzie z uwagi na adwekcję lokalną lub inne osobliwości lokalno-klimatyczne przymrozki, szczególnie radiacyjne, pojawiają się nietypowo często (depresje terenowe, obszary o urozmaiconym krajobrazie bogate w przeszkody piętrzące zimne powietrze) lub rzadko tzw. ciepłe strefy skłonów; pomijam tu dyferencjacje glebowe, które mogą również wpływać lokalnie na wyniki pomiarów temperatur minimalnych przygruntowej warstwy powietrza podczas nocy o silnym wypromieniowaniu. W sumie jest to niechybnie jedna z głównych przyczyn nazbyt

silnego „zabarwienia” lokalnego, jakie ujawnia materiał obserwacyjny niektórych stacji. Ogranicza to reprezentatywność danych o przymrozkach.

Przystępując do makroklimatycznego opracowania przymrozków mamy przeto do dyspozycji materiał dowodowy albo ze wszystkich stacji — oczywiście niezupełnie miarodajny, lub poprawny ale ze znacznie uszczuplonej, bo wyselekcjonowanej liczby stacji. W tym drugim przypadku jednak stacji jest stanowczo za mało, szczególnie do makroklimatycznego kartowania przymrozków, jako że omawiane zjawisko należy do wyraźnie nieciągłych (44). Nie wdając się w dalsze rozważania na ten temat, nie obcy zresztą i agrometeorologii innych krajów (44), trzeba stwierdzić pilną potrzebę ścisłej weryfikacji sieci stacji meteorologicznych pod kątem reprezentatywności zbieranego tam materiału dla celów agrometeorologii, a w tym także problematyki przymrozkowej.

### *Wysokość pomiaru przymrozków*

Wiele sprzecznych opinii wywołują także przyjęte wysokości notowań przymrozków — 200 i 5 cm ponad gruntem. Pierwszy z wymienionych poziomów reprezentujący warunki makroklimatyczne słusznie uważany jest przez wielu badaczy za zbyt oddalony od powierzchni gruntu i stąd wysoce niedostatecznie charakteryzujący duże zmiany temperatury występujące w strefie życia roślin uprawnych. Dodatkowym mankamentem jest tu niechybnie wpływ dość masywnej klatki meteorologicznej łagodzącej — szczególnie podczas pogodnych i spokojnych nocy przymrozkowych — minima temperatur mierzonych w jej wnętrzu. W Polsce tym zagadnieniem zajmowali się m. in. Rojecki (42) i Schmuck (43).

Materiał obserwacyjny z poziomu 5 cm nad gruntem byłby przeto bardziej odpowiedni do oceny zagrożenia roślin uprawnych przez przymrozki, gdyby nie znaczny wpływ podłoża. Zdaniem wielu badaczy, materiał ten nie powinien z tego względu stanowić zasadniczych danych szczególnie do ujęć kartograficznych. Wpływ podłoża powoduje bowiem, że praktycznie reprezentatywność temperatur minimalnych mierzonych tuż przy gruncie, szczególnie w krajobrazie bardziej urozmaiconym i podczas nocy o silnym wypromieniowaniu, często niewiele wykracza poza najbliższe otoczenie stacji meteorologicznej (44), choć w teorii odnoszone są one do obszaru o promieniu 50 km i więcej. Chociaż opinia w tym względzie nie jest zgodna, wyniki pomiarów z poziomu 5 cm należy oceniać krytycznie, zwłaszcza że pewne zastrzeżenia budzi również brak osłony przeciwradiacyjnej, co prowadzi do dalszych błędów (44).

Zarówno utrata ciepła podczas parowania wody opadowej zwilżającej często nieosłonięty termometr przy gruncie, jak też zwyżka temperatury wskutek kondensacji rosy lub szronu powodują znaczne różnice między

wskazaniami przyrządu a rzeczywistą temperaturą powietrza. Wprawdzie niektórzy badacze (27, 44) uważają, że tak mierzone temperatury są zbliżone do temperatury roślin, według innych jest to jednak założenie dyskusyjne. Oto opinia tych drugich: termometr nieosłonięty wskazuje temperaturę równowagi promieniowania, jaka występuje pomiędzy masą instrumentu i otoczeniem. Zależy ona w dużym stopniu od fizycznych właściwości przyrządu i dlatego jest wielkością względną. Można się o tym przekonać umieszczając obok siebie podczas nocy radiacyjnej kilka takich samych termometrów bez osłon. Termometr szklany, z uwagi na odmienny charakter tworzywa, nie może wobec radiacji zachowywać się podobnie jak żywa roślina. Najlepszym tworzywem doświadczalnym o jednakowym składzie, właściwościach i na ogół znanej reakcji w warstwie granicznej z innymi ciałami o odmienniej ciepłocie jest powietrze. Dla uzyskania przeto szybkiej informacji o procesach radiacyjnych i termodynamicznych powinno się mierzyć temperaturę powietrza, przy czym przyrząd pomiarowy należy wyłączyć z tych procesów. Z powyższych względów dokładniejsze — zwłaszcza w skali klimatu lokalnego — notowania przymrozków dla celów agrometeorologicznych prowadzone są najczęściej przy pomocy termometrów osłoniętych niezbyt masywnymi osłonami i umieszczonych nie tuż przy ziemi ale wyżej, zwykle w warstwie od około 40 do 100 cm (15, 44, 48), odpowiadającej dość dobrze strefie życia roślin a jednocześnie bardziej niezależniającej mierzone wartości od wpływów podłoża.

W uogólnieniu można, wydaje się stwierdzić, że choć agrometeorologiczna przydatność charakterystyk przymrozkowych z poziomu standardowego jest dość ograniczona, to jednak one właśnie — jako mniej „zabarwione” lokalnie — powinny stanowić podstawę dla bardziej generalnych opracowań czasowo-przestrzennego rozmieszczenia przymrozków. Trudno jednak pomijać dane z poziomu 5 cm, szczególnie w ujęciach agrometeorologicznych, skoro nie mamy materiałów z innego poziomu pomiarowego dostatecznie dobrze reprezentującego strefę wzrostu roślin uprawnych.

Oczywiście dane obserwacyjne do makroklimatycznych charakterystyk przymrozkowych należy brać wyłącznie ze stacji w pełni odpowiadającym wymogom metodycznym stawianym przez klimatologię przymrozkową. Stacje takie, obok dostarczenia materiału do ogólniejszych syntez, mogłyby spełniać ponadto rolę punktów reperowych przy szczegółowej bonitacji przymrozków; właśnie mikroklimatyczne kartowanie terenów szczególnie zagrożonych przez przymrozki szeroko stosowane za granicą (6, 15, 44, 48) może dopiero przynieść, szczególnie ogrodnictwu i sadownictwu, konkretny pożytek. Można by tu wykorzystać wyniki krajowych badań mikroklimatycznych a także materiał obserwacyjny

i już istniejące opracowania przymrozków mierzonych na stacjach meteorologicznych 5 cm nad gruntem.

### *Pora występowania przymrozków*

Istotną a dotychczas nie rozstrzygniętą kwestią jest możliwie jednoznaczne sprecyzowanie pojęcia przymrozku. Wprawdzie w języku polskim (podobnie jak w rosyjskim) wieloznaczność tego pojęcia jest mniejsza niż na przykład w angielskim czy niemieckim, to jednak i u nas wynikają z tego powodu różne nieporozumienia. Nie wdając się z braku miejsca w szczegółowe rozważania na temat definicji omawianego zjawiska, której współczesna literatura naukowa poświęca wiele uwagi (12, 44), należy stwierdzić, że niedomówienia w tym względzie odbijają się ujemnie m. in. na stosowanym u nas dotychczas sposobie podziału przymrozków. Ogranicza to wielce przydatność agrometeorologiczną publikowanych charakterystyk przymrozkowych. Można tu przytoczyć na przykład opracowania dotyczące liczby dni przymrozkowych w Polsce (16, 49), gdzie brak jest rozgraniczenia nawet na okres wegetacji i spoczynku roślin, choć wiadomo, że niebezpieczeństwo przymrozków występuje niemal wyłącznie właśnie podczas wegetacji. Z polskich badaczy zwracają na to uwagę Bednarek (2) i Madany (12) uwzględniając jedynie dni przymrozkowe w tzw. meteorologicznym okresie wegetacyjnym oraz Prawdzic i Koźmiński (31), którzy ograniczają się wyłącznie do krytycznych okresów roślin uprawnych.

Uwzględnianie przymrozków wyłącznie z meteorologicznego okresu wegetacji jest całkowicie uzasadnione z punktu widzenia agrometeorologii. Może to o tyle budzić zastrzeżenia, że okres taki jest dość dowolnym odpowiednikiem rzeczywiście występującego w przyrodzie początku i końca wegetacji roślin. Jeszcze lepiej byłoby przeto wiązać daty przymrozków z fenologicznym okresem wegetacji lub wręcz z krytycznymi okresami poszczególnych roślin uprawnych (44). W Niemczech na przykład przy opracowywaniu przymrozków za początek wegetacji przyjmuje się dzień, w którym rozpoczyna się średnio liczone kwitnienie czereśni (44). Tylko brak pełniejszej dokumentacji fenologicznej, z czym niestety musimy się jeszcze u nas liczyć, usprawiedliwia ujmowanie granic przedziałów czasowych przymrozków zgodnie z meteorologicznym okresem wegetacji.

### *Intensywność przymrozków*

Ujmowanie przymrozków jako takich bez rozgraniczeń ich intensywności jest niedostateczne jako że uprawiane u nas kultury wykazują, jak wiadomo, dość różnorodną wrażliwość na omawiane zjawisko. Dopiero

znajomość zarówno spadków temperatur minimalnych powietrza poniżej określonych progów jak i częstotliwość takich spadków, szczególnie po wystąpieniu krytycznych dat fenologicznych na początku wegetacji, pozwala dokładniej określić stopień zagrożenia poszczególnych roślin przez przymrozki i ryzyko ich uprawy w różnych regionach kraju. Przeto należy z uznaniem powitać i co rychlej opublikować pracę doktorską Madanego (12), która wydatnie uzupełnia w tym względzie cenne zresztą krajowe opracowania dotyczące zarówno liczby dni przymrozkowych (16, 49), jak też średnich i skrajnych dat ostatnich i pierwszych przymrozków (30).

W Środkowej Europie, podobnie jak w krajach anglosaskich (44), przyjął się na ogół podział przymrozków na 4 klasy intensywności z 2-stopniowym przedziałem temperatur:  $-0,1$  do  $-2,0^{\circ}$  (przymrozek łagodny),  $-2,1$  do  $-4,0^{\circ}\text{C}$  (umiarkowany),  $-4,1$  do  $-6,0^{\circ}\text{C}$  (silny) i poniżej  $-6,0^{\circ}\text{C}$  (bardzo silny). W Niemczech zaleca się ostatnio podział na 3 klasy:  $-0,1$  do  $-2,0^{\circ}$  (przymrozek łagodny)  $-2,1$  do  $-4,0^{\circ}\text{C}$  (umiarkowany) i poniżej  $-4,0^{\circ}\text{C}$  (silny). Wydaje się, że dla celów praktycznych wystarczyłoby w Polsce 3-klasowy podział stosowany w Niemczech, gdyż począwszy od  $-2,0^{\circ}\text{C}$  należy liczyć się już u nas z częściowym, a przy minimach temperatury niższych od około  $-4,0^{\circ}\text{C}$  z całkowitym uszkodzeniem części generatywnych i liści roślin wrażliwych na przymrozki. Stosowanie większej liczby klas wydaje się nieuzasadnione, gdyż w naturze przedziały temperatur, w jakich następuje uszkodzenie lub śmierć roślin, są zwykle dość szerokie nawet u tego samego gatunku. Granice tych przedziałów mogą przesuwac się i zmieniać. Uwarunkowane jest to wzajemnym oddziaływaniem składowych siedliska i to nie tylko podczas ale także przed, a nawet po przymrozkach, stopniem rozwoju i stanem odżywienia i odmianą rośliny wreszcie charakterem samego przymrozku (44).

### *Długotrwałość przymrozku*

Szkodliwe działanie przymrozku zależy w dużej mierze również od czasu jego trwania. Według Golcberg (6) silny ale krótki przymrozek może okazać się mniej niebezpieczny dla roślin niż słaby lecz długi. Aichele (44) podaje, że ziemniaki marzną przy temperaturze  $-2^{\circ}\text{C}$  ale utrzymującej się co najmniej 45 minut. Shanks i Norris (44) stwierdzili, że uszkodzenie pomidorów było bardziej związane z długotrwałością niż z natężeniem przymrozku.

Przy szczegółowej klasyfikacji przymrozków, a tylko taka może być w pełni przydatna praktyce, należy przeto uwzględniać także ich długotrwałość. Do wnikliwego opracowania tego zagadnienia potrzebne są

jednak termografy dostatecznie czułe. Nadają się do tego celu wielopunktowe, odległościowe rejestratory elektryczne, tym bardziej, że umożliwiają prowadzenie jednoczesnych zapisów temperatury na kilku poziomach, co pozwala dokładniej poznać rodzaj nocnego uwarstwienia temperatury powietrza; aparatów takich na naszych stacjach jest bardzo niewiele a zapisy tych przyrządów są trudno dostępne.

Można by ewentualnie posługiwać się termografami bimetalicznymi o możliwie niewielkich rozmiarach — z bimetalem o małej bezwładności termicznej, sprawdzając oczywiście systematycznie pracę aparatów przy pomocy pomiarów kontrolnych i poprzez dokonywanie reperów czasowych również w nocy. Wiele informacji na temat długotrwałości przymrozków i prędkości zmian temperatury mogą dostarczyć niechybnie zapisy temperatury dni przymrozkowych dokonywane przy pomocy termografów używanych obecnie na stacjach meteorologicznych. Termografy takie wykorzystuje się w ten sposób szeroko za granicą (44).

#### *Częstotliwość występowania przymrozków po sobie*

Istotne znaczenie z punktu widzenia trafnej oceny niebezpieczeństwa przymrozków mają informacje o częstości występowania tzw. ciągów dni przymrozkowych. Z dotychczasowych badań wynika bowiem, że roślina bardziej cierpi od przymrozków jeśli te pojawiają się pod rząd kilka nocy (44); przeto nawet łagodniejsze przymrozki ale występujące po sobie mogą być bardziej niebezpieczne od silniejszych, ale pojawiających się pojedynczo. Również w wypadku walki z omawianym zjawiskiem ważna jest znajomość częstotliwości występowania różnych ciągów przymrozkowych (zgromadzenie w porę odpowiedniej ilości środków ochronnych). Zatem i w tym względzie należałoby uzupełnić krajowe materiały o przymrozkach; dotychczas nie posiadamy bowiem opublikowanych danych na ten temat, choć dysponujemy materiałem obserwacyjnym do tego rodzaju wyliczeń. Można by się tu oprzeć na klasyfikacji Burckhardta (44); wydziela on klasy o 2, 3, 4 i więcej niż 4 występujących po sobie dniach z przymrozkiem. W Polsce zagadnienie to opracował ostatnio Madany (12).

#### *Typy przymrozków*

Ważna i mająca duże znaczenie praktyczne jest szczegółowa analiza zjawisk meteorologicznych towarzyszących przymrozkom, której w naszej literaturze naukowej poświęca się zbyt mało miejsca. Chodzi tu głównie o badania częstotliwości genetycznych form przymrozków, gdyż skuteczność fizycznych metod walki z tym zjawiskiem zależy bardzo silnie od panującej pogody. Przymrozki radiacyjne, typowe dla układów

antycyklonalnych z homogeniczną masą powietrza, są lokalne i zwykle płytkie. Zwalczanie ich, przynajmniej w terenie płaskim, jest stosunkowo łatwiejsze i możliwe przy pomocy wszystkich znanych metod. Im silniejsza inwersja temperatury powietrza tym płytsza warstwa pozostaje do ogrzania, tym łatwiej ją wymieszać z leżącym wyżej powietrzem. Brak wiatru sprzyja również zadymianiu. Natomiast w wypadku przymrozów adwekcyjnych, bardziej dynamicznych, bo wywołanych wtargnięciem zimnych mas powietrza, wymienione metody są mało skuteczne.

#### *Wrażliwość roślin na przymrozki*

Bogate piśmiennictwo naukowe dotyczące wpływu niskich temperatur na rośliny zajmuje się głównie ich wytrzymałością na mróz w chłodnej porze roku; nagłym, krótkotrwałym i na ogół niezbyt silnym spadkiem temperatury poniżej  $0^{\circ}\text{C}$  podczas wegetacji — tj. przymrozkom poświęca się niewiele uwagi, choć te wyraźnie różnią się od mrozów występujących zwykle w okresie spoczynku mniej lub bardziej zahartowanych roślin (6). Im aktywniejsza wegetacja roślin przed przymrozkiem tym uszkodzenia ich są większe. Wielu badaczy (6) uważa wręcz, że na wiosnę przymrozki są niebezpieczne tylko wówczas, gdy występują po ciepłym okresie o temperaturach  $10\text{—}12^{\circ}\text{C}$ , utrzymujących się jednak nie krócej niż 8—10 dni pod rząd, co decyduje o szybkim tempie procesów wzrostowych; jesienią natomiast jedynie wtedy, jeśli przerywają ciepłą pogodę. Nagłe i zwykle dość intensywne ocieplenia na przedwiosniu oraz nawroty chłódów późną wiosną, a nierzadko w pierwszych tygodniach lata, kiedy rośliny są w pełni rozwoju, częste przymrozki podczas stosunkowo ciepłego okresu wczesnej jesieni, przy nie zakończonej jeszcze wegetacji — to nader powszechne zjawisko w naszym zmiennym klimacie, wzmagające wydatne zagrożenie roślin przez przymrozki. Brał to pod uwagę m. in. Kunze (10) przy opracowywaniu ryzyka przymrozków dla Śląska.

O niedostatecznie rozwiniętych badaniach z zakresu reakcji roślin na przymrozki świadczy chociażby to, że temperatury, przy jakich następuje uszkodzenie danej kultury przytacza się na ogół bez podania wysokości ich pomiaru i krytycznej długotrwałości przymrozku; temperatury krytyczne cytowane przez różnych autorów są niesłychanie rozbieżne i nieściśle. Za przykład mogą posłużyć ziemniaki; oto temperatura niszcząca liście tej rośliny podawana przez różnych autorów: Müller-Thurgau (44) —  $5^{\circ}\text{C}$  (liście zwilgocone) i  $-2^{\circ}\text{C}$  (liście suche), Aichele (44) —  $2^{\circ}\text{C}$  co najmniej przez 45 minut, Majkowski (13) —  $1^{\circ}\text{C}$ , Golcberg (6) —  $2^{\circ}\text{C}$  mierzone w klatce meteorologicznej 2 m nad gruntem, Stepanow (46) —  $2^{\circ}\text{C}$  utrzymujące się średnio 5 do 6 godzin i mierzone na poziomie roślin, Owczennikowa (23) —  $0,5^{\circ}$  do  $-0,8^{\circ}\text{C}$ . Tak duża rozpię-



tość podanych wyżej wartości, spotykana zresztą i u innych roślin, niesłychanie utrudnia znalezienie właściwej temperatury krytycznej a w ślad za tym przeprowadzenie klasyfikacji przymrozków dostosowanej do indywidualnej odporności na zimno poszczególnych roślin uprawnych w kraju; od tego zaś zależy w dużym stopniu przydatność praktyczna wskaźników przymrozkowych.

Wytrzymałość rośliny na przymrozki jest zagadnieniem nader złożonym. Uwarunkowana jest odmianą i stopniem rozwoju, wpływem pogody, siedliska i agrotechniki, posiada przeto aspekt o dużym akcencie regionalnym. Dlatego temperatury krytyczne naszych kultur uprawnych wrażliwych na przymrozki należałoby ustalać przede wszystkim w oparciu o badania krajowe a nie wyłącznie o zagraniczne, jak to obecnie często się zdarza.

### *Mikroklimatyczne opracowanie przymrozków*

Dotychczasowe badania donoszą o niezwykle szerokiej skali różnicowania temperatur minimalnych dyktowanego rodzajem podłoża, stopniem osłony terenu, występowaniem zbiorników wodnych a zwłaszcza ukształtowaniem terenu (2, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 35, 36, 39, 41, 44, 45, 48). Chodzi przy tym zarówno o tereny charakteryzujące się większą deniwelacją, jak i o drobne formy rzeźby stanowiące na naszych ziemiach pokaźny procent użytków rolnych zajętych przez kultury mniej odporne na przymrozki. Dlatego to wskaźniki przymrozkowe oparte na materiale obserwacyjnym ze stacji meteorologicznych, nie uwzględniające ściśle lokalnych właściwości terenu, ukazują jedynie dosyć uproszczony obraz zjawiska; choć przydatne w ujęciach bardziej ogólnych, wskaźniki te nie wystarczają do oceny zagrożenia przez przymrozki poszczególnych plantacji, zwłaszcza rozlokowanych w terenie urzeźbionym. Ta okoliczność rodzi potrzebę opracowania u nas na wzór innych krajów (6, 15, 44, 48) odpowiednich współczynników wyrównawczych do temperatur minimalnych lub do wskaźników przymrozkowych ze stacji makroklimatycznych, aby w ten sposób podnieść miarodajność tych wartości dla mikroklimatycznej oceny przymrozków. Jest to możliwe dzięki temu, że jak wynika z dotychczasowych badań (7, 37), przebieg lokalnych zjawisk klimatycznych wykazuje dość wyraźne regularności czasowe i przestrzenne często zbieżne z rytmem zmian makroklimatycznych danego regionu. Natomiast tam, gdzie wyżej przedstawiona metoda jako mniej ścisła, nie wystarcza, tj. w przypadku oceny zagrożenia przez przymrozki położonych w rzeźbie terenu plantacji sadowniczych, ogrodniczych lub innych roślin szczególnie wrażliwych na spadki temperatury podczas wegetacji, potrzebne wydają się mikroklimatycz-

ne kartowania przymrozków (6, 15, 44—48); są one od wielu lat prowadzone za granicą i okazują się bardzo pomocne przy prawidłowym lokalizowaniu plantacji kultur ciepłolubnych w terenach niepłaskich. Kartowanie takie oparte na notowaniach temperatur minimalnych w specjalnie zorganizowanej sieci punktów mikroklimatycznych lub tylko na obserwacjach patrolowych, ocenie szkód przymrozkowych i informacjach miejscowych rolników pozwalają opracować szczegółowe mapy wyznaczające geograficzny zasięg stref różnego zagrożenia roślin przez przymrozki.

### *Prognozy lokalne i sygnalizacja przymrozków*

Skuteczność fizycznych metod walki z przymrozkami zależy w znacznej mierze od tego, czy dostatecznie wcześnie dowiemy się o możliwości wystąpienia tego zjawiska. Trafna i wczesna prognoza wystąpienia przymrozków umożliwia w porę przygotować środki ochrony. W okresie wegetacji przymrozki występują zwykle wskutek jednoczesnego działania adwekcji zimnego powietrza i wypromieniowania ciepła z podłoża. Obie składowe działają razem lub też wypromieniowanie wraz z wychłodzeniem lokalno-dynamicznym wkracza po wtargnięciu zimnego powietrza. Nadejście wyziębionej masy powietrza może przewidzieć jedynie synoptyk. Dlatego podstawowym elementem w przewidywaniu przymrozków są codzienne prognozy pogody opracowywane i podawane przez Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny. Prognozy te, choć na ogół trafne, są podawane często zbyt późno i za słabo komentowane, dlatego też nie zawsze bywają należycie wykorzystywane przez praktyków. Rolnik na przykład powinien możliwie dokładnie wiedzieć, z jakim typem przymrozków — radiacyjnym czy adwekcyjnym — ma do czynienia; od tego bowiem zależy sposób i skuteczność walki. Omawiane prognozy odnoszą się z natury rzeczy do dużych obszarów, podczas gdy przymrozki są bardzo często zjawiskiem lokalnym. Dlatego też duże znaczenie praktyczne mają metody lokalnego prognozowania przymrozków. Tylko w ten sposób możemy dokładniej określić prawdopodobieństwo wystąpienia lub nie wystąpienia przymrozków w danej okolicy czy też gospodarstwie.

W literaturze specjalistycznej napotykamy wiele rozmaitych sposobów przewidywania przymrozków nocnych opartych bądź na przesłankach empirycznych, bądź też na prawidłach wynikających z nocnego wychłodzenia. Ta duża ilość reguł i wzorów świadczy o ważności zagadnienia a zarazem i o tym, że jest ono niesłychanie złożone: można to zrozumieć, jeśli wziąć pod uwagę złożoność lokalnych warunków ekoklimatycznych, dla jakich przeznaczone są prognozy. Szczególnie trudno o trafną prognozę dla krain urzeźbionych. Słowem przydatność tej lub innej metody uwarunkowana jest zarówno klimatem, jak i fizjografią miejscowości.

Dlatego to metody lokalnych prognoz przymrozków opracowane w jednych warunkach ekoklimatycznych mogą być zalecane gdzie indziej dopiero po uprzednim sprawdzeniu w praktyce (44). Najpierw należy ustalić, która metoda lub metody w danych warunkach (plantacji, gospodarstwa, miejscowości, regionie klimatycznym) jest najbardziej odpowiednia. Wynika stąd potrzeba szerszego zajęcia się i u nas sprawdzeniem przydatności dla warunków krajowych metod lokalnej prognozy przymrozków uznanych przez naukę a następnie wyczerpujące opracowanie i udostępnienie najlepszych praktyce.

Zagadnienia te mogłyby z powodzeniem stanowić temat niejednej rozprawy doktorskiej czy nawet habilitacyjnej. Schneuder (44) do uznawanych dziś i dostatecznie sprawdzonych w różnych krajach zalicza metody: punktu rosy (dla nas wydaje się szczególnie cenna z uwagi na stosunkowo wysoką wilgotność powietrza w Polsce), Kammermanna (z modyfikacjami), Mollwo, Fausta, Schuberta i kilka innych (44). Cenne są również metody radzieckie w tym Lutiersztajna i Czudnowskiego uproszczona przez Rojeckiego (22). Można obecnie przypuszczać, choćby na podstawie nader skąpych i fragmentarycznych informacji na ten temat spotykanych w polskiej literaturze fachowej, że nasi praktycy nie zajmują się w ogóle prognozowaniem przymrozków nawet w dużych gospodarstwach ogrodniczych czy sadowniczych, gdzie jest to wręcz niezbędne. Inna rzecz, że poszczególne gospodarstwa nie zawsze mają odpowiednie warunki (ludzie, przyrządy) do prognozowania przymrozków. Dlatego też byłoby celowe zainteresowanie tą sprawą stacji meteorologicznych PIHM dysponujących ludźmi i odpowiednią aparaturą pomiarową. Uściślano by tam przy pomocy omawianych wyżej metod i w oparciu o znajomość terenu prognozy centralne i podawano mieszkańcom danego regionu bardziej dokładne dane o niebezpieczeństwie przymrozków, zalecając jednocześnie właściwe środki ochrony.

Należy oczywiście zdawać sobie sprawę z tego, że upowszechnienie prognoz lokalnych jest u nas kwestią przyszłości. Ponadto, nawet najlepsza prognoza może być zawodna i stanowi tylko jeden ze środków pomocniczych. Dlatego też niepoślednią rolę w walce z przymrozkami powinny odegrać urządzenia sygnalizujące nadejście tego zjawiska zwane sygnalizatorami przymrozków. Nadają się one również do wykorzystania przy samoczynnym zapalaniu stosów dymnych i grzałek oraz włączaniu innych środków przeciwprzymrozkowych. Wydaje się, że straty wyrządzone przez przymrozki można znacznie zmniejszyć stosując szerzej niż dotychczas te urządzenia w praktyce. Na szerokie rozpowszechnienie dotychczas znanych sygnalizatorów nie pozwala ich stosunkowo wysoka cena a także zbyt skomplikowana budowa (34).

Autor niniejszego artykułu opracował kilka prostych i tanich sygnalizatorów (34, 38), a wśród nich uniwersalny typ z ruchomym elementem pomiarowym (40). Usprawnienie to pozwala w zależności od potrzeb sygnalizować wystąpienie przymrozków tuż przy gruncie lub wyżej, co ma istotne znaczenie w sadownictwie (ochrona drzew owocowych przed przymrozkami). Dzięki zasilaniu prądem stałym aparat można stosować wszędzie tam, gdzie trudno o doprowadzenie prądu zmiennego. Donośny sygnał umożliwia stosowanie przyrządu na plantacjach dość odległych od budynków mieszkalnych.

### *Sposoby walki z przymrozkami*

Człowiek w walce z przymrozkami rozporządza dziś wieloma skutecznymi środkami natury fizycznej, biologicznej i agrotechnicznej. Są one w naszym piśmiennictwie naukowym i fachowym omówione dosyć szeroko ale w praktyce stosowane z dużymi oporami.

Zadymianie, ogrzewanie lub mieszanie powietrza — metody fizyczne skuteczne przede wszystkim w zwalczaniu przymrozków radiacyjnych i zawodne przy adwekcyjnych — jako zbyt pracochłonne i kosztowne opłacają się tylko w przypadku cenniejszych kultur ciepłolubnych. Na większą uwagę zasługuje niechybnie spryskiwanie wodą roślin zagrożonych przez przymrozki, a to z uwagi na coraz szersze stosowanie u nas deszczowni. Tę metodę należałoby przeto wypróbować w różnych częściach kraju i na różnych roślinach, a następnie opracować odpowiednie instrukcje i wdrażyć do praktyki. W ostatnich latach zrobiono znaczny postęp przez wprowadzenie infraczerwonych grzejników o bardzo wysokiej wydajności cieplnej; są one dlatego skuteczne zarówno przy zwalczaniu przymrozków radiacyjnych i adwekcyjnych (1). Wydaje się, że należałoby u nas szerzej propagować metody biologiczne a także agrotechniczne, a ponadto dostrzegać zagadnienie przymrozków w poczynaniach mikrorejonyzacyjnych i fitomelioracyjnych. Omawia to bardzo gruntownie wydany ostatnio w NRF drugi tom monografii na temat przymrozków p.t. „Frostschutz im Pflanzenbau” (44).

### L I T E R A T U R A

1. Biel E. R.: The climate of New Jersey. New Jersey, 1958.
2. Bednarek A.: Zesz. Nauk. SGGW — Leśnictwo, 3, 1959.
3. Burkin I. A.: Zaszczita owoznych kultur i kartofielu ot zamorozkow. Moskwa, 1955.
4. Bury-Zaleska J., Dutkiewicz I., Wołk A.: Pam. Puł. 23, 1966.
5. Dutkiewicz J.: Pam. Puł. 12, 1964.
6. Golcberg J. A.: Agroklimaticzeskaja charakteristika zamorozkow w SSSR i metody borby s nimi. Leningrad, 1961.

7. Hess M.: Przeg. Geofiz. 3, 1966.
8. Hohendorf E.: Roczn. Nauk Roln. F-71, 1956.
9. Kobendza R.: Wpływ zimy majowej na roślinność okolic Warszawy w 1935 r. Lwów, 1936.
10. Kunze G.: Das Nachtfrostproblem unter pflanzenphysiologischen Gesichtspunkt. Wrocław, 1936.
11. Kuźniar K., Olechnowicz-Bobrowska B.: Zesz. Nauk. WSR Kraków Melioracja, 2, 1963.
12. Mađany R.: Termodynamiczne warunki występowania i rejonizacji przymrozków w Polsce w okresie wegetacyjnym 1951—1960. Warszawa, 1966 (Maszynopis).
13. Majkowski K.: Poradnik dla rolników ziem północno-wschodnich (uprawa roślin zbożowych). Red. W. Niewiadomski. Warszawa, 1961.
14. Marzec Z.: Przeg Geofiz. 3—4, 1965.
15. Metodyczeskije ukazanija gidromietstancijom po sostawleniju mikroklimatycznych charakteristik teritory otdielnych chozajstw. Ukr. NIGI, Kijew, 1962.
16. Milata W.: Czas. Geograf. XX, 1949.
17. Mitosek H.: Przeg. Meteor. i Hydrol. 1—2, 1954.
18. Mitosek H.: Roczn. Nauk Roln. F-71, 1956.
19. Mitosek H.: Roczn. Nauk Roln. F-71, 1956.
20. Molga M.: Wiad. Służby Hydrol. i Meteorol. 3, 1953.
21. Molga M.: Przeg. Meteor. i Hydrol. 1—2, 1952.
22. Molga M.: Meteorologia Rolnicza, Warszawa, 1958.
23. Owczennikowa A.: Wiestnik Leningradskowo Uniwersiteta, Seria Geologii i Geografiji 24, 1963.
24. Panecka K.: Gaz. Obserw. PIHM, 6, 1963.
25. Parczewski W.: Nowe Roln. 7, 1963.
26. Paszyński J., Machaj K.: Prace Geograf, 19, 1959.
27. Paszyński J.: Przeg Geograf. 1, 1963.
28. Pettersen S.: Zarys Meteorologii (przekład z angielskiego J. Michalczewski). Warszawa, 1964.
29. Pieniżek S. A.: Sadownictwo. Warszawa, 1961.
30. Pieślak Z.: Wiad. Służby Hydrol. i Meteorol. 5, 1955.
31. Prawdzic K., Koźmiński C.: Zesz. Nauk. WSR Szczecin, 17, 1964.
32. Przedpełska W.: Prace PIHM, 46, 1967.
33. Radomski C.: Wpływ orki ciągnikowej przy różnej wilgotności gleby na wzrost i plonowanie ziemniaków uprawianych na skłonie. Olsztyn, 1954 (maszynopis).
34. Radomski C.: Ekol. Pol. B, 4, 1961.
35. Radomski C.: Ekol. Pol. A, 10, 1962.
36. Radomski C.: Zesz. Nauk. WSR Olsztyn, 17, 1964.
37. Radomski C.: Zesz. Nauk. WSR Olsztyn, 17, 1964.
38. Radomski C.: Ekol. Pol. B, 1, 1964.
39. Radomski C.: Niewiadomski W., Nowicki J.: Wiad. Instyt. Melior. i Użytków Zielonych. 3, 1966.
40. Radomski C.: Zesz. Nauk. WSR Olsztyn, 22, 1966.
41. Roguski W.: Roczn. Nauk Roln. F-71, 1956.
42. Rojecki A.: Act. Geoph. Pol. 3, 1961.
43. Schmuck A.: Przeg. Meteorol. 1, 1948.

- 
44. Schnelle F. (red.): Frostschutz im Pflanzenbau. Munchen, Basel, Wien, Tom. I, 1963.
  45. Sowiński J.: Roczn. Nauk. Roln. F-71, 1956.
  46. Stepanow W. N.: Charakteristika sielskochozjastwiennych kultur po ustojcziwosti ich k zamorozkom. Sow. Agronomija 4, 1948.
  47. Sprawozdanie Wydziału Rolnictwa i Leśnictwa Prezydium WRN w Olsztynie (maszynopis).
  48. Szachnowicz A. W.: Trudy Ukr. Naucz. Issled. Hidromiet. Inst. 23, 1961.
  49. Wiszniewski W., Gumiński R., Bartnicki L.: Wiad. Służby Hydrol. i Meteorol. 5, 1949.