

CZESŁAW RADOMSKI
Katedra Meteorologii i Klimatologii SGGW

MELIORACJE KLIMATYCZNO-ROLNICZE W POLSCE

Agroekologia nie od dziś żywo interesuje się możliwościami praktycznej poprawy klimatu obszarów użytkowanych rolniczo. Wraz z coraz to lepszym poznawaniem zarówno wpływu pogody i klimatu na plonowanie, jak i wymagań klimatycznych roślin uprawnych oraz w miarę postępu nauki i techniki rosną możliwości melioracji klimatu — jednego z szeroko pojętych zespołowych zabiegów poprawiających siedliska rolnicze.

W pracach agroklimatycznych, szczególnie radzieckich, można spotkać dosyć szczegółowe klasyfikacje melioracji klimatycznych. W zależności od szybkości uzyskiwania i wielkości efektów, Kołoskow (7) — autor bardzo szczegółowego podziału — wyróżnia meliorację rewolucyjną i ewolucyjną. Pierwsza zakłada jednorazowe zabiegi na stosunkowo ograniczonych przestrzeniach i prowadzi do radykalnych i szybkich zmian klimatu rolniczego. Zabiegi te są jednak kosztowne i nastawione wyłącznie niemal na przeobrażenia natury klimatycznej. Pod względem zasięgu przestrzennego wymieniony autor dzieli melioracje na makro- mezo- i mikroklimatyczne. Należy tu jednak od razu podkreślić, że taka klasyfikacja jest wysoce orientacyjna wskutek trudności w ścisłym zdefiniowaniu klimatów o różnej skali. Do makroklimatycznych zaliczane są wielkoskalowe, specjalne melioracje klimatyczne, zakładające zmiany podstawowych członów cyrkulacji atmosferycznej lub charakteru napływających mas powietrza. Melioracje tego typu nie mają w naszym kraju, przynajmniej obecnie, możliwości realizacji. Do mezoklimatycznych zaliczono melioracje o zasięgu regionalnym. Do takich można by wliczyć realizowany obecnie projekt zadrzewienia klimatyczno-melioracyjnego Żuław Gdańskich. Do mikroklimatycznych zaliczane są melioracje o charakterze zdecydowanie lokalnym. Należy oczywiście pamiętać, że poprawa lub zmiana jednego czy też kilku elementów klimatu wywołuje większe lub mniejsze przeobrażenia w całym siedlisku. Każdy zabieg melioracyjno-klimatyczny może, rzecz jasna, wywołać zmiany nie tylko wewnątrz obszaru meliorowanego, ale i poza nim, dzięki sumującej się efektywności zabiegów, zwłaszcza jeśli jest ich na danym terytorium więcej. Fakt ten podnosi m.in. wydatnie ogólnorolnicze znaczenie melioracji mikroklimatycznych. Według sposobów realizacji cytowany badacz dzieli melioracje klimatyczne na cztery rodzaje: 1) agrotechniczne — realizowane podczas określonych zabiegów

rolniczych; 2) hydrotechniczne — gdzie efekty klimatyczne uzyskuje się dzięki regulacji stosunków wodnych gleby, różnorodnych budowli wodnych itp; 3) fitogenetyczne — pozwalające na poprawę klimatu dzięki różnego rodzaju nasadzeniom leśnym, przecinkom leśnym, zmianie charakteru szaty roślinnej, niezależnie od bezpośrednich celów samego zabiegu; 4) specjalne — w których efekt klimatyczny jako cel zasadniczy uzyskiwany jest poprzez różnorakie rozwiązania techniczne. W zależności od efektywności, melioracje klimatu można podzielić na: 1) całkowicie korzystne — pozytywny efekt jest cały rok i na całym meliorowanym obszarze 2) zróżnicowane w przestrzeni — korzystne zmiany w jednym miejscu uzyskuje się kosztem niekorzystnych zmian w innym, 3) zróżnicowane w czasie — poprawienie warunków klimatycznych w jednej części roku następuje kosztem pogorszenia warunków drugiej, 4) absolutnie niekorzystne — bez względu na cel i formę zawsze niekorzystne rolniczo.

Możliwości melioracji klimatycznych w Polsce

Należy zgodzić się z Kołoskowem (7), że melioracja klimatu określonego terenu jest w pełni uzasadniona dopiero wówczas, gdy: 1) cechy klimatu tego terenu są wyraźnie zaznaczone i zdecydowanie niekorzystne rolniczo, 2) dysponuje się odpowiednią metodą, która gwarantuje usunięcie lub co najmniej częściowe wyeliminowanie nie sprzyjających dla rolnictwa warunków agrometeorologicznych.

Terytorium Polski jest pod względem klimatycznym dosyć wyraźnie zróżnicowane, a w takich krainach jak Pojezierze Mazurskie, góry lub pogórze surowy klimat wręcz dyktuje dobór niektórych kultur uprawnych (Niewiadomski 11). Dalsze, nierzadko jeszcze silniejsze zróżnicowanie klimatu następuje wskutek lokalnych wpływów rzeźby terenu, zbiorników wodnych, zalesień, zabagnień itp. Słowem, odrębności natury fizjograficznej prowadzą do znacznych zróżnicowań klimatu lokalnego i mikroklimatu. Przeto w niektórych regionach kraju, m.in. — Mazury, Żuławy, pogórze czy też Niż Polski należałoby rozwijać melioracje klimatyczne o szerszym zasięgu — głównie fitomelioracje, ze szczególnym uwzględnieniem form ściśle lokalnych, jako że silnie zróżnicowane warunki mikroklimatyczne terenów uprawnych ujawniają szczególnie dużo cech niekorzystnych rolniczo.

Największe odrębności mikroklimatyczne spotykane są niechybnie w rzeźbie terenu. Chodzi przy tym zarówno o silniejsze, jak i o mniejsze deniwelacje (Radomski 19). Tereny urzeźbione zajmują znaczną — bo prawie czwartą część użytków rolnych naszego kraju. Tam też wydaje się należałoby przede wszystkim prowadzić meliorację mikroklimatyczne. Nie-

korzystne rolniczo warunki mikroklimatyczne występują też na otwartych równinach kraju, a szczególnie na odsłoniętych płaskowyżach np. Pomorza, atakowanych przez suche lub mroźne wiatry. Tereny rolnicze kryją zresztą wiele innych form mikroklimatycznych mniej lub bardziej niekorzystnych rolniczo, gdzie omawiane melioracje wydatnie poprawiłyby warunki bytowania roślin uprawnych.

Przejdźmy obecnie do omówienia ważniejszych form melioracji klimatu lokalnego możliwych w warunkach naszego kraju.

Zadrzewienia klimatyczno-melioracyjne

Rolnicze znaczenie zadrzewień zostało przez naukę na tyle poznane, że można je zalecać jako jeden z głównych środków melioracji klimatu przygruntowej warstwy powietrza i gleby. Przede wszystkim należałoby podkreślić wiatrochłonną funkcję zadrzewień, jako że występujące na znacznych obszarach kraju intensywniejsze wiatry zwłaszcza wschodnie w chłodnej i zachodnie w cieplej porze roku czynią wiele szkód w rolnictwie. Zwróćmy uwagę na niektóre tylko fakty.

Poważne straty wyrządza rolnictwu erozja wietrzna. Podmuchy wiatru wywiewają suchy materiał glebowy zubożający bezpowrotnie pola uprawne. Największa podatność na erozję wietrzną jest wiosną, kiedy roślinność słabo okrywa glebę, a aktywność wysuszających wiatrów wschodnich i południowo-wschodnich wzrasta zwykle do maksimum (Radomski 18). Zimą wiatr zdiera z miejsc odsłoniętych i różnicuje pokrywę śnieżną, co często powoduje wymarzenie ozimin (Niewiadomski 12). Wiatr silnie i niekorzystnie różnicuje rozkład opadów zwłaszcza w rzeźbie terenu (Radomski 17). Podobnie jak w terenach górskich i na pogórzu (Figura 2) zbocza nawietrzne (u nas zwykle zachodnie) otrzymują w sezonie wegetacji 10—20% więcej opadów niż przeciwległe. Podczas lat mokrych i na zwilżonych glebach może to wydatnie pogarszać bytowanie roślin. Dlatego też dla złagodzenia ujemnego wpływu wiatrów deszczonośnych i zmniejszenia dysproporcji w zraszaniu różnych partii rzeźby (Figura 2) proponuje zalesianie partii wododziałowych lub zakładanie tam pasów zadrzewień, które stanowiłyby ważny element melioracji klimatu. Porywiste i suche wiatry, zwiększając ubytek wilgoci z gleby i z rośliny mogą podczas głębokich niedoborów wodnych powodować w gospodarce rolnej duże straty. Również w sadownictwie wiatry wyrządzają wiele szkód, szczególnie późnym latem i jesienią, powodując opadanie z drzew wykształconych już owoców. Wiatry, „rozdzierają” również starsze drzewa owocowe i łamią korony, szczególnie w okresie obfitego owocowania. Według opinii Pieniążka (16) zjawiska te niemal rokrocznie wyrządzają sadownictwu duże

szkody. Najbardziej niebezpieczne są tu wiatry południowo-zachodnie i zachodnie, charakteryzujące się w okresie dojrzewania owoców zarówno maksymalną częstotliwością, jak i dużą siłą dmącą. Dobrą ochronę przed tymi wiatrami mogą stanowić — szczególnie na równinach — osłony przeciwwiatrowe z drzew, usytuowane południkowo. Skuteczność osłon rośnie przy sadach niskopiennych. Wsuszące działanie wiatru może zdaniem Niewiadomskiego (12) mieć również wpływ na złożony proces przemiany materii u zwierzęcia. Szczególnie silny wpływ wywiera niechybnie czynnik wietrzny w okresie pastwiskowym. W początkowym zazwyczaj niezbyt ciepłym stadium tego okresu, kiedy z uwagi na przebyty sezon zimowy zwierzęta są najmniej odpowiednie do adaptacji, często inwazja silnych i na ogół chłodnych wiatrów potęguje jeszcze intensywność ochładzania się organizmu. Natomiast w lecie, szczególnie podczas dni upalnych, kiedy pożądane jest raczej ochładzanie organizmu zwierzęcego aktywność wszystkich kierunków wiatrów spada do minimum. W okresie przedzimoowym czy też podczas żniw, silne wiatry towarzyszące ulewnym deszczom powodują często wyleganie zbóż. Wpływa to ujemnie na przebieg żniw, utrudnia zastosowanie maszyn żniwnych, a zwłaszcza kombajnów i zwiększa w końcowym efekcie koszty sprzętu roślin zbożowych. Huraganowe podmuchy rozwalają nierzadko już zestawione sztygi zboża, co również opóźnia zakończenie zbioru.

Zadrzewienia śródpolne są jednym ze skutecznych środków przeciwdziałających szkodliwym wpływom wiatrów. Należy przy tym dodać, że znaczenie ochronne zadrzewień niesłusznie zawężane jest często do wiatrów bardzo silnych. Zadrzewienia te bowiem obniżają także wydatnie prędkość nader częstych u nas wiatrów umiarkowanych (Radomski 18) i w ten sposób również spełniają funkcję melioracji wietrznej. Współzależnie z obniżeniem prędkości wiatru i intensywności wymiany turbulencyjnej zadrzewienia śródpolne zdaniem Hohendorfa (3) polepszają w warunkach naszego kraju stosunki cieplne powietrza i gleby (zadrzewienia przewiewne zmniejszają niebezpieczeństwo przymrozków), zwiększają wilgotność powietrza i gleby, osady (rosa, szron, sadz), zmieniają rozkład opadów atmosferycznych — co potwierdza również (Jaworski 4), zwiększają czas trwania mgieł oraz koncentrację CO₂, wpływają korzystnie na bilans cieplny, przebieg transpiracji, wyrównywanie pokrywy śnieżnej i na ogół sprzyjają plonowaniu. Najwyższy efekt produkcyjny zadrzewień osiągany jest w latach suchych i ciepłych. Należy oczywiście tu podkreślić, że dotychczasowa ocena wpływu mikroklimatu zadrzewień na plony jest jedynie orientacyjna, bo oparta na eksperymentach polowych. Dostatecznie ściśle wpływ ten można określić — zwłaszcza w sensie ilościowym — dopiero po uprzednim wyeliminowaniu spotykanych w terenie i na ogół silnie różnicujących plon naturalnych odrębności glebowych, wilgotnościowych i pokarmowych.

Nadaje się do tego celu między innymi metoda fitometryczno-polowa opracowana przez autora nieniejszego artykułu.

Należy pamiętać o wnikliwej i wszechstronnej ekspertyzie przedmelioracyjnej klimatu w pełni respektującej reżim lokalny. Tylko w ten sposób można bowiem dokładniej zbilansować czasowo i przestrzennie ujemne i dodatnie cechy agroklimatu danego terenu i co najistotniejsze — prawidłowo wydedukować efekty oraz opłacalność na owym terenie zamierzonych zabiegów klimatyczno-melioracyjnych. Toteż dosyć ryzykowne wydaje się na przykład podjęcie melioracji klimatu Żuław — eksperymentu kosztownego, bez uprzedniego przeprowadzenia gruntownych terenowych badań klimatycznych i agroklimatycznych (Smoliński 24). Trudno chyba bez takich badań dokładnie ustalić nawet tego rodzaju fakt, czy poprawienie warunków klimatycznych w jednym miejscu i w jednej porze roku nie pogorszy ich w innym miejscu i w innej porze roku. Rzecz tym istotniejsza, że uzyskanie niektórych zmian klimatycznych założonych żuławskim planem zadrzewień (Smoliński 24) może być trudno osiągalne. Dotyczy to choćby likwidacji zastoisk mgieł (mogą one nie zanikać, ale wzrastać wskutek zadrzewień). Stwierdzenie, że pasy zadrzewieniowe zmniejszają niebezpieczeństwo przymrozków (Hohendorf 3, Kutera 9) nie jest bynajmniej zgodne. Wróć do tego w dalszej części artykułu. Tu pragnę tylko podać zgodnie z opinią wielu badaczy (Schnelle 23), że wszelkiego rodzaju zasłony terenowe, a więc i zadrzewienia zwiększają niebezpieczeństwo przymrozków podczas wegetacji, właśnie wskutek mniejszej wentylacji.

O ile zadrzewieniom jako zaporom przeciwwietrznym poświęcono w naszej literaturze sporo uwagi, o tyle stosunkowo mało pisze się o znaczeniu jakie spełniają różnego rodzaju zasłony w melioracji klimatu stanowiącej środek walki z przymrozkami i mrozem.

Przymrozki powodują w naszym rolnictwie co roku duże szkody (Radomski 20). Dlatego walka z nimi powinna być wszechstronna. Pozytywne znaczenie w tej walce mogą odegrać również melioracje lokalnych warunków klimatycznych. Człowiek jest w stanie wydatnie wpływać na przymrozki poprzez zmianę krajobrazu. Każde przeobrażenie krajobrazu (założenie lub usunięcie starej plantacji roślin zwłaszcza wieloletnich, różnego rodzaju budowli, — nasypy kolejowe, drogowe, mury, żywopłoty itp.) zmienia mniej lub bardziej klimat lokalny, a przez to zagrożenie przez przymrozki, szczególnie w rzeźbie terenu. Może ono zarówno zmaleć, jak i wzrosnąć, zwłaszcza jeśli stworzymy warunki sprzyjające powstawaniu w terenie mrozowisk, co szeroko omawia i dokumentuje monografia poświęcona przymrozkom, napisana pod red. F. Schnelle (22, 23). W idealnym wypadku najwyższe partie wzniesień powinny być zalesione. Utrudnia to tworzenie się i spływ zimnego powietrza po stokach w dół, gdzie znaj-

dują się np. sady czy też inne kultury wrażliwe na przymrozki lub mrozy. Jeśli w niższych partiach sfalowanego terenu, zwłaszcza silniej urzeźbionego, uprawia się kultury wrażliwe na przymrozki a części szczytowe wzniesień nie są zadrzewione, należy starać się powstrzymać strumień zimnego powietrza przed spływem w dół. Najbardziej skuteczne jest wówczas zadrzewienie wierzchołka lub założenie powyżej plantacji roślin ciepłolubnych, ochronnego pasa z zadrzewień lub nawet z wyższych roślin jednorocznych, zatrzymującego spływające powietrze i kierującego je na tereny, gdzie nie ma kultur wrażliwych na niskie temperatury (Schnelle 23). Należy unikać wszelkich wyrębów drzewostanu powyżej plantacji roślin wrażliwych na przymrozki. Wyręby takie bowiem również zwiększają niebezpieczeństwo przymrozków. Dotyczy to także wycinania przesiek wzdłuż spadku terenu czy to dla odmładzania drzewostanu czy też dla celów technicznych. W wymienionej wyżej monografii pokazano na bogatym materiale, jak całkowite zręby drzewostanów na zboczach dały początek mrozowiskom u podnóży wzniesień zajętych przez sady i zapoczątkowały trudno odwracalne systematyczne szkody mrozowe. Przy fitomelioracyjnych czy też innych zmianach krajobrazu korzystne efekty mikroklimatyczne w jednym miejscu albo w określonym sezonie mogą wywołać niekorzystne zmiany w innym miejscu lub w innym sezonie. Dlatego też podstawą do przeprowadzenia melioracji przeciwprzymrozkowej winny być kartowania terenowe uszkodzeń przymrozkowych lub mrozowych. Jak już wyżej wspomniano, pasy zadrzewieniowe nie zawsze zmniejszają niebezpieczeństwo przymrozków. Łagodzący wpływ na przymrozki przypisuje się głównie korzystniejszemu bilansowi cieplnemu w otoczeniu zadrzewień. Wiadomo jednak, że każde osłabienie wiatru sprzyja powstawaniu przymrozków radiacyjnych. Przy bezchmurnej i bezwietrznej pogodzie, na wiosnę i w jesieni, wskutek silnego wypromieniowania z podłoża powstają układy inwersyjne, wybitnie sprzyjające przygruntowym przymrozkom (Schnelle 22). Zjawisko to nie występuje oczywiście w bezpośrednim sąsiedztwie zadrzewień, dzięki ochronie przed wypromieniowaniem jaką daje zasłona. Na terenie urzeźbionym znaczenie przeciwprzymrozkowe zadrzewień wiatrochłonnych jest jeszcze bardziej problematyczne. Jeśli pasy zadrzewień są niewłaściwie rozmieszczone (na przykład zbyt nisko na stoku i równoległe do warstwic), mogą spiętrzać zimne powietrze i wręcz wzmacniać przymrozki poprzez tworzenie mrozowisk. Należy też zwracać uwagę na te partie terenu, w obrębie których występuje szczególnie silne oziębienie się powietrza w nocy. Do takich „producentów” zimnego powietrza można zaliczyć: grunty nie pokryte roślinnością, ugory, wilgotne łąki, młodniki, polany leśne, całkowite zręby a także łąny koniczyny, lucerny i młodej runi roślin zbożowych (Schnelle 23). Uszkodzenia przymrozkowe w zasięgu tego rodzaju powierzchni są

częstsze i silniejsze niż gdzie indziej. Dlatego osuszanie wilgotnych łąk, uprawa nieużytków czy też ograniczanie wycinki lasów na większych obszarach zmniejsza niebezpieczeństwo przymrozków.

Melioracje śnieżne

Zbyt mało doceniane są u nas melioracje śnieżne, czyli sposoby polepszania cieplnych i wodnych stosunków gleby poprzez oddziaływanie na pokrywę śnieżną. Można wyszczególnić za Szulginem (27) 4 podstawowe sposoby melioracji śnieżnych: 1) zatrzymywanie śniegu, to jest zapobieganie znoszeniu przez wiatr śniegu spadłego w danym miejscu, 2) gromadzenie śniegu, czyli zatrzymywanie śniegu przeniesionego przez wiatr z terenów sąsiednich, 3) konserwacja pokrywy śnieżnej poprzez ugniatanie i zmianę jej powierzchni, 4) zatrzymywanie wód roztopowych.

Wymienione sposoby oddziaływania na pokrywę śnieżną są ściśle ze sobą powiązane. Zatrzymywanie śniegu na polach chroni rośliny przed mrozem, a jednocześnie dostarcza glebie dodatkowych ilości wody. Poprawia ponadto termiczny reżim gleby, zwiększa długość zalegania pokrywy śnieżnej i sprzyja racjonalnemu spływowi wód roztopowych. Przyspieszenie tajania śniegu skracza okres wegetacji. Opóźnienie tajania na oziminach poprawia bilans cieplny gleby i chroni rośliny przed mrozami w końcu zimy. Jeden i ten sam sposób oddziaływania na pokrywę śnieżną może mieć dodatnie lub ujemne znaczenie w zależności od rośliny, lokalnych warunków klimatyczno-glebowych i przebiegu pogody.

Wczesne zejście pokrywy śnieżnej z jednej strony przyspiesza początek wiosennych prac polowych i siewy roślin jarych, ale z drugiej może przyczynić się do uszkodzenia ozimin przez wczesnowiosenne mrozy lub nawet silne przymrozki. Również gromadzenie śniegu, bardzo korzystne podczas zim o ubogich opadach, może być szkodliwe w przypadku zim bardzo śnieżnych. Słowem, wybór sposobu melioracji winien być uzależniony od agrotechniki, warunków terenowo-klimatycznych i przebiegu pogody. Tylko wówczas można oczekiwać pożądaných rezultatów.

Melioracja śnieżna, możliwa do przeprowadzenia na każdym kawałku pola, jest szczególnie korzystna na dużych polaciach gospodarstw wielkoobszarowych. Do tego celu służą najrozmaitsze zasłony — przenośne płoty, wiązki słomy itp., pasy leśne, wreszcie specjalne rośliny, np. kukurydza lub słonecznik, których wysokie łodygi zmniejszają prędkość wiatru i zatrzymują spadły śnieg, nadto gromadzą śnieg niesiony przez wiatr. Melioracja śnieżna powinna wydatnie odegrać większą niż dotychczas rolę w walce z wymarzaniem zbóż ozimych szczególnie na północy i na wschodzie kraju, gdzie pokrywa śnieżna jest bardziej stabilna, temperatury

niższe, zima dłuższa, a przy tym wieją dosyć silne i na ogół stałe co do kierunku wiatry.

Melioracja śnieżna sprzyja tworzeniu się równomiernej i trwalszej powłoki śnieżnej. Dzięki niewielkiemu przewodnictwu cieplnemu pokrywa śnieżna przeciwdziała silniejszemu ochładzaniu się podłoża oraz zabezpiecza lepiej przykryte rośliny przed ujemnym wpływem temperatury i przed uszkodzeniami mechanicznymi na przedwiośniu. Zanikająca w sezonie zimowym powłoka śnieżna oraz jej nierównomierny rozkład szczególnie w terenie bardziej urozmaiconym fizjograficznie stanowią duże niebezpieczeństwo dla kultur ozimych, a w szczególności dla jęczmienia, rzepaku i pszenicy. Na przykład podczas mroźnej zimy 1962—1963 w woj. olsztyńskim na wierzchowinach bardzo licznych tu wzniesień wskutek braku pokrywy śnieżnej przepadły niemal całkowicie rzepaki i rzepiki. W niższych partiach terenu sfalowanego, gdzie leżał śnieg przez całą zimę, straty okazały się minimalne. Przy częstych niedoborach opadów wiosennych, nierzadko spotykanych na naszych ziemiach, zwłaszcza w przypadku gleb lżejszych, melioracja śnieżna stanowi poważny środek zwiększania zapasów wody pozimowej w glebie.

W naszych warunkach zimowych przy zastosowaniu odpowiednich narzędzi mechanicznych (Szulgin 27, Sakowcew 21) możemy podczas bardziej śnieżnych zim, których u nas przecież nie brak, łatwo zgromadzić na polach przeznaczonych pod wiosenne zasiewy lub na pastwiskach co najmniej półmetrową warstwę śniegu. Warstwa taka przy gęstości $0,30 \text{ g/cm}^3$ zawiera 150 mm wody. Stanowi to równowartość średnich sum opadów dla Warszawy z kwietnia, maja i czerwca — łącznie wziętych. Na razie jednak bez większego zainteresowania patrzymy, jak śnieg zdzierany z pól przez wiatr gromadzi się w różnego rodzaju wąwozach, jarach, rowach itp., gdzie taje i spływa po zamarzniętej glebie bezpowrotnie stracony dla rolnictwa.

Szczególną rolę powinna odegrać melioracja śnieżna w rzeźbie terenu. Można za jej pomocą łagodzić niedobory wodne zwłaszcza słabo zadeszczonych u nas wierzchowin i stoków wschodnich oraz silniej nagrzewanych stoków południowych. Należy tu szczególnie pamiętać o potrzebnym zatrzymaniu śniegu na wierzchowinach wzniesień, ogołacanych bardzo często przez wiatr niemal całkowicie z pokrywy śnieżnej. Sztuczne gromadzenie śniegu na szczytach może ponadto wydatnie wzbogacić w wilgoć stoki, jeśli zatrzymamy na nich część spływającej wody roztopowej.

Wyżej wymieniono już ważniejsze sposoby zatrzymywania śniegu, szeroko zresztą omówione w literaturze fachowej, szczególnie radzieckiej (Szulgin 27, Sakowcew 21 i inni). Tu pragnę jeszcze zwrócić uwagę na nawozy zielone, które przy systemie gospodarki płużnej powinny u nas,

wydaje się, odegrać istotną rolę w gromadzeniu śniegu oraz we wzbogacaniu w wilgoć wierzchowin i stoków.

Masa zielona utrzymywana przez zimę na szczytach i stokach wzniesień dobrze gromadzi śnieg i wilgoć oraz chroni glebę przed nadmiernym przemarzaniem, obserwowanym często na wierzchowinach przy słabej pokrywie śnieżnej. Tak chroniona gleba wiosną szybciej rozmarza i może wchłonać więcej wody z opadów zimowych, a także szybciej się nagrzewa, co sprzyja wcześniejszemu ożywieniu działalności mikroorganizmów.

Istotne znaczenie w rzeźbie terenu ma również sztuczne opóźnianie lub też przyspieszanie tajania śniegu. Zabieg opóźniający sprowadza się w zasadzie do przykrywania powierzchni pokrywy śnieżnej materiałami termoizolacyjnymi — słomą, trocinami itp; może opóźnić to tajanie nawet o 20 dni (Szulgin 27). Przyspieszenie tajania uzyskuje się poprzez zaczerwienie powierzchni pokrywy śnieżnej ciemnymi substancjami — popiołem, sadzą, ziemią, pyłem lub dobrze rozłożonym nawozem. Niektóre z tych ciał rozsiewa się z samolotów. W ten sposób przyspiesza się też rozmarzanie jezior, aby chronić ryby i przedłużyć sezon łowiecki. Dzięki silniejszemu pochłanianiu promieniowania, powierzchnia zaczerńczonego śniegu szybciej taje a grunt lepiej wchłania wodę roztopową. W ten sposób można przyspieszyć zanik śniegu nawet o 10—15 dni (Szulgin 27).

Powierzchniowy spływ w terenie urzeźbionym pozbawia pola uprawne znacznych ilości wody zmagazynowanej w śniegu. Zatrzymywanie tych wód polega głównie na formowaniu przeszkód z samego śniegu (wałków, grobli) tuż przed rozpoczęciem tajania. Intensywność spływu zależy też od zalesienia i zadrzewienia terenu falistego i od terminowego rozpoczęcia gromadzenia śniegu na polach. Przy wczesnozimowej akumulacji śniegu gleba zamarza płycej, przeto w czasie tajania wiosennego szybciej rozmarza i jest dzięki temu w stanie wchłonać znacznie więcej wody ze śniegu. Zmniejsza się dzięki temu spływ powierzchniowy.

Skuteczne są też specjalne zabiegi agrotechniczne (odpowiednie orki, obwałowanie pól itp.) wykonane w jesieni oraz środki techniczne — pługi śnieżne, specjalne wały szczegółowo omówione m.in. przez Szulgina (27) i Sakowcewa (21). Autorzy ci szeroko omówili również współczesną mechanizację prac związanych z melioracją śnieżną. Mechanizacja ta w ostatnich latach znacznie się rozwinęła szczególnie w Związku Radzieckim.

Zbiorniki wodne jako środek melioracji klimatu

Klimatyczno-melioracyjna funkcja zbiorników wodnych polega głównie na tym, że — jak wiadomo — łagodzą one ekstrema temperatury i podnoszą wilgotność powietrza, szczególnie w okresach ciepłych i suchych; mogą

przeto być m.in. skutecznym środkiem w walce z przymrozkami. W związku z tym powstała na zachodzie koncepcja — dziś zresztą mocno podważana — zakładania systemów małych zbiorników wodnych w celu ochrony roślin uprawnych przed przymrozkami (Schnelle 23).

Wpływ mniejszych zbiorników wodnych na występowanie przymrozków jest jednak dosyć ograniczony. Według Schneidera (23) tylko przy dużych różnicach temperatur między wodą i powietrzem i tylko na trasie przepływu mas powietrza od strony zbiornika jego działanie ochronne sięga na odległość około 1 km. Kreutz (1968, 22) natomiast podaje, że kanał 6—8 m szeroki i 1—2 m głęboki łagodził w Niemczech intensywność przymrozków w strefie przybrzeżnej o szerokości do 50 m.

Wpływ zbiorników wodnych na stosunki termiczne i wilgotnościowe potwierdzają również badania krajowe (5, 6, 8, 15, 25); wydaje się jednak, że nie jest on aż tak duży, aby opłacało się zakładać sztuczne zbiorniki wodne w celu melioracji klimatu. Wiadomo jednak ponad wszelką wątpliwość (23), że wody płynące, silniej od stojących wpływają na bilans cieplny terenów przybrzeżnych; wiadomo też, że wpływ powierzchni wodnych na nocną gospodarkę cieplną owych terenów zależy od głębokości i wielkości zbiornika. Wpływ ten, wyraźnie zaznaczający się w sąsiedztwie naszych większych jezior położonych na równinach a zapewne i większych rzek oraz coraz liczniejszych sztucznych zbiorników wodnych, sięga niechybnie dość daleko w głąb pól uprawnych. Rzecz w tym, aby owe przybrzeżne tereny rolnicze, znajdujące się podczas chłodnych nocy przymrozkowych pod wpływem ocieplającego działania wód, w pełni wykorzystać pod uprawę cenniejszych roślin wrażliwych na przymrozki. W związku z tym należy pamiętać również o ochronie zbiorników wodnych przed zarastaniem trzciną i zabagnieniem, bo inaczej tracą łagodzący wpływ na termoklimat otaczających pól, a w pewnych wypadkach mogą stać się nawet środkami powstawania mrozowisk (23).

Agrotechniczne melioracje klimatu

Prawidłowa uprawa roli dzięki swej powszechności i systematyczności jest również ważnym środkiem melioracji klimatu gleby, a pośrednio i melioracji klimatu przygruntowej warstwy powietrza. Stosunki wodne, cieplne i powietrzne gleby kształtują się pod przemożnym wpływem zabiegów rolniczych i wodno-melioracyjnych. Zagadnienia te omawia gruntownie rodzima literatura specjalistyczna (10, 14, 26). Wspomnę więc tylko o niektórych zabiegach agrotechnicznych mających znaczenie klimatyczno-melioracyjne a rzadziej omawianych w piśmiennictwie fachowym.

Interesującym zabiegiem agrotechniczno-melioracyjnym jest niechyb-

nie metoda Egerszegi'ego polegająca na przewarstwianiu gleb lekkich substancją organiczną. Jak wynika z pracy Nożyńskiego (13), dzięki wkładkom melioracyjnym obornika, torfu, gliny czy też gytii można skutecznie poprawić obok fizykochemicznych również własności klimatyczne gleb piaskowych (13). Podkreśla się też znaczny wpływ kierunku siewu rzędowego na klimat gleby i fitoklimat, co pośrednio zaznacza się nawet na plonowaniu. Choć w warunkach naszego klimatu zagadnienie to nie zostało dotychczas całkowicie wyjaśnione, to jednak nowsze wyniki badań niemieckich, a szczególnie, radzieckich, są nader pouczające. Weger (28) uważa za niekorzystny kierunek rzędów z północy na południe.

Według Witkiewicza (29) rośliny w rzędach N-S otrzymują znacznie więcej promieniowania słonecznego niż w rzędach W-E. W związku z tym jedne i drugie znajdują się w odmiennych klimatach, czego następstwem są ilościowe i jakościowe różnice w plonach. Istotny dla plonowania — zdaniem Witkiewicza — jest także fakt, że w rzędach W-E do roślin dociera głównie promieniowanie krótkofalowe godzin południowych a do roślin w rzędach N-S promieniowanie godzin rannych i wieczornych o najmniejszej intensywności krótkofalowej części widma.

Badania na ten temat prowadzone w ostatnich latach koło Moskwy wykazały, że zwyżka plonów przy kierunku siewu N-S w porównaniu z kierunkiem W-E wyniosła: jęczmień — 13,9%, ziemniaki — 8%, owies — do 19%, skrobia w jęczmieniu — 5,6%, a w ziemniakach 0,9—1,6%. Nie wszystkie rośliny reagowały w podobny sposób plonem na kierunek siewu. Wybór najbardziej racjonalnego kierunku siewu (sadzenia) zależy od warunków klimatycznych i mikroklimatycznych, rzeźby i właściwości rośliny.

LITERATURA

1. Biel E.R. — American Scientist, vol. 49, 3. September 1961.
2. Figuła K. — Podstawy projektowania melioracji przeciwoerozyjnych w górach i na pogórzu w świetle ostatnich badań. Zjazd Naukowy IMUZ. Kraków, 1962.
3. Hohendorf E. — Wiad. Melioracyjne i Łąkarskie. z. 11, cz. I, 1968.
4. Jaworski J. — Ekol. Pol. A, t. XII, nr 7, 1964.
5. Kaczorowska Z. — Gosp. Wod. 9, 1953.
6. Kaczorowska Z. — Prace i Studia Inst. Geograf. Uniw. Warsz., Kat. Klimatologii, 2, 1967.
7. Kołoskow P.I. — Agroklimaticzeskije rajonirowanije Kazachstana. Izdat. Akad. Nauk SSSR Moskwa. 1947.
8. Kossowska U. — Prace i Studia Inst. Geograf. Uniw. Warsz., Kat. Klimatologii, 2, 1967.
9. Kuter J. — Rocz. Nauk Rol. 71-2, F, 1956.
10. Molga M. — Meteorologia rolnicza. PWRiL. Warszawa 1958.
11. Niewiadomski W. — Zesz. Nauk WSR w Olsztynie, t. 8, nr 52, 1952.

12. Niewiadomski W. — Przegł. Hod. nr 8-9, 1960.
13. Nożyński A. — Wpływ torfowania i gytiowania na plonowanie roślin i niektóre właściwości fizyczne gleby piaskowej. Maszynopis pracy doktorskiej. Olsztyn, WSR, 1968.
14. Ostromecki J. — Wstęp do melioracji rolnych. PWRiL. Warszawa 1957.
15. Pełko I. — Prace i Studia Inst. Geograf. i Uniw. Warsz. Kat. Klimatologii 2, 1967.
16. Pieniążek S.A. — Sadownictwo. PWRiL. Warszawa 1961.
17. Radomski Cz. — Ekol. Pol. A, t. X, nr 3, 1962.
18. Radomski Cz. — Zesz. Nauk WSR w Olsztynie, t. 15, nr 262, 1963.
19. Radomski Cz. — Mikroklimat rzeźby drobnopagórkowatej i jego tło rolnicze. t. 17, nr 324, 1964.
20. Radomski Cz. — Post. Nauk. Rol., 1, 1968.
21. Sakowcew W. — Ziarnowyje, maslicznyje kultury, t. 3, nr 1, 1968.
22. Schnelle F. — Ochrona roślin uprawnych przed mrozem, t. 1 (przekład z niemieckiego). PWRiL. Warszawa 1968.
23. Schnelle F. — Forstschutz im Pflanzenbau. T. II, 1965.
24. Smoliński M. — Ocena realizacji i zadań gospodarczych nakreślonych uchwałą nr 41/62 KERM. Piwsze Naukowe Seminarium Żuławskie, z. 2, Gdańsk, 1967.
25. Stopa M. Przybylska G. — Prace i Studia Inst. Geograf. Uniw. Warsz., Kat. Klimatologii, 2, 1967.
26. Świętochowski B. — Ogólna uprawa roli i roślin. PWRiL. Warszawa 1965.
27. Szulgin A.M. — Snieżnij pokrow i jego ispolzowanie w sielskom chozjajstwie. Leningrad 1962.
28. Weger N. — Bodentemperaturen in Beeten von verschiedener Form und Richtung. Meteor. Rdsch. 2, 1949.
29. Witkiewicz W.I. — Sielskochozjajstwiennaja mieteorologia. Moskwa, 1965.