

III predavanje – klima

1. Klimatske zone svjetskoga poljoprivrednog proizvodnog prostora

Za proučavanje i razumijevanje prostornog rasporeda svjetske poljoprivrede treba poznavati klimatske zone. One su najvažnija razlikovna snaga u svjetskim razmjerima. Stoga naše zanimanje mora prije svega biti usmjereno na njih. Krenimo redom.

Tropske kišne klime

Tropske kišne klime identične su sa skupnim predodžbama o “humidnim tropima” ili “unutarnjim tropima”. S poljoprivredno-zemljopisnog stajališta mogu se podijeliti na tri podskupine:

Aridne klime

Aridne klime počinju od tropskih kišnih klima do granice aridne klime, gdje je najviše šest vlažnih mjeseci u godini. Dok se tropske kišne klime sa stajališta poljoprivrede većinom mogu okarakterizirati viškom vode, sve tropske aridne klime, bez izuzetka, trpe od nedostatka vode. Ta se situacija može primijeniti i na tzv. vanjske trope. Aridne klime ne nalaze se samo u žarkom pojasu, već i u subtropskim i umjerenim, pa čak i hladnijim zemljopisnim širinama. Zajedničke poljoprivredne značajke ipak omogućuju njihovo tretiranje kao cjeline.

Umjereno tople humidne klime

Tri su varijante ove klimatske skupine, koje se međusobno razlikuju s poljoprivredno-zemljopisnog stajališta ne samo prema temperaturnim značajkama već i prema količini oborina te, napose, njihovoj raspodjeli.

Humidno umjerene - hladne klime

Pod ovom oznakom obuhvaćene su klime u kojima najvažniji poljoprivredni kriterij nije količina oborina, već minimalna temperatura.

2. Klima kao abiotski čimbenik

Distribucija kulturnih biljaka i native vegetacije uvelike je u funkciji klime. Glavni meteorološki elementi, tj. svjetlost, toplina, vlaga (oborine) u svim svojim oblicima, vjetrovi i evaporacija u različitim međusobnim odnosima u najvećoj mjeri utječu na oblikovanje klime. Biljke su, naravno, pod utjecajem tla, reljefa, bolesti, štetnika itd., ali nijedna kultura neće postići pravu vrijednost u sustavima biljne proizvodnje dok se sasvim ne prilagodi stanišnim uvjetima, a unutar njih na prvom mjestu klimi. Uzgajani usjevi na raspolaganju moraju imati povoljne odnose svih čimbenika unutar vlastitog mikroklimata ili će izostati ekonomski učinci. Sve biljke imaju određena prirodna početna ograničenja meteoroloških elemenata

III predavanje – klima

izvan kojih se ne razvijaju normalno, ali se križanjem i selekcijom ti pragovi mogu proširiti za mnoge kulture. Zahvati obrade tla ispunjavaju također svoju svrhu, katkad postizanjem promjena u mikroklimi. Značajan problem pri suvremenom uzgoju bilja pitanje je utjecaja integriranih meteoroloških elemenata na usjeve. Razvoj biljaka ovisi o svim čimbenicima koji čine stanište. Nijedna se zasebna razina nekog čimbenika ne bi mogla uzeti kao optimum za razvoj usjeva bez utvrđivanja barem približnih razina ili stanja drugih važnih sastavnica staništa. Ne postoji pojedinačni optimum za bilo koji čimbenik koji ne bi uzeo u obzir status drugih čimbenika.

2.1. Sunčana radijacija

Izdvoji li se iz kompleksa atmosferskih čimbenika Sunčevo zračenje, može se reći da sve klimatske manifestacije u atmosferi imaju svoj uzrok prvenstveno u sunčanoj energiji koju prima Zemlja. U najdonjem sloju atmosfere odnosno na tlu i u biljkama zbiva se konverzija energije solarne radijacije, koja utječe najneposrednije na meteorološke pojave, zbog čega je Sunčevo zračenje veoma značajno u agrikulturi. Od ukupne solarne radijacije, koja iznosi $1.36 \times 10^{26} \text{ kW/m}^2$ na gornjoj granici atmosfere, a naziva se solarnom konstantom, površina Zemlje prima približno 43 %. Neposredno u svemir reflektira se s gornjeg ruba atmosfere 42 %, a oko 15 % apsorbira se ili raspršuje u atmosferi molekulama zraka, kišnim kapima i česticama prašine. Gubitak radijacijske energije apsorpcijom i raspršivanjem ovisi o dužini puta sunčanih zraka u atmosferi, stanju atmosfere, njezinoj vlazi i mutnoći prouzročenoj prašinom. Stoga od navedene energije na površinu Zemlje stigne 0.9 do $1.1 \times 10^{26} \text{ kW/m}^2$, što je još velika količina. Zanimljivo je naglasiti da sva klimatska kolebanja u prošlosti mogu biti objašnjena fluktuacijama u solarnoj konstanti manjim od 8 %. Smatra se da bi 1 % promjena u radijaciji moglo izmijeniti srednju godišnju temperaturu Zemlje od 1.2 do 1.5 °C.

2.2. Svjetlost kao ekološki čimbenik

Prema svom sastavu spektar Sunčeva svjetla dijeli se na zrake različite valne duljine. Duljina elektromagnetskih valova je od 290 do 5000 nm. No, samo onaj dio Sunčeva spektra kojeg je duljina od 360 do 760 nm nazivano skupnim imenom svjetlo ili vidljiva radijacija. Pri razmatranju svjetlosti kao ekološkoga, odnosno vegetacijskog čimbenika misli se na vidljivi dio Sunčeva spektra (od 400 do 700 nm), a zatim i na onaj nevidljivi dio koji se odnosi na ultraljubičaste zrake kojih je valna duljina manja od 360 nm. Te su zrake štetne za živa bića. No zahvaljujući postojanju ozonskog ekrana u gornjim slojevima atmosfere na Zemljinoj

III predavanje – klima

površinu dopiru samo ultraljubičaste zrake dulje od 280 nm. Prisutan je, međutim, recentan proces oštećenja ozonskog ekrana pod utjecajem nepoželjnih čovjekovih aktivnosti.

Spektar Sunčeva svjetla, odnosno radijacije nije homogen, već se dijeli na ultraljubičaste zrake kraće od 360 nm, ljubičaste 360 do 424 nm, plave 424 do 492 nm, zelene 492 do 535 nm, žute 535 do 586 nm, narančaste 586 do 647 nm, crvene 647 do 760 nm i infracrvene, dulje od 760 nm. Pojedini dijelovi sunčanog spektra imaju specifično djelovanje. Pri fotosintezi najefikasnije su vidljive zrake, a ultraljubičaste zrake mogu utjecati na klijanje i kvalitetu sjemena. Dio spektra od 300 do 400 nm djeluje na smanjenje habitusa biljke i debljanje listova. Zona od 500 do 700 nm važna je za fotosintetsku asimilaciju ugljika, premda je najjača apsorpcija sunčanog svjetla u klorofilu u zoni od 600 do 700 nm (crvena zona).

2.2.1. Količina svjetlosti

Količina svjetlosti često se izjednačava s intenzitetom. Mjeri se luksima. Jedan luks izražava iluminaciju koju proizvodi jedna svijeća na plohi jednog četvornog metra. Jedan luks iznosi približno 0.093 svijeće. Puni mjesec isijava oko 0.05 svijeća svjetla, a svjetlo koje je ugodno za čitanje ima intenzitet od 20 svijeća. Većina biljaka traži minimalni svjetlosni intenzitet od 100 do 200 svijeća ili veći da bi održala potrebnu razinu fotosintetske aktivnosti za nesmetani razvoj. Međutim, jedinice luksa ne izražavaju svjetlosnu energiju. Budući da biljke iskorištavaju svjetlosnu energiju, podaci koji se temelje na mjerenjima intenziteta svjetlosti mogu samo pružiti informacije o reakciji biljaka na svjetlost ili o promjenama svjetlosnih uvjeta u polju.

Biljke se mogu podijeliti na dvije velike skupine prema intenzitetu svjetla potrebnog za zasićenje: biljke svjetla koje dostižu zasićenje pri intenzitetu svjetla od 5 000 svijeća ili većem i biljke sjene, koje to postižu pri 500 svijeća. Biljke koje trebaju mnogo svjetla nazivaju se **heliofitima**, biljke sjene zovu se **skiofiti**, a biljke s osrednjim potrebama za svjetlom **semiskiofiti**. Heliofiti rastu na otvorenim površinama pod direktnom sunčanom svjetlošću, primjerice, krumpir, duhan, kukuruz, a semiskiofiti mogu rasti i u polusjeni, kao grah, bundeva i djeteline. Većina usjeva i korova su heliofiti.

2.2.2. Trajanje osvjetljenja - dužina dana

Za život biljaka važno je trajanje osvjetljenja, odnosno dužina dana. Što Sunce duže sija, fotosinteza se povećava. Međutim, to nije sasvim jednostavno. Mnogi usjevi zahtijevaju

III predavanje – klima

svjetlo specifična trajanja da bi otpočela cvatnja. Reakcija biljaka na relativnu dužinu dana i noći promjenom brzine vegetativnog i generativnog razvoja naziva se **fotoperiodičkom reakcijom** ili **fotoperiodizmom**. Pojam **fotoperioda** uveden je pak kao oznaka za povoljne dužine dana za pojedine biljne vrste. Zahvaljujući fotoperiodizmu, biljke ne cvatu ako im ne odgovara dužina dana, odnosno godišnje doba. Tu su pojavu prvi uočili Allard i Garner 1920. godine, utvrdivši da od svih čimbenika koji utječu na generativnu reprodukciju biljaka svjetlo ima iznimnu važnost. Prema reakciji na dužinu dana biljke se kategoriziraju kao **biljke kratkog dana, biljke dugog dana, intermedijarne i neutralne biljke**. Biljke, dakle, traže različitu duljinu fotoperiode, ispod ili iznad određenog minimalnog kritičnog praga, da bi izdiferencirale inflorescence. Kritična fotoperioda varira od 12 do 14 sati, kako za biljke kratkog dana, tako i za biljke dugog dana. Mnoge biljke ne cvatu ako nisu izložene određenom broju dana s određenom dužinom dana i noći.

Prema nekim istraživačima, granica između biljaka kratkoga i dugoga dana nije sasvim striktno povučena. Za biljke kratkog dana ona je ispod 10 do 12 sati, a za biljke dugog dana iznad 13, odnosno 14 sati dnevnog osvjetljenja. Pri tim dužinama dana biljke postižu svoj optimalni razvoj i sazrijevanje. To znači da biljke dugog dana trebaju minimalno od 13 do 14 sati dnevnog osvjetljenja prije nego što će u potpunosti razviti cvjetove, dok biljke kratkog dana traže maksimalno oko 12 sati dnevnog osvjetljenja za iniciranje i razvoj cvjetova. Neke se biljke mogu klasificirati kao neutralne glede trajanja osvjetljenja. One ne reagiraju bitnije na dužinu dana u smislu inicijacije cvatnje. Otpočinjanje cvatnje u žitarica uvjetovano je produženjem dana u proljeće. Biljke tropa općenito su tipovi kratkog dana, a biljke podrijetlom iz srednjih zemljopisnih širina usporavaju cvatnju ako se duljina dana smanji, tj. ako se uzgajaju bliže ekvatoru. I neke drvenaste biljke također reagiraju na duljinu dnevnog osvjetljenja.

U biljke kratkog dana spadaju grah, ricinus, kukuruz, krastavci, proso, riža, soja, ananas, krizantema, krumpir, slatki krumpir, konoplja itd. Biljkama dugog dana, koje za cvatnju traže tamnu fazu dužu od kritičnog praga i ne mogu cvasti pri kontinuiranoj iluminaciji, pripadaju ječam, zob, raž, pšenica, crveni luk, lan, gorušica, šećerna repa, špinat, mrkva, crvena djetelina, bob itd. Cvatnja tih biljaka inhibirana je kada tamna faza prelazi određenu kritičnu duljinu. Neutralne ili fotoindiferentne biljke mogu otpočeti cvatnju pri noćima bilo kakve duljine, a obuhvaćaju suncokret, rajčicu, bundevu, duhan, pamuk itd. i mnoge kultivare biljaka kratkog dana. Zbog genetskog varijabiliteta unutar iste vrste postoje kultivari koji različito reagiraju na dužinu dana.

III predavanje – klima

2.3. Temperatura kao ekološki čimbenik

Temperatura je kvalitativni izraz toplinskog stanja neke tvari. Ne smije se zamijeniti s topline koja je oblik kinetičke energije. Kao što je poznato, topline prelazi s toplijih na hladnija tijela radijacijom, konvekcijom i konduktivitetom. Važnost temperature u biljnoj proizvodnji naglašena je činjenicom da se i glavne kulture klasificiraju kao biljke hladne ili tople sezone. Može se reći da je topline, odnosno temperatura pretpostavka rasta, razvitka i života uopće i da o njoj ovise svi životni procesi (klijanje, fotosinteza, respiracija, reprodukcija, sorpcija, sinteze i reprodukcija, translokacija, transpiracija itd.), kao i mikrobiološki procesi (humifikacija, amonifikacija, nitrifikacija i dr.). Temperatura također utječe na neke fizikalne značajke tla (strukturu i sl.). Ostali utjecaji temperature vezani su za razvoj usjeva: cvatnju, izražavanju spola, omjeru grane/stabljika, dormantnost sjemena i biljaka itd.

Temperatura je podvrgnuta dnevnim i sezonskim promjenama. Za biljke su važnije temperature zraka nego tla. Kolebanja dnevnih i sezonskih temperatura obilježavaju toplinsko stanje ambijenta u kojem biljke žive. Kolebanja temperature tla, među ostalim čimbenicima, u funkciji su dubine tla. Dakako, smanjuju se s dubinom. U plićim površinskim slojevima tla u jačim su korelacijskim vezama s temperaturom zraka. Događa se stoga da je u proljeće temperatura tla preniska za klijanje sjemena, dok je temperatura zraka dovoljno visoka za rast biljaka. Nadalje, pojavljuje se nesklad između početka vegetacije nekih kultura koje su pod utjecajem temperature zraka i početka mikrobiološke aktivnosti u tlu, primjerice, nitrifikacije, pa ako se ne intervenira mineralnim gnojivima, usjevi trpe od nedovoljne ishranjenosti.

S udaljavanjem od površine tla temperatura zraka se u prosjeku snižuje za 5.5 °C za svakih 1 000 m visine. Česti su, ipak, slučajevi da se u nižim slojevima atmosfere pojavljuju odstupanja od ovog pravila, tako da su niži slojevi zraka hladniji od viših, pa govorimo o termičkoj inverziji. Ona se može dogoditi radijacijom i konvekcijom.

2.3.1. Optimalne, kardinalne i kritične temperature

Optimalne temperature su one pri kojima se vitalne funkcije biljaka odvijaju maksimalnom brzinom. **Kardinalne temperature**, minimalne i maksimalne, su one ispod ili iznad kojih životne funkcije prestaju, ali se eventualno mogu povratiti ako se temperaturni uvjeti poboljšaju.

III predavanje – klima

Kritične temperature su one minimalne i maksimalne temperature ispod ili iznad kojih nastaju nepopravljive štete u funkcijama ili na biljnim organima. Međutim, optimalne, kardinalne i kritične temperature nisu fiksni pokazatelji niti su valjani za sve situacije, već su različiti, ovisno o varijabilnim okolnostima. Među biljnim vrstama nalaze se **mikrotermne** biljke kojih su životni i termički uvjeti vrlo niski, te **makrotermne** biljke koje su zahtjevne glede temperature. Njihovi termički zahtjevi uvelike ograničavaju širenje pojedinih vrsta u neka, termički nepovoljna područja, zahtijevajući da se njihov uzgoj ograniči na određeno razdoblje, primjerice, jesenska sjetva umjesto proljetne. Unutar pojedinih vrsta postoje kultivari koji se u pogledu termičkih zahtjeva međusobno razlikuju. Neke su vrste rezistentne na niske temperature, dok su druge veoma osjetljive, čemu treba prilagoditi rokove sjetve.

Biljke su u punoj aktivnosti mnogo osjetljivije na kritične temperature nego u vrijeme mirovanja. Izrazito niske minimalne temperature u vrijeme prezimljenja žitarice podnose najčešće bez štete, a mnogo više temperature u vrijeme aktivne vegetacije mogu biti štetne za razvoj usjeva. Stoga se može zaključiti kako se termički zahtjevi usjeva mijenjaju shodno razvojnim stadijima, a u skladu s njima mijenjaju se i **biološki minimumi**. Pod **biološkim pak minimumom temperature** treba razumijevati najnižu minimalnu vrijednost temperature pri kojoj neka fenofaza otpočinje.

Osim temeljne podjele biljaka na mikrotermne i makrotermne prema njihovim termičkim zahtjevima, sve se biljke, odnosno kulture mogu dalje razvrstati u tri skupine: **termofilne**, kojih je aktivni život pomaknut u zonu viših temperatura, **krioofilne** ili **frigorofilne**, koje su dobro prilagođene nižim temperaturama, i **mezotermne**, kojih su termički zahtjevi između dviju prethodnih skupina. One biljke koje podnose velika termička kolebanja u smislu **ekološke valencije** ili **životne amplitude** mogle bi se označiti kao **euritemne**, a one s uskom ekološkom valencijom, odnosno malim termičkim kolebanjima kao **stenotermne**.

U biljke hladne sezone pripadaju pšenica, raž, zob, ječam, mnoge trave i mnoge povrtne kulture. Minimalna temperatura pri kojoj te kulture mogu rasti općenito je 4.5 °C. Među njima najniže temperature podnosi raž. Maksimalna temperatura za te kulture iznosi 32 do 44 °C, a iznad navedene temperature ugibaju. Optimalna temperatura za njih je od 16 do 32 °C.

U biljke tople sezone ubrajaju se kukuruz, sirak, sudanska trava, riža, pamuk, soja i neke krmne kulture. Većina tih usjeva neće aktivno rasti ispod 10 °C. Gotovo sve toleriraju temperaturu višu od 44 °C, ali je njihov optimum od 30 do 38 °C.

III predavanje – klima

2.3.2. Minimalne i maksimalne temperature

Sve kulture imaju, dakle, svoje **minimalne, optimalne i maksimalne limite za svaki stadij (fazu) razvitka**. Oni mogu bitnije varirati. Primjerice, tropske biljke, npr. kakaovac, datulje i druge traže visoku temperaturu tijekom cijele godine, dok ozima raž može podnijeti temperature smrzavanja tijekom svog dugog zimskog mirovanja.

Objekti skupine kultura, tj. kulture hladne i tople sezone mogu biti oštećene ekscesivno visokim temperaturama. Oštećenja toplinom mogu se pripisati gubitku vode, smanjenju turgora i desikaciji protoplazme, ali su često povezana za promjene u strukturi i funkciji enzima. Toplina može koagulirati proteine, a toplinom inducirane promjene onemogućuju enzimima da reguliraju ili upravljaju celularnom aktivnošću.

U tijeku cvatnje kultura hladne sezone visoke temperature mogu prouzročiti sterilnost polena zbog njegova ekscesivnog isušivanja, prerano otpadanje cvijeta i ploda. Utjecaj visokih temperatura ponešto je teže proučavati, jer je često povezan s nedostatkom vode. Druge štete prouzročene visokim temperaturama jesu opekline koleoptile mladih biljaka kada temperatura površine tla naglo poraste te opekline od sunca pri visokoj insolaciji u vrijeme natapanja kišenjem. Visoke su temperature vrlo štetne zbog golemog povećanja evapotranspiracije, koja često može uzrokovati negativnu vodnu bilancu biljke i uginuće od uvenuća. Pod utjecajem visoke temperature ubrzava se respiracija i dozrijevanje kultura, a negativan je aspekt često prisilna zrioba, što je posljedica toplinskog udara, osobito u strnih žitarica. Koristi od visokih temperatura mogu se manifestirati bržim isušivanjem mokrog tla i korisnim ubrzavanjem dozrijevanja i sušenja plodina.

Štetno djelovanje niskih temperatura, koje se prije svega manifestira na vanjskom izgledu biljke, ali, dakako, i na druge načine, uzrokuje desikaciju protoplazme, koagulaciju plazmatskih koloida i povećava koncentraciju staničnog soka, te mehaničko oštećenje biljke. Negativne temperature nepovoljne su za biljke najviše zbog toga što prestaje aktivna vegetacija. Pri smrzavanju voda u intercelularnim prostorima stvara kristaliće leda koji, povećavajući se, kidaju membrane i uzrokuju poremetnje u tkivima preko koagulacije protoplazme.

Negativne temperature u termofilnih kultura uzrokuju fiziološku smrt, a u kriofilnih i mezotermnih se održava još latentan život. Disanje uglavnom prestaje pri $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, ali ima kultura koje podnose jer niže temperature. Tako su kritične temperature za pšenicu između -14 i $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, raž $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, crvenu djetelinu $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, leću -5 do $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$, krumpir -3 do $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$,

III predavanje – klima

bundevu -1.5°C , šljivu -32 do -38°C , te krušku i jabuku -38 do -40°C . No, u širem prosjeku, u pupovima drvenastih kultura vegetacija se održava do -25°C .

Ispod nulte vegetacijske točke biljka može izdržati relativno niske temperature bez veće štete. Ako, međutim, temperatura padne ispod novog praga (prirodna otpornost na mraz), biljka također uginu. Konzenkventno tome, za svaku vrstu i svaku fenofazu postoje četiri temperaturna praga: **prirodna otpornost prema mrazu, nulta vegetacijska točka, tolerantan maksimum i apsolutan maksimum**. Između točke prirodne otpornosti prema mrazu i nulte vegetacijske točke biljni organi miruju, dok se između maksimalne tolerantnosti i apsolutnog maksimuma njihov rast naglo smanjuje kako temperatura raste.

Neke biljke mogu stradati zbog niskih temperatura (hladnoće). Te su temperature niske, ali iznad točke smrzavanja. One smanjuju tok vode prema korijenu biljke, koja zatim vene i suši se. Dva do tri dana s takvim temperaturama mogu uništiti rižu i pamuk, a krumpir, kukuruz i mnoge povrtne kulture mogu podnijeti takvo razdoblje. Osobito pažljivo treba postupati pri natapanju hladnom vodom, budući da njezin doticaj s biljkom može uzrokovati efekt hlađenja. To može biti pojačano dodatnim sniženjem temperature prouzročenim evaporacijom površinske vode. Ako se tlo održava mokrim, ono se, ipak, noću brzo ne hladi.

Kada su usjevi izvrgnuti niskim temperaturama, rezultat može biti oštećenje ili uginuće. Neke voćne vrste, kao jabuka, mogu podnijeti ekstremno niske temperature tijekom zime, dok druge, kao smokva, mogu stradati. Mnoge voćke imaju čvrstu potpovršinsku strukturu, pa mogu održati život u izjednačenijim uvjetima klime tla kada su temperature zraka niske, dok mlade biljke ili cvijeće mogu stradati. Niske temperature mogu uzrokovati različite oblike šteta na usjevima. Ako temperatura naglo padne ispod točke smrzavanja, citoplazma se smrzava i nastaje poremetnja u stanicama: enzimi se talože, a stanice ugibaju. Ako su temperature osam sati i više ispod 0°C , remeti se ravnoteža vode i odnosi unutar stanica. Voda se u stanici zagrijava zbog metaboličke aktivnosti (fotosinteze i respiracije) i nastoji ući u intercelularne prostore

Mraz može nanijeti velike štete biljkama. Mraz se pojavljuje ako se stvori rosa, a temperatura se spusti ispod 0°C . Ako se rosa smrzne, stvara se bijeli mraz. Mraz je zapravo prijelaz vode iz tekućeg stanja u kruto stanje, i implicira odgovarajuću temperaturu koja iznosi 0°C . Budući da biljke, osobito neke, mogu podnositi mnogo niže temperature od 0°C , pojam "bijeli mraz" mora se odijeliti od pojma "smrzavanje vode". U ovom slučaju to je sasvim fiziološki koncept, čvrsto povezan sa samom biljkom, s nekim njezinim organima. Katkad je zrak tako suh da se ne stvara rosa pri 0°C . Biljke će, međutim, trpjeti oštećenja od

III predavanje – klima

mraza (često paljenjem lišća ili oštećenjem cvijeta). Takav oblik suhog oštećenja mrazom pripisuje se crnom mrazu. Zimske su opekline jedan od oblika oštećenja hladnoćom. Nastaju ako nadzemni dijelovi biljke otpočnu aktivan rast (prekid dormantnosti), a tlo je još smrznuto. Započeti rast traži vodu, ali kako biljke ne mogu uzimati vodu iz smrznuta tla, slijedi stanje slično suši, tj. pojavljuju se opekline na listovima, i pupovi ugibaju, a zatim i cijela biljka ako takvo stanje potraje duže vrijeme. Čak i kratko toplo razdoblje tijekom uobičajeno hladnih mjeseci može rezultirati zimskim opeklinama i prekidom dormantnosti nadzemnih dijelova biljaka. U normalnim okolnostima, s padom temperature zraka, biljka postaje dormantna kako se tlo polagano hladi ispod točke smrzavanja. Tlo se hladi i zagrijava mnogo sporije od zraka, što uvelike ovisi o njegovoj teksturi. Temperatura pjeskovitih tala mijenja se brže nego temperatura teških glinastih tala.

2.3.3. Borba protiv mraza

Negativni učinci obiju vrsta mraza, advektcijskoga i radijacijskoga, mogu se u nekim okolnostima izbjeći zaštitnim mjerama. U vrijeme mraza alternativno smrzavanje i odmrzavanje može uzrokovati podizanje tla ili desikaciju biljaka, a i jedno i drugo može oštetiti ili uništiti biljku. Mnoge se biljke postupno aklimatiziraju na hladno vrijeme. Povremeni jaki mraz u jesen prije nego što se biljka prilagodi može biti vrlo poguban. Zaštita pomoću neke vrste pokrova ili malča koji sprečava gubitak topline iz tla može biti vrlo učinkovita za korijenov sustav koji je pliće u tlu. U vrijeme radijacijskih mrazova neke kulture, npr. jagode i voćke, mogu stradati, dok same biljke ne stradaju. Mnogi su usjevi, poput krumpira, rajčice i dinje, osjetljive na mraz sve do zriobe, dok neki, kao celer i prokulica, čini se, imaju koristi od “hladnog vala”.

Univerzalni koncept u agrometeorologiji je **vegetacijsko razdoblje**, tj. broj dana između prosječnog datuma posljednjeg mraza u proljeće i prvog mraza u jesen. Takav koncept može biti pogrešan, jer postoje mikroklimatske varijacije izvan srednjih temperatura na malim udaljenostima i stoga što se temelji na mjerenjima u meteorološkom zaklonu, a ne unutar usjeva.

Mjere borbe protiv mraza su raznolike. Protiv zimskih mrazova one su prevalentno indirektna: izbor položaja, termin sjetve, izbor pogodnih kultura te adekvatna gnojidba. U zaštiti drvenastih kultura protiv oštih mrazova mjere su borbe dosta ograničene. Općenito uzevši, postoje brojne direktne mjere, različite učinkovitosti, ovisno i o tome radi li se o advektcijskom ili radijacijskom mrazu. Naravno da se u raspoloživim okvirima nije moguće

III predavanje – klima

upuštati u pobliži opis svih tih metoda, njihove učinkovitosti i dosega, pa se pozornost skreće na samo neke aspekte problema. Direktne mjere mogle bi se podijeliti na tri kategorije: **antiradijacijske mjere, dinamičke mjere i termičke mjere**. Antiradijacijske mjere svode se na stvaranje neprozirnog sloja za infracrvene zrake. Taj tip zaštite učinkovit je samo u slučaju mraza koji nastaje zbog radijacije. Dinamičkim se mjerama želi izbjeći stvaranje hladnijih slojeva zraka iznad tla, i tako spriječiti termička inverzija. Na tome se načelu temelji borba upotrebom ventilatora koji su efikasni isključivo kad je posrijedi radijacijski mraz. Termičke se mjere temelje na proizvodnji topline. One potiču izravno podizanje temperature atmosfere na razini biljke pomoću peći ili se može osigurati toplina za biljke infracrvenim zrakama što ih proizvode posebni generatori.

Pri zaštiti usjeva od mraza treba upamtiti da nije važno utjecati na temperaturu zraka već na temperaturu same biljke. S tog stajališta borba protiv mraza može se svesti na **pasivnu** i **aktivnu**. Pasivna se svodi na izbor kultura i njihovih kultivara, što je prvi korak, a klima se uzima kao gotova činjenica bez pokušaja da se modificira. Pasivna borba dalje zahtijeva da se utvrde džepovi hladnog zraka, odnosno mjesta u kojima se hladni zrak skuplja, te da se na takvim mjestima ne uzgajaju osjetljive kulture. Taloženje hladnog zraka može se zapriječiti podizanjem barijera ili živih ograda. Aktivna borba protiv mraza svodi se na zagrijavanje, prskanje vodom, miješanje zraka, protuzračenje i pokrivanje. Svaki od navedenih postupaka ima specifičnosti, pa ga, sukladno tome, treba i primjenjivati.

Temperatura je važna za biljke tijekom čitavoga njihova životnog ciklusa. Premda se može malo utjecati na temperaturu od klijanja do cvatnje, u vrijeme klijanja temperatura se može kontrolirati izborom termina sjetve. U vrijeme i nakon cvatnje problemi s temperaturom mogu se izbjeći pažljivim odabirom kultivara osjetljivih usjeva, kao i izborom rokova sjetve.

Ako se toplo vrijeme pojavi rano, prednost ima uzgoj ranih kultivara kriofilnih biljaka. Ako, pak, takva mogućnost nije realna, a postoji opasnost od hladnog vremena u kasno proljeće, poželjan je uzgoj kultivara kraće vegetacije. Slično, da bi se izbjegle štete u termofilnih biljaka, npr., kukuruza, treba sijati kultivare kraće vegetacije u područjima s kratkim vegetacijskim razdobljem.

Tri su praktična zahvata na koje se moguće ograničeno osloniti pri kontroli temperature kako bi se smanjila šteta od mraza. Prvo, sustav umjetnog kišenja katkad će dovoljno ugrijati zrak u blizini biljaka da se spriječi mraz. To zagrijavanje, koje se zbiva zahvaljujući kapacitetu fizikalne izmjene topline vode kojom se prska i zraka, povisit će temperaturu za samo 1.6 do 2.2 °C, s otprilike -1 do -2 °C, jedva na nešto iznad smrzavanja. Drugi postupak, kojim se zagrijava zrak sasvim blizu usjeva, razumijeva korištenje velikih

III predavanje – klima

ventilatora, koji su trajno postavljeni iznad voćnjaka i vinograda. Pokretanjem zraka, oni premještaju topliji zrak prema zraku oko usjeva. Gornji slojevi zraka mogu biti za više od 2.8 °C topliji od zraka koji okružuje usjev. Kako ventilatori taj zrak prisiljavaju da se pomiče prema dolje, temperatura zraka se u dodiru s površinom biljaka povisuje za 1 do 3 °C. Dimljenje, kao treći postupak, koristi se za zagrijavanje voćnjaka. Pri tom se zahvatu koristi neka vrsta naftnog plamenika kao grijača. Grijači se pale kada se temperatura približi vrijednosti od 0 °C, što podrazumijeva njezinu stalnu kontrolu tijekom noći. Dimljenjem se temperatura može povisiti za više od 4 °C. Vjetar može bitno umanjiti taj učinak. Krpe natopljene naftom i stare gume ne smiju se spaljivati zbog polucije zraka.

Osim hoda temperature, broj bezmraznih dana također utječe na biljnu proizvodnju. Bezmrazno razdoblje bitno varira od područja do područja. Općenito, biljke se ne uzgajaju u područjima u kojima je bezmrazno razdoblje kraće od 125 dana. Izuzetak čini uzgoj ozime i jare pšenice. Većina kultivara ozime pšenice dovoljno je otporna da tolerira mraz u vrijeme sjetve. Taj se usjev može uzgajati i u područjima u kojima bezmrazno razdoblje iznosi 100 do 110 dana, a jara pšenica čak u područjima s manje od 90 bezmraznih dana. Mnoge perene krmne kulture, uključujući trave i neke leguminoze, također su izuzetak pravila prema kojemu usjevi traže 125 bezmraznih dana. Međutim, u područjima s manje od 125 bezmraznih dana smanjuje se prinos u usporedbi s područjima s dužim vegetacijskim razdobljem. Suprotno tim kulturama, usjevi poput pamuka zahtijevaju bezmrazno razdoblje od 200 i više dana, kao i visoke temperature.

2.34. Termoperiodizam

Termoperiodizam je pojava koja predstavlja reakciju biljaka na fluktuaciju temperature. Ili, drugim riječima, svi efekti temperaturnih razlika između svijetle i tamne periode u životu biljaka, bez obzira na to radi li se o stadiju cvatnje, zriobe plodova ili rasta usjeva, označuju se kao termoperiodicitet. Premda se ne bi moglo reći da je termoperiodicitet teoretski sasvim objašnjen, zadovoljavajuće objašnjenje moglo bi se svesti na činjenicu da visoke temperature tijekom dana povećavaju produktivnost transpiracije, a visoke noćne temperature pogoduju razgradnji stvorene organske tvari, potičući respiraciju. Stoga se najpovoljnija bilanca stvorene organske tvari postiže pri visokim dnevnim i niskim noćnim temperaturama.

III predavanje – klima

2.3.5. Vernalizacija

Vernalizacija je fiziološka pojava vezana za cvatnju dvogodišnjih biljaka pod utjecajem niskih temperatura. Niske temperature često djeluju stimulatивно na cvatnju biljaka, s obzirom na to da neke biljke ostaju u vegetativnom stadiju bez pojave cvjetova dok nisu postigle stimulaciju pod utjecajem niske temperature. To su krioofilne biljke i tog se razloga ne mogu uspješno uzgajati u permanentno toploj klimi. Među njih spadaju pšenica, raž, mrkva, šećerna repa, mnoge trave, jabuka itd. Nakon nicanja ozime pšenice u jesen, nekoliko joj je mjeseci potrebna niska temperatura (gotovo -2 °C) kako bi nastala njezina vernalizacija. Vernalizacija je proces koji prisiljava ozimu pšenicu da razvije cvjetne organe (klas) kada je izložena odgovarajućoj dugoj fotoperiodi. Ako ozima pšenica nije vernalizirana, neće razviti reproduksijske organe, pa, prema tome, ni sjeme. Niske temperature u ozimina također stimuliraju busanje. Mnoge voćke traže niske temperature u tijeku mirovanja. Ako nisu, npr., trešnja, izložene niskim temperaturama nekoliko mjeseci u razdoblju mirovanja, neće se razviti cvjetni pupovi.