

3. Az éghajlat és a mezőgazdasági termelés közötti kapcsolat

A szárazföldeken kialakult természetes növénytakaró, a legelők, az erdők, valamint a művelés alá vont területeken az élelmiszerellátás biztosítása céljából termesztett növények növekedése, fejlődése és produktivitása jelentős mértékben függ az adott terület természeti adottságaitól, elsősorban a meteorológiai viszonyoktól. Ezért fontos, hogy ezeket a hatásokat minél részletesebben tanulmányozzuk egyrészt a produktivitás növelése céljából, másrészt az adott agrotechnikai szint melletti termés hozamok stabilizálása céljából. Ez utóbbi azt jelenti: a termelés során figyelembe kell venni a meteorológiai elemek évről-évre lejátszódó kisebb-nagyobb mértékű ingadozásait, a bennük megnyilvánuló tendenciákat, valamint az extrém jelenségek gyakoriságát. Minél mélyebbek az ilyen irányú ismereteink, annál jobban tudunk alkalmazkodni a meteorológiai viszonyokhoz.

3.1 Az éghajlat hatása a mezőgazdasági termelésre

Mindenekelőtt azt a problémát kell tisztáznunk, hogy mi a légkör szerepe a mezőgazdasági termelésben, elsősorban a növénytermesztésben. Mivel a növénytermesztés túlnyomó részben a szabadban, természetes körülmények között történik, állandóan ki van téve a légköri hatásoknak. Termelni tehát csak a ténylegesen létező légköri viszonyok között lehet. Emiatt a légköri viszonyok már eleve megszabják, hogy az adott területen milyen növények termesztethetők, az év mely időszakában termesztethetők és azt is, hogy termesztésük az év egyes időszakaiban milyen kockázattal jár. Emiatt a légkör a benne lejátszódó jelenségekkel a növénytermesztés alapvető feltételrendszere.

A növényi produkció a fotoszintézis eredménye. A fotoszintézishez szükséges energia, amelyet a napsugárzás szolgáltat, valamint a szerves anyagok: a szén-dioxid és a víz, meteorológiai elemek. Sőt a növények számára olyan nélkülözhetetlen anyagok is, mint az oxigén és a nitrogén, a légkörből származnak. A légkör tehát a növénytermesztés nélkülözhetetlen erőforrása.

A légkör azonban egy olyan közeg, amely állandó változásban van. A légkörben lejátszódó változások pedig hatással vannak a növényekben lejátszódó folyamatokra. Hol gyorsítják, hol lassítják a növények életét meghatározó biokémiai folyamatokat. Ennek megfelelően alakul a növények növekedése és fejlődése is, s végső soron a produktivitásuk is. A légköri tényezők változásai bizonyos esetekben átléphetnek, egy olyan intenzitási szintet, amely után a növény már károsodik vagy teljesen el is pusztulhat. A légkör tehát a növénytermesztés alapvető hatótényezőinek rendszere.

A légkör - s az azt jellemző időjárás és éghajlat - a mezőgazdasági termelés szempontjából egy olyan külső rendszer, amely többféle formában is megszabja a növénytermelés lehetőségeit és eredményességét. S mivel a környezeti tényezők közül a meteorológiai tényezők a legváltozékonyabbak, a mezőgazdasági szakembereknek átfogó éghajlati ismeretekkel kell rendelkezniük ahhoz, hogy

- az éghajlathoz alkalmazkodni tudjanak,
- káros hatásai ellen védekezni tudjanak,
- s bizonyos körülmények között a folyamatokat befolyásolni tudják.

Ennek szükséges előzménye, hogy az agroklimatológia tárja fel az éghajlat és a mezőgazdasági termelés tárgyai és folyamatai közötti kapcsolatokat, elemezze azokat a folyamatokat, amelyekeken keresztül a légkör a növényekre gyakorolt hatását kifejti. A mezőgazdasági termelés

szempontjából fontos, hogy megismerjük azoknak a területeknek az éghajlati viszonyait, ahol a növénytermesztés folyik, vagy ahol növénytermesztést szándékoznak folytatni. Ezeknek az ismereteknek a birtokában ugyanis

(1) kinemesíthetők olyan fajták és kidolgozhatók olyan agrotechnikai eljárások, amelyek az adott terület viszonyaihoz messzemenően képesek alkalmazkodni;

(2) a más területeken kinemesített fajták és kidolgozott agrotechnikai eljárások közül ki lehet választani azokat, amelyek a legjobban megfelelnek az adott terület meteorológiai viszonyainak;

(3) a kiválasztott fajták és agrotechnikai eljárások számára ki lehet jelölni a meteorológiai szempontból kedvező és kevésbé kedvező területeket;

(4) megállapítva a termesztett növények és az agrotechnikai eljárások számára kedvező területeket, képet kapunk arról, hogy az adott termőterületet éghajlati szempontból hogyan lehet a legcélszerűbben hasznosítani.

3.2 A mezőgazdasági termelés hatása az éghajlatra

Az éghajlat és a mezőgazdasági termelés közötti kapcsolat elemzése során célszerű a mezőgazdasági tevékenység éghajlatra gyakorolt hatásának vizsgálatát is elvégezni, hogy a kapcsolat kölcsönhatás jellegének akkor is a tudatában legyünk, amikor az éghajlati hatásokat elemezzük. A mezőgazdasági tevékenység hatása ugyanis nehezebben felismerhető, mert csak hosszabb időtávon jelentkezik, s akkor is a különböző tényezők egymást átfedő hatásainak kíséretében. Emiatt a mindennapos problémákkal foglalkozó társadalmi-gazdasági gyakorlat és irányítás általában nem is vesz róla tudomást.

Az utóbbi időben némi változás történt e tekintetben. E problémára azonban ma is inkább csak az általános emberi tevékenység éghajlat-módosító szerepének keretében figyelnek. Az átlagember ma is többet hall az ipari tevékenység, az urbanizáció, a mesterséges tavak és víztárolók stb. éghajlat-befolyásoló hatásáról, mint a mezőgazdasági tevékenység hasonló szerepéről. Ezért a jövőben erre nagyobb gondot kell fordítani.

Természetesen a mezőgazdasági termelés is egyike azoknak a tevékenységeknek, amelyek hatással vannak az éghajlatra. Az emberi tevékenység éghajlat-befolyásoló hatása, a hatás intenzitásától függően területi méretben három szinten szokott jelentkezni, mégpedig lokális, regionális és globális szinten. A mezőgazdasági tevékenység befolyása elsősorban lokális és regionális szinten jelentkezik, de bizonyos esetekben globális szinten is figyelembe kell venni.

A mezőgazdasági tevékenység éghajlatra gyakorolt hatása alapvetően a következőkkel kapcsolatban figyelhető meg:

- az erdőirtás és a mezőgazdasági terület kiterjesztése,
- az ásványi trágyák használata,
- a melioráció és az öntözés alkalmazása és
- a légkör összetételét befolyásoló tevékenységek végzése.

Erdőirtás és a szántóterület kiterjesztése. Távérzékeléssel kapott adatokra épülő statisztikai becslések szerint (WMO CAgM Report 1983) a Földön az erdők által borított terület nagysága $50 \cdot 10^6$ km². Ez hozzávetőlegesen 10%-a az egész Föld felszínének és 33%-a a szárazföldek felszínének. A vegetáció által asszimilált szén-dioxid 42%-a az erdőkre esik. A mezőgazdasági célokat szolgáló erdőirtás, erdőtüzek, fakivágások és vegetáció-égetés miatt csökken a légköri CO₂ elnyelése, s emiatt növekszik a légkör szén-dioxid tartalma. A vegetációtól megtisztított területeket rendszerint mezőgazdasági célokra hasznosítják, ezért felszántják. A művelés alá vont talajok pedig a talaj-humusz oxidációja miatt fokozatosan veszítik el szén-dioxid tartalmukat, amely szintén a légköri szén-dioxid mennyiségét növeli. Ez évente jelentős mennyiséget tehet ki, bár becsült értékei szerzőnként eltéréseket mutatnak (Hare 1981). Bolin (1979) szerint az erdők kiirtása és a szántóföldek növelése következtében eddig már $10 \cdot 10^6$

tonna szén-dioxid halmozódott fel a légkörben, s ez évente további $1-5 \cdot 10^9$ tonnával növekszik. Baumgartner (1979) becslése szerint viszont az évi növekedés elérheti a $10 \cdot 10^9$ tonnát.

A légkör szén-dioxid tartalmának növekedése pedig az "üvegházhatás" néven ismert jelenség felerősödéséhez vezethet, ami fokozatos hőmérsékletemelkedést idézhet elő. Az erdőirtás és a szántóföldek kiterjesztésének másik következménye a felszín sugárzás-visszaverőképességének, az albedónak a változása. Egyes adatok arra engednek következtetni, hogy az elmúlt 6000 év alatt az északi féltekén 0,138-ról 0,157-re növekedett az albedó, a déli féltekén pedig 0,141-ről 0,154-re. Ez a növekedés valószínűleg a felszíni globális hőmérséklet 0,13 fokos csökkenéséhez vezetett (Munn és Machta 1979). Numerikus kísérletek azt mutatják, hogy a visszaverőképesség 10%-os változása a felszínen, az átlagos globális hőmérséklet megközelítőleg 1 fokos változását eredményezheti (Mason 1979). Egyes modellkísérletek szerint ha a szántóterület évente 1%-kal nőne, és az albedó ezzel párhuzamosan a csernozjom talajnak megfelelő 0,07-ről a művelt területekre jellemző 0,25-re emelkedne, akkor a Föld hőmérséklete 1 fokkal csökkenne (WMO CAgM Report 1983).

Az utóbbi 200 év alatt a Földön a mezőgazdasági terület nagysága $8 \cdot 10^6$ km²-ről $15 \cdot 10^6$ km²-re nőtt. Ez a növekedés azonban csak 5-10%-a a szárazföldek teljes területének és mindössze 1,5-3,0%-a a Föld egész felszínének. Ennek következtében az albedóban és a párolgásban (hőmérsékletben) bekövetkezett változások az északi féltekén legfeljebb csak regionális éghajlatmódosuláshoz vezethettek (Bolin 1979).

Az erdőtenítés és a szántóterület növekedése tehát egyrészt növeli a légkör CO₂ tartalmát, s emiatt intenzívebb fotoszintézissel és emelkedő hőmérséklettel lehet számolni. Másrészt növekszik az albedó is, ennek pedig a nagyobb sugárzás-visszaverőképesség miatt hőmérsékletcsökkenés a következménye.

Ásványi eredetű trágyák használata. A világszerte alkalmazott nitrogéntartalmú műtrágyák mennyisége eléri az évi 36 millió tonnát. Használatuk következtében nitrogéntartalmú vegyületek kerülnek a légkörbe. Emiatt a sztratoszférában lévő ózon-koncentráció csökkenhet. Így a napból érkező ultraibolya sugárzás nagyobb mennyiségben éri el a földfelszínt, ami kedvezőtlen az éghajlatra (WMO CAgM Report 1983).

Melioráció és öntözés. A melioráció területén legjelentősebb tevékenység: a mocsarak lecsapolása, a fásítás stb. és végeredményben maga az öntözés. Ez utóbbit azonban fontossága miatt kiemelten szokás kezelni. Az említett emberi tevékenységek elsősorban a párolgási viszonyokat képesek befolyásolni.

A mocsarak lecsapolása csökkenti a szabad vízfelszínt, s ezzel csökkenti a párolgáshoz rendelkezésre álló vízmennyiséget, s emiatt csökken a párolgás is. Ugyanakkor a lecsapolt területen megnövekszik az albedó, ami csökkenti a hőmérsékletet és így a párolgást is.

A világ mezőgazdasági területeinek mintegy 17%-án folyik öntözéses gazdálkodás (Slater 1981). Az öntözés megnöveli a talajok nedvességtartalmát, s ezért párolgás-növelő hatású. Ezt a hatást azonban regionális méretekben már nagyon nehéz kimutatni. Például egy nagyobb öntözött terület felett 10 m magasságban vagy egy víztárolótól 1 km távolságban már alig van észrevehető hatás. Az Egyesült Államokban azonban sikerült kimutatni nagyobb csapadékmennyiséget az öntözött területek szomszédságában június, július és augusztus hónapokban, az öntözés idején, míg április, május és szeptember hónapokban, amikor nem öntöztek nem volt kimutatható eltérés (WMO CAgM Report 1983).

A légkör összetételét befolyásoló tevékenységek. A légkörbe kerülő anyagok jelentős része természetes forrásokból (vulkánok, tengerek, sivatagok stb.) és ipari termelésből származik. Ezenkívül azonban a mezőgazdasági tevékenységek során is kerül szennyező anyag a légkörbe. Ilyenek például a véletlenül vagy szándékosan előidézett sztyeppe- és erdőtüzek, a tarlómaradványok elégetése, a szántás stb. Az egyes tényezők által okozott légköri szennyezőanyag-gyarápodás nagyságát külön-külön nehéz megítélni. Hozzávetőlegesen az

összes szennyezőanyagának mintegy 10%-át teszi ki a mezőgazdasági tevékenységből származó rész. Ezek az anyagok formájuktól, átmérőjük nagyságától függően verik vissza, vagy szórják szét a Napból érkező sugárzást, s a levegőben lévő víz kicsapódásához pedig kondenzációs magokként szolgálnak.

3.3 Az éghajlat kiterjedés szerinti tagolódása és a mezőgazdaság

Az utóbbi években megnövekedett az éghajlat-növény kapcsolatok vizsgálatának jelentősége, mégpedig két okból. Az egyik az emberiség létszámának fokozatos növekedése, amely – mivel a termőterületek nagysága már alig növelhető – azt igényli, hogy a meglévő termőterületeken termeljünk többet, mivel a megnövekedett létszámú emberiségnek nagyobb mennyiségű élelemre van szüksége. Ez pedig csak úgy lehetséges, ha olyan intenzív fajtákat nemesítenek ki, amelyek jól alkalmazkodnak a környezeti viszonyokhoz, mindenekelőtt a leggyorsabban változó meteorológiai viszonyokhoz. A másik ok, hogy a légkör egyre növekvő szén-dioxid tartalma miatt megnövekedett üvegházhatás esetleg egy éghajlatváltozás elindítója lehet, ami az élelmiszertermelésben ott is gondot fog okozni, ahol ma többlettermelés van. Lehetséges ugyanis, hogy termesztés súlypontját más területekre kell áthelyezni vagy más fajták, esetleg más növények termesztésére kell áttérni. E feladatok megoldásához pedig szükséges az éghajlat-növénytermesztés kapcsolat, azon belül is a különböző nagyságú területek éghajlati sajátosságainak minél mélyebb ismerete.

Makroklima. A meteorológiai elemek mérésére szolgáló műszerek feltalálása után felmerült a probléma, hogy hova helyezték el ezeket a műszereket, hogy a mérések eredményei reprezentatívak legyenek. Úgy találták, hogy mivel a napsugárzást a földfelszín nyeli el, s ennek következtében a földfelszín melegszik fel s adja át a hőjét az alatta lévő talajnak és a felette lévő levegőnek, innét történik a víz elpárologtatása is, hozzászámítva ehhez, hogy a kis területen belül is különbözőképpen nyelik el a sugárzást, melegsznek fel és párologtatnak, nem beszélve a talaj közelében a nagyobb sűrűlódás miatt lelassuló és turbulenssé váló légáramlásokról, a talaj közvetlen közelében lévő légrétegeket a mérések szempontjából „zavarzóná”-nak tekintették, s mindenképpen ki akarták kerülni. Számos kísérletet végeztek, amelynek alapján a 150-200 cm-es magasságot tekintették olyan rétegnek, ahol a talajfelszín – már enlített zavaró hatásai – nem érvényesülnek. S ezután rendszeresítették a napjainkban is használatos hőmérőházat és műszerelhelyezési szabályokat.

A műszerek magasan történő elhelyezése biztosította, hogy a meteorológiai állomások adatait nagy térségre reprezentatívnak lehet tekinteni. Ez nagy vonalakban azt jelenti, hogy az egymástól 10, 50, 100 kilométer vagy nagyobb távolságra lévő állomások adatai térképre rajzolva egységes, összefüggő képet mutatnak az egyes meteorológiai elemekről. hosszabb időszakra vonatkozóan pedig ugyancsak összefüggő képet lehet kapni az általános vonásokról is. Ezt az általános vonások által megrajzolt képet tekintik azután „a nagy térség éghajlatá”-nak, vagy az ógörög szavakból alkotott kifejezéssel „makroklimá”-nak.

A makroklima tehát a nagy térség éghajlata. Nagyon nehéz megmondani, hogy a „nagy térség” ebben az esetben mit jelent. A magassága kiterjed a légkör felső határáig vagy csupán kisebb magasságokat veszünk figyelembe, s ez utóbbi esetben konkrétan milyen magasságról van szó? Tulajdonképpen ezekre a kérdésekre nagyon nehéz választ adni. Általában azt mondhatjuk, hogy a földfelszínen élő ember számára azok a folyamatok érdekesek, amelyek az általa tapasztalható meteorológiai viszonyokat meghatározzák, ezek pedig szinte mind a troposzférában zajlanak le. Hasonló nehézségekkel kell szembenézni akkor is, amikor a vízszintes irányú kiterjedést szeretnénk meghatározni. Az éghajlat egyik típusa (formája) folyamatosan megy át a másikba. Ezért csupán átmeneti zónák állapíthatók meg és éles határok nem húzhatók.

Nem csökkennek a nehézségek akkor sem, amikor azt az időszakot szeretnénk meghatározni, amelynek alapján az általános vonásokat meghatározzuk. Mint ismeretes, nemzetközi megállapodás alapján legalább három évtizedet kell alapul venni. Napjainkban azonban már évszázados adatsorokat is használunk az éghajlat jellemzésére.

Az első ilyen adatsorok közzététele után nyilvánvalóvá vált, hogy ezek az adatok nem elégítenek ki minden gyakorlati igényt. Mezőgazdasági szemszögből vizsgálva a kérdést, például a fagyveszélyes napok számát jelentő makroklíma adatok egy-egy mezőgazdasági üzem részére egyáltalán nem biztos, hogy megfelelőek, mert nem tartalmazza az adott hely jellegzetességéből adódó eltéréseket. Ilyen eltérések adódhatnak abból, hogy az adott mezőgazdasági üzem egy mélyebben fekvő területen van, s hogy ezen belül is vannak olyan területek, amelyek elősegítik ott a hideg levegő felhalmozódjon (fagyzugok). Éppen ezért felmerült annak a gondolata, hogy a makroklímán belüli kisebb térségek éghajlatát is tanulmányozni kell.

Ennek alapja pedig a különböző kiterjedésű, viszonylag homogén felszínnek felett kialakuló légköri viszonyok tanulmányozása lehet. Ugyanis – mint azt korábban megismertük – az időjárás- és éghajlatalakító tényezők között a sugárzást felfogó felszínnek rendkívül fontos szerepet játszanak azzal, hogy ők nyelik el a Napból érkező sugárzást, s a keletkező hőt ők továbbítják közvetlen köznyezetüknek. Ezzel az energiaközvetítő szerepükkel rendkívüli jelentőségre tesznek szert, mert a különböző felszíneknek különböző lesz az energia- és hőgazdálkodása, s ennek megfelelően különböző légköri viszonyok alakulnak ki a felettük lévő légrétegekben. Attól függően, hogy a viszonylag homogén felszínnek mekkora területre jellemzőek, a makroklímán belül is különböző nagyságú területekre jellemző klímák alakulhatnak ki.

Mezoklíma. A makroklímán belül – a műszerek standard elhelyezése mellett – kimutathatók olyan viszonylag nagyobb méretű, homogén felszínű területek, amelyek felett közel azonos meteorológiai viszonyok uralkodnak. Ilyen lehet pl. egy nagyobb kiterjedésű erdőség, nagyobb mocsaras terület, egy nagyobb város stb. Ezek általános meteorológiai jellemzői, a makroklimatikus viszonyokétól kissé eltérő, de megfelelően homogén képet mutatnak. E területek éghajlati viszonyait nevezik mezoklímanak (közepesnek tekinthető területi nagysága miatt), mert kisebb területre jellemző, mint a makroklíma, de nagyobbra, mint közvetlen a felszínközeli légréteg, nevezik lokálklímának (Berényi 1967), mert egy adott helyre jellemző, nevezik ugyanezen okból topoklímanak is.

Azt mondhatjuk tehát, hogy *a mezoklíma a közepes nagyságú területek éghajlata*. Ismét problémát jelent határok a megadása. Meddig terjed függőleges, s meddig vízszintes irányban? Erre nagyon nehéz precíz választ adni. Általánosságban azt mondhatjuk, hogy ott vannak a határai, ameddig a mezoklímat kialakító speciális felszín hatásai kimutathatóan érvényesülnek.

A meteorológiában sokszor úgy kerülnek meg e problémát, hogy mezoklímaról nem beszélnek. Beszélnek erdőklímáról, városklímáról stb., de azt nem teszik hozzá, hogy ezt mezoklímanak tekintik, mert az elnevezésből már kitűnik a mérete.

Ezért a szakirodalomban többnyire csak két fogalommal, a makroklímával és a mikroklímával szoktunk találkozni. A következőkben mi sem fogunk mezoklímaról beszélni.

Mikroklíma. Mint korábban már említettük, a meteorológiai mérések kezdete óta tudunk arról, hogy a talaj közelében van egy zóna, amelynek légterében más viszonyok uralkodnak, mint amelyek a nagytérségre jellemzőek. Ezért ennek a légtérnek a vizsgálata is sorra került, bár egy kis időbeli eltolódással, ugyanis az 1900-as évek elejétől végzett mérések eredményeit Geiger 1927-ben kiadott könyvében tette közzé. Tőle származik a mikroklíma fogalma (Geiger 1957), amelyet azóta általánosan használnak a meteorológiában és a kapcsolódó tudományokban.

A mikroklíma a legkisebb térségek éghajlata. Ez tehát elsősorban a sugárzást felfogó, úgynevezett aktív felszínnek közvetlen közelében alakul ki. Mivel a sugárzást felfogó felszín többnyire a földfelszín, gyakran szoktak a talajközeli légrétegek éghajlatáról is beszélni.

A mikroklíma kialakulásának fizikai okai vannak.

1. A sugárzást felfogó felszín fizikai tulajdonságaiban (a felszín sugárzáselnyelő és sugárzásvisszaverő képessége, hőkapacitása stb.) mutatkozó különbségek.

2. A sugárzást felfogó felszín napsugárzással szembeni elhelyezkedése (sík terület, különböző irányultságú lejtők stb.).

3. Az adott terület környezetének sajátosságai (erdei tisztás, folyópart, stb.).

Visszatérő probléma a mikroklíma határainak a megállapítása. Itt talán még a függőleges irányú határ megállapítása az egyszerűbb, mivel a hőmérőház szintjében már feltételezzük a talajfelszíni hatások érvényesülésének megszűnését. Vízszintes irányban ismét csak azt lehet tekinteni, ahol az adott speciális felszín hatásai véget érnek.

Az ökoszisztéma fogalmat jól lehet alkalmazni mint közelítési módszert a mezőgazdasági rendszerek elemzése esetén. Kimutatták, hogy a primitív mezőgazdasági rendszereknek hasonló a szerkezetük, mint a természetes ökoszisztémáknak, csak a természetes növényeket és a vadon élő állatokat házasított fajokkal cserélték fel, s azokat termesztik, illetve tenyésztik. A hatékonyan irányított rendszerek azonban már nemcsak a fizikai környezettől, hanem a társadalmi-gazdasági viszonyoktól is függenek. Általában a természetes ökoszisztémák nagyobb számú növény- és állatfajt foglalnak magukba, mint a specializált agroökoszisztémák. Következésképpen a természetes ökoszisztémák stabilabbak és bizonyos körülmények között a biológiai produktivitásuk is nagyobb lehet.

Az éghajlati hatások elemzésének jelentősége. Az utóbbi időben a mezőgazdaság fejlődése jelentősen felgyorsult. Az új, bőven termő fajták és a nagy mennyiségű műtrágya, valamint a korszerű növényvédőszer alkalmazása a terméseredmények jelentős növekedését eredményezte. Ugyanakkor megnőtt a termésmennyiségek ingadozása is. A biztonságos termelés viszont megkívánja, hogy a termelési folyamatokban mutatkozó változások törvényszerűségeit megismerjük, s esetleg magát a termelési folyamatot is irányítani tudjuk.

Ismeretes, hogy ma már az ipari termelés szinte minden folyamata az ember irányítása és ellenőrzése alatt áll. A mezőgazdasági termelés eredményessége azonban igen erősen függ olyan tényezőktől, amelyeket ma még nem tudunk befolyásolni. Ezek közül is a meteorológiai hatások azok, amelyek a gazdasági növények terméseredményeiben évről-évre szabálytalan ingadozásokat okozhatnak. Mivel e tényezőket szinte alig tudjuk befolyásolni, meg kell ismernünk a gazdasági növényekre gyakorolt hatásaikat és azok alapvető törvényszerűségeit. Ezek ismeretében módunkban áll számszerű összefüggéseket megállapítani a meteorológiai viszonyok, valamint a növénytermesztés tárgyai és folyamatai között. Ezeket az összefüggéseket fel lehet használni a rövid- és hosszútávú tervek készítésénél, a termelési folyamatokra vonatkozó döntéseknél és a gazdaságossági számításoknál.

3.4 Az éghajlati változékonyság és a mezőgazdasági termelés

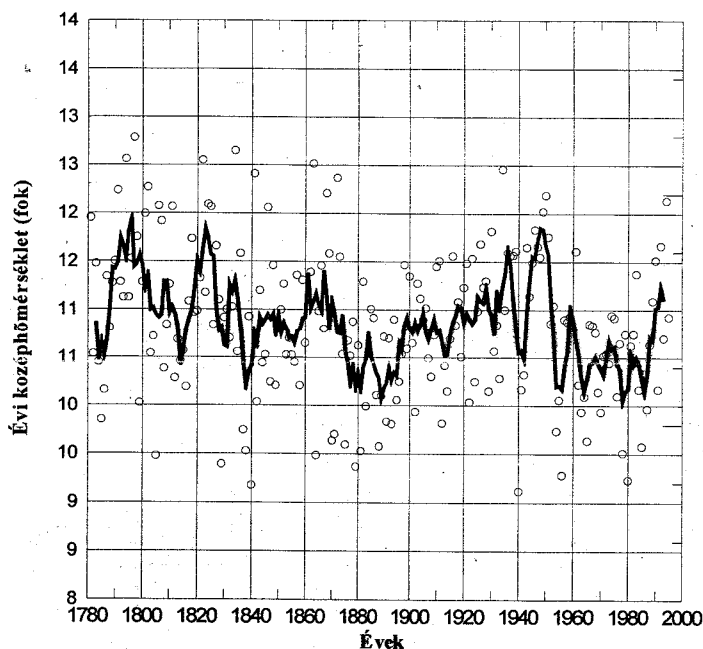
Az elmondottakból nyilvánvaló, hogy az éghajlat és a mezőgazdasági termelés közötti kapcsolat kölcsönhatás, amelyben a mindennapi élelmiszertermelést befolyásoló éghajlati hatásoknak van nagyobb gazdasági jelentősége.

Bonyolítja azonban e kapcsolat elemzését, hogy az éghajlat nem állandó, hanem különböző időtartamú változékonyságot mutat.

a) A rövid időtartamú változékonyság abban nyilvánul meg, hogy a meteorológiai viszonyok egy adott éven belül, s egyik évről a másikra is jelentősen megváltozhatnak. E változások

hatására a növények terméshozamaiban is felismerhető éves változások mutatkoznak. Ezek a változások - természetesen - növényenként is másként alakulhatnak.

b) A közepes időtartamú változékonyság azt jelenti, hogy az évről-évre történő változások egy adott meteorológiai elem esetében több éven keresztül - de egy éghajlati cikluson (30 éven) belül - csökkenő vagy növekvő tendenciát mutathatnak. Ilyen tendenciákat ismerhetünk fel a 3.1 ábrán, amely Budapest 210 évi középhőmérsékleteinek változékonyságát mutatja be.



3.1 ábra. Budapest 210 évi középhőmérsékleteinek időbeli változékonysága

E tendencia-változások egy adott helyen termesztett fajta számára úgy jelentkeznek, hogy az - az adott időszak alatt - melegebb vagy hűvösebb, nedvesebb vagy szárazabb körülmények közé került. Bonyolítja a helyzetet, ha az egyirányú változásokkal együtt a káros hatásokat jelentő szélső értékek gyakorisága is megnövekszik.

c) A hosszabb időtartamú változékonyság lényege, hogy a meteorológiai elemek ingadozásaiban mutatkozó tendencia legalább egy éghajlati ciklust (30 évet) meghaladó időszakon át egyirányban mutat. Ilyen jellegű változásokat azonban még a leghosszabb hazai adatsoron sem lehet kimutatni.

Az első és második csoportba sorolt éghajlati változékonyságot, vagyis a rövid és közepes időtartamú változékonyságot szokás az éghajlatváltozás fogalmkörébe sorolni. A hosszabb ideig tartó egyirányú változások pedig már éghajlatváltozásnak tekinthetők. Az elmondottak összhangban vannak mind a hazai szóhasználattal, mind pedig a nemzetközi gyakorlattal (Hare 1979).

A mezőgazdasági termelés tehát az éghajlat rövid és közepes időtartamú változékonysága mellett megy végbe. Az általuk előidézett hatásokat az esetek jelentős részében ki lehet mutatni. Vannak azonban esetek, amikor a sok tényező együttjárása miatt felismerésük gondot okoz. Előfordulhat, hogy a nem-meteorológiai tényezők hatása ellensúlyozza a meteorológiai hatásokat. Ilyen esettel kell számolni az új, intenzív fajták bevezetésénél, mert ezek a meteorológiai viszonyok kedvezőtlenebbé válása esetén is magasabb termést adhatnak, mint a korábbi fajták. A meteorológiai hatás ekkor csak az intenzív fajták jó és rossz éveinek összehasonlítása révén derül ki.

A hosszabb időtartamú változások - mint említettük - még a leghosszabb sorokon sem mutathatók ki. A légköri szén-dioxid fokozatos felhalmozódása miatt azonban célszerű felkészülni esetleges egyirányú változásokra. Mivel azonban a légköri CO₂ felhalmozódás számos összetételen keresztül fejt ki egy adott területre gyakorolt hatását, ezért célszerű a különböző irányú változások legvalószínűbb változatait figyelembe venni.

3.5 Az éghajlat és a mezőgazdasági produktivitás

Az éghajlat és a mezőgazdasági termelés közötti kapcsolat akkor is fontos szerepet játszik, amikor a termelést növelni vagy egy adott szinten stabilizálni kell. A termőföld hasznosítása pedig megkívánja, hogy ismerjük, mi az a legmagasabb termelési szint, amelyet az adott éghajlati viszonyok mellett elérhetünk.

A termelés növelése. Kétféle módon képzelhető el: a termőterület nagyságának növelésével vagy intenzív gazdálkodással.

a) A termőterület növelése az élelmiszertermelés növelésének legegyszerűbb útja. Napjainkban elsősorban a fejlődő országokban használatos ez az eljárás. Rendszerint erdőirtással teremtik elő a szükséges termőterületeket.

Becslések szerint például Latin Amerikában 1950 és 1970 között mintegy 50 millió hektárral nőtt a termőterület, vagyis megközelítőleg annyival, mint 1860 és 1950 között, amikor 53 millió hektár volt a növekedés. A fejlett országokban a termőterület ma már csak ritkán növelhető. Kivételként Hollandiát lehet megemlíteni, ahol még a közelmúltban is újabb területeket hódítottak el a tengertől.

Ott azonban, ahol lehetőség van a termőterület növelésére, a termelésbe történő bevonás előtt szükséges az adott terület meteorológiai viszonyainak felmérése, beleértve a termőterület kiterjesztésének a meteorológiai viszonyok megváltoztatására gyakorolt hatását is.

b) Az intenzív gazdálkodás, vagyis az adott területen minél magasabb hozamok biztosítása, ma már sokkal gyakoribb útja a mezőgazdasági termelés fejlesztésének. Az ipari létesítmények, a városok, az üdülőterületek, az utak stb. ugyanis egyre nagyobb területeket vonnak el a mezőgazdaságtól.

Tapasztalatok szerint csökkenő termőterület esetén a termelés növeléséhez a következő lépések szükségesek.

- Bőven termő, az ökológiai-meteorológiai viszonyokhoz jól alkalmazkodó, a kedvezőtlen meteorológiai hatásokkal szemben ellenálló fajták kinemesítése.

- A talajok termőképességének növelése a meteorológiai viszonyok figyelembe vételére alapozott talajművelési és trágyázási eljárások alkalmazásával.

- Korszerű növényvédelmi eljárások meteorológiai ismeretekre épülő alkalmazása a gyomok, a növényi betegségek és az állati kártevők elleni küzdelemben.

- A meteorológiai viszonyok kedvezőtlen hatásainak kivédése és kedvező hatásainak kihasználása magas terméshozamok elérése céljából.

A termelés stabilizálása. A mezőgazdasági termelés - ellentétben az ipari termeléssel - évről-évre jelentős ingadozásokat mutat. Ennek oka, hogy a termelési eredmény számos, az ember által nem szabályozható tényezőtől függ. Ezért stabilizálása csak meghatározott intervallumban lehetséges. Minél jobban tudunk védekezni a kedvezőtlen hatások ellen, s minél jobban ki tudjuk használni a kedvező hatásokat, egy adott fajtát figyelembe véve a terméshozamok annál magasabb szinten stabilizálódnak.

A kialakított stabilitás azonban az éghajlat változékonysága miatt is felbomolhat. Általában a következő esetekkel lehet számolni.

a) Valamelyik irányban megnövekszik egy vagy több meteorológiai elem szélsőséges értékeinek a gyakorisága. Ekkor a kedvezőtlen hatást csökkentő agrotechnikai eljárásokkal vagy alkalmazkodóbb fajták termesztésével lehet a hozamokat stabilizálni.

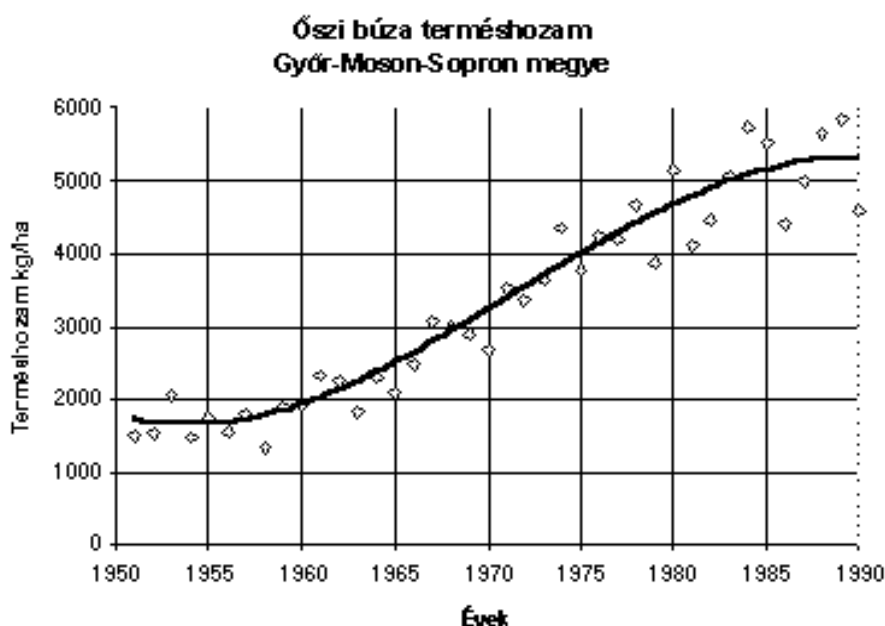
b) Eltolódnak a termesztési körzetek meteorológiai határai. Ekkor többnyire az adott területen termesztett növények különböző tenyészidejű fajtáinak alkalmazása segít a stabilitás fenntartásában.

c) Megváltoznak a termesztési határokat jelentő meteorológiai értékek. Ha egyes növények termesztésének alsó határát jelentő értékeknél már csak alacsonyabbak fordulnak elő, akkor az adott növények a területen tovább nem termesztethetők. Ha viszont újabb, a területen addig nem termesztett növények termesztésének alsó határát meghaladó értékek kellő gyakorisággal fordulnak elő, akkor ezek a növények az adott területen termesztethetővé válnak. Ekkor tehát a termesztés struktúrájának átalakítására van szükség, vagyis a természerkezetet más növények fogják alkotni. A termelés stabilitását ekkor a megváltozott viszonyokhoz alkalmazkodó természerkezet biztosítja.

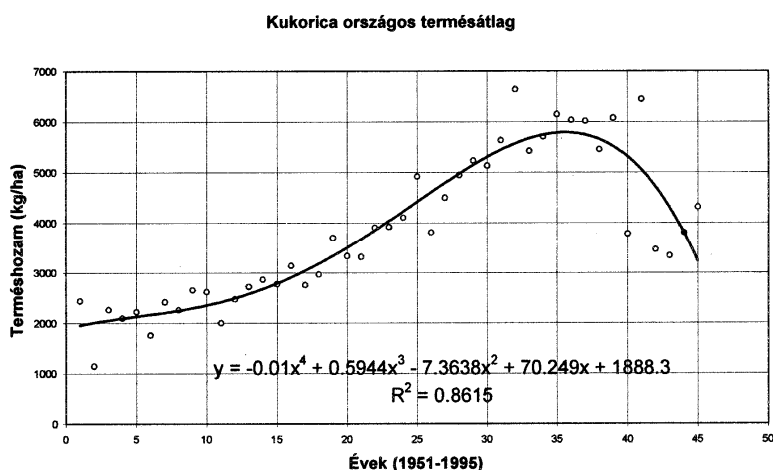
Az éghajlati változékonyság és a gazdasági termés. Az előzőekből kitűnt, hogy a meteorológiai tényezők jelentős szerepet játszanak a növények produktívitasának alakulásában. E tényezők azonban évről-évre változnak. Ezért arról is képet kell kapnunk, hogy ezek a változások hogyan mutatkoznak meg a terméshozamokban.

Az 3.2 ábrán az őszi búza országos termésátlagainak időbeli eloszlását mutatjuk be. A változás tendenciáját trendfüggvénnyel írjuk le. Láthatjuk, hogy a terméshozamok növekedésével az évi ingadozások nagysága is növekszik. Az őszi búza intenzív fajtáinak időjárás-érzékenysége tehát nagyobb, mint a korábbi helyi fajtáké volt.

A 3.3 ábrán a kukorica országos termésátlagainak időbeli változásai láthatók. Szembetűnő, hogy itt az évről-évre történő változások nagysága az intenzív fajták bevezetése után sem változott. A régi és új fajták időjárás-érzékenysége között tehát lényeges különbség nincs. Az elmondottakból látható, hogy a különböző növények különbözőképpen reagálnak az éghajlati változékonyságra.



3.2 ábra. Az őszi búza terméseinek időbeli változásai



3.3 ábra. A kukorica termésátlagainak időbeli változásai

A mezőgazdasági termelés és a fizikai környezet. "A fizikai környezet összes fontos aspektusának egyenkénti leírására vonatkozó bármilyen kísérlet minden valószínűség szerint alábecsülné azoknak a kölcsönös összefüggését és nem lenne teljes. Továbbá a fizikai környezet egyes aspektusainak vagy éppen a teljes környezeti rendszernek a mezőgazdaságra gyakorolt hatását nem lehetne az adott termelési rendszer összefüggésrendszerén kívül értelmesen értékelni (Morgan és Munton 1971)." Például egy fagykockázat megvitatása csekély értékkel bírna, ha nem kapcsolnánk egy adott üzemhez, egy adott időponthoz és egy ismert helyhez. Következésképpen a fizikai környezetet a fontosabb ökológiai karakterisztikák segítségével lehet a legjobban jellemezni.

1. A fizikai környezetben lejátszódó térbeli változások korlátot szabnak a növények és állatok földrajzi elterjedésének, bár a tényleges elterjedés függ az embertől, elsősorban a fizikai feltételeket javító képességétől. A Földön a fontosabb gazdasági növények elterjedésének fizikai feltételeit ismerni kell, s ismerni kell a növények fizikai környezet iránti igényeit, mert ez lehetőséget nyújt arra, hogy meghatározzuk az "optimális környezet"-et vagy legalábbis egy olyan környezetet, amelyben a maximális terméshozamot könnyen el lehet érni. Vagy még pontosabban egy olyan környezetet, amelyben a maximális hozamot a legkisebb pótenergia hozzáadásával lehet elérni. Azt lehet mondani, hogy a növénytermesztés optimalizálásának egyik lehetséges útja, a növénytermesztésnek a meglévő természeti feltételekhez történő hozzáigazítása, mégpedig nemcsak a megfelelő növények kinemesítésével és kiválasztásával, hanem a korszerű agrotechnika alkalmazásával és a megfelelő gondolkodásmóddal (Petr, Cerny és Hruska 1985).

Ennek alapja pedig - amint az előzőekben már utaltunk rá - a növények környezeti tényezőkhöz való viszonyának és az ökológiai rendszerek működési törvényszerűségeinek minél mélyebb ismerete és az idevonatkozó ismeretek teljeskörű felhasználása.

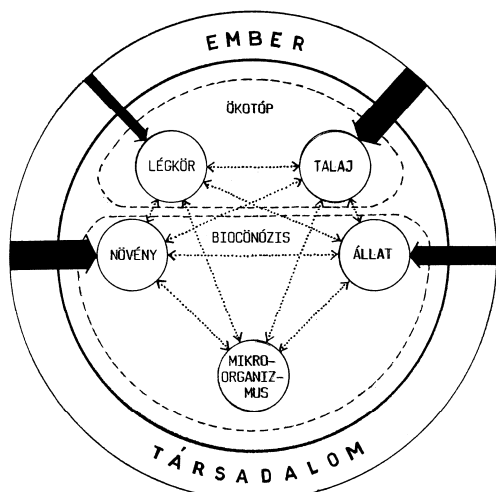
2. A környezeti tényezők közötti kölcsönös összefüggés érvényesül az egyes jelenségek megjelenésében is. Például a növények vízellátottsága nemcsak a rendelkezésre álló vízmennyiségtől és annak időbeli változásától függ, hanem a talajok szerkezetétől, összetételétől és szerves anyag tartalmától is.

3. A növények környezeti tényezők iránti érzékenysége függ az adott növény fejlettségi állapotától. A növények fejlődése során - ahogy a csírázástól az érés felé haladnak - megváltozhat a különböző környezeti tényezőkhöz való viszonyuk. Például a cukorrépa

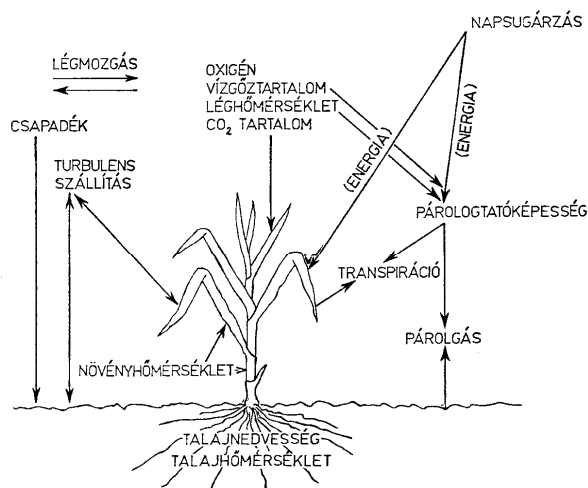
esetében a súly szerinti terméshozam jobban függ a fejlődés kezdeti szakaszában lehullott csapadékmennyiségtől, míg a cukortartalom inkább függ a késői érési szakasz alatti napsütéses órák számától.

4. A környezeti tényezők idő- és térbeli változékonysága - bármilyen mérési skálán is határozzuk meg - az egyik legfontosabb jellemző. Az évszakos változásokat és a térbeli változásokat egyaránt fontos figyelembe venni.

A termelés biológiai jellege szolgál összekötő kapocsként a fizikai környezet és a mezőgazdasági tevékenység térbeli jellege között. Sokan úgy fogják fel, hogy a fizikai környezet és hatása könnyen megfigyelhető és mérhető. Sokszor találkozhatunk olyan naív felfogással is, amely a fizikai környezet és a mezőgazdasági termelés közötti kapcsolatot inkább determinisztikusnak, mint valószínűségi jellegűnek tekinti, s ezért alábecsüli a mezőgazdasági-környezeti rendszer kölcsönhatásai komplexitásának a jelentőségét. Más felfogás szerint pedig a hatótényezők rendszere és a közötté, valamint a növények között lévő kapcsolatot olyan bonyolult, ami szinte lehetetlenné teszi az elemzésüket. Mind a két szemlélet bizonyos fokú végtelen felfogását jelenti e kapcsolatrendszernek. A rendszer bonyolult, de elemezhető. Az ökoszisztéma működését a 3.4 ábra szemlélteti, a 3.5 ábra pedig a növényre gyakorolt közvetlen meteorológiai hatásokat mutatja.



3.4 ábra. Ökoszisztéma működése



3.5 ábra. A meteorológiai tényezők és a növény közti közvetlen kapcsolat

Meg kell említeni továbbá, hogy a gazdálkodónál a fizikai környezet feltételrendszerének felfogása és megértése a társadalmi-gazdasági környezetnek is függvénye.

3.6 Éghajlati erőforrásaink

A mezőgazdasági termelés során, ha a legjobban termő fajtákat választjuk ki, s a rendelkezésre álló legkorszerűbb termeléstehnológiákat alkalmazzuk, akkor a terméshozamok nagyságát alapvetően a talajadottságok és a meteorológiai viszonyok határozzák meg. Ez utóbbi kettőt szokás együttesen az a adott hely természeti erőforrásának is nevezni. Az agroklmatológia feladata – hosszabb időszakot figyelembe véve – az adott termőhely éghajlati erőforrásainak feltárása és elemzése, s végső soron az éghajlati potenciál meghatározása.

Az éghajlati erőforrás magába foglalja

- a napsugárzás energiáját, s a légkörben fellelhető energiát (szél, hőtartalom stb.);
- a légkör anyagait (alapgázok, vendégázok stb.);

- a légkör tulajdonságait (hőmérséklet, nedvesség stb.) és
- a légkörben lejátszódó folyamatokat (csapadékképződés, párolgás stb.).

Egy termőhelyen a légkör erőforrásai természeti adottságot jelentenek, amelyet nagyon nehéz befolyásolni, s mivel a növények termesztése teljes mértékben az adott hely éghajlati viszonyai között zajlik le, ezért a gazdálkodó embernek meg kell tanulni alkalmazkodni az éghajlathoz. Ehhez mindenképp meg kell ismerni az éghajlatot és azt, hogy az éghajlat hogyan befolyásolja az általa termesztett növények életét és produktivitását. Minden termőhelyen vannak évek, amikor a kedvező meteorológiai viszonyok terméstopplettel eredményeznek, vannak évek, amikor termés-csökkenéssel kell számolni, sőt előfordulnak jelentős kárt okozó légköri jelenségek is. Ezt a gazdálkodó embernek fell kell mérnie, tisztában kell lenni ennek anyagi és pénzügyi következményeivel, s ismernie kell az alkalmazkodás, a védekezés és a beavatkozás lehetséges eszközeit és módzatait. Az agrometeorológia feladata pedig az, hogy az ehhez szükséges ismereteket és információkat előállítsa és kellő időben szolgáltatassa.

A másik fontos észrevétel az éghajlati erőforrással kapcsolatban, hogy az ember akkor is befolyást gyakorolhat rá, ha nem az a célja. Így – amint a korábbiakban már rámutattunk – a mezőgazdasági termelőtevékenység is hatással van a légköri viszonyokra, s azokat akár kedvező, akár kedvezőtlen módon befolyásolhatja.

A növény egész élettartama alatt szoros kölcsönhatásban áll a környezetével. Különösen erős a kapcsolata a légkörrel, annak tulajdonságaival és folyamataival. Az életműködéséhez szükséges energiát (napsugárzás) és anyagokat (szén-dioxid, víz, oxigén stb.) környezetéből veszi fel, s gyarapítja testének tömegét, s közben energiát gyűjt magába, majd befejezve életciklusát, testének anyagai lebomlanak, a bennük felhalmozott energia felszabadul és visszajut a környezetébe. Eközben a növény életciklusának kezdetétől a végéig növekedésének és fejlődésének üteme is jelentős mértékben a meteorológiai viszonyok függvénye.

Éghajlati potenciál. Az éghajlat és a növénytermesztés kapcsolatában felmerül az a kérdés is, hogy az éghajlat milyen lehetőséget biztosít a növényi produktivitásra, a terméshozamok emelésére, s egyáltalán mi az a legmagasabb terméshozam, amely adott éghajlati viszonyok között elérhető.

Az adott növény termesztése szempontjából optimális környezeti-éghajlati viszonyok között elérhető maximális terméshozamot tekinthetjük lehetséges éghajlati potenciálnak, az adott környezeti-éghajlati viszonyok közötti maximális terméshozamot pedig tényleges éghajlati potenciálnak.

Az éghajlati potenciál meghatározása bonyolult feladat. Értéke többnyire csak egy-egy éghajlati elem alapján számítható, komplex értéke még bonyolultabban modellezhető.

Kérdések

1. Milyen összefüggés van az éghajlat és a növénytermesztés között?
2. Miben nyilvánul meg az éghajlat növénytermesztésre gyakorolt hatása?
3. Melyek a növénytermesztés éghajlatra gyakorolt hatásának fontosabb területei?
4. Milyen kapcsolat van az éghajlat tagoltsága és a mezőgazdasági termelés között?
5. Milyen szerepet játszik az éghajlat az éghajlat változékonysága?
6. Milyen kapcsolat van az éghajlat és a mezőgazdasági produktivitás között?