

Mezőgazdaság az éghajlatváltozás korában
Dr. Hetesi Zsolt¹² – Dr. Molnár Géza³

Agriculture in Time of Climate Change

Abstract

According to the various climate models the Carpathian Basin's climate will be warmer and more extreme than now. The annual distribution and the intensity of the precipitation will also change therefore agriculture has to develop strategies for reducing its GHG-emission and for adaptation. Some new ways are investigated in this article: no-till farming, agroforestry and change in land usage with reconstructing floodland agriculture.

Kivonat

A különböző éghajlati modellek azt mutatják, hogy a Kárpát-medence éghajlata melegebbre fordul, a szélsőségek pedig növekednek. A csapadék éves eloszlása és intenzitása szintén kedvezőtlen irányba változik, így a mezőgazdaságnak alkalmazkodni kell, továbbá csökkenteni az ÜHG-kibocsátást. A cikk néhány lehetséges utat mutat be: a szántás nélküli talajművelést, az agrárerdészeti rendszereket és a tájhasználat-váltás ártéri gazdálkodás irányába történő lépésének lehetőségét.

Az éghajlatváltozás jövőbeli várható hatásai Magyarországon

Az éghajlati modellezés eredményei alapján valószínűsíthető, hogy a Kárpát-medencében megváltozik a jelenleg ismert éghajlati stabilitás. A változásokat jelzi, hogy az 1990-es évek végétől a természeti katasztrófák száma és az általuk okozott kár értéke statisztikai módszerekkel is kimutathatóan növekedett (Fischer&Knutti 2015). Az időjárásunkban egyre jelentősebbek a szélsőségek, gondoljunk akár a hőmérsékletre, szélerősségre, jég- vagy csapadékképződésre.⁴ Az éghajlat változását a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia jelentős kockázatként értékeli a gazdaság és a társadalom minden ága, így a mezőgazdaság számára is (NÉS, 2007).

Magyarország időjárását három jelentős éghajlat, a mediterrán, a kontinentális és az óceáni határozza meg. A Kárpát-medence éghajlata már csak ebből fakadóan is igen változékony, a tényleges időjárási jelenségek annak függvényében alakulnak, hogy épp melyik éghajlati öv határozza meg a medence klímáját. Ehhez járulnak még olyan speciális adottságok, domborzati, vízrendszeri sajátosságok, melyek akár fokozhatják a nagy éghajlati hatásoknak való kiszolgáltatottságunkat, de akár mérsékelhetik, kedvező esetben semlegesíthetik ezeket. Kiemelkedő jelentőségű, hogy a helyi természetes rendszerek mennyiben képesek befolyásolni a globális változásokat, illetve a globális hatások következtében milyen változásokon esnek majd át.

A Kárpát-medencében az előrejelzések nem egyöntetű eltérő ütemű és mértékű felmelegedést jósolnak, amit szélsőségesen hideg időjárási helyzetek tarkíthatnak. A folyamatok közös jellemzője tehát a *rendszerlengés*, azaz a korábbi dinamikus egyensúly felborulása, a szélsőségek fokozódása. Ez kihat a hőmérsékletre (mindkét szélső helyzet jellemző lehet, tehát egyszerre kell felkészülni jelentős fagykárookra és extrém hőségekre), a csapadékkiválásra, és más klímajelenségekre (pl. a szélerősség extrémítése, jégverés). A csapadékkiválás szélsőségesebbé válása térben és időben egyaránt várható, azaz egyre kisebb területekre hullhat egyre intenzívebb csapadék, illetve egyre

1 Felelős szerző. hetesi.zsolt@uni-nke.hu

2 Nemzeti Közzolgálati Egyetem, Sérülékeny Erőforrások Tudásközpont 1083 Bp. Ludovika tér 2.

3 Aquaprofit Zrt., 1013 Bp. Krisztina krt. 32

4 Ebben az írásban nem foglalkozunk a klímaszkeptikus állásponttal. Akármi is okozza az éghajlat változását (valószínű, hogy az emberi hatás), arra fel kell készülnünk, mert a következmények súlyosak is lehetnek.

gyakoribbá válhat az országrésznyi területekre kiterjedő nagyon intenzív, nagy mennyiségű csapadék (pl. 2010), illetve az azt követő időszakban kirívó csapadékhiány (2012). Aggasztó jelenség továbbá, hogy a csapadék egyre inkább kiszorul a vegetációs időszakból.

Az egyik legfontosabb változás a hőmérséklet emelkedése, illetve a hőmérséklet gyors, akár egy napon belüli változása. A nyári hőhullámok gyakorisága növekszik, ezzel együtt a *hőstressz*, valamint a hirtelen változó hőmérsékletek valószínűsége nő.

A klímaváltozás másik jellegzetes mozzanata a hőmérséklet emelkedése mellett a csapadékmennyiség éves átlagban vett csökkenése. Ez az érték is évszakonként változik. A tavaszi mennyiség már 25%-kal kevesebb a XX. század elején mért csapadékösszegeknél, a téli és az őszi csapadék közel 15%-kal csökkent (MET⁵). Jellemző még a csapadékkiválás területi koncentrálódása, illetve a vegetációs időszak csapadékátlagának csökkenése.

További problémát okoz a csapadékkiválás intenzitásának növekedése, azaz, hogy a kevesebb csapadék rövidebb idő alatt, hirtelen érkezik⁶. Ez egyrészt oda vezet, hogy kevesebb víz tud beszivárogni, és növekszik a lefolyás, másrészt – épp az előzőekből következően – növekszik az árvízveszély. Hegy és dombvidékeken emiatt nagy anyagi kárral járó és emberéleteket is veszélyeztető árhullámok alakulhatnak ki. Mivel a csapadék nem egyenletesen érkezik, mennyisége egyre kevésbé becsülhető meg (mert a sokévi átlagtól egyre nagyobb eltérések tapasztalhatók) a mezőgazdaság egyre kevésbé tud felkészülni a változásokra. 2014-ben az átlagosnál több csapadék hullott a nyár eleji időszakban. Azok a termelők tudtak eredményesen gazdálkodni, akik gombabetegségeknek ellenálló gabonafajtákat vetettek. 2015-ben az átlagosnál szárazabb volt a nyárelő, így azok voltak eredményesek, akik szárazságtűrő fajtákat vetettek. Ez a példa mutatja, hogy nem lehetséges az egyik szélsőséges időjárást mutató évből messzemenő következtetést levonni a következő évekre vonatkozóan, illetve hogy milyen nehézségek előtt áll az, aki alkalmazkodni szeretne.

Összegezve a várható hatásokat, a modellek szerint Magyarországon hosszabb idő átlagában egyre gyorsuló felmelegedés mellett a hőmérsékleti szélsőségek növekedése, a csapadék mennyiségének csökkenése, eloszlásának további egyenetlenedése, mindemellett a rendkívüli időjárási jelenségek gyakoriságának és intenzitásának növekedése várható.

A mezőgazdasági alkalmazkodás irányai: CO₂-megkötés és éghajlati adaptáció

A mezőgazdaság lehetséges és valószínűleg szükséges válaszait az éghajlatváltozás kapcsán alapvetően három területre lehet osztani: (1) a kibocsátás csökkentésére irányuló törekvésekre, (2) a megváltozott éghajlati tényezőkhöz való alkalmazkodásra, amelyből egy külön részt képez (3) a táji szerkezet adaptációs célú átalakítása.

1. Kibocsátáscsökkentés

A mezőgazdasági művelés gépiesítése a mélyebb és gyakoribb talajmozgatást hozta magával, de egyúttal hozzájárul ahhoz is, hogy a forgatás miatt a bomló szerves anyag a légkörbe jusson, jelentősen hozzájárulva a mezőgazdasági eredetű kibocsátáshoz. Korábbi vizsgálatok (Reicosky, 1997) kimutatták, hogy a mélyszántás során több CO₂ távozik a talajból, mint amennyi a leforgatott szármagvány szénttartalmából következik. A szántás lezárása tárccsával, illetve a szántóföldi kultivátorozás már kisebb CO₂-kibocsátással jár, a nem szántott kontroll területek kibocsátása pedig

5 http://met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_valtozasok/Magyarorszag/

6 A sarki körbefutó áramlás (polar jet stream) a sarki hideg mérséklődésével párhuzamosan gyengül, iránya nyugatkeletiből átcsap egy szeszélyesen fel-le kanyargó, lassabban Ny-K irányba vándorló áramlásba, ennek következtében az áramlat előterében szubtrópusi levegő juthat a sarkvidékre, vagy az áramlat mögött sarki levegő juthat a mérsékelt égövbe. Ha a Kárpát-medencében tartós hőhullám alakul ki (szubtrópusi anomális feláramlás), amely találkozik egy sarki hideg-betöréssel, özvízszerű eső, vihar képződhet, mert a megszokottól nagyobb hőmérséklet-különbségű légtömegek keverednek, az energiacsere intenzívebb.

minimális volt. A szántással kapcsolatos eredmény az éghajlati hatás mellett arról is árulkodik, hogy a talaj szerkezetének gyakori bolygatása szervesanyag-vesztéssel jár együtt.

A talajok humusztartalmának csökkenését (Márai, 2013) a minimális művelés, vagy a forgatás nélküli művelés módszerével meg lehet állítani (Blanco-Canqui et al, 2008), továbbá ezen módszerek az éghajlatváltozás miatti adaptációban is hasznosak, csapadékmegőrző és talajjavító hatásaik miatt, ld. később.

2. Alkalmazkodási kísérletek

Az emberiség története során az első nagy folyóvíz öntözési kísérletek különféle ökológiai katasztrófákhoz vezettek. (Molnár, 2009). A Mezopotámia területén jelentkező elszikedés az ott élő népek észak felé szorulását és a birodalmak összeomlását eredményezte a Kr. e. 1. évezredben. A folyókkal való helytelen bánásmód ma is jellemző: asszuáni gát megépítése az 1960-as évektől vágta el a termékeny iszap útját a Nílus alsó folyásán, a földek tápanyag-ellátottsága azóta csökken és az ország több okból ugyan, de élelmiszer-bevitelre szorul (McNeill, 2001).

A jelenlegi próbálkozások főként arra vonatkoznak, hogy a termelt növények stressztűrését növeljék. Ennek köszönhetően számos olyan, sok szempontból megkérdőjelezhető lépés is történt, amely gazdasági szempontból hasznos, de ökológiai hatása káros, ilyen pl. az oxifa nemesítése és a klímaváltozás elleni küzdelem zászlóshajójakénti propagálása (Borovics, 2012).

Másik próbálkozás a vetésidők eltolása ahhoz az általános jelenséghez igazodva, hogy ősszel kb. két héttel tovább van meleg idő, tavasszal pedig szintén kb. két héttel előbb van lehetőség a vetésre. Azonban ez a szemlélet nem veszi figyelembe, hogy nemcsak a vegetációs időszak kezdődik korábban és ér véget később a hőmérséklet átlagos emelkedése miatt, hanem a szélsőségek is egyre gyakoribbak, azaz például könnyen előfordulhat olyan hirtelen hőmérséklet-változás, aminek következtében a korán vetett növény kifagy.

Az egyik, legtöbb előnyt egyesítő módszer a talaj forgatás nélküli, takarásos művelése, amelyet az előbb már említettünk a CO₂-megkötés kapcsán. Ezt a módszert az USA-ban számos farmon évtizedek óta alkalmazzák. A kedvező ökológiai hatások mellett a talajmozgatás elmaradása miatt költségcsökkenés is tapasztalható. Gabe Brown, az Észak-Dakota Állam Burleigh megyéjében 2000 óta alkalmaz talajtakarásos, szántás nélküli művelést. A talaj szervesanyag-tartalma 1.7%-ról 4.5%-ra emelkedett 2009-re. Az egész évi csapadékmennyiség 380 mm átlagosan, de nagy ingadozásokkal; és ennek egy része hirtelen, egyszerre hullik, továbbá a tenyészidőszakban 200-250 mm hull. Ennek ellenére földje képes arra, hogy

a) egyszerre lehulló 345 mm csapadékot belvív nélkül befogadjon (míg a szomszédos földön 3 hétig volt belvív)

b) a mostoha körülmények dacára 80-110 q/ha kukorica-termésátlagot produkál.⁷

Mindezt a megszokott művelési ráfordítás ¼-ével éri el, azaz bevétele akár kétszerese lehet egy hagyományos gazdaságénak, ráadásul megtermelt növényei kevesebb vegyszer és műtrágya felhasználásával termeszthetők. (Tallman, 2012)

A talajkímélő mezőgazdasági módszer világszerte terjedőben van, a brazil és argentin szójatermés nagy része ilyen technológiával keletkezik, versenyképességének ez az egyik oka a GMO-vetőmag mellett. Amennyiben kedvező hatásait összegezzük, akkor a kevesebb művelési költség mellett kisebb üvegházhatású gáz-kibocsátással jár, illetve elősegíti a talaj kedvező tulajdonságainak (szervesanyag-tartalom, vízmegtartó-képesség, tápanyag-feltáródás) növekedését.

⁷ Összehasonlítással: hazánkban a kedvezőbb talaj- és éghajlati adottságai ellenére 70-80 q/ha kukoricatermés a megszokott.

	Iparszerű, talajforgató mg.	Talajmegújító mg.
Víz megtartás	A felső 30 cm-ben, kevés	Akár 70-80 cm mélységig, több
Hirtelen lehulló csapadék	Belvizet okoz	Elnyeli
Tápanyagforrás	Mútrágyából	Talajból, feltáró közti élőlényeken át
Talajszerkezet	Nincs, gyenge	Kiépült, fejlett
Terméshozam	Magas, a talajkimerülés után csökken (vagy minősége csökken: ld.: tápanyagtartalom)	Átállás után magas
Szervesanyag-tartalom	Alacsony, csökken	Magas, növekszik
Gazdasági haszon, ha az iparszerű =1	1	1,7-2
Mútrágyahasználat	Magas	Alacsony, vagy nincs
Növény ellenálló-képessége	Alacsony	Magasabb

3. Táj szerkezet átalakítása, tájgazdálkodás-váltás

Az agrár-erdészet olyan földhasználati rendszer, amelyben a folyamatosan fenntartandó fás kultúrákat tudatosan integrálják a mezőgazdasági növénytermesztés vagy állattartás tevékenységébe ugyanazon földterületen.

A hagyományos nagytáblás növénytermesztésnek számos hátránya van:

- a talaj az év felében csupaszon marad, emiatt fokozottan veszít a víztartalmából,
- a csupasz föld könnyen erodál, elhordja a szél, elviszi a víz,
- a nagy táblák lényegében nem borítottak jelentős növényzettel, így felettük felszálló légáramlatok alakulnak ki, ez gátolja a felhőképződést, távol tartja a zivatarokat (Gorshkov, 2008)

A legújabb kutatások szerint a talajerózió már számos civilizáció bukásához hozzájárult. A Római Birodalom és a maják hanyatlása is részben a termőföld kimerülésével hozható összefüggésbe. Érdekes példa erre Pál apostol efezusi útjának története. A fellázadt aranyművesek, akik Artemisz termékenység-istennő kultuszából éltek, el akarták üldözni a keresztény hithirdetőket a városból. Artemisz kultusza is azt bizonyítja, hogy a terület rendkívül termékeny volt. Az efezusi kikötő azonban a környező dombok eróziója miatt nem sokkal ezek után feltöltődött, a város elvesztette jelentőségét. Ma a part több km-re van az egykori kikötőtől.

A modern mezőgazdasági művelés részben fosszilis, részben bányászott forrásokból pótolja a talajban kimerült tápanyagokat – ez a fajta művelés biztosan nem fenntartható hosszú távon. Egy brit kutatás szerint Nagy-Britannia termőföldjei már csak 100 aratást bírnak ki, azután terméketlenné válnak⁸. Természetesen ez nem egy hirtelen esemény, hanem egy folyamat, ahogyan a termőföldréteg az erózióknak köszönhetően egyre vékonyabb lesz. A termelés további növelése egyre kevésbé lesz lehetséges, illetve sok esetben a terméshozamok csökkenésével kell majd számolni. Az amerikai professzor tanulmánya is kritikus pontként említi a bányászott illetve fosszilis forrásokból fenntarthatatlan módon pótolta tápanyagokat és a talaj fenntartható kezelésének fontosságát hangsúlyozza.

A problémára több megoldás is létezik, az egyika, fenntartható, de munkaerőigényes permakultúra. Egy másik megoldás az agroerdészet. A fenti definíciót hétköznapi nyelvre leegyszerűsítve, a szántóföldeket fasorokkal vékonyabb csíkokra osztják be. Az így létrejött termőföld szalagokon hagyományos gépi művelést folytatnak. A megfigyelések szerint a fák alkalmazkodnak és

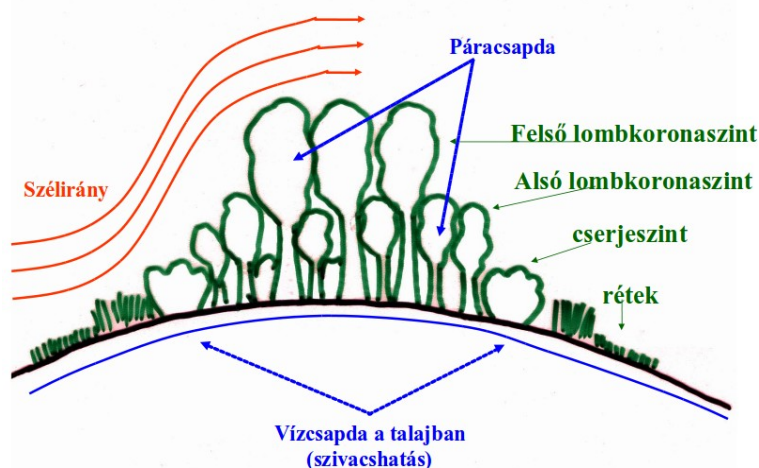
8 <http://www.independent.co.uk/news/uk/home-news/britain-facing-agricultural-crisis-as-scientists-warn-there-are-only-100-harvests-left-in-our-farm-9806353.html>

mélyebben ágaztatják el gyökerüket. Ennek köszönhetően a feltalaj nedvességtartalmát a szántóföldi haszonnövény hasznosítja.

Külföldi tapasztalatok alapján az így művelt termőterület 1 hektárján a hagyományos műveléssel összehasonlítva 0,8 hektárnyi termés és 0,6 hektárnyi faanyag termelhető meg. Összességében a módszer tehát gazdaságos, hiszen 1 hektár termőföldön 1,4 hektárnyi termés állítható elő. Mielőtt hazánkban a nagyüzemi gazdálkodás módszerei jelentős térnyerést értek volna el - azaz az 1970-es évek előtt - a jellemző táblaméretetek kisebbek voltak, és több mezővédő és tagoló erdősáv létezett. A sávok növényzete megfelelt az ökológiai szentesedés szabályainak, azaz a táblától egy keskeny gyepes színt, majd cserjeszint választotta el, a fák csak ezután következtek.

Különösen fontos kérdés Magyarország területén az egykori ártéri gazdálkodás területeinek felhasználásával létrehozott szántóterületek belvívveszélyeztetettsége. Mivel a folyó ártere leszűkült, és gátak közé került a víz a meder fenekén bevágódást képzett és kisvízi hozam esetén a vízállás alacsonyabb, mint a környező terület talajszintje, a folyó a kapillaris hatás miatt a környező mentesített területek talajvizét is elszívja. Magas vízállás, árvizes helyzet esetén a jelenség fordítva mutatkozik: a mentett oldalon belvív jelenik meg. Az ártéri területek vízügyi rendezése ugyan több szántóföldet eredményezett, azonban ezek a területek gyenge minőségűek, tavasszal belvívveszélyesek, nyaranta aszályosak (Andrásfalvy, 2013, Molnár 2009). A területre egykor olyan társulások (puha és keményfaligetek) voltak jellemzők, amelyek a tavaszi áradáskor a vizet felszívták és tárolták, a nyári időszakban pedig párologtatással és patakok táplálásával adagolták vissza, azaz a táj vizet tartott meg és forgatott. Ma ezen társulások helyén szántók vannak, amelyek nem képesek jelentős vizet megtartani, így a szántóterületek nyáron aszályveszélynek vannak kitéve.

A tájgazdálkodási megoldás keretében a több szintű, zárt, páracsapdaként működő ligeterdők visszahonosításáról van szó, főképp olyan alacsonyabb területeken, amelyek egyébként belvívveszélynek vannak kitéve. Nagyon fontos, hogy ez esetben az erdőnek nem a gazdasági haszna kerül előtérbe, hanem az ökológiai. Az ökológiai szentesedés szabályainak megfelelő erdőszáv képes többször 10-50 mm csapadék tárolására, a sáv alatt talajvíz-többlet keletkezik (Szesztay, 2000). Amikor a napsugárzás erőssége megnő, a növényzet párologtatással igyekszik kedvező irányba eltolni a hőmérsékleti viszonyokat, a víz tehát fokozatosan jut vissza a környezetbe, megnő a csapadékképződés valószínűsége a sáv feletti hűvösebb levegőben, a párologás hőelvonó hatása és felszálló légáramlat jellege, illetve az ebből fakadó nyomásesés miatt..



Az agroerdészet és a helyreállított mozaikos tájszerkezet előnyei:

- a talajerózió jelentősen csökken,
- a lombhullás természetes trágyázást jelent,

- a fák a mélyebb rétegekből a felszínre hozzák a tápanyagokat,
- az árnyékolás miatt csökken a talaj kiszáradása,
- szintén az árnyékolás miatt nem alakulnak ki felszálló légáramlatok, a terület így több csapadékhoz jut,
- nitrogén megkötő fafajok használatával csökkenthető a műtrágya-igény,
- a többféle termés (gyümölcsényben) biztosabb jövedelemforrást jelent, kedvezően módosítva ezzel a jelenlegi egyoldalú szántóföldi kultúrák dominanciáját, egyúttal csökken az egyoldalú termelés szerkezet éghajlati kitettsége is,
- a talaj magasabb víztartalma lehetővé teszi az aratást követően egy újabb termesztési ciklust ugyanabban az évben.

Magyarországon az agroerdészet és a tájgazdálkodás-váltás elősegítheti a belvízkezelést is. Az egykori laposok⁹, mélyebb vonulatokon húzódó belvizes sávoknak erdősávok, fasorok és gyepsávok kombinációjával való betelepítése elősegítheti a víz visszatartását, javítja a mikroklímát, egyszerre ad megoldási lehetőséget a nyári vízhiány és a tavaszi víztöbblet problémájára.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak Hetesiné Korcsok Editnek a gondos nyelvi lektorálásért és a Pallas Athéné Geopolitai Alapítványnak a vonatkozó kutatás támogatásáért.

Fischer&Knutti 2015: Nature Climate Change 5, 560–564 (2015)

NÉS, 2007: Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2007

Reicosky, 1997: Nutrient Cycling in Agroecosystems 1997, **49**, Issue 1,(273-285)

Márai, 2013: HITEK, 2013 **2**, (137-144)

Blanco-Canqui et al, 2009: Soil Science Society of America Journal **73** (4): 1361

Molnár, 2009: Molnár G: Ember és természet. Kairosz, Bp. 2009.

McNeill, 2001: Something new under the Sun. W. W. Norton & Company; 2001

Borovics, 2012: Erdészeti Lapok 2012, **11**, (341-342)

Tallman, 2012: No-till case study: Brown's Ranch 2012 NCAT Publications (www.attra.ncat.org)

Andrásfalvy, 2013: HITEK, 2013 **2**, (4-24)

Szesztay, 2000: A víz szerepe és jelentősége az Alföldön, A Nagyalföld Alapítvány vol6. 2000

9 A mélyebben fekvő, időszakosan vízzel borított területek tájgazdálkodási szakkifejezése. Jellemzően erdők, rétek borították.