

## Éghajlatváltozás okozta kihívások és gazdaválaszok Dr. Hetesi Zsolt<sup>12</sup> – Dr. Molnár Géza

*Mottó: „... és mégis nekünk kell gazdálkodnunk, és nem az időnek és véletlennek.”<sup>3</sup>*

### Kivonat

A jövő olyan változásokat hoz, hogy a Kárpát-medence éghajlata melegebbre fordul, miközben a szélsőségek növekednek. A csapadék éves eloszlása és intenzitása szintén kedvezőtlen irányba változik, így a mezőgazdaságban alkalmazkodni kell mindehhez, és egyúttal csökkenteni kell az ágazat üvegházgáz-kibocsátását. A cikk néhány lehetséges utat vázol fel, amely hasznos lehet a gyakorló gazdálkodóknak: a szántás nélküli talajművelést, az agrár-erdészeti rendszereket és a tájhasználat-váltás ártéri gazdálkodás irányába történő lépésének lehetőségét.

### Mire kell készülni itthon?

A gyakorló gazdának is szemet szúrhat, hogy a rekordok idejét éljük. Egyre többször hallani, hogy az eddigi legmelegebb hónapon vagyunk túl, tíz év alatt háromszor szembesültünk az évszázad árvizével, egyre több szélsőségnek lehetünk tanúi. 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<sup>4</sup>. Az időjárásunkban egyre jelentősebbek a szélsőségek, gondoljunk akár a hőmérsékletre, szélerősségre, jég- vagy csapadékképződésre.<sup>5</sup> Az éghajlat változását a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia jelentős kockázatként értékeli a gazdaság és a társadalom minden ága, így a mezőgazdaság számára is (NÉS, 2007).

A Kárpát-medence éghajlata a térséget érő atlanti, mediterrán és szárazföldi éghajlat hatásai miatt változékony. 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 a hőmérséklet emelkedését jósolják, de ez nem egyenletesen történik. A sarki körbefutó áramlás a sarki hideg mérséklődésével párhuzamosan gyengül, iránya nyugat-keletiből átcsap egy szeszélyesen fel-le kanyargó, lassabban Ny-K irányba vándorló áramlásba, emiatt lehetséges egy tartós hóhullám a Magyarországon (tartós meleg feláramlás Afrika felől), vagy hidegbetörés akár nyáron is (sarki leáramlás), és ezek megszűnésekor özvízszerű esők, jégesők, viharok lehetnek, mert a megszokottól nagyobb hőmérséklet-különbségű légtömegek keverednek, az energiacsere intenzívebb. A nyári hóhullámok gyakorisága növekszik, ezzel együtt a *hőstressz*, valamint a hirtelen változó hőmérsékletek valószínűsége nő. 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 nyári hóhullámok gyakoriságával együtt nő a *hőstressz*, valamint a hirtelen jelentőset változó hőmérsékletek valószínűsége. A

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

2 Nemzeti Közszerzői Egység, Fenntartható Fejlődés Tanulmányok Kabinet 1083 Bp. Ludovika tér 2.

3 Fekete István: Tüskevár

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

5 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.

csapadékkiválás szélsőségesebbé válása térben és időben egyaránt várható, azaz egyre kisebb területekre hullhat egyre intenzívebb csapadék, illetve egyre gyakoribbá válhat az országrésnyi 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. A csapadékmennyiség éves átlagban csökken is, a hiány 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<sup>6</sup>. A csapadék intenzívebbé válása oda vezet, hogy a csapadék egy része tud beszivárogni, és növekszik a lefolyás, másrésztől – épp az előzőekből következően – növekszik az ár- és belvízveszély. A helyes fajtaválasztás egyre nehezebb: 2014-ben az átlagosnál több csapadék hullott a nyár elejei 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.

HATÁS	JELENSÉG IRÁNYA	KÖVETKEZMÉNY
Átlaghőmérséklet emelkedése	Növekvő	Melegebb nyarak
Csapadékmennyiség csökken	Tovább csökken	Aszályos nyarak
Csapadékintenzitás nő	Koncentrálódó, kis helyre sok	Belvíz, árvíz, viharkárok
Hőstresszes napok száma	Növekszik	Terméscsökkenés
Szélsőséges hőmérsékletek	Gyors váltakozás	Stresszes növények

A fenntartható gazdálkodás más fontos kérdések vizsgálatát is igényli. 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 válnak<sup>7</sup>. Természetesen ez nem egy hirtelen esemény, hanem egy folyamat, ahogyan a termőföldrég az erózióknak köszönhetően egyre vékonyabb lesz. A termés hozamok további növelése egyre kevésbé lesz lehetséges, illetve sok esetben a hozamok csökkenésével kell majd számolni, olyan rendszereket kell fejleszteni, amelyek az éghajlati kihívás mellett erre is választ tudnak adni.

## A mezőgazdasági alkalmazkodás irányai: CO<sub>2</sub>-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. Az USA-ban korábbi vizsgálatok<sup>8</sup> kimutatták, hogy a mélyszántás során jelentős mennyiségű CO<sub>2</sub> távozik a talajból a feltárt mélyrétegekből. A szántás lezárása tárcsával, illetve a szántóföldi kultivátorozás már kisebb CO<sub>2</sub>-kibocsátással jár, a nem szántott kontroll területek kibocsátása pedig minimális volt. A szántással

6 [http://met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt\\_valtozasok/Magyarország/](http://met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_valtozasok/Magyarország/)

7 <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>

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

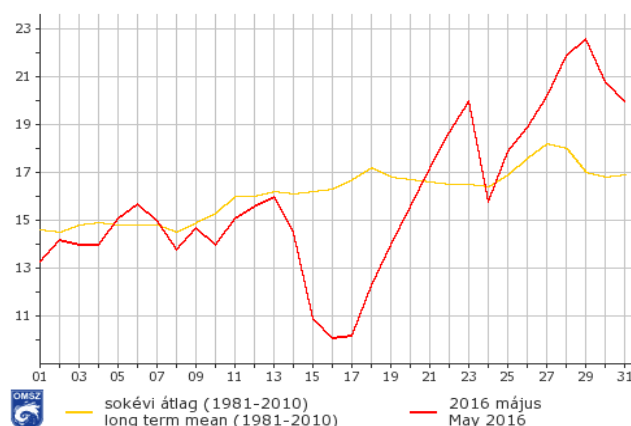
kapcsolatos eredmény az éghajlati hatás mellett arról is árulkodik, hogy a talaj szerkezetének gyakori bolygatása szervesanyag-vesztéssel jár együtt. A szántóföldi növénytermesztésben lehetséges egy olyan váltás, a minimum-till, vagy minimál művelés, amely a talajok humusztartalmának kimutatható csökkenését<sup>9</sup> lassítani lehet, vagy meg lehet állítani,<sup>10</sup> továbbá ezen az éghajlatváltozás miatti adaptációban is hasznosak, csapadékmegőrző és talajjavító hatásaik miatt, ld. később.

## 2. Alkalmazkodási kísérletek

Az emberiség története során az első nagy folyóvölgyi öntözési kísérletek különféle ökológiai katasztrófákhoz vezettek. A Mezopotámia területén jelentkező elszikésedés 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: az 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<sup>11</sup>.

A jelenlegi próbálkozások főként arra vonatkoznak, hogy a termelt növények stressztűrését növeljék. E célra nemesített növények, és különféle lombtrágyaként kijuttatható szerek széles választéka érhető el, azonban még nem áll rendelkezésre megfelelő tapasztalat, hogy nagy biztonsággal lehessen választani ezek közül. Számos olyan, megkérdőjelezhető lépés is történt, amely gazdasági szempontból hasznos, de ökológiai hatása káros, ilyen pl. az oxifa nemesítése és a klímaváltozás elleni küzdelem zászlóshajójakénti propagálása.<sup>12</sup> (Borovics, 2012). Magyar kutatók vizsgálják a stressz- és szárazságtűrő hüvelyesek (lencse, csicseriborsó stb.), itthoni sikeres, gazdaságos alkalmazásának lehetőségeit, mert ezek a növények a sokkal szárazabb Észak-Afrikában a vetésterület jelentős részét képezik<sup>13</sup>.

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, a 2016-os május erre jó példa, a május közepén tapasztalt lehülés, amely az alábbi ábrán is látszik.



9 Márai, 2013: HITEL, 2013 2, (137-144)

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

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

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

13 Somogyi, 2016: Változások kora, AGKI, Gödöllő (2016) konferenciakötet, p. 26

Az egyik, legtöbb előnyt egyesítő módszer a talaj forgatás nélküli, takarásos művelése, amelyet az előbb már említettünk a CO<sub>2</sub>-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 belvíz nélkül befogadjon (míg a szomszédos földön 3 hétig volt belvíz, ez Magyarországon is jellemző probléma)

b) a mostoha körülmények dacára 80-110 q/ha kukorica-termésátlagot produkál.<sup>14</sup>

Mindezt a megszokott művelési ráfordítás ¼-ével éri el, azaz bevétele akár kétszerese lehet egy hagyományos gazdaságnak, ráadásul megtermelt növényei kevesebb vegyszer és műtrágya felhasználásával termeszthetők.<sup>15</sup>

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.<sup>16</sup>

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

### 3. Tájszerkezet átalakítása, tájgazdálkodás-váltás

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

Mindezzel együtt várhatóak különféle éghajlati kihívások is. A legjobban az olyan rendszerek

<sup>14</sup> Összehasonlításképpen: hazánkban a kedvezőbb talaj- és éghajlati adottságai ellenére 70-80 q/ha kukoricatermés a megszokott.

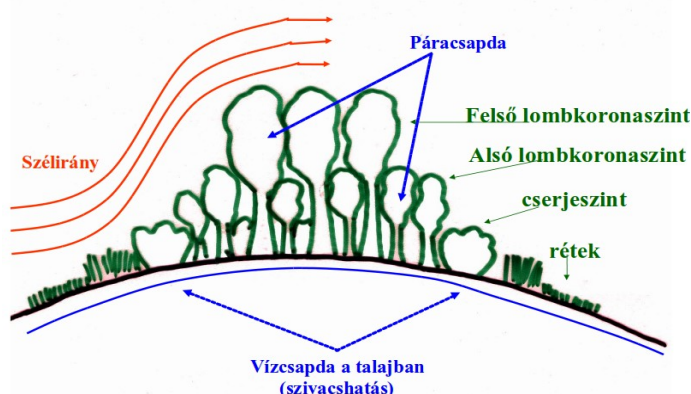
<sup>15</sup> Tallman, 2012: No-till case study: Brown's Ranch 2012 NCAT Publications ([www.attra.ncat.org](http://www.attra.ncat.org))

<sup>16</sup> Az átállás időszakában a gyomosodás növekszik, és bizonyos műtrágyák adagolását is (N) növelni kell; így nem rögtön várhatóak a fenti eredmények.

képesek alkalmazkodni, amelyek kellően összetettek ökológiai szempontból, bennük a víz- és anyagforgalom sokoldalúan szabályozott és képesek szűkebb környezetüket úgy befolyásolni, hogy az kedvező legyen számukra. Ilyen példa a nyári melegben párologtató erdő, amely így hűti a környezetét.

Ezt használja ki az agrár-erdészet. Ez egy olyan földhasználati rendszer, amelyben a folyamatosan fenntartandó fás kultúrákat tudatosan integrálják a mezőgazdasági növénytermesztés vagy állattartás tevékenységébe ugyanazon földterületen. 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 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 táblaméretek 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 belvízveszélyeztetettsége. 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 belvíz jelenik meg. Az ártéri területek vízügyi rendezése ugyan több szántóföldet eredményezett, azonban ezek a területek gyenge minőségűek, tavasszal belvízveszélyesek, nyaranta aszályosak<sup>17</sup>. 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, párcsapdaként működő ligeterdők visszahonosításáról van szó, főképp olyan alacsonyabb területeken, amelyek egyébként belvízveszélynek vannak kitéve. Nagyon fontos, hogy ez esetben az erdőnek nem a gazdasági haszna kerül előtérbe, hanem az ökológiai. Az ökológiai szentesedés szabályainak megfelelő erdősáv képes akár 10-50 mm csapadék tárolására, a sáv alatt talajvíz-többlet keletkezik.

17 Andrásfalvy, 2013: HITEK, 2013 2, (4-24), Molnár, 2009: Ember és természet. Bp. Kairosz 2009

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 párolgás hőelvonó hatása és felszálló légáramlat jellege, illetve az ebből fakadó nyomásesés miatt.<sup>18</sup>

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 termény (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 laposok<sup>19</sup>, 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.**

---

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

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