

Talaj és klíma

Az ökológiai gazdálkodásban alkalmazott talajművelés éghajlatra gyakorolt hatása



Az üvegházhatást okozó gázok egyik jelentős kibocsátójaként a mezőgazdaság meghatározó szerepet játszik a klímaváltozásban. A jó mezőgazdasági gyakorlatok azonban segítik az éghajlatváltozás és a globális felmelegedés negatív hatásainak mérséklését is, annak ellenére, hogy a klímaváltozás magát a mezőgazdasági termelést és a környezetünket is veszélyezteti.

Az ökológiai gazdálkodás a mezőgazdaság éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodásának egyik lehetséges módja.

Az ökológiai gazdálkodás alatt álló talajok ugyanis kevesebb üvegház hatású dinitrogén-oxidot (N₂O) bocsátanak ki, mint a konvencionális gazdálkodási módszerekkel művelt talajok. Az ökológiai gazdálkodással művelt területek talajaiban jelenlévő aktívabb és változatosabb mikrobiális közösség javítja a növények általános ellenállóképességét, és növelheti az éghajlattal összefüggő stresszhelyzetekhez való alkalmazkodóképességet.

Az ökológiai gazdálkodásban is alkalmazott csökkentett talajművelés egy talaj szervesanyag-gazdálkodási technológia, amely növeli a talaj felső rétegében tárolt szerves szén mennyiségét és segíti annak megőrzését.

Mezőgazdaság – kulcsszerep a klímaváltozásban

A légköri CO₂-koncentráció növekedése

A szén-dioxid (CO₂) az egyéb üvegházhatású gázokkal (ÜHG) együtt felelős azért, hogy a Föld globális éves átlaghőmérséklete +15 °C maradjon, és a földi élet a jelenleg ismert formájában fennmaradhasson. Minél nagyobb ugyanis az ÜHG-k légköri koncentrációja, annál melegebb lesz a földfelszín és a légkör is.

Az elmúlt 250 év alatt az emberi tevékenységből származó ÜHG kibocsátás a légköri CO₂ koncentrációját 280 ppm-ről a jelenleg mérhető 412 ppm-re emelte¹. Ezt a növekedést a globális éves átlaghőmérséklet +1,12 °C-os emelkedése kísérte (2021. évi adat).

Magyarországon az éves középhőmérséklet emelkedése kissé magasabb értéket mutat, az éghajlati adatok mérésének kezdete óta +1,2 °C-os hőmérséklet emelkedést állapítottak meg az Országos Meteorológiai Szolgálat munkatársai². Fontos megjegyezni, hogy ha az adatokat az utóbbi 40 évre vonatkoztatva vizsgáljuk, akkor a hőmérséklet emelkedés mértéke ennél nagyobb, +1,7 °C. A hőmérséklet-emelkedés ráadásul eltérő mértékben jelentkezik az egyes évszakok esetében, a legnagyobb növekedést a nyári átlaghőmérséklet esetében láthatjuk (1. táblázat).

	Átlag- hőmérséklet (1991–2020)	Átlaghőmérsékelt változás (1981–2020)
Éves	10,8 °C	+1,7 °C (1,2–2,2)
Tavas	11,2 °C	+1,4 °C (0,6–2,2)
Nyár	20,8 °C	+2,1 °C (1,4–2,8)
Ősz	10,7 °C	+1,5 °C (0,7–2,2)
Tél	0,4 °C	+1,9 °C (0,4–3,4)

1. táblázat: Az éves és évszakos középhőmérsékletek átlaga Magyarországon, valamint a változás becslése az 1981–2020 időszakokra, a 90%-os megbízhatósági intervallum alsó és felső határával.
Forrás: Országos Meteorológiai Szolgálat

Üvegházhatású gázok: A Föld légkörének fő üvegházhatású gázai a vízgőz (H_2O), a szén-dioxid (CO_2), az ózon (O_3), a metán (CH_4) és a dinitrogén-oxid (N_2O). A CO_2 , a CH_4 és a N_2O az emberi tevékenység által leginkább befolyásolt üvegházhatású gázok. Ezzel szemben a vízgőz és az ózon koncentrációja hosszú távon is stabil, vagy csak közvetetten befolyásolja az emberi tevékenység. **A mezőgazdaságból származó globális üvegházhatású gázkibocsátás 46%-a N_2O , 45%-a CH_4 és 9%-a CO_2 .**

Az üvegházhatású gázok (ÜHG) közül egyedül a fluorozott szénhidrogének képződnek kizárólag emberi tevékenység által. A légkörben csak kis koncentrációban fordulnak elő, de rendkívül erős üvegházhatású gázok (globális felmelegítő potenciáljuk akár 14 800-szor nagyobb, mint a CO_2) és nagyon jelentős hatást gyakorolnak az éghajlatra.

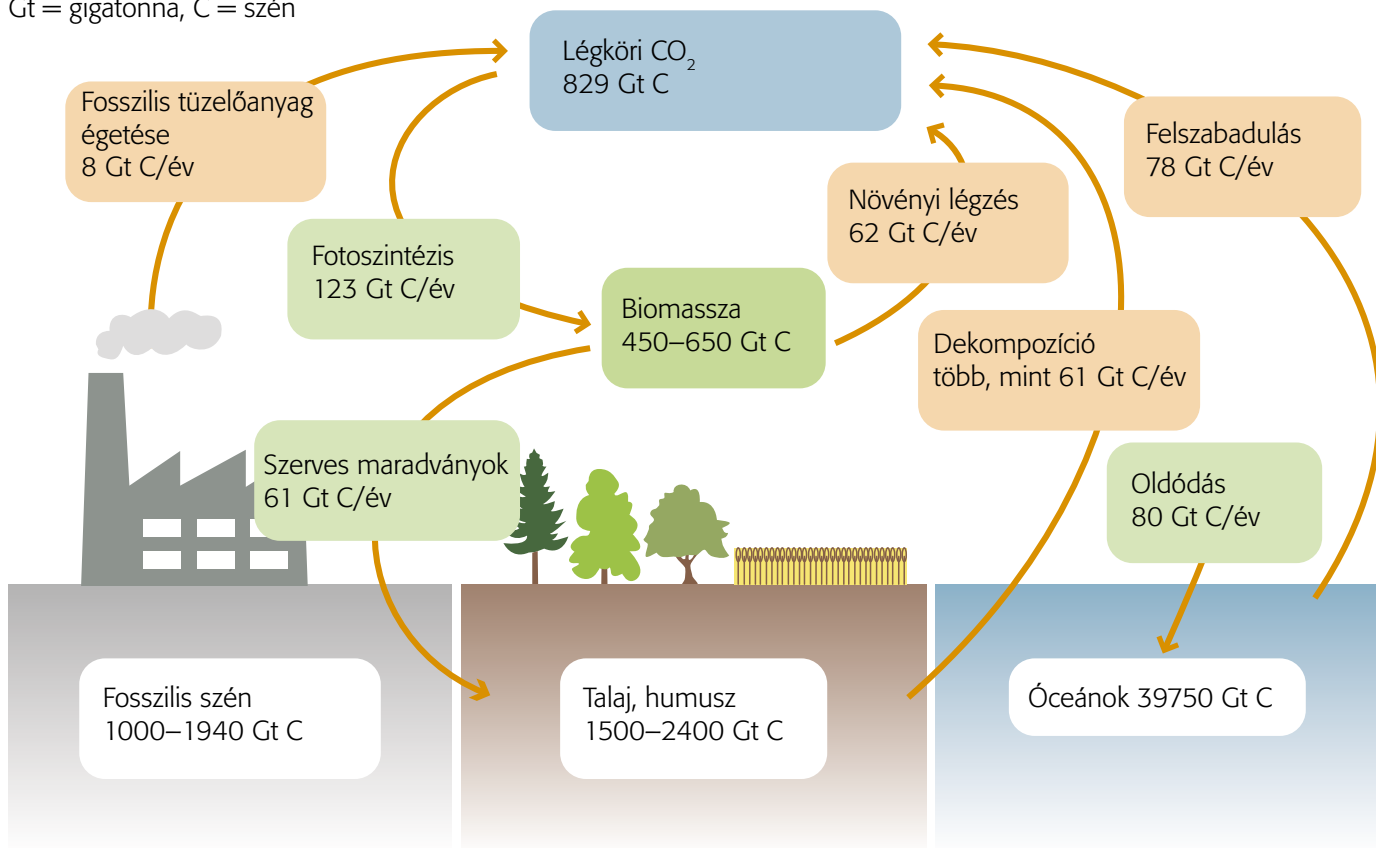
A biológiai bomlási és légzési folyamatokból származó CO_2 nagyrészt egyensúlyban van a fotoszintézis révén megkötött mennyiséggel. A mezőgazdasági földhasználat során az erdőből vagy gyepről szántóvá történő átalakítás, a fosszilis tüzelőanyagok elégetése és a meszezés az emberi tevékenységből származó CO_2 fő forrásai. A CH_4 elsősorban a talajban zajló anaerob bomlási folyamatokból (árasztásos rizstermesztés és vizes élőhelyek) és a kérődzők anaerob emésztési folyamataiból származik. N_2O pedig főleg a nitrogéntartalmú trágyák kijuttatása során és röviddel azt követően fellépő anoxikus körülmények között keletkezik, legyen szó akár szerves, akár ipari eredetű nitrogénforrásról.

CO_2 -egyenérték (CO_2 -eq): Az üvegházhatású gázok kibocsátásának általános mértékegysége. A CO_2 , CH_4 és N_2O mind üvegházhatású gázok, azonban eltérő globális felmelegítő potenciállal (GWP, Global Warming Potential) rendelkeznek. A GWP megmutatja, hogy egy adott gáz egységnyi idő alatt hányszor több hőt nyel el és sugároz vissza az atmoszférába a CO_2 -hoz képest, továbbá figyelembe veszi az üvegházhatású gázok légköri élettartamát is. A CO_2 GWP értéke 1, a CH_4 GWP értéke 24, a N_2O GWP értéke pedig 298. A GWP lehetővé teszi az ÜHG-ok egyenértékre történő átváltását és mivel a viszonyítási alap a CO_2 , a ÜHG-kibocsátást leggyakrabban CO_2 -egyenértékben fejezzük ki.

Gigatonne (Gt): A Gigatonna széles körben használt mértékegység az ÜHG mennyiségének kifejezésére. Egy gigatonna 1 000 000 000 milliárd tonna és 1×10^{15} vagy egy trillió grammnak felel meg.

A humusztartalom és talaj szervesanyag tartalom kifejezését egyaránt használjuk, a mért szerves széntartalmat 1,72-vel szorozva kapjuk meg a humusztartalom értékét.

Gt = gigatonna, C = szén



A humusz felhalmozódása és lebomlása alapvető szerepet játszik az éghajlat szempontjából releváns szén ciklusban.

A légkör CO_2 tartalma jelenleg évente 3,3 Gt C-vel növekszik.

A karbonátos kőzetek a lassú szén ciklusban vesznek részt, a szén 100-200 millió év alatt vándorol a kőzetek, talaj, óceán és légkör között³¹, ezért az ábrán nem szerepel. (Forrás: FiBL, Grafika: Heinz Flessa, Átdolgozás: ÖMKi. Készült az IPCC adatai alapján).

A mezőgazdaság ÜHG-kibocsátása magas

A mezőgazdaság (növénytermesztés és az állattenyésztés) a globális ÜHG-kibocsátás 11,2%-áért felelős³, amely önmagában sem kevés. Ha azonban a teljes élelmiszer láncot vizsgáljuk, amelybe beletartozik a mezőgazdasági inputanyagok (pl. műtrágyák és peszticidek) előállítás, a földhasználat váltás (gyepterületek felszámolása, erőtítés, talajművelés változása), valamint a termelést követő feldolgozáshoz és szállításhoz kapcsolódó tevékenységek energiaigénye is, akkor a mezőgazdaság már a globális ÜHG-kibocsátás legalább negyedéért⁴ (21–37%-ért⁵) felelős globálisan.

Magyarországon - a 2019. évre vonatkozó üvegházhatású gázok leltára alapján* - a mezőgazdasági szektorból származik az összes ÜHG-kibocsátás 11%-a (7 107 kt CO₂-eq)⁶. Ha a magyar mezőgazdaság teljes kibocsátására vagyunk kíváncsiak, akkor ehhez hozzá kell adni a mezőgazdasági gépek, és infrastruktúra üzemanyag és tüzelőanyag fogyasztásából eredő kibocsátásokat is, amely ezen felül további 1576 kt CO₂-eq kibocsátást jelent.

**Habár a mezőgazdasági művelés alatt álló területekből is származik szén-dioxid kibocsátás, a magyarországi szénleltár-számítás módszertani sajátosságai miatt ez sajnos nem jelenik meg kibocsátásként. Az intenzív, forgatószes talajművelés alatt álló területeken Magyarországon is bekövetkezik a szénkészlet csökkenése, azonban ez a humuszanyagok bomlásakor felszabaduló nitrogén, dinitrogén-oxid kibocsátás formájában szerepel csak a leltárban.*

A 2. ábra a magyar mezőgazdasági szektorban elszámolt gázok kibocsátásának megoszlását mutatja a 2019. évi adatok alapján. A kibocsátás legnagyobb részét a talajművelés hatására bekövetkező ÜHG-kibocsátása adja. Ezt követik az állattartásból, majd a trágyakezelésből származó kibocsátások. Szinte elhanyagolható mennyiségű kibocsátás adódik a talajok meszezéséből, a rizstermesztésből és a tarlóégetésből. A tarlóégetés tiltott tevékenység Magyarországon, csak növényegészségügyi okokból, a növényvédelmi hatóság engedélye alapján kerülhet rá sor.

A talaj, mint fontos szén tároló

A Föld teljes szénkészlete 75 millió Gt, amelynek 99,94%-a mészkőben kötött, 0,05%-a az óceánokban és csak 0,0037% az, ami a talajban raktározódik.

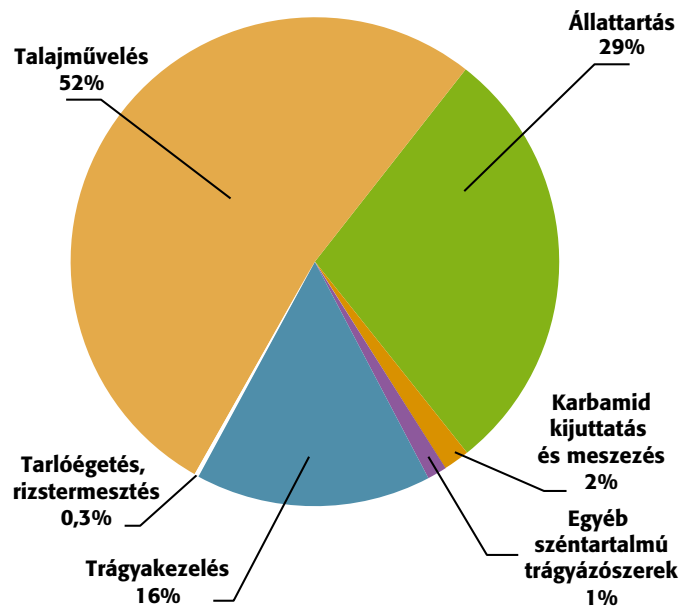
A talaj arányaiban azonban kétszer annyi szenet tartalmaz, mint a légkör és a szárazföldi biomasza együttvéve (1. ábra).

Habár a globális szénkészlethez viszonyítva, az éves szén ciklus során kibocsátott szén és a légköri CO₂ mennyisége alacsonynak tűnik, mégis ezek mennyisége a legmeghatározóbb a földi átlaghőmérséklet és klíma szempontjából.

Az emberi tevékenységből származó, folyamatosan növekvő kibocsátások eredményeképpen pedig továbbra is hatalmas mennyiségű, 3,3 Gt többlet szén kerül a légkörbe évente. A légkörbe kerülő többletet az elnyelésre képes folyamatok csak részben képesek ellensúlyozni, ami miatt a légköri CO₂ szintje folyamatosan emelkedik.

Mivel az ember csak a légkör, a talaj és a növényzetben raktározott szén mennyiségére képes hatást gyakorolni, ebben az összefüggésben a mezőgazdaság éghajlatváltozásban és szénmegkötő folyamatokban betöltött fontos szerepe már jól kirajzolódik.

2. ábra: A magyar mezőgazdaság üvegházhatású gázkibocsátása 2019-ben (energiaszektor és földhasználatváltás nélkül)



A földhasználat és a földhasználat váltásból adódó kibocsátásokat a földhasználati szektor, a mezőgazdaságban felhasznált üzemanyagok, közlekedés és inputtermelés kibocsátása pedig az energia-szektor kibocsátásában jelenik meg.



Az ökológiai gazdálkodás segíti a talaj szervesanyag-gazdálkodását, ami hozzájárul a talaj termékenységének, szerkezetének és vízmegtartó képességének javításához. Ez biztosítja a talaj hosszú-távú termőképességét, javítja a növények vízellátását és csökkenti az erózióból eredő talajvesztéseket.

A talaj szénkészletének kis változásai azonban jelentős hatással lehetnek az éghajlatra, hiszen a talaj szerves anyagainak építése révén több CO₂ kötődik meg a légkörből.

A szénmegőrző talajművelési gyakorlatokon kívül a mezőgazdaság további stratégiákat kínál az antropogén eredetű éghajlatváltozás mérséklésére. Ezek a stratégiák azt is lehetővé teszik, hogy a mezőgazdasági termelés alkalmazkodjon a megváltozott éghajlati viszonyokhoz.

A különböző forrásokból származó kibocsátások és az üvegházhatású gázok összehasonlításához a CO₂-t egységes váltóként használják, és gyakran CO₂-egyenértékben (CO₂-eq) fejezzük ki.

Biogazdálkodás – az éghajlatbarát alternatíva

Tartamkísérletek (DOK kísérlet - Svájc, Therwil; Frick talajművelési kísérlet - Svájc, Frick), szakirodalmi adatok, az iSQAPER eredményei (H2020 projekt) és az Agroscope által végzett gazdaság-összehasonlító vizsgálatok alapján az alábbi következtetések vonhatók le az ökológiai gazdálkodás éghajlatra gyakorolt hatásaival kapcsolatban:

- Azok az ökológiai gazdaságok, ahol füves here keverék szerepel a vetésforgóban, valamint almostrágyát vagy hítrágyát is kijuttatnak, ideális körülmények alakulnak ki a talaj szervesanyag-tartalmának fennmaradásához vagy akár növeléséhez is.
- Az ökológiai gazdálkodással művelt területeken, a csökkentett talajművelés elősegíti a szerves anyag felhalmozódást a talaj felső rétegeiben.
- Az alacsonyabb szervesanyag-nitrogénbevitelnek és a jobb talajtermékenységgel köszönhetően a biogazdálkodásban a N₂O kibocsátás 40%-kal alacsonyabb, mint a konvencionális gazdálkodásban.
- A talajban található változatosabb és aktívabb mikrobiális életnek köszönhetően az ökológiai gazdálkodással művelt talajokban vízhiány vagy aszály esetén is hatékonyabb a növények számára felvehető nitrogén mineralizációja, amely jobb alkalmazkodási lehetőséget biztosít az éghajlatváltozás okozta időjárási körülményekhez.
- Az egységnyi terméshozamra vetítve a vizsgálatokban (DOK kísérlet) szereplő biogazdálkodási rendszerek 19%-kal kevesebb energiát használtak fel, mint a konvencionális rendszerek. Az egységnyi területre vetített energiafelhasználás akár 30-50%-kal is alacsonyabb volt, mint a konvencionális rendszerekben.

A humusztartalom növelése többlet-szén megkötést jelent

Az irodalmi adatok átfogó elemzése kimutatta, hogy **az ökológiai gazdálkodással művelt talajok évente 170–450 kg-mal több szén** tárolnak hektáronként, mint a konvencionális

művelés alatt állók⁷. A különbség elsősorban a füveshere keverék szántóföldi vetésforgóban történő termesztéséből és a szerves trágyázásból adódik.

A talaj magasabb humusztartalma növeli a talaj vízzel és víztartó képességét, valamint a talajaggregátumok stabilitását, ami a talajeróziót is csökkenti⁸. Ezen kívül, a magasabb talaj szervesanyag tartalomnak is köszönhető aktív talajélet támogatja a növények egészségét^{9, 10}.

Az ökológiai és a hagyományos gazdálkodási rendszerek közötti különbségeket 40 éve vizsgáló összehasonlító DOK tartamkísérlet a svájci Bazel közelében található.

A kísérletből származó 2000 talajminta elemzése alapján az alábbi következtetések vonhatók le^{11, 12}:

- Konvencionális művelésben, kizárólag műtrágyát használva a humusztartalom jelentősen csökken
- Konvencionális művelésben, a műtrágya és szerves trágya párhuzamos használata mellett, valamint biotermesztés esetén a humusztartalom szinte állandó
- A DOK kísérletekben mért terméshozamok hat vetésforgó átlagában, 42 év alatt 20%-kal voltak alacsonyabbak az ökológiai művelésű rendszerekben, mint konvencionális művelés során. Ezt a terméshozamot azonban lényegesen alacsonyabb tápanyagutánpótlás és szintetikus növényvédő szerek nélkül érték el

Csökkentett talajművelés – alacsonyabb ÜHG-kibocsátás

A csökkentett talajművelés nemcsak a talajok védelmére alkalmas, hanem a klímavédelemben is fontos szerepet kaphat.

A mélyszántást sekélyebb, többnyire forgatás nélküli talajművelésre cserélve a humusztartalom jelentősen megnőhet a szántást alkalmazó talajműveléshez képest¹³. A FiBL 13 éve zajló, Frickben végzett talajművelési kísérletében a humusztartalom a talaj felső 50 cm-ében 8%-kal nőtt. A kísérlet teljes időtartama alatt a humusztartalom körülbelül 700 kg szén/év mennyiséggel növekedett hektáronként, csökkentett talajművelés esetén, miközben az üvegházhatású gázok kibocsátása változatlan maradt^{14, 15}.



Talajművelési módszerek összehasonlítása: bal oldalon hagyományos talajművelés ekével, jobb oldalon csökkentett talajművelés kultivátorral.



A talaj szervesanyag-tartalma biodinamikus gazdálkodással és csökkentett talajműveléssel egyaránt növelhető.

Egy svájci nemzeti kutatási program keretében végzett vizsgálat során 60 őszi búzát termeszto gazdaságból származó talajmintát hasonlítottak össze, melyek között ökológiai gazdálkodással és ekével művelt, konvencionális gazdálkodással és ekével művelt, valamint konvencionális gazdálkodásban művelés nélküli (no-till) területekről származtak¹⁶[14]. **A vizsgálat kimutatta, hogy az ökológiai gazdálkodás éppúgy elősegíti a humuszképződést a talaj felső rétegeiben, mint a művelés nélküli konvencionális gazdálkodás.** A művelést elhagyó (no-till) gazdaságok egyáltalán nem használnak talajművelő eszközt, helyette a vegyszeres gyomirtást glifozát tartalmú gyomirtó szerrel (Roundup®) végezték. Emiatt az ökológiai gazdaságok talaja a művelés nélküli és a hagyományos gazdaságokhoz képest aktívabb és változatosabb életközösséggel rendelkezett¹⁷.

Alacsonyabb N₂O-kibocsátás

Tudományos adatok metaanalízise alapján elmondható, hogy az ökológiai és a konvencionális művelésű területek talajaiból származó **N₂O-kibocsátás egységnyi területre vetítve lényegesen alacsonyabb az ökológiai gazdálkodással művelt területek esetében**, mint a konvencionális gazdálkodásban. Egységnyi hozamra vetítve a N₂O-kibocsátás azonban valamivel magasabb az ökológiai területek esetében¹⁸. A hozamra vetített talaj eredetű ÜHG-kibocsátás pontos mennyisége, és az ökológiai és konvencionális gazdálkodás között mérhető különbség mértéke más tanulmányok szerint vitatott kérdés, amit számos tényező befolyásol, azonban az idézett tanulmány szerint 9%-os termésnövekedés esetén az ökológiai gazdálkodás N₂O-kibocsátása már termésre vetítve is azonos lenne a konvencionális rendszerekben mért N₂O-kibocsátással.

Üvegházhatású gázok mérése búzamezőn, telepített gázgyűjtő kamrákban. A kamrákban felhalmozódó üvegházhatású gázok mérése több gáz minta egymást követő begyűjtésével történik. Ezeket a laborba viszik, ahol gázkromatográfiás elemzésnek vetik alá őket.

A FiBL által vezetett, 40 évet felölelő DOK-kísérlet adatai szerint, a terület alapú N₂O-kibocsátás az ökológiai gazdálkodásban és a biodinamikus rendszerekben átlagosan 40%-kal alacsonyabb, mint a konvencionális rendszerekben. Ez főleg az alacsonyabb nitrogéntrágyázással és a jobb talajminőséggel magyarázható, különösen a biodinamikus rendszerben¹⁹.



Az ökológiai gazdálkodás alatt álló talajok jobban alkalmazkodnak az éghajlatváltozáshoz

A FiBL kutatási eredményei azt mutatják, hogy az ökológiai művelés alatt álló talajok jobban alkalmazkodnak a klímaváltozáshoz kapcsolódó szélsőséges időjárási eseményekhez (pl. heves esőzések, aszály), mint a konvencionális művelés alatt álló talajok:

A DOK kísérletben az ökológiai gazdálkodással művelt talajok jobb aggregátumstabilitást mutatnak, amely a magasabb humusztartalomnak köszönhető²⁰. Ezek a talajok védettebbek a heves esőzések okozta erózióval szemben.

Irodalmi adatok alapján, a mikrobiális aktivitás az ökológiai művelésű talajokban szignifikánsan magasabb, mint a konvencionálisan művelt talajok esetében, beleértve a proteázaktivitást is²¹ (a proteáz egy olyan enzim, amely katalizálja a szervesen kötött nitrogén mineralizációját). A DOK kísérletből származó talajokkal végzett tenyészedényes kísérletben a FiBL kutatói bizonyították, hogy aszályos körülmények között az ökológiai gazdálkodásból származó talajok 30%-kal több nitrogént mineralizáltak a zöldtrágyából, mint a konvencionális gazdálkodásból származó talajok²². Az ökológiai gazdálkodással művelt talajok jobb mineralizációs képessége a mikroorganizmusok nagyobb diverzitásával magyarázható.

Egy nemrégiben közzétett tanulmány szerint, az extenzív szántóföldi gyakorlat és gyepezés a talaj változatosabb mikrobiális közösségének köszönhetően jobban segíti az időszakos vízhiányhoz és aszályhoz való alkalmazkodást²³. További FiBL-vizsgálatok azt is kimutatták, hogy a baktérium és gomba oltóanyagok alkalmazása low-input rendszerekben hozamnövekedést eredményezhet, különösen a mediterrán és a száraz szubtrópusi éghajlaton^{24, 25, 26}.

Ökológiai gazdálkodás – nagyobb energiahatékonyság

Az erőforrások felhasználásának hatékonysága a termelési rendszerek fenntarthatóságának alapvető mutatója. Az energiahatékonyság kiszámításához azonban a közvetlen energiafelhasználáson (pl. traktorok üzemanyaga) kívül az inputanyagok (pl. műtrágya vagy növényvédő szerek) előállításához szükséges közvetett energiát is figyelembe kell venni.

Habár a DOK kísérletben szereplő biogazdálkodási módszerek némileg több energiát igényelnek az infrastruktúra és a gépek működtetéséhez, például a mechanikai gyomirtás miatt, azonban a műtrágyák és a növényvédő szerek előállításához és kijuttatásához szükséges energia jóval alacsonyabb, mint konvencionális gazdálkodás esetében.

20 év alatt az ökológiai gazdálkodási rendszerben átlagosan 19%-kal kevesebb energiára volt szükség egy egységnyi termék előállításához²⁷. A földterülethez viszonyítva az ökológiai gazdálkodással művelt területek pedig akár 30-50%-kal is kevesebb energiát igényeltek.



A magasabb humusztartalmú és jobb aggregátumstabilitású ökológiai gazdálkodás alatt álló talajok jobban bírják a klímaváltozás okozta szélsőséges időjárási eseményeket. Összehasonlításképpen két kép az zivatar utáni „DOK kísérletből”: bal oldalon hagyományos, trágya kijuttatás nélküli termesztés, jobb oldalon biodinamikus termesztés komposztált trágya kijuttatással.

Következtetések

A klímakár csökkentési lehetőségek jobb kihasználása

Az ökológiai elvek szerinti talajművelés csökkenti a mezőgazdaság klímára gyakorolt negatív hatásait, és az ökológiai gazdálkodási rendszerek jobban alkalmazkodnak a klímaváltozáshoz.

Az ökológiai gazdálkodási körülmények között végzett csökkentett talajművelés (gyomirtó szerek nélkül) létfontosságú eszköz a biogazdálkodás klímaváltozás mérséklésében betöltött pozitív szerepének erősítésében. A gyomszabályozás hatékonyságának növeléséhez intenzív kutatásokra van még szükség²⁸, de a precíziós gazdálkodás módszereiben nagy lehetőségek rejlenek.

Az ökológiai gazdálkodás éghajlati hatás szempontjából mérhető relatív előnye nagymértékben függ a talaj termőképességétől, amely konvencionális gazdálkodási körülmények között műtrágyák és szintetikus növényvédő szerek alkalmazásával is növelhető. Az ökológiai gazdálkodásban ezek a módszerek nem engedélyezettek és az alacsonyabb terméshozam miatt, nagyobb területigénnyel kell számolni. Emiatt különösen fontos az ökológiai gazdálkodás módszereinek fejlesztése, adaptív fajták nemesítése, hatékonyabb növényvédelem és a városi zöldhulladék, komposzt és a biogáz termelésből származó fermentumok és alapanyagok tápanyagforrásként történő felhasználása. A FiBL kutatói azt is kimutatták, hogy az ökológiai gazdálkodási módszerek nagyobb védelmet nyújtanak a talajerózió ellen. Világszerte évente 10 millió hektár szántó vész el végleg a szél- és vízerózió miatt, amely megfelelő talajvédelemmel és az ökológiai gazdálkodás módszereit alkalmazva csökkenthető lenne²⁹.

A hatékony talaj- és klímavédelem mellett azonban további lépésekre és intézkedésekre is szükség van: **csökkenteni kell az élelmiszer-pazarlást, valamint a húsfogyasztást.** A húsfogyasztás csökkenésével az állati takarmányok termeléséhez szükséges terület is csökken, amely az ökológiai gazdálkodás nagyobb területigényét is biztosíthatná³⁰.

Habár az ökológiai gazdálkodás jelenlegi formájában is jelentősen hozzájárul az éghajlatvédelemhez, és jobb alkalmazkodást biztosít a klímaváltozáshoz, számos területen további kutatásokra van még szükség.

Nyitott kérdések

A talaj szervesanyag-tartalmához és minőségéhez kapcsolódóan jelenleg is folynak kutatások, de a humusztartalom stabilizálása, a humuszképződést elősegítő optimális trágyázási módszerek és az optimális humusztartalom mértékének meghatározása további vizsgálatokat igényelnek.

- Az ÜHG-kibocsátás mértékének konkrét mérésére van szükség a teljes vetésciklusban, a trágyatárolás és kijuttatás során, valamint az állattenyésztésből származó metánkibocsátás esetén.
- A szakpolitika vonatkozásában szükség van a mezőgazdasági támogatások optimális eszközeinek meghatározására és az élelmezésbiztonság, a klímavédelem, a biodiverzitás és az erőforrás-hatékonyságra gyakorolt hatásainak részletes elemzésére is.



FiBL kutatás: Az istállótrágya alkalmazása a „Frick” csökkentett talajművelési kísérletben. Az üveg-házhatású gázok kibocsátásának mérése a maximális kibocsátási értékek várható időpontjában történik.

Impresszum

Kiadja és forgalmazza:
ÖMKi - Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet
Közhasznú Nonprofit Kft.
Székhely: 1174 Budapest, Melczer utca 47.
Levelezési cím: H-1033 Budapest, Miklós tér 1.
info@biokutatas.hu | www.biokutatas.hu

A kiadvány alapjául szolgáló mű és kiadója: **Soil and climate, Climate impact of organic soil management**
Research Institute of Organic Agriculture FiBL
Ackerstrasse 113, P.O. Box 219, CH-5070 Frick
Tel. 062 865 72 72, info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

A magyar átdolgozás szerzője: Dr. Berényi Üveges Judit

Szerkesztő: Dr. Szira Fruzsina (ÖMKi)

Grafikai szerkesztés: Harsányi László

Az eredeti kiadvány szerzői: Paul Mäder, Markus Steffens, Maike Krauss, Andreas Fliessbach, Hans-Martin Krause, Colin Skinner, Martina Lori, Giulia Bongiorno, Matthias Klais, Christine Arncken, Hansueli Dierauer, Else Bünemann, Adrian Müller, Urs Niggli, Andreas Gattinger
Fotók forrása: Thomas Alföldi (FiBL Schweiz): S. 3, S. 5(1), Hansueli Dierauer (FiBL Schweiz): S. 4, Andreas Fliessbach (FiBL Schweiz): S. 6, Matthias Klais (FiBL Schweiz): S. 1, Else Bünemann (FiBL Schweiz): S. 5 (2), Alfred Berner (FiBL Schweiz): S. 7

ISBN-letöltés: 978-615-81056-9-9

A kiadvány megjelenését a Magyar Nemzeti Vidéki Hálózat támogatta.



MAGYAR NEMZETI
VIDÉKI HÁLÓZAT

© FiBL és ÖMKi 2022

Hivatkozások

- 1 <https://www.co2.earth/global-warming-update>
- 2 https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_hazai_valtozasok/homerseklet_es_csapadektrendek/kozephomerseklet/
- 3 Tubiello et al. (2015). The Contribution of Agriculture, Forestry and other Land Use activities to Global Warming, 1990-2012. *Global Change Biology* 21, 2655-2660.
- 4 <https://ourworldindata.org/food-ghg-emissions>
- 5 IPCC, (2019). Climate Change and Land - Summary for Policymakers.
- 6 <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2021>
- 7 Gattinger et al. (2012). Enhanced top soil carbon stocks under organic farming. *Proceedings of the National Academy of Science*, 109: 18226-18231.
- 8 Bünemann, et al. (2018). Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry* 120, 105-125.
- 9 Bongiorno et al. (2019a). Sensitivity of labile carbon fractions to tillage and organic matter management and their potential as comprehensive soil quality indicators across pedoclimatic conditions in Europe. *Ecological Indicators* 99, 38-50.
- 10 Bongiorno et al. (2019b). Soil suppressiveness to *Pythium ultimum* in ten European long-term field experiments and its relation with soil parameters. *Soil Biology & Biochemistry* 133, 174-187.
- 11 Mäder et al. (2002). Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296, 1694-1697.
- 12 Fliessbach et al. (2007). Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture Ecosystems & Environment* 118, 273-284.
- 13 Cooper et al. (2016). Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks: a meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, 36: 22.
- 14 Krauss et al. (2017). Impact of reduced tillage on greenhouse gas emissions and soil carbon stocks in an organic grass-clover ley - winter wheat cropping sequence. *Agriculture Ecosystems & Environment* 239, 324-333.
- 15 Krauss et al. (2020). Enhanced soil quality with reduced tillage and solid manures in organic farming – a synthesis of 15 years. *Scientific Reports* volume 10, Article
- 16 Büchi, L., Walder, F., Banerjee, S., Colombi, T., van der Heijden, M.G.A., Keller, T., Charles, R., Six, J., 2022. Pedoclimatic factors and management determine soil organic carbon and aggregation in farmer fields at a regional scale. *Geoderma* 409, 115632.
- 17 Banerjee et al. (2019). Agricultural intensification reduces microbial network complexity and the abundance
- 18 Skinner et al. (2014). Greenhouse gas fluxes from agricultural soils under organic and non-organic management – A global meta-analysis. *Science of The Total Environment*, 468–469: 553-563.
- 19 Skinner et al. (2019). The impact of long-term organic farming on soil-derived greenhouse gas emissions. *Scientific reports*, 9(1), 1702.
- 20 Siegrist et al. (1998). Does organic agriculture reduce soil erodibility? The results of a long-term field study on loess in Switzerland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 69, 253-264.
- 21 Lori et al. (2017). Organic farming enhances soil microbial abundance and activity – A meta-analysis and meta-regression. *PloS one* 12, e0180442.
- 22 Lori et al. (2018). Distinct nitrogen provisioning from organic amendments in soil as influenced by farming system and water regime. *Frontiers in Environmental Science*, 1-14.
- 23 Lori et al. (2020). Compared to conventional, ecological intensive management promotes beneficial proteolytic soil microbial communities for agroecosystem functioning under climate change-induced rain regimes. *Scientific Reports* volume 10, Article number: 7296
- 24 Mäder et al. (2011). Inoculation of root microorganisms for sustainable wheat–rice and wheat–black gram rotations in India. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(3), pp.609-619.
- 25 Schütz et al. (2018). Improving crop yield and nutrient use efficiency via biofertilization—A global meta-analysis. *Frontiers in plant science*, 8, p.2204.
- 26 Mathimaran et al. (2020). Intercropping transplanted pigeon pea with finger millet: Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria boost yield while reducing fertilizer input. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, p.88.
- 27 Nemecek et al. (2011). Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. *Agricultural systems*, 104(3), 217-232.
- 28 Armengot et al. (2015). Long-term feasibility of reduced tillage in organic farming. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(1), 339-346
- 29 Bai et al. (2018). „Effects of agricultural management practices on soil quality: A review of long-term experiments for Europe and China.“ *Agriculture, Ecosystems & Environment* 265: 1-7.
- 30 Muller et al. (2017). Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nature communications*, 8(1), 1290.
- 31 <https://masfelfok.hu/2019/04/25/co2-koncentracio-emisszio-globalis-szenciklus/>