

## A légkör emelkedő szén-dioxid koncentrációjának hatása a növénytermesztésre

**Tamás András**

Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,  
Földhasznosítási, Műszaki és Területfejlesztési Intézet, Debrecen  
tamas.andras@agr.unideb.hu

### ÖSSZEFOGLALÁS

*A légkörben a szén-dioxid és az egyéb üvegházhatást előidéző gázok mennyisége fokozatosan és egyre gyorsuló ütemben emelkedik az ipari forradalom óta. A légkör emelkedő szén-dioxid (CO<sub>2</sub>) koncentrációja hozzájárul a globális felmelegedéshez, és így a változások kihatnak, mind a csapadék, mind a párolgás mennyiségére. Sőt, a szén-dioxid koncentrációja közvetlenül befolyásolja a növények termelékenységét és élettanát. A hőmérsékletváltozások hatása a növényekre még ellentmondásos, bár már széles körben folytak vizsgálatok. A C4-típusú növények e tekintetben jobban reagálnak, mint a C3-asok. Azonban a szén-dioxid légköri növekedésére és a klímaváltozásra együttesen a C3-as növények reagálnak nagyobb gyarapodással.*

**Kulcsszavak:** légkör, szén-dioxid, klímaváltozás, hőmérsékletváltozás

### SUMMARY

*In the atmosphere, the amount of carbon dioxide and other greenhouse gases are rising in gradually increasing pace since the Industrial Revolution. The rising concentration of atmospheric carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) contributes to global warming, and the changes affect to both the precipitation and the evaporation quantity. Moreover, the concentration of carbon dioxide directly affects the productivity and physiology of plants. The effect of temperature changes on plants is still controversial, although studies have been widely conducted. The C4-type plants react better in this respect than the C3-type plants. However, the C3-type plants respond more richer for the increase of atmospheric carbon dioxide and climate change.*

**Keywords:** atmosphere, carbon dioxide, climate change, temperature change

### BEVEZETÉS

A légkör emelkedő szén-dioxid (CO<sub>2</sub>) koncentrációja hozzájárul a globális felmelegedéshez, és így a változások kihatnak, mind a csapadék, mind a párolgás mennyiségére. Sőt, a szén-dioxid koncentrációja közvetlenül befolyásolja a növények termelékenységét és élettanát.

A légköri szén-dioxid koncentráció várhatóan eléri az 550 umol/mol-t a század közepére (Carter et al. 2007). Ezzel párhuzamosan a globális hőmérséklet is emelkedik, az előrejelzések szerint átlagosan 1,5–4,5 °C-ot. Egyre gyakoribbá váltak a szélsőséges időjárási események, mint például a hóhullámok és/vagy az aszály (Carter et al. 2007).

Ezek a globális környezeti változások közvetlenül vagy közvetve befolyásolhatják a növények növekedését, fejlődését, a szemtermést és minőségét. A szemtermés a C3-as növények esetében várhatóan növekedni fog az elkövetkező 100 évben a megnövekedett szén-dioxid-koncentráció hatására (Kimball et al. 2001), de ez a változás előfordulhat, hogy csökkenti a gabona minőségi vonásait, mint például a fehérje, ásványi tápanyag és keményítő tartalmát. Különösen a nitrogén koncentráció csökkenése a szemekben okozhat minőségi károkat, mely már dokumentált és megfigyelhető emelkedett szén-dioxid-koncentráció esetén (Kimball et al. 2001). Más éghajlati tényezők, mint a magas hőmérséklet és a talaj vízhiánya valószínűleg negatív hatással lesz a búzaszem fehérje mennyiségére és minőségére.

A gabona fehérje-koncentráció és annak minősége határozza meg a liszt funkcionális tulajdonságait (Shewry és Halford 2002).

A légkörben a szén-dioxid és az egyéb üvegházhatást előidéző gázok mennyisége fokozatosan és egyre gyorsuló ütemben emelkedik az ipari forradalom óta. A Kormányközi Éghajlatváltozási Panel (IPCC 1995) második értékelő jelentése szerint:

- az üvegházhatásért felelős gázok koncentrációja emelkedett és jelentősen emelkedni is fog;
- az éghajlat a légkör emelkedő szén-dioxid-tartalma miatt változott, és az elmúlt évszázadban a felszíni középhőmérséklet átlagosan 0,3–0,6 °C-kal nőtt a világon;
- az antropogén aeroszokról tudjuk, hogy hűtőhatást váltanak ki, azonban ezek élettartama rövid a légkörben;
- a klímaváltozást bemutató szimulációk igazolják, hogy az üvegházhatásért felelős gázok és aeroszok várható kibocsátási értékei alapján a Föld középhőmérséklete átlagosan 1,4–5,8 °C-kal fog emelkedni 2100-ra.

Az előbbieken bemutatottak igazolják, hogy az üvegházhatásért felelős gázok mennyiségének emelkedése miatt a jövőben is tovább erősödik az üvegházhatás, a Föld éghajlatának melegedése, azaz a klíma változása. Ha ezt elfogadjuk, mint tudományosan bizonyított alapelveket, akkor erre alapozva megvizsgálhatjuk, hogy az egyes tényezők változékonysága miként befolyásolja a kultúrnövények természetességét.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

### A megnövekedett hőmérséklet és szén-dioxid koncentráció hatása a növényekre

A hőmérsékletváltozások hatása a növényekre még ellentmondásos, bár már széles körben folytak vizsgálatok (Wahid et al. 2007). A hőmérséklet közvetlen hatással van a növények földrajzi eloszlására. Egy észak felé tartó elmozdulás várható néhány növénytermesztési területen, válaszul a megjósolt hőmérséklet-emelkedésre, főként a mediterrán régiókban (Bindi et al. 1992, 1996, 2000). A termesztési ciklusok hossza is várhatóan változik, mivel a hőmérséklet emelkedésével változnak a termesztési küszöbértékek a tenyészidőszak elején és az aratás idején is (Porter 2005). A globális felmelegedés hatással van a növények fenológiai szakaszaira is, főként, amelyeknek bizonyos mértékű napsugárzás szükséges a virágzáshoz vagy a megtermékenyítéshez. Ha figyelembe vesszük, milyen hatással van a szén-dioxid és a hőmérséklet a növények növekedésére, arra jutunk, hogy a hőmérséklet-emelkedés ellensúlyozza a szén-dioxid koncentrációt a légkörben. A szén-dioxid és a hőmérséklet emelkedéséhez kapcsolódóan, a növényekre gyakorolt hatások fajtól függően nem additívak, és ami lényegesebb, e két tényező közötti kölcsönhatások vizsgálata kevésbé kutatott terület (Polley 2002).

### A hőmérséklet hatása a növények fotoszintetikus aktivitására

C3-as növényeknél 25 °C körül találjuk a hőmérsékleti optimumot, míg a C4-es növényeknél ez magasabb hőmérsékleteknél – általában 35 °C tájékán, de néha 40 °C fölött – található. Alacsonyabb hőmérsékleteken a C3-as növények fotoszintetikus aktivitása felülmúlja a C4-es növényekét és kb. 27–30 °C az a hőmérséklet, ahol azonos aktivitást mutatnak. 30 °C fölött a C4-es növények aktivitása jóval meghaladja a C3-as növények aktivitását (Ördög és Molnár 2011).

### A megnövekedett hőmérséklet és szén-dioxid koncentráció hatása a növényi evapotranspirációra

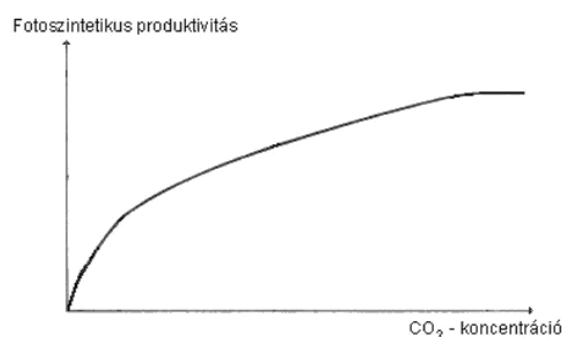
Az éghajlatváltozás egy lényeges változást jelent vízigény szempontjából a világ minden táján. Ebből a szempontból nagy problémák jelentkezése várható, főként Dél-Európában és a mediterrán területeken, ahol az átlagosnál nagyobb felmelegedés várható. Nyáron a hőmérséklet növekedése mellett forró hőhullámok és jelentős csapadék csökkenése valószínű (Olesen és Bindi 2002, IPCC 2005). Sőt, a mediterrán területeken csökken a rendelkezésre álló vízmennyiség, ezáltal aszályos időszakok várhatók. A szűkös vízkészletek, és a növények evapotranspirációja során jelentkező vízvesztések kiküszöbölése igen fontos ezekben a régiókban. A jövőre nézve új forgatókönyv készítésén van a hangsúly. A cél az volt, hogy egy módosított empirikus modell készül, mint hatékony eszköz, a mediterrán régiók lehetőségeire, annak érdekében, hogy az evapotranspiráció és a növekvő légköri szén-dioxid során keletkező vízhiány visszaszorítható legyen (Rana és Katerji, 2000).

## EREDMÉNYEK

### Várható ökológiai hatások

A klímaváltozás ökológiai következményei között igen fontos megjegyezni, hogy a növényzet jövőbeni fejlődésében a szén-dioxid koncentráció változásai is szerepet játszanak. Ez által fokozódik a növények fotoszintézise, nő a biomassa, viszont ezzel arányosan a termés is, viszont csak kisebb mértékben (1. ábra). Módosulhat az egyes növényi részek (levél, szár, gyökérzet) tömegének aránya és kiterjedése. Csökkenhet a növények fajlagos párologtató képessége, vagyis javul a rendelkezésre álló víz hasznosulása. A C4-típusú növények e tekintetben jobban reagálnak, mint a C3-asok. Azonban a szén-dioxid légköri növekedésére és a klímaváltozásra együttesen a C3-as növények reagálnak nagyobb gyarapodással (Ördög és Molnár 2011).

1. ábra: A levegő alacsony szén-dioxid-tartalmának fotoszintézisre kifejtett gátló hatása



Forrás: Net1

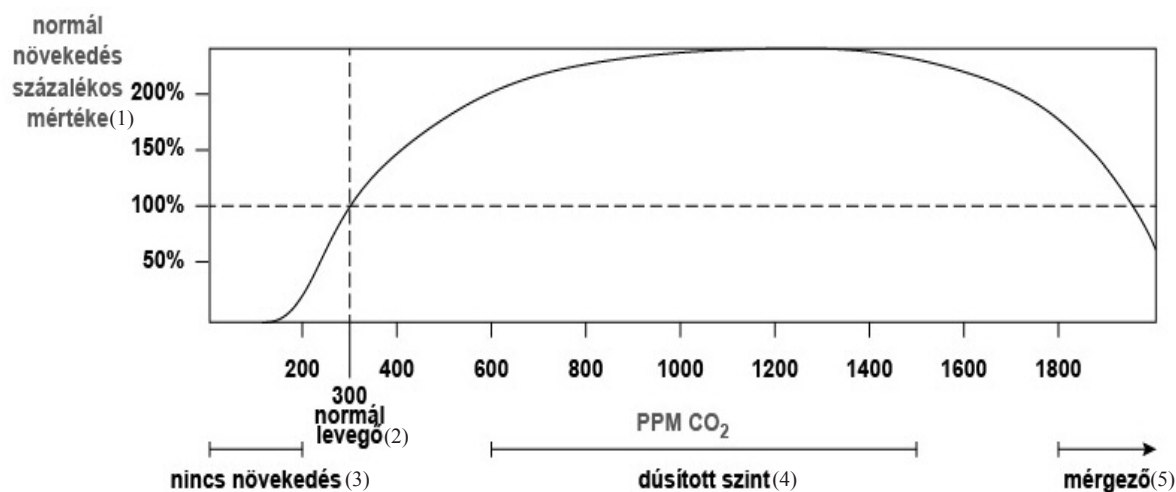
Figure 1: Low carbon dioxide content of the air impact on inhibiting photosynthesis

Note: y-axis: photosynthetic productivity, x-axis: CO<sub>2</sub> concentration.

Source: Net1

200 ppm alatt a növényeknek nincs elég CO<sub>2</sub> ahhoz, hogy a fotoszintézis folyamata végbe menjen és lényegében megáll a növekedés. 300 ppm körül van a légköri CO<sub>2</sub>-tartalom, ezért ezt a koncentrációt vehetjük egy 100%-os növekedési pontnak. A 2. ábra grafikonjából látszik, hogy a megnövelt CO<sub>2</sub> akár meg is dupláztathatja a növények növekedési sebességét. 2000 ppm fölött a CO<sub>2</sub> mérgező a növények számára és 4000 ppm fölött halálos az emlősök és az emberek számára (Net2).

Hazánkban végbemenő éghajlati változások közül a nyár szárazabbá válása a legkedvezőtlenebb a növénytermesztés szempontjából, ahol a vízhiány már ma is fő korlátozó tényező. A csapadék mennyiségének csökkenése többek között az aszályok gyakoriságának növekedését eredményezheti. A klíma szárazabbá és melegebbé válása jelentős hatással van állóvizeink vízkészletére, mivel azok a sekély tavak kategóriájába tartoznak. A változó hidrológiai folyamatoknak számos ökológiai következménye is lehet. Különösen a nyár végi kisvízi időszakokban a folyók vízminősége leromolhat, szárazabb és melegebb éghajlaton ez a rossz vízminőségi állapot gyakoribbá válhat. Ennek ökológiai és gazdasági következményeit egyelőre nem tudjuk reálisan megítélni:

2. ábra: A CO<sub>2</sub> koncentráció hatása a növények fejlődésére

Forrás: Net2

Figure 2: Effects of CO<sub>2</sub> concentration on plant's development

Percent of growth rate (%)(1), 300 PPM CO<sub>2</sub> – normal air(2), No growth(3), Enriched level(4), Toxic level(5)

- hazánk éghajlati és biogeográfiai szempontból is átmeneti területen helyezkedik el;
- egy kisebb mértékű éghajlatváltozás is erős flóra- és faunamozaikot (bevándorlásokat és kihalásokat) indítana meg a természetes élővilágban és a természet kultúrnövénykörben;
- az éghajlati szélsőségek hatásai következtében az egyre szárazabbá váló klíma hatására várható, részben már ma is megfigyelhető, a mediterrán és a balkáni növényfajok nagyobb térhódítása, továbbá a kozmopolita és adventív fajok (pl. gyomnövények) elterjedése;
- a magasabb hőmérséklet és a több napfény a vízhiányos időszakok miatt nem tud kellően hasznosulni, mely súlyos károkat okoz, különösen a zöldség- és gyümölcsstermesztésben;
- bizonyos hidegtűrő és csapadékkedvelő növények (pl. a burgonya) termesztése kritikus helyzetbe kerülhet;
- módosulhatnak a termőtalajok mechanikai tulajdonságai, élőviláguk, sőt, idővel kémiai összetételük is;
- a nagy melegekben nő a vízfelhasználás és párolgás, amit a csökkenő csapadék- és a vízkészletekből kellene fedezni;
- közvetett tényezők is felléphetnek, amelyek más környezeti tényezőkön, folyamatokon keresztül szintén befolyásolják a mezőgazdasági termelést (pl. a növényi betegségek és kártevők);
- az emelkedett szén-dioxid koncentráció és a globális hőmérséklet-növekedés megváltoztatja a kórokozók viselkedését, fejlődési sebességét és a kiváltott tünetek, illetve károk mértékét;
- a körülmények miatt megváltoznak a növényállomány jellemzői is (pl. növényi biomassza tömege gyarapszik, a növények állománysűrűsége nő, vízhasznosítása javul és C:N aránya is változik);
- a régiók eltolódása maga után vonhatja a természet növények károsítóinak vándorlását is (Racskó 2005).

Az üvegházhatású gázok növekvő kibocsátásaira, a feltételezett éghajlatváltozás hatásaira vonatkozóan hazánkban is számos területen voltak, illetve folyamatban vannak különböző vizsgálatok, intézkedések. A továbbiakban szükséges lesz – különösen a hazai kibocsátások feltételezhető növekedése, a várható hatásokra való felkészülés, illetve az Európai Unió keretében e téren mind sokoldalúbbá váló együttműködés következményei miatt – az erőfeszítések fokozására.

### KÖVETKEZTETÉSEK

A jövőben, amíg a növényi fotoszintetikus aktivitás nő, és a sztómakonduktancia csökken, a termesztés egy hatékonyabb vízfelhasználást tesz lehetővé. A növények vízigénye és az öntözés mennyisége változni fog a klímaváltozás függvényében, mivel egyes növények igényeit adott időszakokban kell kielégíteni, viszont az időjárási normák változnak. Főként a mediterrán területeken, ahol nagyobb felmelegedés várható az átlagosnál, főleg nyáron, és mellette forró hőhullámok és jelentős csapadék csökkenés valószínű. A hőmérséklet-emelkedés és várhatóan az ezzel járó csapadék csökkenése potenciális vízhiányhoz vezethet. Őszi-tavaszi növények esetében, mint például a búza, további vízhiány nem várható. Ezzel ellentétben, a tavaszi-nyári növényeknek, mint a paradicsom, a vízhiánya tovább fokozódik, és így az öntözés fontossága megnő. Viszont tény, hogy ezekben az időszakokban a növények evapotranspiratív igénye nem ellensúlyozza a kultúrák élettartamát és a részleges sztómazáródást (Lovelli et al. 2010).

Előfordulhat, hogy a rizs és a búza cink-, vas- és fehérjetartalma akár 10%-kal is csökkenhet 2050-re. Egyes termények, például a rizs és különböző fajtái igen eltérően reagálnak a szén-dioxidra, tehát, ezért a jövőben kialakíthatók olyan változatok, amelyek kevésbé érzékenyek a szén-dioxidra, így nem veszítenek tápanyag-tartalmukból. A szén-dioxid tápanyag-csök-

kentő hatása egy újabb csapást jelent a világ élelemtermelésére is.

Magyarországon éves átlagban 1,1 °C a várható a melegedés mértéke. Nyáron és ősszel kisebb ütemben (0,7 °C, illetve 0,8 °C), tavasszal és télen jóval nagyobb (1,1–1,6 °C).

– A nyári napok száma várhatóan 16%-kal (évi átlagban 9 nappal) növekedhet, a fagyos napok száma

mintegy 21%-kal (éves átlagban 15 nappal) csökkenni fog,

– az éves csapadékmennyiség tekintetében 7%-os csökkenés várható, mely a tavaszi időszakban a legjelentősebb,

– a csapadékos napok száma várhatóan 15–20%-kal csökkenni fog, a nagy csapadékú napok számában pedig növekedés várható (Racsó 2005).

#### IRODALOM

- Bindi, M.–Ferrini, F.–Miglietta, F. (1992): Climatic change and the shift in the cultivated area of olive trees. *J. Agric. Mediterranea*. 22: 41–44.
- Bindi, L.–Fibbi, M.–Gozzini, B.–Orlandini, S.–Miglietta, F. (1996): Modelling the impact of future climate scenarios on yield and yield variability of grapevine. *Climate Res.* 7: 213–224.
- Bindi, M.–Fibbi, L.–Maselli, F.–Miglietta, F. (2000): Modelling climate change impacts on grapevine in Tuscany. [In: Downing, T. E. et al. (eds.) *Climate Change – Climate Variability and Agriculture in Europe: An Integrated Assessment.*] Research Report 21. Environmental Change Unit. University of Oxford. Oxford. UK. 191–216.
- Carter, T. R.–Jones, R. N.–Lu, X. (2007): New assessment methods and the characterisation of future conditions. [In: Parry, M. L. et al. (eds.) *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability.*] Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press. Cambridge. UK. 133–171.
- IPCC (2005): Carbon dioxide capture and storage. Intergovernmental Panel on Climate Change. 431. [https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs\\_wholereport.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_wholereport.pdf)
- Kimball, B. A.–Morris, C. F.–Pinter, P. J.–Wall, G. W.–Hunsaker, D. J.–Adamsen, F. J. (2001): Elevated CO<sub>2</sub>, drought and soil nitrogen effects on wheat grain quality. *New Phytologist*. 150: 295–303.
- Lovelli, S.–Perniola, M.–Di Tommaso, T.–Ventrella, D.–Moriando, M.–Amato, M. (2010): Effects of rising atmospheric CO<sub>2</sub> on crop evapotranspiration in a Mediterranean area. *Agricultural Water Management*. 1287–1292.
- Net1: Növénytan. <http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/novenytan-novenytan/ch16s05.html>
- Net2: Szén-dioxid. <http://babylon-grow.eu/szen-dioxid-co2-i-44.html>
- Olesen, J. E.–Bindi, M. (2002): Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *Eur. J. Agron.* 16: 239–262.
- Ördög V.–Molnár Z. (2011): Növényélettan. Debreceni Egyetem – Nyugat-Magyarországi Egyetem – Pannon Egyetem. 70–74.
- Polley, H. W. (2002): Implications of atmospheric and climatic change for crop yield and water use efficiency. *Crop Sci.* 42: 131–140.
- Porter, J. R. (2005): Rising temperatures are likely to reduce crop yields. *Nature*. 436: 174–1174.
- Racsó J. (2005): A globális klímaváltozás és várható hazai hatásai a növénytermesztésben. *Mezőhír*. <http://mezohir.hu/mezohir/2005/06/a-globalis-klimavaltozas-es-varhato-hazai-hatasai-a-noveny-termesztésben/>
- Rana, G.–Katerji, N. (2000): Measurement and estimation of actual evapotranspiration in the field under Mediterranean climate: a review. *Eur. J. Agron.* 13: 125–153.
- Shewry, P. R.–Halford, N. G. (2002): Cereal seed storage proteins: Structures, properties and role in grain utilization. *Journal of Experimental Botany*. 53: 947–995.
- Wahid, A.–Gelani, S.–Ashraf, M.–Foolad, M. R. (2007): Heat tolerance in plants: an overview. *Environ. Exp. Bot.* 61: 199–223.