

OPPONENSI VÉLEMÉNY

Prof. Dr. Csajbók József

„A kukorica és napraforgó fotoszintézisét és vízfelhasználásuk hatékonyságát befolyásoló tényezők elemzése” c.

MTA doktori értekezéséről

Prof. Dr. Csajbók József a Debreceni Egyetem Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kara Növénytermesztési, Nemesítési és Növénytechnológiai Intézetének tanszékvezetője „A kukorica és napraforgó fotoszintézisét és vízfelhasználásuk hatékonyságát befolyásoló tényezők elemzése” címmel készítette el az MTA doktora cím elnyerésére irányuló disszertációját és tézisfüzetét. A tanszék kutatócsoportjaiban a tradicionális növénytermesztési kutatások mellett tájökológiai, környezetvédelmi, termelésfiziológiai, és termés-minőségvizsgálatok is folynak. A tanszék kutatói korán felismerték, hogy a globális klímaváltozás régiókban is jelentkező lokális hatásai jelentős módon befolyásolják a primer szántóföldi produkciós rendszerek dinamikai egyensúlyát, kapacitását, teljesítményét, illetve a növénytermesztés hatékonyságát. A növénytermesztési folyamatban alkalmazott agrotechnikai eljárások, beavatkozások (pl. a kijuttatott növényi tápanyagok és növényvédő szerek) csak akkor érhetnek el kedvező hatékonyságot, ha megfelelő tudományos háttér-ismeretekkel rendelkezünk a változások ok-okozati összefüggéseinek vonatkozásában, a beavatkozások hatásmechanizmusaival kapcsolatban.

Prof. Dr. Csajbók József és munkatársai több, mint 30 éve vizsgálják a legjelentősebb szántóföldi növényeink közé tartozó kukorica és napraforgó fotoszintézisét és a vízfelhasználásuk hatékonyságát befolyásoló tényezőket. *Vizsgálataik aktualitását, fontosságát* mi sem bizonyítja jobban, mint az elmúlt évtizedekben a régiókban is megtapasztalt folyamatos felmelegedés, és főként az Alföldön rendszeresen kialakuló csapadékhány, illetve a termőtalajban tapasztalható, kritikussá vált vízhiány. Napjainkban a növénytermesztés termésbiztonságának egyik meghatározó tényezője lett tehát a tenyészidőszakban rendelkezésre álló – a talajban tárolt vagy a csapadékként lehulló – vízmennyiség. Az Arizonai Állami Egyetem kutatói 2025 júliusában a Science Advances folyóiratban hozták nyilvánosságra a műholdas adatok elemzéséből levont, ide vonatkozó, következtetéseiket. Megállapították, hogy a Föld szárazulatai 2002 óta példátlan édesvíz-veszteséget szenvedtek el, amelyet az éghajlatváltozás, a fenntarthatatlan mértékű talajvíz-felhasználás és a szélsőséges aszályok okoztak. A kutatás négy, kontinentális méretű „mega-száraz” régió megjelenését tárta fel az északi féltekén, mely veszélyezteti a globális vízellátást és a mezőgazdasági termelést. A világ

népességének 2/3-a már olyan területen él, ahol az elmúlt 20 évben csökkent a rendelkezésre álló édesvíz mennyisége, a vízveszteség 68%-a pedig a talajban tárolt vizet érinti.

Tudományos vizsgálatok:

Csajbók József 1999-2023 között *szántóföldi kisparcellás kísérletekben* mérte a Debreceni Egyetem Látóképi Növénytermesztési Kísérleti Telepén, illetve az egyetem Böszörményi úti bemutató kertjében különféle kukorica és a napraforgó genotípusok fotoszintézisének paramétereit, transzspirációját, kiszámolta a vízfelhasználás hatékonyságát, illetve vizsgálta a vízstressz negatív hatásainak enyhítési lehetőségeit. Összefüggéseket keresett az egyes asszimilációs jellemzők, a vízellátottság, a vízfogyasztás és a tápanyagellátás, ill. az alkalmazott növényvédő szerek (herbicidek, fungicidek) kölcsönhatásai között. Külön figyelmet fordított a C3- és C4-típusú fotoszintézist folytató gyomnövények fotoszintetikus aktivitásának, kompetíciós képességének összehasonlítására a C4-típusú fotoszintézist folytató kukoricával. Megvizsgálta, hogy eltérően alakul-e a kukorica és a napraforgó vízhasznosításának hatékonysága extrém száraz és csapadékos évjáratokban?

Szabadföldi kísérleteit *tenyészedényes kísérletekkel* is kiegészítette, melyeket kukorica és napraforgó tesztnövényekkel klímaszobában állított be a Debreceni Egyetem nyíregyházi kutatóintézetében 2023-ban, illetve szabadföldi tenyészedényes kísérleteket is beállított ugyanebben az évben Debrecenben. Tenyészedényes kísérleteiben gyomirtó szerek (imozamox, halauxifen-metil) és különféle aszály és gyomirtó szer sokk ellen védő biostimulánsok fotoszintézisre gyakorolt hatásait tanulmányozta a normál vízellátottságú, ill. vízstressznek kitett tesztnövényeken. Vizsgálataihoz korszerű fotoszintetikus mérőműszereket alkalmazott, melyek infravörös gázelemző készülékkel is rendelkeznek. Mérései során potenciális és tényleges evapotranszpirációt, ariditási indexet, Pálfi-féle aszályindexet, vízfelhasználási hatékonyságot számolt ki, ill. megmérte a levélminták klorofilltartalmát is.

Dicséretes, hogy a pályázó a legmodernebb technikákat és kísérleti módszereket alkalmazta tudományos vizsgálataihoz. Munkaigényes mérései során rendkívül nagy számú adatahoz jutott, melyeket megfelelő biostatistikai módszerekkel – egy- és többváltozós varianciaanalízist, diszkriminancia-analízist, korrelációs analízist alkalmazva – rendszerezte és elemezte.

A disszertáció felépítése, formai és szakmai észrevételek:

Tudományos eredményeit összegző, a nyilvános védésre benyújtott *akadémiai doktori értekezés* összesen 157 oldalon 109 ábrát, (melynek egy részét mellékletben helyezte el), 6 mellékletben elhelyezett fotót, 19 táblázatot és 258 szakirodalmi hivatkozást tartalmaz. Mindez arányos és elfogadható, a dolgozat *struktúrája, felépítése, áttekinthetősége* jó, követi a konvenciókat. Az ábrák és táblázatok címeit külön is kigyűjtötte, feltüntette a dolgozat végén, mindez tovább segíti a dolgozat áttekintését. A disszertáció elején rövidítés jegyzéket is elhelyezett, ami azonban nem teljes, onnan

pl. az „NDVI” rövidítés (Normalized Difference Vegetation Index, magyarul normalizált vegetációs index) magyarázata kimaradt.

A *dolgozat címe* szabatos, helyénvaló, a pályázó tudományos vizsgálatainak irányultságát jól fejezi ki. A *dolgozat szerkesztési módja, stílusa, helyesírása* általában elfogadható, néhány dolgot azonban célszerű lett volna az értekezésben még kijavítani, pontosítani. Az irodalmi áttekintés fejezetben pl. (szerkesztési szempontból) célszerű lett volna először a kukorica, majd csak ezután a napraforgó vízfogyasztásával, vízhasznosításával foglalkozó szakirodalmat bemutatnia pl. a 2.4. és 2.5. fejezetekben, mivel az egész műben először a kukoricára vonatkozó eredményeit mutatja be, majd csak ez után foglalkozik a napraforgóval. Az értekezésben (tézisfüzetben) több *stilisztikai, nyelvtani, mondatszerkezeti és gépelési hiba* maradt. A ábrák egy részének címe jelen formájában nem értelmes (nincs befejezve) a dolgozatban (ld. pl. a 69-74. ábrák címeit) vagy a tézisfüzetben. A 69. ábra címe pl. „A kezelések hatása a napraforgó fotoszintézis intenzitására imazamox gyomirtószer hatóanyag” helyett szabatosan „A kezelések hatása a napraforgó fotoszintézis intenzitására imazamox gyomirtószer hatóanyag kijuttatása esetén” lenne. Több helyen nem helyes az összetett szavak, kifejezések külön- vagy egybeírása, pl. a „széndioxid” helyesen „szén-dioxid” formában írandó (ld. pl. a 38., 42., 43., 79. oldalakat a disszertációban) vagy a „széndioxid tartalom” „széndioxid szint” vagy „széndioxid megkötés” helyesen „széndioxid-tartalom” széndioxid-szint vagy „széndioxid-megkötés” formában írandó (ld. pl. a 47., 86. oldalakat) (útmutatóul ld. az MTA *Külön vagy egybe?* c. oldalát: <https://helyesiras.mta.hu/helyesiras/default/kulegy>). Néhány szót nagy kezdőbetűvel írt kis kezdőbetű helyett (pl. az „evapotranszspiráció” kifejezést a rövidítés jegyzékben). A tézisfüzet 10-11., 15-19., ill. a disszertáció 30-35. és 56-60. ábráinak címében, illetve az ábrák címének jegyzékében a „Látólép” földrajzi megnevezés helyesen „Látókép”.

A *dolgozat irodalmi áttekintése* elfogadható, alapos, részletes és szerteágazó. A 258 *irodalmi hivatkozás* bőséges, kapcsolódik a témához, többségük az elmúlt 15 évben született, és naprakész információt tartalmaz. Dicséretes, hogy magyar szerzők releváns publikációira is hivatkozik a dolgozat szerzője, az összes idézett mű 19,4%-át hazai szerzők jegyzik. A szöveggörnyezetben történő szakirodalmi hivatkozások megfelelnek az előírásoknak, a hazai és nemzetközi szokásjognak, ill. feltüntetésük az irodalomjegyzékben megfelel a nemzetközi szabványoknak.

Az *anyagokat és módszereket* bemutató 3.2.3. fejezetben nem derült ki, hogy a szabadföldi tenyészedényes kísérletét 2023-ban napraforgóval Debrecenben pontosan hol és milyen talajon állította be?

A disszertációban található *táblázatok és ábrák* szakmai tartalma (egyes ábrák címét leszámítva, ld. fenn), felépítése, külalakja, vizuális felépítése jó.

Az *Eredmények* c. fejezetben dicséretes, hogy a pályázó saját eredményeit módszeresen összeveti, ütközteti más kutatók korábbi eredményeivel. A disszertációban olvasható *következtetések* elfogadhatóak, tudományosan is alátámasztottak.

Az *irodalomjegyzékben* több formai és néhány gépelési hiba maradt (pl. Lehoczky Éva kollégánk neve helytelenül „Lehoczy É.” formában van feltüntetve). Formai szempontból nem következetes pl. az angol nyelvű művek címeiben (vagy egyes folyóiratok neveiben) a kis vagy nagy kezdőbetűk használata (az angolszász konvenció szerint valamennyi szó nagy kezdőbetűvel történő írása csak könyvcímek esetén indokolt, folyóirat címek esetén nem szokás). Néhány fajnév dőlt betűvel történő írása elmaradt egyes feltüntetett művek címeiben.

A disszertációban *angol nyelvű összefoglalót* nem találtam. A dolgozathoz magyar nyelvű *tézisfüzetet* is csatolt a pályázó. A benne foglaltakra ugyanazok az észrevételeim érvényesek, mint a disszertációra. Összességében a tézisfüzet megfelelő áttekintést nyújt az elvégzett tudományos vizsgálatokról és annak eredményeiről.

Új tudományos eredmények:

Az MTA doktora címre pályázó Csajbók József 14 pontban fogalmazta meg *új tudományos eredményeit*, melyek elfogadhatóak. 1. Mérésekkel igazolta, hogy a levegő széndioxid-koncentrációja 31,8%-kal megnőtt 1999-2023 között Debrecenben. Megállapította, hogy a CO₂-szint emelkedésének üteme nagyobb a globális adatokkal összehasonlítva. 2. Megállapította, hogy az extrémén száraz évjáratban a mészlepedékes csernozjom talajon termesztett kukorica vízfelhasználásának hatékonysága (WUE) az intercelluláris CO₂ szintjével igen szoros, a transzspirációval és sztóma-konduktanciával szoros, negatív korrelációban van. Napraforgóban a WUE értéke szoros negatív kapcsolatban volt a sztóma-konduktanciával, az intercelluláris CO₂-szinttel, a transzspirációval és a levegő-levél hőmérséklet különbséggel. 3. Megállapította, hogy a napraforgó fotoszintézis rendszere, extrémén száraz évjáratban, a kukoricához viszonyítva kevésbé érzékenyen reagált a vízhiányra, a fotoszintézis intenzitása meghaladta a kukoricáét. 4. Megállapította, hogy az eltérő mértékű tápanyagellátás szignifikáns különbségeket okoz a kukorica hibridek CO₂ asszimilációjában. Jó vízellátás mellett a növekvő műtrágyaadagok jelentősen növelték a fotoszintézis intenzitását. A vízstressz azonban, a sztómák átjárhatóságának csökkenésén keresztül, jelentősen csökkenti a fotoszintézist. 5. Megállapította, hogy a súlyosan vízhiányos körülmények között a C4-típusú fotoszintézist folytató gyomnövények (pl. a csattanó maszlag) fotoszintézise hatékonyabban működik a C3-asokénál, azonban a jó szárazságtűrűsű C3-as fajok (pl. olasz szerbtövis) is veszélyt jelenthetnek a kukorica fejlődésére. 6. Megállapította továbbá, hogy a csattanó maszlag mellett a közönséges kakaslábfünek is jó az árnyékolás-tűrése. 7. A kukorica nettó fotoszintézis intenzitása bármelyik megvilágítási szintnél a három vizsgált C4-es gyomfajé alatt

maradt. 8. Megállapította, hogy a vizsgált gyomnövényfajok, ill. a kukorica vízfelhasználásának hatékonysága a növekvő fényintenzitás hatására javul. A mezei aszat és közönséges kakaslábfü vízfelhasználásának értéke (WUE) változott legkevésbé a fényintenzitás növekedésével. 9. Megállapította, hogy a kukorica száraz körülmények között igen hatékonyan használja fel a vizet, míg jó vízellátottsági helyzetben a hatékonysága jelentősen romlik. Csapadékos években 150-200%-kal több vizet párologtat el 1 gramm CO₂ asszimilációja során, mint száraz években, illetve vízstresszes állapotban. 10. Megállapította, hogy a fotoszintézis intenzitása és a talaj felső 1 méteres szelvényének nedvességgészlete között igen szoros, szignifikáns kapcsolat van a tenyészidőben, mind a kukorica, mind a napraforgó esetében. A transzspiráció és a talaj nedvességgészlete között pozitív lineáris kapcsolatot igazolt mindkét növényfaj esetén. 11. Megállapította, hogy a megvizsgált kukorica genotípusok mért és számított fotoszintézis paraméterei, illetve a vízfelhasználás hatékonysága közötti különbségek minden esetben nagyobbak, mint a napraforgóban. 12. Megállapította, hogy jó vízellátottság mellett, a pikoxistrobin fungicidkezelés hatására a kukoricában mért nettó asszimilációs ráta a genotípusok átlagában 59,3%-62,2%-kal nagyobb volt, mint a kontroll parcellákban. Száraz évjáratban a fungicides kezelés (pikoxistrobin+ciprokonazol) a kukorica asszimilációs rátáját szignifikánsan, 70,9%-kal növelte meg. 13. Megállapította továbbá, hogy a vízhasznosítás a csapadékos tenyészidőben a gombaölőszeres kezelés hatása sokkal kifejezettebb volt a kukoricában, mint egy aszályos évben. A gombaölőszeres kezelés hatására a kukorica vízhasznosítása javult, ami elsősorban a nettó asszimilációs ráta növekedésének, kisebb mértékben pedig a transzspiráció csökkentésének volt köszönhető. 14. Végül megállapította, hogy az herbicidkezelések (imazamox, imazamox2 és halauxifen-metil) mindegyike jelentősen gátolta a napraforgó fotoszintézisét a kontroll növényekhez képest. A kijuttatott biostimuláns nem tudta teljesen kompenzálni a herbicidek negatív hatását, de a mért fototszintézis értékek a kontrollban mértékekhez közelítettek.

A disszertációt alaposan áttanulmányozva összességében kijelentem, hogy *az értekezés a jelölt önálló munkáján alapszik és megfelel az MTA doktora tudományos cím elnyeréséhez szükséges szakmai követelményeknek. A disszertációban és tézisfüzetben megfogalmazott valamennyi új tudományos eredményt elfogadom. Kijelentem továbbá, hogy a téma aktualitása, az alkalmazott módszerek korszerűsége, az új tudományos eredmények és azok rangos folyóiratokban történt publikálása alapján az MTA-hoz benyújtott dolgozat alkalmas arra, hogy azt Csajbók József nyilvános vitán és védésen mutassa be az MTA doktora tudományos cím elnyerése céljából. Sikeres nyilvános védés esetén messzemenően támogatni fogom az MTA doktora tudományos cím odaítélését.*

Kérdések:

1. A levegőben lévő széndioxid-szint emelkedési ütemét illetően miért távoli mérőállomások (pl. Manua Loa, Hawaii, USA) adataival hasonlította össze saját mérési adatait, miért nem az európai (pl. Jungfraujoch, Svájc; Puy de Dôme, Franciaország; Monte Curcio, Olaszország) állomásokéival? Összevethetőek-e a magaslati vagy a tenger felett elhelyezkedő mérőállomások adatai az Ön által kb. 125 m-es tengerszint-feletti magasságban mért emelkedő széndioxid-koncentrációkkal? Hogyan alakultak az Ön által vizsgált időszakban a széndioxid-koncentrációk a szintén az Alföldön található K-pusztán (Kecskeméttől 70 km délkeletre, 127 m t.sz.f. magasságban elhelyezkedő) mérőhelyen?
2. Sztenderdizálta-e az egymást követő években beállított szabadföldi kísérleteiben méréseinek időszakait, napszakjait, időjárási körülményeit, törekedett-e arra pl., hogy az egymást követő hónapokban vagy években mérései azonos órákban vagy közel azonos felhősödési viszonyok között történjenek – hogy ezzel elkerülhetők legyenek pl. a levelek sztómazáródása miatti kialakuló mérési anomáliák?
3. Eredményei alapján milyen szántóföldi gyomfajok előretörését feltételezi a vízhiánnyal és a hőmérséklet-emelkedéssel összefüggésben a hazai kukorica és napraforgó kultúrákban?

Nyíregyháza, 2025. szeptember 15.

Prof. Dr. habil. Simon László

a mezőgazdasági tudomány kandidátusa
az MTA doktora, egyetemi tanár

Nyíregyházi Egyetem
Műszaki és Agrártudományi Intézet
Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék