

VÉLEMÉNY

Csajbók József: A kukorica és napraforgó fotoszintézisét és vízfelhasználásuk hatékonyságát befolyásoló tényezők elemzése c. MTA Doktori értekezéséről

A disszertáció az egy oldalas rövidítések jegyzékét követően 3 oldal Bevezetést, 21 oldal Irodalmi áttekintést, 20 oldal Anyag és módszert, 68 oldal Eredmények fejezet mellett 3 oldalnyi Eredmények összefoglalását, 19 oldal Felhasznált irodalmat és további Mellékleteket tartalmaz. A **Bevezetés** általános helyzetkép két oldalban, ahol a harmadik oldal a célkitűzést helyettesítő nyolc megválaszolandó kérdést sorol fel. A **Felhasznált irodalom** elegendő számú, 258 db idézett publikációt tartalmaz, amelyben a szerző saját művei is beszerkesztésre kerültek. Ezt a fejezetet 109 ábra és 19 táblázat címeinek felsorolása, majd a **Mellékletek** (2 db) követik, ahol a párolgási arányokat évente (1999-2023) bemutató ábra-sorozatot illesztett be a szerző. A másik, a 2. sz. melléklet fényképfelvételeket tartalmaz, zömében a klímakamrás kísérletek szemléltetéséhez (6 db).

Az elején, a **Rövidítések jegyzéke** különösen praktikus hosszabb tudományos műveknél. A disszertációban több rövidítést használ a szerző, mint amit az elején a jegyzékben bemutat. A mozaikszavak alkalmazásánál nem követi a szokásos eljárást; ugyanis elég lett volna a mozaikszót a legelső alkalommal bevezetni, pl. a vízfelhasználás hatékonysága (WUE), s később csak a mozaikszót elegendő lett volna alkalmazni. S akkor nem állhatott volna elő, az, hogy pl. a 41. oldalon a sokadik megjelenésben ismét bevezetésre kerül a kifejezés: „...vízfelhasználás hatékonysága (Water Use Efficiency, WUE) ...”. A rövidítések jegyzéke nincs mindig összhangban a szövegek közti alkalmazással, pl. tényleges párolgásra ET (24. old.), a rövidítések jegyzékében ez TET, mely aztán dominánssá válik a disszertáció további részében. Az is előfordul, hogy van bevezetett rövidítés, de mégsem használja a szövegben, pl. 38. old. potenciális evapotranszpiráció PET helyett.

A disszertáció tagozása nem a tudományos publikációkban megszokott szerkezetű. Csupán az Eredmények fejezetcím alatt történik a végzett munka teljes tárgyalása. A tudományos közlemények ezen felül tartalmazzák az eredmények értékelését, diszkusziót és a következtetéseket is. S nemcsak a forma eltérő a disszertációban, hanem a tartalomban is szűkösen méri a jelölt a kapott eredmények okainak magyarázatát, a méréseiből levonható következtetéseket. A következtetések az Eredmények és az Eredmények összefoglalása c. fejezetekben egyaránt megtalálhatók.

A disszertációban Összefoglalás címmel fejezet nincs. Az Eredmények összefoglalása ezt nem pótolja.

A beadvány jól olvasható, alig van benne elütés (Bevezetésben: bizonytalanág; 22. old.: evapotranspiráció /evapotranszspiráció?), nehezen követhető mondat-szerkesztés „genotípusokra gyakorolt hatásának elemezte”; „... egy része nem vesz figyelembe a helyi speciális adottságokat...” (38. old.). Problémát jelenthet a jelölt magyar szakszó használata, ahol több esetben vannak már befogadott, s megfelelő tartalommal bíró angol nyelvről magyarra áttett jól definiált hazai szakszavak, mint pl. a sztómális rezisztencia = sztómaellenállás; sztóma konduktancia = sztóma vezetőképesség; párányomáshiány (VPD) = telítési hiány (24. old.); klímaszoba = klímakamra (36. old.-tól végig). Ami a szövegből hiányzott, az az egyenletek számozása. Így problémás lehet visszautalni az adott egyenletre a dolgozat további részeiben.

2. Irodalmi áttekintés

Az arányos hosszúságú, nem bő lére eresztett Irodalmi áttekintésben mozaikos képet kapunk Magyarország vízellátottsági/(aszály)helyzetéről. Főképpen az aszályt meghatározó élettelen környezeti tényezők tárgyalására helyez hangsúlyt a jelölt. A környezeti tényezők (meteorológiai elemek) irodalmának összegyűjtésében egy minden növényfajra kiterjedő rész mellett külön is áttekinti a két választott mintanövényének (kukorica és napraforgó) anyagforgalmi (asszimiláció, transzspiráció) irodalmi előzményeit. Az alfejezetekben jól mutatott volna, ha a hőellátás irodalmi áttekintésében is külön kezeli a későbbiekben alkalmazni kívánt két hőmérséklet-típust, a növényhőmérsékletet és a léghőmérsékletet, ill. azok differenciáját. Ezeknek nemcsak értékei, de tartalmuk is eltérő. Ami az irodalmi részből hiányzik, az a későbbiekben alkalmazott hőmérsékleti differencia háttere. S ez aztán az Eredményekben az ütköztetésből is kimaradt.

A víz alfejezet hivatkozásai nem újkeletűek.

Az agrotechnikai elemek élettani hatás-elemzése (nitrogén ellátás, herbicid alkalmazás) is teret kapott az irodalmi fejezetben. A biostimulátorok kimondottan a stressz-hatás csökkentésében játszott szerepük miatt kerültek bemutatásra.

Néhány irodalmi hivatkozás eléggé általánosra sikerült. Egyetlen példa: „Killi et al. (2017) a hőhullámokkal járó megemelkedett hőmérséklet hatását vizsgálta... melynél ...szignifikánsan negatív hatással van a magas hőmérséklet (mekkora?), de a fotoszintézisre gyakorolt káros hatás kevésbé volt nyilvánvaló.”

3. Anyag és módszer

Ez a disszertáció legkevésbé sikerült fejezete. Nem volt könnyű dolga a szerzőnek, mert nagy időtávlatban végzett kísérleteinek eredményeit kellett módszertanilag megalapoznia, ahol nemcsak a vizsgálat tárgya, de annak elemzési lehetőségei is fejlődtek, pl. az NDVI így került be a közelmúlt eredményeihez. Már az első alfejezetben a szántóföldi kísérleteknél „terjedelmi korlátokra” hivatkozva 6 korábbi irodalom címet kapunk, melyből négy mindössze 4 oldal terjedelmű. Ezekből a módszertani részre túl sok információ nem várható.

A módszerek leírása van, ahol eléggé elnagyolt (tenyészedényes kísérletek), sokszor felsorolás jellegű. Az rendben való, ha korábbi irodalomra utal a részletes bemutatás helyett. De a disszertációban ismertetett anyagok (fajták), módszerek sokszor tiszta felsorolások, amelyek megérdemeltek volna néhány teljes mondatos bemutatást. Van, ami nem volt teljesen világos, pl.

1	Negatív kontroll	Normál
2	Pozitív kontroll	Vízstressz

Majd ehhez hasonlóan a DEV valószínű valamilyen szer (tápoldat) rövidítése lehetett.

A talajról adott információk messze túlméretezettek a többi tényezőhöz képest. A meteorológiai adatokat célszerű lett volna már itt ábrával látványosabbá tenni, bár később az Eredményekben ez aztán megjelenik.

A Pálfay-féle aszályindexnek nagy teret szentel a módszertani részben, de az Eredményekben sokkal kevesebbet foglalkozik vele. A növényi jellemzők és a statisztika bemutatása módszertanilag megfelelő. Bár a vizsgált fajták névbetűinek felsorolásán túl nem kapunk információt róluk. Az elemzésben az eredmények gyakorlati vonatkozásai jól mutattak volna.

A táblázatok számozásában elegánsabb lett volna, ha a hivatkozás kronológiáját követ. Ekkor az 5. táblázat nem előzhette volna meg a 2.3. és 4. táblázat megjelenését a szövegben.

4. Eredmények

A feldolgozás egy hosszú, megfigyelésekkel teli szerzői életszakasz tevékenységét foglalja magában, meglehetősen sokrétű programmal. Valószínűleg ezért nem lehetett a Módszertani részt teljesen szétválasztani az Eredmények fejezettől. Az Eredmények fejezet egy-egy alfejezetének első része legtöbbször a legfontosabb módszertani előzményeket tartalmazza. Ez segítheti a megértést, de a terjedelmére tekintettel a teljes módszertani bemutatást kevésbé helyettesíti. Az időintervallum vége felé történt mérésekre módszertani irodalmi hivatkozás az Anyag és módszer fejezetben alig akad. Itt nem működik a publikációs utalás sem, mivel a legutolsó kukoricára hivatkozott módszert tartalmazó anyag 2014-es. (A 2020-as árpára vonatkozik). Így a disszertáció vége felé bemutatott NDVI-ről csak eredményeket látunk. Hogy történt annak a meghatározása?

A CO₂ mérések módszertanának leírása valószínűleg hiányzik az Anyag és módszer fejezetből. Hol és mivel mérték Debrecenben a háttér CO₂ koncentrációt, ami összevethető a globális mérésekkel? Mivel az összehasonlítás a globális háttérszennyezés értékkel történt (Hawaii-szigetek, Mauna Loa, hegytető!), így a debreceni mérésnek is háttérszennyezés értékkel összevethető magasságból kell származnia. A hazai háttérszennyezést 1994-től Hegyhátsálon Haszpra L. irányítása mellett mérjük, de K-pusztá, Szentgotthárd-Farkasfa szintén regisztrált helyszínről szolgáltak korábban. A CO₂ szint térben és időben erősen változó, markáns magassággal is változó profilja van, ezért, ha összehasonlítunk, akkor a mérések helyének is ezzel összehangoltnak kell lenni. Ha ez nem történik meg, akkor esetleg valamilyen korrekciós eljárást lehetne alkalmazni. Az állományban mért CO₂ értéket a növények jelenléte döntően meghatározza (mikroklíma). Ezért az állományban mért lokális pontszerű CO₂ szintet a globális háttérszennyezés értékeivel közvetlenül összevetni nem lehet. Ráadásul az idézett háttérszennyezés a teljes évre számolt átlag. A növényi tenyészidőszak ennél jóval rövidebb. Utalok a CO₂ markáns időbeli változékonyságára (Keeling-görbe). A Debrecenre 2023-ra lokális (háttér?, állományi?) CO₂-szint 044649% (446,49 ppm) állományon belül mért érték? Ha nem, akkor hol és mikor került meghatározásra? Ezt az összehasonlítást a módszertani háttér tisztázása nélkül nem tartom elfogadhatónak.

A disszertáció elején a vizsgálatba vont évjáratok csoportosítását több eljárással is korrekt módon elvégzi a szerző. Ennek ismeretében kezdi a legfontosabb élettelen környezeti tényezők (napsugárzásból a fotoszintetikusan aktív sugárzás, vízellátottság) teszt növények (napraforgó, kukorica, választott gyomnövények) asszimilációjára, transzspirációjára, ill. a kettő kombinációjaként a vízhasznosítás hatékonyságára gyakorolt hatás-elemzést. Az időjárás hatás áttekinthetőbbé tételében a hatáselemzést száraz (2012), extrém száraz (2007) és csapadékos (2010 és 2020) évjáratokban elkülönítve hajtja végre. A következő alfejezet ezek után érdekes, mert itt eltérő évjáratokban tűzi ki célként a fent nevezett mutatók elemzését, s mindezek kukoricára vonatkoznak (2010-2013 között). Tekintettel a megfigyelési adatsor hosszúságára, tanulságosabb lett volna, ha az évjárat-csoportok elemzésébe nemcsak egyetlen tenyészidőszak kerül be, hanem több, az adott csoportba tartozó, pl. aszályos, vagy nedves évek együttesen. A következtetés ekkor megalapozottabb, s jobban általánosítható lehetett volna.

Az agrotechnikai tényezők közül a tápanyagellátás, gombaölő szer és gyomirtó szer hatásvizsgálatát is elvégezte napraforgónál és kukoricán. A gyomirtó szer, mint egy stressz-faktor élettani folyamatokra gyakorolt negatív hatását klímakamrás kísérletei alátámasztották.

Nagyban segítette az eligazodást az eredmények felsorolását követő „A tápanyagellátás, asszimiláció és a vízfogyasztás közötti összefüggések elemzése kukoricában (2000-2004)” c. alfejezet végére tett pársoros összefoglalás. Jó lett volna a megelőző (további) alfejezetek végén is egy ilyen lényegkiemelés.

A napraforgó vízfelhasználása és fotoszintézis paramétereinek közötti összefüggések elemzése eltérő évjáratokban (2004-2012) c alfejezetben szemben a korábbiakkal, nem a növény- és léghőmérsékleti differenciával keres kapcsolatot (14. táblázat), hanem a léghőmérséklettel és a levélhőmérséklettel külön-külön, ami aztán nem is működött annyira, mint a differenciáé. A későbbiekben aztán visszatér a hőmérsékleti differencia alkalmazásához (40. ábra). Volt-e valami oka, hogy megfordította a szakirodalomban korábban bevezetett és széles körben használt „Tc-Ta”-t, vagyis a növényhőmérséklet és léghőmérséklet differenciáját, amely kiegészítésekkel mind a mai napig a növényi vízstressz mérésére széles körben alkalmazott mutató. Alapfeltétel ebben az esetben, hogy a léghőmérséklet mérési helye közvetlen az állomány feletti légtérben legyen (kiterjeszthetőség), s a növényhőmérséklet pedig nem pontszerű mintából, hanem állományra vonatkozó integrált értékből származzon. A LI-COR műszer pontszerű eredményét hogyan terjesztette ki állományra vonatkoztathatóvá?

Érdekes megállapításra jutott a szerző a 90. oldalon: „Minél melegebb a levél a levegőhöz képest, annál nagyobb a transzspiráció és a fotoszintézis intenzitása.” Ami a további kontextus szerint valószínű a lég- és növényhőmérsékleti differenciára utalhat. Korábbi vizsgálatok szerint akkor emelkedik a növényhőmérséklet a léghőmérséklet fölé, ha nincs elegendő víz a hűtésre, s ez utal a transzspiráció csökkenésére. Érdekes volt, hogy itt a megfordított lég- és növényhőmérsékleti differencia egy ábra kivételével mindig pozitív volt (pl. 38. ábra, 40. ábra). E szerint a növények hőmérséklete mindig alatta maradt a léghőmérsékletnek, így vízhiány nem lehetett a vizsgált állományokban. Egyetlen eltérést a 65. ábrán láthatunk, ahol van negatív érték is egy alkalommal. A számolt differencia tagjainak sorrendje azonban itt is fordított, mint az irodalmi értékek.

Az 5.-ik fejezet az **Eredmények összefoglalása**. Ez a fejezet jól foglalja össze a dolgozat igen szerteágazó eredményeit. Több helyen magyarázatot is hozzáfűz a mérésekhez, mely a megértést nagyban könnyítette.

A fenti észrevételeket is figyelembe véve új eredményként fogadom el:

- a kukorica és a napraforgó fotoszintézis rendszerének, tápanyag hasznosításának és vízfelhasználás hatékonyságának leírását Debrecenre és környékére, eltérő időjárású évjáratokban.
- A kukorica és a napraforgó genotípusok közötti eltérő élettani viselkedést a vizsgált paraméterek esetében (nettó fotoszintézis intenzitás, párolgás, WUE).
- A fungicides kezelés (pikoxistrobin +ciprokonazol) a kukorica asszimilációs rátáját és vízhasznosítását javította (azzal, hogy a transzspirációt csökkentette).
- A herbicid kezelés mindegyike jelentősen rontotta a napraforgó fotoszintézis paramétereit. A biostimuláns kijuttatása sem tudta kompenzálni a herbicidek negatív hatását napraforgóban.
- Különböző C3-as és C4-es gyomnövények elérő kompetíciós képességének magyarázatát a fotoszintézisük és a vízhasznosítás hatékonyságuk alapján, az eltérő sugárzashasznosítás (PAR) detektálását, valamint a gyomnövények élettani reakcióinak összevetését a vizsgálatba vont kultúrnövény (kukorica).

Kérdések:

1. Mekkora oázishatással számolt a párolgásnál, s mitől függött ez az érték?

2. A párolgást két eljárással is számszerűsítette a disszertáció. Volt egy számolt evapotranszspiráció (Szász és Antal eljárásai alapján) és egy mért transzspiráció. Nézte-e a kettő kapcsolatát nagyságrendileg záródott állományban, ahol a mért transzspirációhoz képest az evaporáció 10% alatti, s ez az összevetés megtehető.
3. Milyen lehetőségek vannak az irodalomban a növény- és léghőmérsékleti differencia vízellátottsági index-é alakítására, s ezek miben térnek el egymástól? Kik voltak a módszer bevezetői?

A disszertáció elegendő új tudományos eredményt tartalmaz, mely alapján az anyag védelemre bocsátását javaslom. Eredményes védelmet követően a fokozat odaítélése is megtörténhet.

Keszthely, 2025. szeptember 17.

Dr. Anda Angéla
Professzor, az MTA Doktora