

**A SZÁRAZSÁGSTRESSZ BIOLÓGIAI HÁTTERÉNEK
VIZSGÁLATA SÖRÁRPA FAJTÁKBAN ÉS
VONALAKBAN
DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

KÉRI-SCHMIDTHOFFER ILDIKÓ

**MOSONMAGYARÓVÁR
2021**

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR
NÖVÉNYTUDOMÁNYI TANSZÉK

Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer- tudományi
Multidiszciplináris
Doktori Iskola

HABERLANDT GOTTLIEB NÖVÉNYTUDOMÁNYI DOKTORI PROGRAM

Doktori Iskola vezető:

DR. ÖRDÖG VINCE DSC, EGYETEMI TANÁR

Programvezető:

DR. ÖRDÖG VINCE DSC, EGYETEMI TANÁR

A DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

**A SZÁRAZSÁGSTRESSZ BIOLÓGIAI HÁTTERÉNEK
VIZSGÁLATA SÖRÁRPA FAJTÁKBAN ÉS VONALAKBAN**

Témavezetők:

DR. HABIL. SKRIBANEK ANNA PHD, FŐISKOLAI TANÁR

DR. CSONTOS PÉTER DSC, TUDOMÁNYOS TANÁCSADÓ

Készítette:

KÉRI-SCHMIDTHOFFER ILDIKÓ

MOSONMAGYARÓVÁR

2021

1

1. BEVEZETÉS

Magyarországon a búza és a kukorica után az árpa a legfontosabb gabonanövény, a tavaszi és az őszi árpa is kiemelkedő élelmiszeripari jelentőségű. Termesztésük évről évre nagy kihívást jelent a magyar gazdáknak, hiszen hazánk kontinentális klímáján gyakori jelenség a tartós vagy átmeneti vízhiány (PÁLFAI 2011). Mindez minden évben kihívást jelent a növénytermesztés számára. A jövedelmező gazdálkodás feltétele a mindenkorai felhasználói követelményeket kielégítő fajták nemesítése, melyek jó beltartalmi értékekkel rendelkeznek, gazdaságosan termeszthetők, nagy termőképességűek, emellett ellenállóak a biotikus és abiotikus stresszekkel szemben. A szerző a szárazságtűrésre történő nemesítés lehetőségeinek bővítése érdekében a Gabonakutató Nonprofit Kft. Táplánszentkereszti Növénynemesítő Kutatóállomásával együttműködve 22 köztermesztésben lévő tavaszi árpa fajta és nemesítési vonal szántóföldi adataira alapozva laboratóriumi vizsgálatokat végzett. A fajták szántóföldi szárazságtűrését, 5 ismétléses kisparcellás tájtörzskísérletben 5 alföldi és 4 dunántúli kísérleti helyen úgynevezett bioassay módszerrel (TOMCSÁNYI 2012) határozta meg.

A munka során a következő célokat tűzték ki:

- A szárazságtűrő képességgel összefüggésbe hozható növényi válaszreakciók (hajtás- és gyökérnövekedés, oldható cukor és prolin tartalom, fotoszintetikus aktivitás, párologtatás stb.) a csíranövények vizsgálatánál is alkalmazhatók-e? Kimutatható-e a vízelvonó kezelés hatása csíranövény tesztekkel, valamint a fajták és vonalak eltérnek-e ilyen tekintetben?

- A szárazságtűrésért felelős Hsdr4 gén expressziója hogyan változik szárazsághatásra, valamint európai fajtasoron vizsgálva változik-e a génexpresszió mértéke?
- Csíranövények vizsgálatával lehetséges-e a fajták/vonalak szántóföldi szárazságtűrő képességére következtetni?
- A szántóföldi szárazságtűrés mérésére lehetséges-e a vizsgált paraméterek segítségével költséghatékony, gyors, megbízható laboratóriumi szelekciós metodikát kidolgozni?
- Természetes biostimulánsok mérsékelhetik-e a szárazsághatást, kimutatható-e fajtakülönbség e tekintetben?

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A kísérleti növények, fajtasor

A laboratóriumi vizsgálatokhoz összesen 23 termesztett tavaszi árpafajtát (*Hordeum vulgare* L.) használtunk. Az ozmotikus stressz csíranövényekre gyakorolt hatását a Gabonakutató Nonprofit Kft. Táplászentkeresztli Növénynemesítő Kutatóállomás tájtörzskísérleteiben szereplő 22 tavaszi fajtára és nemesítési vonalra alapoztuk. A fajták szántóföldi szárazságtűrő képessége ismert, melynek meghatározása a 2011-es évi szántóföldi terméseredmények alapján történt (TOMCSÁNYI 2012). A szárazságstressz algakezeléssel történő mérséklésére vonatkozó laboratóriumi kísérletekhez 9 szántóföldi szárazságtűrésük alapján különböző tavaszi árpafajtát és egy a szárazság szempontjából toleráns genotípust a *Hordeum vulgare* L. cv. Rihane-t, (ROMDHANE és mtsai 2020) alkalmaztunk, melyet a tápiószelei Növényi Diverzitási Központ biztosított számunkra.

2.2. A kísérleti növények nevelése

Fajtánként 30-30 db szemtermést szobahőmérsékleten (25 °C) nedves környezetben előcsíráztattunk, majd a 2. napon csíráztató hálóra helyeztük. A csíranövényeket szobahőmérsékleten, laboratóriumi fényviszonyok mellett, folyadékkultúrában az első hat napban csapvízben neveltük. A növényeken a csíráztatást követő 7. napon stresszkezelést alkalmaztunk (20%-os PEG6000-es oldattal vagy 16 óra hosszan tartó kiszáritásos technikával), majd a laboratóriumi mérésekhez a kilencedik napon 10-10 darab növényről reprezentatív módon (X alakú vonal mentén) mintát vettünk. A szárazsághatás mérséklésére vonatkozó kísérleteknél a fotoszintetizáló prokarióta *Nostoc entophyllum* (MACC-612) és az eukarióta *Tetracystis sp.* (MACC-430) algákat liofilezett állapotban a Mosonmagyaróvári Algagyűjtemény biztosította számunkra. A folyadékkultúrában 2 g L⁻¹ koncentrációban alkalmaztuk az alga szuszpenziókat (ÖRDÖG 2015) a csíráztatástól számított 2.-tól, majd a 7. napon vízelvonó kezeléssel együtt is alkalmaztuk.

2.3. A laboratóriumi mérések

Az ozmotikus stressz és az alga szuszpenziók csíranövényekre gyakorolt hatására irányuló laboratóriumi vizsgálatainknál mértük a kontroll és a kezelt fajták csíranövényeinek gyökér- és hajtáshosszát, a hajtások és a gyökerek együttes nedves össztömegét. A növények állapotát a levelek aktuális telítettségi vízhiányával (WSD% – water saturation deficit) jellemeztük STOCKER (1929) szerint.

Fajtánként négy ismétlésben, három-három növényen mértük a sztómák nyitottságával arányos sztómakonduktanciát LI-6400 készülékkel, illetve a fotoszintetikus aktivitás változását pulzáló amplitúdó

modulációs (PAM) hordozható MINI-PAM klorofill-a fluoriméterrel. A mért paramétereiből (F_o , F_m , F'_m) kiszámítottuk a növények fényhasznosítását ($F_v/F_m = (F_m - F_o)/F_m$) (BILGER és SCHREIBER 1986), a PSII effektív fluoreszcencia hozamát ($Y = (F'_m - F)/F'_m$) és a nem-fotokémiai kioltást ($NPQ = (F_m - F'_m)/F'_m$) (BILGER és BJÖRKMAN 1990).

A csíranövények prolin kimutatását BATES (1968), az oldható cukor tartalmát DUBOIS (1956) munkája alapján végeztük.

A szárazságtűrésben szerepet játszó Hsdr4 gén expresszióját SUPRUNOVA és mtsai (2007) munkássága alapján vizsgáltuk. A növényi minták totál RNS-ének kivonásához TRIzol® reagenst alkalmaztunk. A cDNS szintetizálása után a reakciót Mx3000P qPCR System (Agilent Technologies) Real-Time PCR készüléken futtattuk le normál üzemmódban. Az eredmények kiértékelésénél a kezelések hatására bekövetkező Hsdr4 expressziós értéket LIVAK és SCMITTGEN (2001) munkássága alapján számoltuk ki.

2.4. Statisztikai módszerek

A mért növekedési, élettani és molekuláris biológiai paramétereket a különböző kezelések során $n=4$ ismétlésben mértük. A csoportátlagok páronkénti összehasonlítására Microsoft Excel programban Student-féle t -próbát alkalmaztunk egyenlő és nem egyenlő varianciák esetében. A nem normál eloszlást mutató adatoknál Mann-Whitney teszttel végeztük az összehasonlításokat. A helyes próba kiválasztásához előzetesen F -próbát végeztünk. Különbözőnek két csoport átlagát a nullhipotézis $p < 0,05$ valószínűsége esetén tekintettünk szignifikánsnak. Az árpa fajták egyes

paraméterei és a szántóföldi szárazságtűrés közötti kapcsolatot Microsoft Excel programban regresszióanalízissel elemeztük.

A többféle kezelés hatásának elemzéséhez egyutas ANOVA-t alkalmaztunk (BM SPSS Statistics 25.0 program). Az egyes kezelések hatásainak igazolására post-hoc tesztként Bonferroni-tesztet alkalmaztunk, ezeket $p < 0,05$ esetén tekintettük szignifikánsnak.

3. EREDMÉNYEK MEGVITATÁSA ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

3.1. Vízelvonó kezelés hatása a csíranövényekre.

A vizsgált tavaszi árpafajták és vonalak 9 napos csíranövényeinek növekedési paramétereiben stressz hatására különböző mértékű változásokat figyeltünk meg. A kontrollhoz viszonyított vízelvonó kezelésre a 22 tavaszi árpa fajta gyökérhossza, és hajtáshossza szignifikánsan ($p < 0,05$) csökkent.

A prolin tartalom ozmotikus stressz hatására a szántóföldi szárazságtűrés adatok alapján toleráns GK Habzó fajtánál szignifikánsan ($p < 0,05$) nőtt. A kezelésnek kitett fajták oldható cukor tartalma szignifikánsan ($p < 0,05$) növekedett a kezeletlen csoporthoz viszonyítva.

A kettős fotokémiai rendszer maximális kvantum hatásfoka (F_v/F_m) 16 óra hosszan tartó kiszáritásos kezelésre szignifikánsan ($p < 0,05$) csökkent, ellentétben az enyhébb stressznek (2 nap 20%-os PEG kezelés) kitett csíranövényekkel. A PEG kezelés ugyan szignifikánsan nem csökkentette a tavaszi árpa növények összesített F_v/F_m értékeit, a PEG és a kiszáritásos kezelés a legtöbb szántóföldi szárazságtűrés szempontjából toleráns tavaszi árpa fajtánál szignifikánsan ($p < 0,05$)

alacsonyabb Fv/Fm értékeket eredményezett a kontroll növényekezhez képest.

A szakirodalmi adatokkal ellentétben PEG kezelésre és kiszáritásra a tavaszi árpa fajták kontrollhoz viszonyított nem fotokémiai kioltás (NPQ) értéke összességében és fajtánként is szignifikánsan ($p < 0,05$) csökkent. Feltételezéseink szerint a csíranövényekben a védelmi mechanizmusok kiépítettsége még nem teljes. A sztómakonduktancia a kezelések (PEG és kiszáritás) hatására 84%-kal csökkent. Ami arra enged következtetni, hogy a sztómák zárását már egy gyengébb stresszt előidéző kezelés (PEG) is kiválthatja, ami zavarokat okoz a fotoszintetikus apparátus javító mechanizmusaiban.

Vízlevonó kezelés hatására a tavaszi árpa fajták Hsdr4 transzkriptum szintje összességében növekedett (Hsdr4 $\Delta\Delta C_T$: 0,474). A legkevésbé a közepes és gyenge szántóföldi szárazságtűrésű GKS 901, Explorer, Chill és KH Lédi fajtákban, míg a szántóföldi szárazságtűrés alapján toleráns GK Habzó, Marthe és GKS9413 fajtákban nagyobb arányban nőtt.

3.2. A tavaszi árpa fajták szántóföldi szárazságtűrésének és laboratóriumi paramétereinek összefüggésvizsgálata.

A növekedési, élettani és génexpressziós paramétereket a szántóföldi kisparcellás tájtörzskísérlet alapján számolt szántóföldi szárazságtűréssel korreláltattuk. A szántóföldi szárazságtűréssel szoros ($p < 0,01$) összefüggést mutatott a kontroll és a PEG-gel kezelt növények gyökértömegének a különbsége, valamint a Hsdr4 transzkriptum szintje. Közepesen szoros ($p < 0,05$) összefüggést mutatott a kontroll növények hajtáshossza, hajtástömege és gyökértömege, továbbá a PEG-gel kezelt

növények prolin tartalma, a kontroll és a PEG-gel kezelt növények prolin tartalmának a különbsége, a kontroll növények fényhasznosítása, illetve a kontroll növények sztómakonduktanciája. Enyhén szoros ($p < 0,1$) összefüggést a kontroll növények oldható cukor tartalma, nem fotokémiai kioltása, a kontroll és a PEG-gel kezelt növények NPQ-nak a különbsége mutatott.

3.3. A tavaszi árpa fajták szárazságtűrésének becslése tolerancia index(TI) és kibővített tolerancia index (KTI) segítségével

A szántóföldi szárazságtűrésre történő szelekcióban a tolerancia index alkalmas lehet a nemesítési vonalak előszelekciójára, így már csíranövény korban kiszűrhetők a szélsőségesen vízigényes vonalak (SCHMIDTHOFFER és mtsai 2018). Elsőként a szántóföldi szárazságtűréssel összefüggő, költséghatékony és könnyen vizsgálható paramétereket (a kontroll növények hajtástömege, a kontroll növények gyökértömege és a PEG-gel kezelt növények prolintartalma) összevontuk és korreláltattuk a fajták szántóföldi szárazságtűrésével, ami a szántóföldön mutatott szárazságtűréssel szorosan ($r = 0,62$) 0,001%-os valószínűségi szinten összefüggött. A fajták 1/3-a ezen index segítségével biztonságosan elkülöníthető a szárazságtűrés tekintetében. A hatékonyabb szelekció érdekében több paraméterből álló (a kontroll növények gyökértömegének a különbsége, a kontroll növények fényhasznosítása és a Hsdr4 gén expressziója) újabb kibővített tolerancia indexet (KTI) készítettünk. Az összevont paraméterek értéke a szántóföldi szárazságtűréssel még szorosabban $r = 0,69$ korrelált, amely összefüggés 0,001%-os valószínűségi szinten szignifikáns. A kibővített index alapján még pontosabban elkülöníthetők a szárazságot jól tűró és arra érzékeny fajták, ezáltal a

fajtanemesítés genotipizálásakor a szárazságtűrésre vonatkozóan a vonalak több mint 50%-a nagy biztonsággal kisselektálható.

3.4. A tavaszi árpafajták ozmotikus stressz tűrésének változása algakezelések hatására

Az ozmotikus stressz utáni 0,2%-os alga kezelések főként a gyengén vagy közepesen vízigényes fajták gyökérnövekedésére gyakoroltak pozitív hatást. A hajtáshossz a Tatum fajtánál az ozmotikus stressz utáni mindkét alga-szuszpenziós kezelés hatására szignifikánsan ($p < 0,05$) nőtt. A hajtástömeg a *Nostoc entophyllum* és az ozmotikus stressz utáni *Nostoc entophyllum* alga-szuszpenziós kezelés következtében is szignifikánsan ($p \leq 0,05$) nőtt.

A PEG kezeléshez viszonyítva mindkét alga kezelés hatására főként a szárazságtűrő fajtáknál mértünk szignifikánsan ($p < 0,05$) magasabb Fv/Fm értéket. Feltételezzük, hogy ezeknél a fajtáknál a fotoszintetikus pigmentek az alga-szuszpenziós kezelések révén enyhébb károsodást szenvednek, annak ellenére, hogy vízhiány is éri őket. A nem fotokémiai kioltás (NPQ) a vízelvonó kezelést követő mindkét alga szuszpenziós kezelés hatására a PEG kezeléshez viszonyítva szignifikánsan ($p < 0,05$) a Grace fajta esetében nőtt.

A PEG kezeléshez viszonyított Hsdr4 gén expressziójának változása ($\Delta\Delta C_T$) a vízigényes KH Lilla fajtánál a *Tetracystis sp.* alga-szuszpenziós kezelés hatására csökkent leginkább 70,8 %-kal, a szélsőségesen szárazságtűrő Rihane fajta esetében pedig az ozmotikus stresszt követő *Nostoc entophyllum* alga-szuszpenzió hatására 33,5 %-kal. A génexpressziós szintek csökkenése a szárazsághatás tolerálásnak jele, amit az a tény is megerősít, hogy a szántóföldi szárazságtűrés és a Hsdr4

gén expressziójának változása között szoros $p < 0,01$ összefüggést tapasztaltunk. Szárazsághatás mérséklésére mindkét mikroalga törzs alkalmazható.

Új tudományos eredményeink a növénytermesztési gyakorlatban alkalmazhatók. Fontosnak tartjuk a termésbiztonság növelése érdekében a természetes biostimulánsok felhasználását és az értekezésben javasolt tolerancia index módszertanának kiterjesztését egyéb növényfajok szárazságtűrésre történő szelektálásánál.

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A tavaszi árpa fajták/genotípusok válaszreakciója vízelvonó (20%-os PEG6000 és kiszáritás) kezelésre csíranövény korban is jól tanulmányozható.
2. Egyes paraméterek (gyökérhossz és a fluoreszcencia hozam) nem mutattak összefüggést a fajták szántóföldi szárazságtűrésével.
3. Számos vizsgált paraméter a növénynemesítés során potenciális szelekciós marker lehet, mivel korrelált a szántóföldi szárazságtűréssel. Ezek a tulajdonságok a következők:

- Kontroll hajtáshossz közepesen szoros korreláció $r = 0,41$
- Kontroll gyökértömeg közepesen szoros korreláció $r = 0,48$
- Kontroll hajtástömeg közepesen szoros korreláció $r = 0,51$
- Hajtástömeg különbsége (kontroll – PEG)
közepesen szoros korreláció $r = 0,49$
- PEG prolin tartalom közepesen szoros korreláció $r = 0,45$
- Prolin tartalom különbsége (kontroll – PEG)
közepesen szoros korreáció $r = -0,46$

- Oldható cukor tartalom enyhén szoros korreláció $r = -0,38$
- Kontroll Fv/Fm közepesen szoros korreláció $r = 0,41$
- Kontroll NPQ enyhén szoros korreláció $r = 0,39$
- Kontroll NPQ különbsége (kontroll – PEG) enyhén szoros korreláció $r = 0,35$
- Kontroll sztómakonduktancia közepesen szoros korreláció $r = -0,43$
- Gyökértömeg változása (K-PEG) szoros korreláció $r = 0,57$
- Hsdr4 transzkriptum szintje szoros korreláció $r = 0,55$

4. A szelekció hatékonysága fokozható ha a paraméterekből egy költséghatékony tolerancia indexet ($r = 0,62$) és egy kibővített tolerancia indexet ($r = 0,69$) készítünk. A szorosabb összefüggés ($r = 0,69$) hatékonyabb szelekciót eredményezett.

5. A dolgozatban ismertetett metodika alkalmas a szárazságtűrés korai szelekciójára.

6. A szárazsághatás mérséklésére egyaránt alkalmazható biostimulánsként a *Nostoc entophyllum* és a *Tetracystis sp.* mikroalga.

5. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Lektorált idegen nyelvű folyóiratcikk

Schmidthoffer I., Szilák L., Molnár P., Csontos P., Skribanek A 2018: Drought tolerance of European barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties. Polnohospodarstvo-Agriculture 64(3): 137-142. **Független idéző: 6**

Lektorált magyar nyelvű folyóiratcikk

Schmidthoffer I., Csontos P., Skribanek A. 2019: Az árpa szárazságtűrésének genetikai háttere. Botanikai Közlemények 106(1): 131-144.

Skribanek A., Kovács B., **Schmidthoffer I.** 2018: Alga-szuszpenziók hatása tavaszi árpára. Savaria Természettudományi és Sporttudományi Közlemények. 17: 69-80.

Skribanek A., **Schmidthoffer I.**, Csontos P. 2016: Szárazságstressz hatása 22 árpafajta csíranövényeinek fotoszintetikus paramétereire Botanikai Közlemények 103(2): 237-248.

Idegen nyelvű absztrakt konferencia kiadványban

Schmidthoffer I., Solymosi K., Skribanek A. 2019: Drought tolerance of spring barley varieties. Book of abstract (poster). In: Edwards D., Ortiz R. 3rd Agriculture and Climate Change Conference. Budapest. 26-29 March 2019.

Schmidthoffer I., Skribanek A. 2019: Effect of algae-suspension in KH Lilla and Rihane spring barley variety. Book of abstract (poster). In: Ördög V., Molnár Z. (szerk.) 9th Symposium on Microalgae and Seaweed Products in Plant/Soil-Systems. 25-26 June 2019. Mosonmagyaróvár. p. 58.

Kovács B., **Schmidthoffer I.**, Skribanek A. 2015: Water-stress tolerance test of algae-suspension to spring barley. Book of abstract (poster). In: Ördög V., Molnár Z. (szerk.) 7th Symposium on Microalgae and Seaweed Products in Plant/Soil-Systems "Contribution to Sustainable Agriculture. Mosonmagyaróvár. 29-30 June 2015. p.57.

Magyar nyelvű teljes cikk konferencia kiadványban

Schmidthoffer I., Skribanek A., Kovács B. 2018: A szárazságstressz vizsgálata alga-szuszpenzióval kezelt tavaszi árpafajtákon. In: Szalka É. (szerk.) XXXVII. Óvári Tudományos Napok, 2018. november 9-10. Fenntartható agrárium és környezet, az Óvári Akadémia 200 éve - múlt, jelen, jövő. Mosonmagyaróvár. pp. 166-177., 12 p.

Schmidthoffer I., Szilák L., Molnár P., Skribanek A. 2014: A szárazságtűrés molekuláris biológiai alapjainak vizsgálata sörárpa fajtákban és vonalakban. In: Mesterházy B (szerk.) XIII. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia: Előadások = 13th International Conference on Applications of Natural, Technological and Economic Sciences: Proceedings from Conference. Szombathely, Nyugat-magyarországi Egyetem, Természettudományi és Műszaki Kar, Természetföldrajzi Tanszék, pp. 136-145., 8 p.

Schmidthoffer I., Márton É., Hajós R., Kovács B., Skribanek A. 2015: A fotoszintézis mint szárazságstressz indikátor. In: Mesterházy, Beáta (szerk.) XIV. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia (elektronikus dok.)=14th International Conference on Applications of Natural, Technological and Economic Sciences. Szombathely, Nyugat-magyarországi Egyetem p. 118, 1 p.

Schmidthoffer I., Szilák L., Molnár P., Kovács B., Skribanek A. 2015: Megbízható paraméterek a szárazságtűrés vizsgálatára In: Puskás J. (szerk.) X. Regionális Természettudományi Konferencia. Szombathely, Nyugat-magyarországi Egyetem. pp. 12-13.

Magyar nyelvű absztrakt konferencia kiadványban

Kéri-Schmidthoffer I., Csontos P., Skribanek A. 2021: A szárazságstressz biológiai hátterének vizsgálata sörárpa fajtákban és vonalakban. In: Puskás, János (szerk.) XVI. Regionális Természettudományi Konferencia. p.8.

Schmidthoffer I., Skribanek A. 2019: A tavaszi árpa szárazságtűrésének fokozására irányuló kísérletek. In: Puskás J (szerk.) XIV. Regionális Természettudományi Konferencia. p.16.

Skribanek A., **Schmidthoffer I.** 2016: A polietilén-glikolos kezelés hatása a tavaszi árpafajták hajtás – és gyökérnövekedésére és fotoszintézisére. In: Veisz O., Polgár Zs. (szerk.) XXII. Növénynevelési Tudományos Nap: összefoglalók. Budapest. Magyar Tudományos Akadémia p. 114.

Egyéb konferenciaközlemény

Schmidthoffer I., Szilák L., Molnár P., Skribanek A. 2011: Árpa szárazság- és stressztűrésének vizsgálata - Hsd4 gén kimutatása árpa genomból: poszter. In: Magyar Növénybiológiai Társaság X. Kongresszusa. Szeged JATEPress Kiadó, 1 p.

AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ NEM KAPCSOLÓDÓ EGYÉB PUBLIKÁCIÓK

Egyéb témájú, lektorált idegen nyelvű folyóiratcikk

Ughy B., **Schmidthoffer I.**, Szilák L. 2019: Heparan sulfate proteoglycan (HSPG) can take part in cell division: inside and outside. Cellular and Molecular Life Sciences 76 : 865-871. **Független idéző: 1.**

Egyéb témájú, lektorált magyar nyelvű könyvrészlet

Draskóczy L., **Schmidthoffer I.**, Tóth G., Molnár P. 2015: Biológiai nem meghatározása archeológiai mintákból. In: Baráth K., Scheidné Nagy Tóth E. (szerk.) A tudományért és a tehetségekért: Tudományos diákköri munkák a Természettudományi és Műszaki Karon. Szombathely, Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, pp. 32-36., 5 p.

Skribanek A., **Schmidthoffer I.** 2015: Biológia szakos pedagógusjelöltek gyakorlati oktatása kísérleti projekt alkalmazásával. In: Kispálné Horváth M.

(szerk.) Módszertani irányok a pedagógusképzés fejlesztésében Nyugat-Dunántúlon. Szombathely, Nyugat-magyarországi Egyetem Regionális Pedagógiai Szolgáltató és Kutató Központ, pp. 261-274., 4 p.

Egyéb témájú, magyar nyelvű teljes cikk konferencia kiadványban

Draskóczi L., **Schmidthoffer I.**, Tóth G., Molnár P. 2015: Biológiai nem meghatározása archeológiai mintákból. In: Mesterházy B. (szerk.) XIV. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia (elektronikus dok.) = 14th International Conference on Applications of Natural, Technological and Economic Sciences. Szombathely, Nyugat-magyarországi Egyetem, pp. 133-137., 5 p.

Egyéb témájú, magyar nyelvű cikk

Skribanek A., Gyurác J., Szinetár Cs., Szűts T., Dani M., Baráth K., Lukács Z., Kalmár S., Török T., Varga A., **Schmidthoffer I.** 2016: Az éghajlatváltozás hatásainak komplex vizsgálata. In: A Nyugat-magyarországi Egyetem Savaria Egyetemi Központ tudományos közleményei, ISSN 2061-8336, (21. évf.), Természettudományok 16., 151-170. p.

Egyéb témájú, magyar nyelvű absztrakt konferencia kiadványban

Skribanek A., Kollerné Dani M., Kériné **Schmidthoffer I.**, Solymosi K. 2018: Specifikus megvilágítások hatása kultúrnövények fotoszintézisének hatékonyságára. In: Urbanizációs Ökológia Konferencia. p. 54.

A. Skribanek, **I. Schmidthoffer**, D. Magdolna 2016: Invasion in the outlet channel of the Hévíz Lake. In: A magyar mikroszkópos társaság éves konferenciája. 5 p.

Skribanek A., **Schmidthoffer I.** 2016: Solidágó canadensis L. fotoszintézis élettani jellemzői a Hévíz-lefolyó környezetében. In: Puskás J. (szerk.) XI. Regionális Természettudományi Konferencia: Program és az előadások összefoglalói. Szombathely: Nyugat-magyarországi Egyetem Savaria Egyetemi Központ.

Skribanek A., **Schmidthoffer I.** 2016: A hévízi kifolyó néhány növényfajának fotoszintézis-élettani vizsgálata: Investigations on the photosynthesis physiology of the plants at Hévíz outlet channel. In: Z. Barina, K. Buczkó, L. Lőkös, B. Papp, D. Pifkó, E. Szurdoki (szerk.) XI. Aktuális flóra- és vegetációkutatás a Kárpát-medencében nemzetközi konferencia = 11th International Conference "Advances in research on the flora and vegetation of the Carpatho-Pannonian region". Budapest, Magyar Természettudományi Múzeum pp. 20-21., 2 p.

Draskóczi L., **Schmidthoffer I.**, Tóth G., Molnár P. 2015: Biológiai nem meghatározása archeológiai mintákból. In: Füzesi I., Kúti Zs., Puskás J. (szerk.) XIV. Természet-, Műszaki és Gazdaságtudományok Alkalmazása Nemzetközi Konferencia. Szombathely, Nyugat-magyarországi Egyetem p. 22, 1 p.