Doktori (PhD) értekezés tézisei

Zubay Péter

Gödöllő

2022

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

GYÓGY- ÉS AROMANÖVÉNYEK AGRÁRERDÉSZETI TERMESZTÉSÉNEK TUDOMÁNYOS MEGALAPOZÁSA

ZUBAY PÉTER

BUDAPEST

2022

A doktori iskola megnevezése: Kertészettudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Zámboriné Dr. Németh Éva
egyetemi tanár, DSc
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gyógy- és Aromanövények Tanszék

Témavezető: Dr. Szabó Krisztina
PhD

....

Az iskolavezető jóváhagyása A témavezető jóváhagyása

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

Az elmúlt fél évszázadban lesújtó módon jól megfért egymás mellett a klímacsúcsokon és fenntarthatósági világkonferenciákon történő felelőtlen ígérgetés, valamint a társadalmainkat körülvevő és tápláló élő természeti környezet soha nem látott pusztítása. Az észlelt pusztulás egyik fő eredője az a profitmaximalizálást célzó, monokulútára alapozott mezőgazdasági termelés, amelynek működési struktúrája jól jelzi a tőke-környezet ellentét súlyosságát. A negatív externáliákkal sújtott, degradált környezet állapotából fakadó okozati jelenségek (pl. heves esőzések Dél-Európában; hatalmas szárazság és erdőtüzek Kelet-Európában), valamint a koronavírus-válság kumulatív módon olyan következményekkel járnak az agrárgazdaság európai fűszeriparra vonatkozó kis szeletében is, mint az ellátási láncok megroppanása és az alapanyaghiány problematikája (ANONYMUS 2021).

A fenntarthatóság ideje lejárt a klímaváltozás korában, ugyanis az állapotot nem fenntartani szükséges, hiszen agroökológiai rendszereink és természetes élőhelyeink regenerációra szorulnak. Az agrárerdészeti rendszerek egy régi koncepció újjá szervesülései, amelyben fásszárú és lágyszárú növények együtt termesztése történik egyazon földterületi egységen belül (NERLICH et al., 2013; MOSQUERA-LOSADA et al., 2018). Az agrárerdészeti rendszerek támogatottsága egyre nagyobb, köszönhetően annak, hogy számos pozitív környezeti hatása okán a mezőgazdasági regenerációs folyamat egyik fő zászlóshajója. Ezen környezeti hatások: ökoszisztéma-szolgáltatások és a biodiverzitás támogatása; szénmegkötés; talajmegőrzés; a tájkép és a kulturális örökségek megőrzése; a talaj táplálékháló támogatása; a beporzó és biológiai kontroll szervezetek védelme; a gazdák versenyképességének javítása (SMITH et al., 2012; VAN ZANTEN et al., 2014; FAGERHOLM et al., 2016; TORRALBA et al., 2016; UDAWATTA et al., 2019; WILSON and LOVELL, 2016; MORENO et al., 2018). Az agrárerdészeti rendszerekben történő növénytermesztés – köszönhetően a tudomány által bizonyított számos környezeti előnyének - egy új paradigmát képvisel, azonban a mérsékelt égövi agrárerdészeti körülmények között potenciálisan megjelenő interspecifikus interakciók (allelopátia és árnyékhatás) és a gyógy- és aromanövények termesztésének kapcsolatáról eddig nagyon kevés tudományos információ állt rendelkezésre.

A gyógynövénytermesztésre specializált agrárerdészeti rendszerek egyik fundamentuma a különböző gyógynövénytaxonok azon fényintenzitási szintigényének feltárása, ahol a hatóanyagok termelődése a gyógyszerkönyvi előírásoknak megfeleltethető. Ez alapján a tudás alapján határozhatóak meg az agrárerdészeti rendszerekben történő termesztésre leginkább alkalmas fajok. Az árnyék hatását számos környezeti tényező befolyásolja, úgy, mint a fák növekedési erélye, vágásfordulója, mérete és termesztéstechnológiája, vagy a rendszer térállása és tájolása, illetve másrészről a köztesnövény életformája vagy termesztéstechnológiája. Összességében a fény jelenléte az agrárerdészeti rendszerek elsőszámú limitáló tényezője, azonban rendkívül kevés tudományos információ érhető el a gyógynövények árnyéktoleranciája és hatóanyag-akkumulációja kapcsolatáról.

Az allelopátia egy természetes jelenség, amikor az egyik faj környezetbe juttatott anyagcseretermékei a másik fajra hátrányos hatást gyakorolnak. Az allelokemikáliák lévén megjelenő biokémiai és élettani kölcsönhatás mind a természetes és agroökoszisztémákban általános jelenség. Mindazonáltal nagyon kevés tudományos információ áll rendelkezésre a *Juglans* és *Populus* fajok allelokemikáliáinak mérsékelt égövön termeszthető gyógynövényekre vonatkozó csírázásgátló hatását illetően. Az eddigi eredmények a gyógynövények agrárerdészeti adaptálhatóságának ügyében eddig leginkább a trópusi és Közel-Keleti országok éghajlati körülményeire vonatkozóan jelentek meg (RAO et al. 2004), amelyek mérsékelt égövi értelmezhetősége általában kérdéses.

A modern gyógynövénytermesztés sikerének záloga a természeti megújulást és az üzemi gazdaságosságot egyszerre biztosító termelési rendszerek működtetése, valamint a minőségi követelményeknek (drogminőség, hatóanyagtartalom- és összetétel) történő teljeskörű megfelelés. Az agrárerdészeti növénytermesztés mindezen szempontok együttes megvalósítására törekszik, a gyógynövénytermesztésre specializált agrárerdészet elterjedésének azonban jelenleg határt szab a tudomány által szabadföldi körülmények között bizonyított tézisek alapján működő korszerű döntéstámogatási- és szaktanácsadási rendszerek hiánya (SOLLEN-NORRLIN et al. 2020). Ezen tanácsadást szolgáló információbázis szükségessége hívta életre jelen doktori kutatási programot, amellyel a gyógynövénytermesztésre specializált agrárerdészeti rendszerek szakszerű létrehozásához kívántunk hozzájárulni.

A doktori kutatási program tudományos célja volt az agrárerdészeti rendszerekben gyakran alkalmazott fásszárú célnemzetségek (*Juglans/Populus*) allelokemikáliáit toleráló gyógynövényfajok szkrínelése *in vitro* pilot csírázási próbák elvégzésével, valamint az agrárerdészeti rendszerekben jellemző, csökkent fényviszonyokat (30% és 50% mesterséges fénycsökkentés) toleráló gyógynövényfajok szkrínelése kisparcellás szabadföldi kísérletek elvégzésével.

A bevezetésben bemutatott hiányzó szakmai ismeretek alapján az alábbi két fő tudományos kérdést vetettük föl:

- Vannak-e olyan gyógynövényfajok, amelyek magjai képesek a vetőmag-vizsgálati módszerekben rögzítettek szerinti megfelelő csírázásra a *Juglans* és *Populus* nemzetségekre jellemző allelokemikáliák jelenlétében?
- Vannak-e olyan mérsékelt égövben termeszthető gyógynövényfajok, amelyek hozama csökkent fényviszonyok mellett sem csökken, illetve képesek a gyógyszerkönyvi minőségnek megfelelő drog és hatóanyag előállítására?

Amely tudományos kérdések alapján és egyben a gyógynövénytermesztésre specializált agrárerdészeti rendszerek tudományos hátterének megteremtése céljából az alábbi két kutatási célt tűztük ki:

- A fásszárú célnemzetségekre (*Juglans/Populus*) jellemző allelokemikáliákat toleráló gyógynövényfajok első körének meghatározása (szkrínelése) *in vitro* pilot csírázási próbák elvégzésével.
- Az agrárerdészeti rendszerekben jellemző, csökkent fényviszonyokat (30% és 50% mesterséges fénycsökkentés) toleráló gyógynövényfajok első körének meghatározása (szkrínelése) hároméves kisparcellás szabadföldi kísérletek elvégzésével.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

Az *in vitro* allelopátiakutatás tesztfajai az *Althaea officinalis* L.; *Anethum graveolens* L.; *Angelica archangelica* L.; *Cannabis sativa* L.; *Carum carvi* L.; *Centaurium erythraea* Rafn.; *Dracocephalum moldavica* L.; *Levisticum officinale* Koch.; *Linum usitatissimum* L.; *Papaver somniferum* L.; *Satureja hortensis* L. és a *Sinapis alba* L. voltak. Az *in vitro* pilot csírázási próbák során *Populus tremula* L. és *Juglans regia* L. levelének vizes kivonatát, valamint 10^{-3} M és 10^{-4} M koncentrációjú juglon oldatot alkalmaztunk kezelésekként, valamint desztillált vizet kontrollként. Kezelésenként 10 ml 10^{-3} M és 10^{-4} M koncentrációjú juglon oldatot juttattunk ki, amelyek juglon-tartalma 1,76 mg és 176 µg juglon volt. A juglon kezelések koncentrációját az alapján választottuk meg, hogy az irodalmi adatok szerint a juglon koncentráció különböző dióültetvények talajaiban 10^{-4} M - 10^{-6} M koncentráció között változik, s ettől egy nagyságrenddel koncentráltabb kezelést is érdemes végezni az eddigi allelopátiás kísérletek tanulságai szerint (JOSE és GILLESPIE 1998; THEVATHASAN *et al.* 1998; TERZI 2008). A juglon *Juglandis folium* mintákban történő jelenlétének validálására a VII. Magyar Gyógyszerkönyvben (Ph. Hg. VII. 1986) meghatározott TLC módszert alkalmaztuk. A nyárlevelek összes polifenol-tartalmának meghatározására SINGLETON és ROSSI (1965) módszerének módosított változatát (SZABÓ *et al.* 2016) alkalmaztuk. A csírázási paraméterek a MSZ 6354–3:2008 előiratai alapján a csírázási erély, a csírázási arány és a csíranövények frisstömege voltak. A statisztikai adatértékeléskor ANOVA modellt, valamint Tukey HSD vagy Games-Howell post hoc teszteket használtunk.

Az *in vivo* árnyékhatás kutatásban a következő gyógynövénytaxonok vettek részt: *Achillea collina* Becker 'Azulenka'; *Calendula officinalis* L.; *Cannabis sativa* L. 'KC Dóra'; *Carum carvi* L.; *Dracocephalum moldavica* L.; *Linum usitatissimum* L.; *Melissa officinalis* L. 'Lemona'; *Ocimum basilicum* L. és *Satureja hirtensis* L. A kísérleti területen egy és kétrétegű Raschel háló parcellák fölötti támasztékra való rögzítésével biztosítottunk 30% és 50% mesterséges árnyékot. A 35 g/m^2 anyagvastagságú Raschel háló a gyártó termékspecifikációja alapján 30% fénycsökkenést biztosít. A kezelt és a kontroll parcellák mikroklimatikus adatait, így a Raschel hálók által biztosított fénycsökkenést is a KIBU Innováció Nonprofit Kft.-val kooperációs együttműködésben kísérleti üzembe helyezett NBIoT

szenzorkészlet segítségével mértük fel a 2020. év június és július havában 3472 db. napkelte és napnyugta közötti mérés alapján. Ezen értékek alapján neveztük meg a kísérleti kezeléseket A30 (30% fényelvonás egész nap) és A50 (50% fényelvonás egész nap) kezeléseknek. Felmértük a különböző gyógynövénytaxonok esetén különféleképp releváns morfológiai (horizontális és vertikális kiterjedés)-, hozam (friss- és drogtömeg)- és fitokémiai (illóolaj-tartalom; összflavonoid-tartalom; rozmaringsav-tartalom; proazuelén-tartalom; karotinoid-tartalom; zsírosolaj-tartalom, illóolaj-összetétel; polifenol-összetétel; karotinoid-összetétel; zsírsav-összetétel) paraméterek alakulását a kezelések hatására. Az illóolaj-tartalom meghatározása Clevenger típusú apparátuson végeztük vízgőzdesztillációval a VII. Magyar Gyógyszerkönyv előiratai alapján (Ph. Hg.. VII. 1986). Az összflavonoid-tartalmat (TFC) a VIII. Magyar Gyógyszerkönyv (Ph. Hg. VIII. 2004) *Calendulae flos* cikkelyében leírt módszer szerint határoztuk meg. A rozmaringsav-tartalom meghatározása a Szabó et al. (2016) által leírtak és a PH. EUR. 10. *Melissae folium* cikkelye alapján történt. A *Millefolii herba* kék színű illóolajának proazulén-tartalom meghatározása a VIII. Magyar Gyógyszerkönyv (Ph. Hg. VIII. 2004) vonatkozó cikkelye alapján történt. A megszárított lenmagból (*Lini semen*) és kendermagból a zsírosolaj-tartalom mennyiségi meghatározására soxhlet extrakcióval került sor. A zsírsav-összetételt gázkromatográfiás (GC) lángionizációs (FID) módszerrel határoztuk meg. Az illóolaj-összetételének- és a komponensek részarányának (területarány%) meghatározására GC-MS módszert használtunk. A karotinoid-összetétel meghatározásához HPLC vizsgálatot végeztünk. A körömvirágdrog polifenol komponenseinek kvantitatív meghatározását UHPLC-ESI-MS/MS multikomponenses módszerrel végeztük. A statisztikai adatelemzéskor a kezelt és a kontroll növények különböző vizsgált paramétereinek összehasonlítására Student-féle páros t-próbát használtunk. Az illóolaj- összetétel és a karotinoid-összetétel változásának elemzése esetén kompozíció analízist végeztünk, amely azt mutatja meg, hogy egy mátrix különböző alkotói *relatív arányának* változása, miként befolyásolja a mátrix teljes összetételét, ezáltal a minőségét.

A félüzemi agrárerdészeti modellkísérlet alkalmával három faj (*Origanum vulgare* L. subs. *vulgare; Melissa officinalis* L.; *Thymus pannonicus* All.) viselkedését mértük fel félüzemi, valós, az agrárerdészeti rendszerek minden interspecifikus interakcióját (árnyék, allelopátia, vízért és tápanyagokért folyó

versengés) felvonultató nemesnyár ültetvény alkotta kísérleti környezetben. Az ültetvény hatását felmértük a hozam (friss- és drogtömeg) és illóolaj-tartalom eredményekre vonatkozóan. A kezeléshatást a hozamadatok esetén MANOVA, az illóolaj-tartalom esetén ANOVA módszerrel értékeltük.

3. EREDMÉNYEK ÉS AZOK MEGBESZÉLÉSE

Az *in vitro* allelopátiakutatás alkalmával tíz-, az *in vivo* kisparcellás szabadföldi árnyékhatás kutatás alkalmával kilenc-, a félüzemi agrárerdészeti modellkísérlet alkalmával három gyógynövényfaj viselkedését vizsgáltuk különböző kísérleti körülmények között. Az *in vitro* pilot csírázási próbákkal igazoltuk, hogy vannak olyan gyógynövényfajok, amelyek allelopátiatoleranciájuk alapján képesek a vetőmag-vizsgálati módszerekben rögzítettek szerinti megfelelő csírázásra a *Juglans* és *Populus* nemzetségekre jellemző allelokemikáliák jelenlétében. Mindez egyben az allelopátiatolerancia fajspecifitását is jelentette. Igazoltuk, hogy egyes fajok vetőmagjainak csírázása esetén szignifikáns kölcsönhatás van az alleopátiás hatás időtartama és erőssége között – s ez a hatáserősség a kezelés előrehaladtával minden esetben csökkent.

In vivo kísérleteinkben igazoltuk, hogy vannak olyan mérsékelt égövön termeszthető gyógynövényfajok, amelyeket árnyékos (30%) körülmények között is lehet a hozam és minőségi kritériumoknak egyaránt megfelelően termeszteni, valamint, hogy a különböző fajok specifikusan reagálnak az árnyékhatásra. Bizonyítottuk, hogy az enyhe árnyék (30%) több felmért gyógy- és aromanövényfaj különböző mennyiségi és minőségi tulajdonságára is kedvező hatást gyakorolt, azonban az erős árnyék (50%) egyik faj egyik paraméterére sem hatott kedvezően, ebből következően megállapítottuk, hogy a gyógynövénytermesztésre specializált agrárerdészeti rendszereket úgy érdemes tervezni az általunk vizsgált modellfajok esetében, hogy a fás állomány által létrehozott árnyék ne okozzon 50% fénycsökkenést a köztes tenyészterületen, sőt, lehetőleg a 30% fénycsökkenést se haladja meg.

A félüzemi agrárerdészeti modellkísérleteinkben bizonyítottuk, hogy a *Melissa officinalis* L. termesztési eredményét nem befolyásolja negatívan a fasorok között történő művelés, valamint, hogy a *Thymus pannonicus* All. kakukkfűfaj termesztése eredményes lehet megfelelő megvilágítást biztosító

agrárerdészeti körülmények között, továbbá, hogy az *Origanum vulgare* L subsp. *vulgare* szurokfű alfaj termesztése agrárerdészeti körülmények között sem lehet gazdaságos jelenleg.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A csírázási próbák az allelopátia kutatás kezdeti műveletei, amelyek által fel tudjuk mérni különböző allelokemikáliák aktivitását. Az általunk elvégzett *in vitro* csírázási kísérletek az első lépések megtételét jelentették annak irányába, hogy szkrínelni (előszűrni) tudjuk azokat a gyógynövényfajokat, amelyek gyógynövénytermesztésre specializált kísérleti, majd valós agrárerdészeti termelési rendszerekben termeszthetőek. Az *in vitro* pilot csírázási próbák eredményei szerint további agrárerdészeti termesztést meglapozó, tenyészedényes és kisparcellás kísérletekre javasoljuk az *Althaea officinalis* L., *Anethum graveolens* L., *Cannabis sativa* L., *Carum carvi* L., *Dracocephalum moldavica* L., *Linum usitatissimum* L., *Satureja hortensis* L. fajokat. További *Juglans* és *Populus* alkotta agrárerdészeti rendszerekben történő termeszthetőséget felmérő kísérletekre nem javasoljuk az *Angelica archangelica* L., *Centaurium erythraea* Rafn., *Levisticum officinale* Koch., *Papaver somniferum* L., *Sinapis alba* L. fajokat.

Az *in vivo* kisparcellás szabadföldi árnyéktolerancia kísérleteink eredményei szerint a gyakorlati következtetések szempontjából két csoportra osztottuk a tesztelt gyógynövényfajokat. További kisparcellás, agrárerdészeti termesztést megalapozó kísérletekre ajánlottuk célzott témaorientáció megjelölésével az *Achillea collina* Becker., *Cannabis sativa* L., *Carum carvi* L., *Linum usitatissimum* L. és az *Ocimum basilicum* L. fajokat. Léptéknövelt, agrárerdészeti bevezetést célzó alkalmazott kísérletekre ajánljuk a *Calendula officinalis* L., *Dracocephalum moldavica* L., *Melissa officinalis* L. és *Satureja hortensis* L. fajokat. A kísérletben a gyógynövények fajspecifikusan reagáltak a 30% fénycsökkenésre. A specifikus reakciók alapján gyenge talajtani adottságú termőhelyek esetén és további léptéknövelt kísérletek igényével a következő fajokat ajánljuk agrárerdészeti termesztésre az alábbi indokokkal. *Calendula officinalis* L.: sem a friss- sem a drogtömeg nem csökkent 30% árnyék hatására, azonban a karotinoid-tartalom nőtt. *Dracocephalum moldavica* L.: 30% fénycsökkenés növelte a *Dracocephali herba* hozamot,

miközben nem csökkentett annak illóolaj-tartalmán. *Melissa officinalis* L.: a drogtömeg növelhető enyhén árnyékos körülmények között. *Satureja hortensis* L.: 30% fénycsökkenés nem eredményezett hozamcsökkenést, miközben nőtt a drog illóolaj-tartalma. A 30% fénycsökkenést kevésbé toleráló fajokat további agrárerdészeti termesztést megalapozó kisparcellás kísérletekre javasoljuk a következő témaorientációk megjelölésével. *Achillea collina* Becker.: a fénycsökkenést legjobban toleráló genotípusok feltérképezése – kiemelve a szervi arányok és a homogén virágzati horizont problematikáját. *Cannabis sativa* L.: a rost- és többcélú termesztés lehetőségének feltérképezése. *Carum carvi* L.: olyan tartamkísérleteket javaslunk, ahol az enyhe árnyékot nyújtó agrárerdészeti rendszer száraz évjáratokat pufferelő hatását lehet vizsgálni, valamint olyan fajta- és tápanyag-utánpótlási kísérleteket, amelyekben az illóolaj-felhalmozódást lehet javítani. Továbbá az árnyékhatás okán fellépő termésnövekedés és illóolaj-felhalmozódás csökkenése közötti optimális gazdasági súlypont meghatározását is kardinálisnak tartjuk, ennek felmérését javasoljuk. *Linum usitatissimum* L.: enyhe (<30%) fénycsökkenés felmérése a termelési és beltartalmi paraméterek optimumára vonatkozóan. *Ocimum basilicum* L.: a termesztés optimalizálásának feltárása a helyi agrárerdészeti rendszerekre jellemző fényviszonyokhoz (nagyon enyhe fénycsökkenés hatásának felmérése).

Összességében négy új, univerzális tudományos eredmény- és hét új, speciális tudományos eredmény létrehozásával és közzétételével járulunk hozzá a hazai agrárkutatások kollektív tudásbázisának gyarapításához és a gyógynövénytermesztésre specializált agrárerdészeti rendszerek szakszerű létrehozásához. Mindezt annak reményében tettük, hogy előmozdíthatjuk, hogy az agrárkultúra az élő természeti környezet sokféleségét és szépségét újjáélesztő erőként tudjon virágozni a jövőben.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Új univerzális tudományos eredmények

1. A szakirodalomban már közölt, egyéb mezőgazdasági kultúrnövényeket illetően bizonyított fajspecifikus allelopátiás hatást igazoltuk *Juglans* és *Populus* fafajok allelokemikáliái esetén az általunk bevont

gyógynövénytaxonokra vonatkozóan *in vitro* körülmények között. Az *Althea officinalis* L., *Anethum graveolens* L., *Cannabis sativa* L., *Dracocephalum moldavica* L., *Linum usitatissimum* L. és a *Satureja hortensis* L. fajok csírázási paramétereik alapján tolerálják a *Juglans* és *Populus* allelokemikáliáit. A *Carum carvi* L. csírázási paraméterei alapján részlegesen tolerálja a *Juglans* allelokemikáliákat. Az *Angelica archangelica* L., *Centaurium erythraea* Rafn., *Levisticum officinale* Koch., *Papaver somniferum* L. és a *Sinapis alba* L. fajok csírázási paramétereik alapján nem tolerálják sem a *Juglans* sem a *Populus* fajok allelokemikáliáit.

2. Az allelokemikáliáknak való kitettség időtartama és az allelopátiás hatás mértéke között egyes gyógynövénytaxonok esetén statisztikailag szignifikáns kölcsönhatás van – eszerint az allelopátia-tolerancia fajspecifikusan változik az allelopátiás hatás előrehaladtával, s egyes taxonok esetén szignifikánsan csökken az allelopátiás hatás erőssége a kezelés előrehaladtával *in vitro* körülmények között.

3. A különböző gyógynövénytaxonok fajspecifikusan tolerálják a 30% fénycsökkenést. *In vivo* körülmények között bizonyítottam, hogy a *Calendula officinalis* L., *Dracocephalum moldavica* L., *Melissa officinalis* L. és a *Satureja hortensis* L. fajokat 30% fénycsökkentett körülmények között is lehet mind a produkciós (friss- és drogtömeg), mind a minőségi (hatóanyag-tartalom- és összetétel) kritériumoknak megfelelően termeszteni.

4. 50% fénycsökkenés a vizsgálatba vont gyógynövénytaxonok esetén egyszer sem javított egyik taxon egyik tulajdonságán sem, sőt számos esetben rontott azokon *in vivo* körülmények között.

Új speciális tudományos eredmények

5. Az *Achillea collina* Becker 'Azulenka' fajta frisstömeg- és drogtömeg-alakulására nem hat hátrányosan 30% árnyék jelenléte *in vivo* körülmények között. 30% fénycsökkenést biztosító termesztési körülmények között is sikeresen felhalmozódik a proazulén hatóanyag a taxonban a Ph. Hg. VIII. előírásainak (*Millefolii herba*) megfelelően.

6. Hároméves *in vivo* kísérlettel igazoltam, hogy a 30% és 50% fénycsökkenés nem befolyásolja a *Calendula officinalis* L. produkciójának sem hozam-, sem hatóanyag-tartalom értékeit. 30% és 50% árnyékban is sikeresen termeszthető a Ph. Hg. VIII. előírásainak megfelelő minőségű körömvirág.

7. Megállapítottam, hogy az általam vizsgált tételek esetén az eddigi tudományos álláspontal ellentétesen a ß-karotin, a lutein és a lutein cisz izomere ((9'Z)-Lutein) a körömvirágdrog karotinoid főkomponensei, majd csak azt követik a mennyiségi sorrendben a luteoxantin I. epimere és a γ-karotin cisz izomere ((5'Z)- γ-karotin).

8. A tudományos irodalomban elsőként detektáltam a kísérletben résztvevő *Cannabis sativa* L. 'KC Dóra' fajta beltartalmára vonatkozóan a mag zsírosolajában gondoinsav - mint az eikozánsav cisz-izomerének - jelenlétét.

9. Két év adatai alapján *in vivo* körülmények között bizonyítottam, hogy A *Dracocephali aetheroleum* 30% és 50% csökkent fényviszonyok között történő termelődése esetén a citrált alkotó izomerek (nerál és geraniál) mennyiségi aránya szignifikánsan nő a fénynek teljesen kitett kontrollhoz képest.

10. A *Saturejae herba* illóolaj-tartalma szignifikánsan növelhető 30% fénycsökkenés hatására, továbbá, az nem befolyásolja sem a friss- és drogtömeget, sem pedig az illóolaj-összetétel minőségét.

11. A *Melissa officinalis* L. a friss- és drogtömeg paraméterek alapján eredményesen termeszthető agrárerdészeti körülmények között.

6. FELHASZNÁLT IRODALMAK

1. ANONYMUS. (2021): Press release: Shortage of raw materials and Corona consequences affect spice industry. Fachverband der Gewürzindustrie e.V. I Reuterstr. 151 I 53113 Bonn.
2. FAGERHOLM, N., TORRALBA, M., BURGESS, J.P., PLIENINGER, T. (2016): A systematic map of ecosystem services assessments around European agroforestry. Ecological Indicators, 62: 47-65. p.

3. JOSE, S., AND GILLESPIE, A.R. (1998): Allelopathy in black walnut (Juglans nigra L.) alley cropping: I. Spatio-temporal variation in soil juglone in a black walnut-corn (Zea mays L.) alley cropping system. Plant and Soil 203:191-197. p.
4. MORENO, G., AVIRON, S., BERG, S. et al. (2018): Agroforestry systems of high nature and cultural value in Europe: provision of commercial goods and other ecosystem services. Agroforest Syst 92, 877–891. p. https://doi.org/10.1007/s10457-017-0126-1
5. MOSQUERA-LOSADA, M.R., SANTIAGO-FREIJANES, J.J., PISANELLI, A. et al. (2018): Agroforestry in the European common agricultural policy. Agroforest Syst 92, 1117– 1127. p. https://doi.org/10.1007/s10457-018-0251-5
6. NERLICH, K., GRAEFF-HÖNNINGER, S., CLAUPEIN, W. (2013): Agroforestry in Europe: a review of the disappearance of traditional systems and development of modern agroforestry practices, with emphasis on experiences in Germany. Agroforest Syst 87, 475– 492. https://doi.org/10.1007/s10457-012-9560-2
7. PHARMACOPOEIA HUNGARICA, VII. ed. Tomus I. Medicina könyvkiadó, Budapest, 1986, pp. 1625.
8. PHARMACOPOEIA HUNGARICA, VIII. ed. Tomus II. Medicina könyvkiadó, Budapest,2004, pp. 2208–2209.
9. RAO, M.R., PALADA, M.C. AND BECKER, B.N. (2004): Medicinal and aromatic plants in agroforestry systems. Agroforestry systems, 61: 107-122.
10. SINGLETON VL, ROSSI JA. (1965): Colometric of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Vitic 16:144–158. p
11. SMITH, J., PEARCE, B. AND WOLFE, M.S. (2012): A euoropean perspective for developing modern multifunctional agroforestry systems for sustainable intensification. Renewable Agriculture and Food Systems, 27(4): 323-332. p.
12. SOLLEN-NORRLIN, M.; GHALEY, B.B.; RINTOUL, N.L.J. (2020): Agroforestry Benefits and Challenges for Adoption in Europe and Beyond. Sustainability, 12, 7001. https://doi.org/10.3390/su12177001
13. SZABO, K, MALEKZADEH, M, RADACSI, P, LADÁNYI, M, RAJHÁRT, P, INOTAI, K, SÁROSI, SZ, NÉMETH, É. (2016): Could the variety influence the quantitative and qualitative outcome of lemon balm

production?. Industrial Crops and Products. 83. 10.1016/j.indcrop.2015.12.027.
14. TERZI I (2008): Allelopathic effects of Juglone and decomposed walnut leaf juice on muskmelon and cucumber seed germination and seedling growth. Afr J Biotechnol 7:1870- 1874. p.
15. THEVATHASAN NV, GORDON AM, VORONEY RP (1998): Juglone (5-hydroxy1,4 napthoquinone) and soil nitrogen transformation interactions under a walnut plantation in southern Ontario, Canada. Agroforest Syst 44:151-162.
16. TORRALBA M., FAGERHOLM N., BURGESS P., MORENO G., PLEININGER T. (2016): Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. Agriculture, Ecosystems & Environment. 230. 150-161. p. https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.06.002
17. UDAWATTA P.R., RANKOTH L., JOSE S. (2019): Agroforestry and Biodiversity. Sustainability. 11. 2879. https://doi.org/10.3390/su11102879
18. VAN ZANTEN, B.T., VERBURG, P.H., ESPINOSA, M. et al. (2014): European agricultural landscapes, common agricultural policy and ecosystem services: a review. Agron. Sustain. Dev. 34, 309–325. p. https://doi.org/10.1007/s13593-013-0183-4
19. WILSON M.H., LOVELL S.T. (2016): Agroforestry—The Next Step in Sustainable and Resilient Agriculture. Sustainability, 8, 574; https://doi.org/10.3390/su8060574

7. A TÉMÁHOZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

1. Zubay P., Ruttner K., Ladányi M., Deli J., Zámboriné Németh É., Szabó K. (2021): In the shade – Screening of medicinal and aromatic plants for temperate zone agroforestry cultivation. Industrial Crops and Products. 170. 113764. (IF: 5.645)

2. Zubay P., Kunzelmann J., Ittzés A., Zámboriné Németh É., Szabó K. (2021): Allelopathic effects of leachates of *Juglans regia* L., *Populus tremula* L. and juglone on germination of temperate zone cultivated medicinal and aromatic plants. Agroforestry Systems. 95 pp. 431-442. (IF: 2.21)

3. Szabó K., Zubay P., Zámboriné Németh É. (2020): What shapes our knowledge of the relationship between water deficiency stress and plant volatiles? Acta Physiologiae Plantarum 42: 8 Paper: 130. (IF: 2.354)

4. Zubay P., Zámboriné Németh É., Ladányi M., Rajhárt P., Fülöp Z., Kupai D., Muránszky G., Szabó K. (2020): Olajlen és ipari kender agrárerdészeti hasznosíthatóságának felmérése. Kertgazdaság. 52.1. pp. 69-79.

5. Zubay P., Zámboriné Németh É., Szabó K. (2019): A fény szerepe az agrárerdészeti termesztésben. Kertgazdaság 51: 2pp. 53-62.

6. Zubay P., Zámboriné Németh É., Szabó K. (2018): Agrárerdészet és allelopátia – *Populus/Juglans* és gyógynövény alkotta rendszerek. Kertgazdaság 50: 2 pp. 75-83.

7. Zubay P., Kunzelmann J., Ittzés A., Zámboriné Németh É., Szabó K. (2021): Allelopathic effects of *Juglans regia* L., *Populus tremula* L. and juglone on seed germination of medicinal and aromatic plants. In: Lohwasser, Ulrike; Börner, Andreas (szerk.) Seed Production in Times of Climate Change: Book of Abstracts. p. 17.