

SZAKDOLGOZAT

Specziár Alexandra

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Kertészettudományi Intézet

Kertészmérnök alapképzési szak

Illóolajok hatása a magok csírázására

Belső konzulens: Dr. Radácsi Péter

Egyetemi docens

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:**

Kertészettudományi Intézet,

Gyógy- és Aromanövények

Tanszék

Készítette:

Specziár Alexandra

Budapest

2025

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	1
1.1. Célkitűzések.....	2
2. Szakirodalmi áttekintés	3
2.1. A biológiai gyomirtásra potenciálisan alkalmas allelopatikus növények.....	3
2.2. Az illóolajok hatása a gyom- és haszonnövények csírázására.....	4
2.3. A bazsalikom, mint potenciális biológiai gyomirtó	8
2.3.1. A bazsalikom általános jellemzése	8
2.3.2. A bazsalikom illóolajának összetétele.....	8
2.3.3. A bazsalikom illóolajának hatása a gyomfajokra és a haszonnövényekre.....	8
2.4. A levendulák, mint potenciális biológiai gyomirtók.....	10
2.4.1. A levendula fajok általános jellemzése	10
2.4.2. A levendula fajok illóolajának összetétele	11
2.4.3. A levendula fajok illóolajának hatása a gyomfajokra és a haszonnövényekre	11
3. Anyag és módszer.....	13
3.1. A vizsgált illóolajok és összetételük meghatározása	13
3.2. A tesztelt növények magjai	13
3.3. Csírázó képesség tesztek	13
3.4. Statisztikai elemzés	17
4. Eredmények és értékelésük.....	18
4.1. A bazsalikom és a levendula illóolajok összetétele.....	18
4.2. Az illóolaj hatása a fehér mustár magjának csírázására.....	19
4.2.1. Csírázási arány	19
4.2.2. A csíranövény fejlődése	22
4.3. Az illóolaj hatása a ligetszépe magjának csírázására	24
4.3.1. Csírázási arány	24
4.3.2. A csíranövény fejlődése	27
5. Következtetések és javaslatok	30
6. Összefoglalás.....	32
7. Irodalomjegyzék.....	34
8. Ábrák és táblázatok jegyzéke.....	38
8.1. Ábrák	38
8.2. Táblázatok	39

1. Bevezetés és célkitűzések

A gyomok okozta termés kiesés csökkentése a mezőgazdaság egyik legnagyobb kihívása. A gyomok ellen védekezhetünk mechanikai úton, amely egyfelől munkaigényes eljárás másfelől nem alkalmazható minden növény és fejlődési állapot esetében. A gyomok elleni védekezés másik, széleskörben elterjedt módja a szintetikus gyomirtószerek használata. E szerek használata azonban számos kockázattal járhat: tartós használatuk során a gyomnövények rezisztenssé válhatnak velük szemben, illetve a lassú lebomlású szerek az élelmiszerként szolgáló haszonnövények esetében csak korlátozottan használhatók, a környezetben felhalmozódva és a vízzel terjedve pedig ökológiai károkat is okozhatnak. Ráadásul a szintetikus gyomirtószerek a biogazdaságokban nem használhatók. Mindezen okok miatt egyre fontosabb a gyomok elleni védekezés természetesebb, biológiai lehetőségeit megismerni és hasznosítani a gyakorlatban (Raza et al. 2025).

A biológiai gyomirtás lehetőségét az allelopátia jelensége teremtheti meg. Az allelopátia eredeti definíciója szerint a növények egymás közötti kémiai kommunikációja, amely magában foglal pozitív, negatív és semleges hatásokat is (Hierro & Callaway 2021). Egyes későbbi értelmezések szerint a növények egymással szembeni kémiai gátló magatartását értjük alatta. A mai értelmezésben az allelopátia tulajdonképpen a fajok közötti kölcsönhatásnak, versengésnek egy nem erőforrás (pl. tápanyag, víz, fény, élőhely) kihasználáson keresztül ható formája (Hierro & Callaway 2021). Az allelopatikus növények képesek olyan vegyületeket kibocsátani, amelyek befolyásolják más növény fajok csírázását, fejlődését és túlélési esélyét. Számos növény fajnál találtak olyan vegyületeket amelyek képesek más fajok magjának csírázását és a csíranövényke fejlődését gátolni. Az allelopátiának fontos ökológiai szerepe van a természetben, az ilyen vegyületeket előállító növények a konkurensikkal szemben előnybe kerülhetnek és így az allelopátia befolyásolhatja a növényfajok elterjedését (Hierro & Callaway 2021).

Tehát, amennyiben találunk olyan allelopatikus növényt, amely által termelt anyagok adott koncentráció mellett szelektíven hatnak a visszaszorítani kívánt gyomfajokra, viszont nem, vagy csak alig gátolják a termesztett haszonnövényünk fejlődését, akkor lehetséges lehet a biológiai gyomirtás (Ibáñez & Blázquez 2018, 2019). Biológiai gyomirtóként legígéretesebbnek az „illóolajtermelő” növényeket tekintjük (De Mastro et al. 2021). Lévéen ilyen növények

világszerte jelentős fajgazdagságban élnek, illetve termesztetők is, így remélhetjük, hogy a legtöbb gyomfaj ellen találhatunk megfelelő védekezési módot a haszonnövények zöme esetében. Szintén az illóolajok használata mellett szóló érv, hogy lebomlásuk a környezetben gyors, így nem kell számolni felhalmozódásukkal és elhúzódó káros hatásukkal (Dudai et al. 1999, 2000).

Szakedolgozatomhoz mindezek miatt választottam az illóolajok magok csírázására gyakorolt hatásának témáját. Két széleskörben termelt haszonnövény esetében kívántam megvizsgálni, hogy mennyire érzékenyek az illóolaj kezelésekre és ezzel hozzájárulni tenyészetek biológiai gyomirtásának tervezéséhez. A fehér mustár (*Brassicaceae: Sinapis alba* L.) igen széleskörben termesztett növény, amelyet rendkívül szerteágazóan hasznosítunk többek között: fűszernövényként, mint a mustár alapanyaga; a mezőgazdaságban, mint zöldtrágya (Voloshchuk et al. 2024); a gyógyászatban (Peng et al. 2014); és újabban, mint biodízel alapanyag (Mitrović et al. 2020). A ligetszépe (*Onagraceae: Oenothera* sp.) elsősorban dísznövényként és széleskörben termesztett gyógynövényként ismert (Munir et al. 2017). A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (a továbbiakban MATE) soroksári Tangazdaságában emellett megfigyeltem, hogy a ligetszépe apró magjait elszórva a soron következő veteményeket akár gyomosíthatja is. Így e növényre a biológiai védekezés során haszon- és gyomnövényként is tekinthetünk az adott helyzettől függően.

1.1. Célkitűzések

A szakdolgozati kutatómunkám során két, a gyomok elleni biológiai védekezésben potenciálisan használható növényi illóolaj, a bazsalikom és a levendula illóolajok hatását vizsgáltam szabványos laboratóriumi csírázási tesztekben a fehér mustár és a ligetszépe magok tekintetében. A vizsgálatokban a következő kérdésekre kerestem a válaszokat.

1. Miként változik a mustár és a ligetszépe magok csírázási aránya a bazsalikom és levendula illóolaj kezeléseknél koncentrációjának függvényében?
2. Miként változik a mustár és a ligetszépe csíranövénykéik fejlődése a bazsalikom és levendula illóolaj kezeléseknél koncentrációjának függvényében?

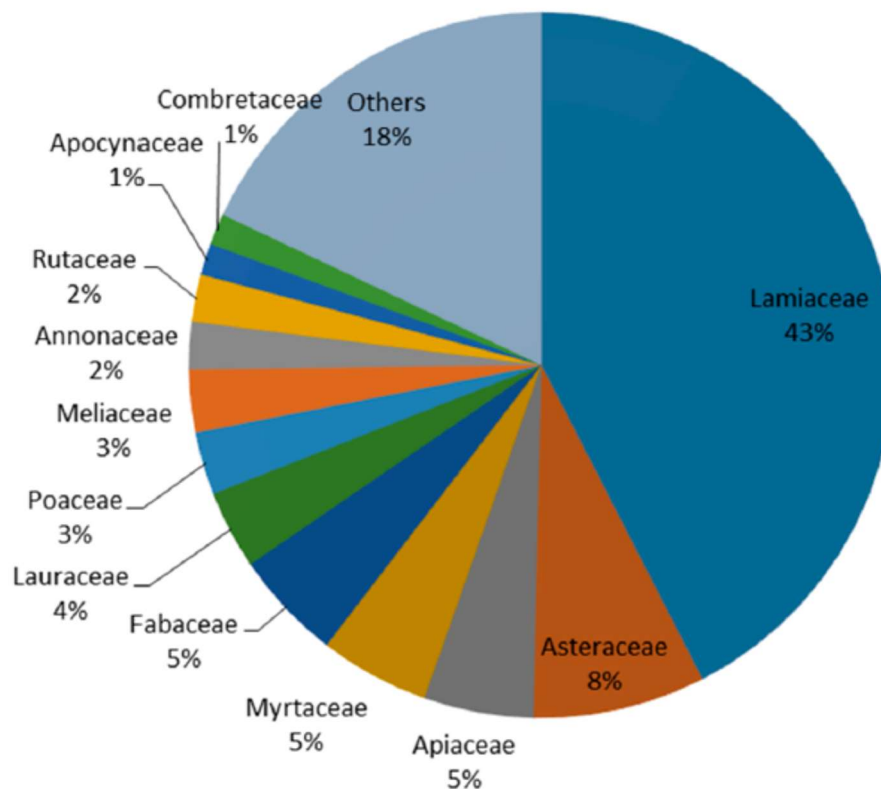
2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A biológiai gyomirtásra potenciálisan alkalmas allelopatikus növények

Világszerte számos allelopatikus növényfajjal történtek vizsgálatok a biológiai gyomirtás lehetőségeinek feltárása céljából. Ezen vizsgálatok összességét áttekintve De Mastro et al. (2021) megállapította, hogy a Lamiaceae családba tartozó növényfajok jelentősen felülreprezentáltak a vizsgálatokban (1. ábra). Vagyis a kutatók a biológiai gyomirtás tekintetében a legnagyobb potenciált az ebbe a növénycsoportba tartozó fajok esetében látják. De Mastro et al. (2021) megállapítása szerint a Lamiaceae családból különösen ígéretes jelöltjei lehetnek a biológiai gyomirtásnak a szurokfű (*Origanum* spp.), a kakukkfű (*Thymus* spp.), a rozmaring (*Rosmarinus officinalis* L.), a zsálya (*Salvia* spp.) és a menta (*Mentha* spp.) fajok. Emellett számos kutatás találta ígéretesnek a szintén a Lamiaceae családba tartozó levendula (*Lavandula* spp.) és a bazsalikom (*Ocimum basilicum* L.) fajok mutatta allelopatikus hatásokat (pl., Önen et al. 2002, Cavalieri & Caporali 2010, Synowiec et al. 2017, Ibáñez & Blázquez 2019, Zheljzakov et al. 2021). Ezen növények mind jól ismert illóolaj termelő fűszernövények.

Valamivel kisebb gyakorisággal ugyan, de más növénycsaládokban is találunk biztató eredményeket mutató fajokat. Így például, laboratóriumi körülmények között jelentős allelopatikus hatást figyeltek meg a Myrtaceae családba tartozó citrom illatú eukaliptusz *Eucalyptus citriodora* Hook. (Batish et al. 2004, Ibáñez & Blázquez 2019) és *Eucalyptus nicholii* Maiden & Blakely (Ramezani et al. 2008), a Pinaceae családba tartozó erdei fenyő *Pinus sylvestris* L. (Ibáñez & Blázquez 2019), a Cupressaceae családba tartozó nehézszagú boróka *Juniperus sabina* L. (Semerdijeva et al. 2022), az Apiaceae családba tartozó édeskömény *Foeniculum vulgare* Mill. (Gitsopoulos et al. 2013) és orvosi lestyán *Levisticum officinale* Koch (Zheljzakov et al. 2021), illetve az Asteraceae családba tartozó boldogasszony tenyere *Chrysanthemum balsamita* L. (Zheljzakov et al. 2021) illóolajokkal kezelt magok és csíranövények esetében is.

1. ábra: A biológiai gyomirtással kapcsolatos kutatások növény családonkénti megoszlása De Mastro et al. (2021) tanulmánya szerint. (Forrás: De Mastro et al. 2021)



2.2. Az illóolajok hatása a gyom- és haszonnövények csírázására

Az illóolajok allelopatikus hatását leggyakrabban laboratóriumi körülmények között vizsgálják, mérve az egyes növények magjának csírázási arányában és csíranövénykéjének növekedésében megfigyelhető változásokat a kezeletlen kontrollhoz képest (Önen et al. 2002, Ramezani et al. 2008, Cavalieri & Caporali 2010, Gitsopoulos et al. 2013, Ibáñez & Blázquez 2019, Sarić-Krsmanović et al. 2019, Bozhuyuk 2020, Semerdijeva et al. 2022). Általánosan megállapítható, hogy a legtöbb vizsgálat igazolta az illóolajok gátló hatását a magok csírázására és a csíranövénykéek fejlődésére.

Így például Synowiec et al. (2017) átfogó kutatásaiban 12 növényi illóolaj hatását tesztelte három széleskörben termelt szántóföldi haszonnövény – a takarmányzab (*Avena sativa* L.), a repce (*Brassica napus* L.) és a kukorica (*Zea mays* L.) – valamint négy gyakori szántóföldi gyom – a vad zab (*Avena fatua* L.), a gabona rozsnok (*Bromus secalinus* L.), a szőrös dísznóparéj (*Amaranthus retroflexus* L.) és a búzavirág (*Centaurea cyanus* L.) – tekintetében. Bár a tesztek

nem történtek meg minden lehetséges illóolaj típus és tesztnövény párosításban, a vizsgálatok így is értékes összefüggéseket tártak fel. Az eredmények szerint a 12 tesztelt illóolaj termelő növény közül a legerősebb általános csírázásgátló hatást a fűszerkömény (*Carum carvi* L.), a borsmenta (*Mentha × piperita* L.), az orvosi zsálya (*Salvia officinalis* L.) és a kerti kakukkfű (*Thymus vulgaris* L.) illóolaja mutatta, amelyek fő komponense az oxigenizált monoterpének voltak. A leggyengébb csírázásgátló hatást a kanadai aranyvessző (*Solidago canadensis* L.) illóolaja mutatta, mono- és szeszkviterpén szénhidrogén komponensekkel. Több esetben az is kimutatható volt, hogy a vizsgált haszonnövények a legtöbb illóolaj típusal szemben toleránsabbnak mutatkoztak, mint a vizsgált gyomnövények.

Laboratóriumi körülmények között a ceyloni fahéjfa (*Cinnamomum zeylanicum* L.), a levendula (*Lavandula* spp.) és a borsmenta (*Mentha × piperita* L.) illóolajok 1,8-5,4 mg/L koncentrációban már teljesen gátolták a Mediterrán térségben gyakori hét gyomfaj – a szőrös disznóparéj (*Amaranthus retroflexus* L.), a fekete csucsor (*Solanum nigrum* L.), a kövér porcsin (*Portulaca oleracea* L.), a fehér libatop (*Chenopodium album* L.), a vadrepce (*Sinapis arvensis* L.), a perjék (*Lolium* spp.) és a bükköny (*Vicia sativa* L.) – csírázását (Cavalieri & Caporali 2010). A vizsgálat során a fahéjfa illóolaja bizonyult a leghatásosabbnak. Ugyanakkor, üvegházi körülmények között már sokkal kevésbé bizonyultak hatásosnak ugyanezen illóolajok. Még az igen magas, 345,6 mg/L koncentráció mellett is csak egy párosítás, a fahéjfa illóolajjal kezelt disznóparéj, esetében sikerült teljesen gátolni a csírázást. A többi esetben az elérhető maximális hatás jellemzően a gyomok csírázási arányának 50-70% körüli csökkenése volt.

A rizs ültetvények egyik legveszélyesebb gyomfaja a kakaslábfű (*Echinochloa crus-galli* L.), amely óriási károkat képes okozni. E gyom elleni biológiai védekezés lehetőségeit vizsgálva Bai et al. (2023) 12 növényfaj illóolajának gátló hatását tesztelte a kakaslábfű fiatal növénykéjének és gyökerének növekedésére. A leghatásosabb gátlónak a fokhagyma (*Allium sativum* L.) illóolaja bizonyult, amely 0,1 g/mL koncentrációjú emulzióját a gyom három leveles növénykéjére spriccelve 90%-os gátló hatást mértek. Ugyanezen kezelés a védeni kívánt haszonnövény, a rizs 1-2 leveles növénykéjénél valamivel kisebb, de még így is szintén számottevő 66%-os, míg a rizsmagok esetében 86%-os gátlást eredményezett. Ezen eredmények is rámutatnak a biológiai védekezés korlátozott szelektivitására és ennek megfelelően a különösen körültekintő tervezés fontosságára.

Ígéretes eredményeket hozott Tilaki et al. (2013) vizsgálata a szántóföldi takarmánynövény ültetvények biológia gyomvédelmének lehetőségeit illetően. Ugyanis egy ürömfaj, az *Artemisia herba-alba* Asso illóolaja jelentősen kisebb koncentrációban okozott érdemi csírázásgátlást és fogta vissza a csíranövénykéek fejlődését a gyomosító perjefélék – *Lolium perenne* L., *Secale montanum* Guss. és *Bromus tomentellus* Boiss. – esetében, mint a vizsgált haszonnövényeknél – takarmánylucerna (*Medicago sativa* L.) és takarmánybaltacim (*Onobrychis sativa* Lam.).

A biológiai gyomirtás egy konkrét gyakorlati alkalmazását vizsgálta Frabboni et al. (2019). Nevezetesen egy szabadtéri kamilla (*Matricaria chamomilla* L.) ültetvényen végeztek szurokfű (*Origanum vulgare* L.) és rozmaring (*Rosmarinus officinalis* L.) illóolaj kezeléseket a változatos gyomközösség visszaszorítására. Habár a gyomok mennyiségét valóban sikerült így csökkenteni, a kamillavirág termés nem lett nagyobb a kontrol ültetvényhez képest.

A növényi illóolajok rendszerint számos és különböző típusú vegyületet, másodlagos anyagcsereterméket tartalmaznak. Ezek közül a terpének, különösen a monoterpének és a fenilpropánok azok, amelyekhez leginkább köthető a biológiai gyomirtó képesség (De Mastro et al. 2021). Ugyanakkor lényeges kiemelni azt is, hogy a kutatások többsége egy-egy növény teljes illóolajának hatását vizsgálta és jelenleg még kevesebbet tudunk arról, hogy miként változik az allelopatikus hatás az illóolaj összetételével (De Mastro et al. 2021).

E tekintetben teljesebbnek tekinthetők azon vizsgálatok, amelyeket Azirak & Karaman (2008) végzett tíz növény faj illóolajának hét közismert szántóföldi és kertészeti gyom magjának csírázóképeségére gyakorolt hatását illetően. A laboratóriumi vizsgálat során a legalacsonyabb koncentráció mellett a fűszerkömény (*Carum carvi* L.), a fodormenta (*Mentha spicata* L.), az *Origanum onites* L. és a *Thymbra spicata* L. illóolajok fejtették ki csírázásgátló hatásukat. Ezt követően ezen négy illóolaj fő egyedi komponenseivel további csírázási tesztek végeztek a kutatók ugyanazon gyomfajok tekintetében. Az eredmények szerint az erős gátlóhatás elsősorban a timol, karvakrol és karvon vegyületekhez volt köthető.

Mindemellett az allelopátia jelenségének természetvédelmi célú hasznosítása is felmerülhet. A kanadai aranyvessző (*Solidago canadensis* L.) egy az európai őshonos faunát fenyegető adventív faj, így visszaszorítására természetesen a biológiai módszerek is felvetődtek. Grul'ová et al. (2020) e célból kísérletesen vizsgálta hat növényi illóolaj és külön ezek fő komponenseinek lehetséges alkalmazását. A tesztek szerint az illóolajok közül a szurokfű

(*Origanum vulgare* L.) mutatta a legerősebb csírázásgátló hatást 1,250 µg/L koncentráció mellett, míg az egyedi komponensek közül az anetol és az esztragon bizonyultak a leghatásosabb inhibitoroknak.

Egy másik kutatás viszont éppen azt vizsgálta, miként lehet hasznosítható az ugyancsak invazív ürömlevelű parlagfű (*Ambrosia artemissifolia* L.) illóolaja a gyomok elleni biológiai védekezésben (Han et al. 2021). Az illóolaj kezeléseket gátolták a gyommagok csírázását és jelentősen károsították a fejlődő gyomnövényeket.

De Mastro et al. (2021) rámutatott ugyanakkor arra is, hogy az illóolajok rutinszerű használatát nagyban nehezíti, hogy hatásuk nem eléggé növény-specifikus és ezért alkalmazásuk során a haszonnövények is károsodhatnak. Jó példa erre Ibáñez & Blázquez (2019) kísérlete, amelyben három különböző növénycsaládból (Lamiaceae, Myrtaceae, Pinaceae) származó illóolaj esetében is azt találta, hogy nem volt lényeges eltérés a paradicsom (*Solanum lycopersicum* L.) mint haszonnövény és négy gyomfaj illóolajjal szembeni érzékenységében. Hasonlóan, Gitsopoulos et al. (2013) két termesztett gabona féle és egyszikű gyomnövényeik magjainak csírázókéességét vizsgálva pusztán csekély eltérést tapasztalt azok levendula (*Lavandula × hybrida* Rev.), kakukkfű (*Thymus capitatus* L.) és édeskömény (*Foeniculum vulgare* Mill.) illóolajokkal szembeni érzékenységében. A széleskörben termelt gabonafélék, az árpa (*Hordeum vulgare* L.) és a búza (*Triticum aestivum* L.) csírázása szintén gátlódott a levendula (*Lavandula angustifolia* Mill.), a kerti izsóp (*Hyssopus officinalis* L.), a kerti kakukkfű (*Thymus vulgaris* L.), az orvosi lestyán (*Levisticum officinale* Koch), a boldogasszony tenyere (*Chrysanthemum balsamita* (L.) Baill.) és a rómaikömény (*Cuminum cyminum* L.) illóolajától a 10 µL-nél magasabb koncentrációjú kezeléseknél (Zheljazkov et al. 2021). Turgut & Coskun (2021) vizsgálatai szerint pedig a borsmenta (*Mentha × piperita* L.) és a fodormenta (*Mentha spicata* L.) illóolajok laboratóriumi körülmények között 0,2 µL koncentráció felett már gátló hatást mutattak öt széleskörben termelt gabonanövény esetében, amelyek közül a legérzékenyebbnek a tönkölybúza (*Triticum spelta* L.), míg legellenállóbbnak a közönséges búza (*Triticum aestivum* L.) bizonyult. Atak et al. (2016) vizsgálatai találtak ugyan némi statisztikailag kimutatható eltérést a ciprusi szurokfű (*Origanum onites* L.) és a rozmarin (*Salvia rosmarinus* L., korábban *Rosmarinus officinalis* L.) illóolajok gabonanövényekre és az azokat gyomosító növényfajokra kifejtett csírázásgátló hatásában, de a megfigyelt néhány százaléknyi különbségekre aligha lehetne egy szelektív biológiai gyomirtást alapozni.

Az illóolajok gyomirtásban történő alkalmazásának egyéb kihívásai is vannak. Habár az illóolajok általánosan gátolják a csírázási folyamatot, amennyiben a gátlás nem teljes, a csírázó magok képesek lehetnek egyes monoterpéneket metabolizálni, kevésbé káros komponensekre bontani (Dudai et al. 2000). Továbbá, arra is van példa, hogy az illóolajok csírázásgátló hatását éppen a termesztett gabonák csírázásának gátlására használják; például betakarítás előtti nedves időjárás esetén a kalászkokban lévő magok spontán csírázásának gátlására (Zheljazkov et al. 2021).

Végül, arra is tekintettel kell lenni, hogy egyes kutatások szerint az illóolajok a talajban élő fontos mikrobákat is károsíthatják, veszélyeztetve ezzel a talajban zajló hasznos folyamatokat (Jouini et al. 2020).

2.3. A bazsalikom, mint potenciális biológiai gyomirtó

2.3.1. A bazsalikom általános jellemzése

A bazsalikom (*Ocimum basilicum* L.) a Lamiaceae családba tartozik. Óshonos előfordulási területei a trópusi és szubtrópusi Ázsia és Észak-Ausztrália. Ma már világszerte termelik. Étvágyjavító és emésztést elősegítő hatásainak köszönhetően alkalmazzák gyógynövényként is, azonban az ezen tulajdonságok alátámasztására szolgáló adatok nem kellő számban való rendelkezésre állásának okán inkább az élelmiszeriparban való felhasználása az elterjedtebb. Levele szárítva, illetve frissen is a mediterrán konyha elengedhetetlen része, továbbá illóolaját is felhasználják a likőr- illetve parfümiparban.

2.3.2. A bazsalikom illóolajának összetétele

A bazsalikom illóolajának összetétele térségenként nagyon változó lehet (Joshi 2014). Leggyakrabban a linalool és az esztragon (más néven: metil-kavicol) vegyületeket mutatták ki az illóolaj legnagyobb részarányú komponenseiként (1. táblázat).

2.3.3. A bazsalikom illóolajának hatása a gyomfajokra és a haszonnövényekre

A bazsalikom illóolaja, ha nem is számít általában a legerősebb csírázásgátlónak az illóolajok között, számos kísérletben bizonyult hatásosnak a gyomok ellen.

Önen et al. (2002) laboratóriumi kísérleteiben négy másik növény – a fekete üröm (*Artemisia vulgaris* L.), a fodormenta (*Mentha spicata* L. subsp. *spicata*), az orvosi zsálya (*Salvia officinalis* L.) és a *Thymbra spicata* L. subsp. *spicata* – illóolajával összevetésben vizsgálta a bazsalikom (*Ocimum basilicum* L.) illóolaj hatását nyolc gyomfaj csírázási sikere tekintetében. A bazsalikom illóolaj mind a nyolc gyomfaj csírázására gátló hatást gyakorolt és gyomfajtól függően 2-10 µL koncentráció felett teljes gátlást eredményezett. A másik négy illóolajhoz képest a bazsalikom illóolaj közepes hatékonyságúnak bizonyult. Hasonló eredményeket mutattak más vizsgálatok is. Így, összevetésben másik hét növényi illóolajjal, a bazsalikom (*Ocimum basilicum* L.) illóolaja szintén közepes hatékonyságú csírázásgátlást mutatott az ismert gyom, a szőrös disznóparéj (*Amaranthus retroflexus* L.) tekintetében a Petri-csészés tesztben (Özkan & Tunçtürk 2021).

A sárga selyemmályva (*Abutilon theophrasti* Medik.), amely a kukorica ültevényeket gyomosítja, elleni lehetséges védekezés okán Sarić-Krsmanović et al. (2019) laboratóriumi körülmények között vizsgálta öt növény illóolajának, köztük a bazsalikomnak (*Ocimum basilicum* L.) a csírázásgátló hatását. Az eredmények szerint a gyom csírázását a bazsalikom illóolaj már 0,1 térfogat százalékos oldatban is több mint 50%-os arányban gátolta, míg az 1,0 térfogat százalékos oldattal kezelt magok közül egyetlen egy sem csírázott ki.

Azonban a bazsalikom illóolaj nem mutat minden esetben egyértelmű gátlást. Terzić et al. (2023) kimutatta, hogy a bazsalikom (*Ocimum basilicum* L.) 0,02% koncentrációjú illóolaj kezelés az orvosi zilíz (*Althea officinalis* L.) egy és két éves magjának csírázási arányát jelentősen csökkentette, ugyanakkor a három éves magoknál már nem volt negatív hatás.

1. táblázat. A bazsalikom illóolaj fő komponensei térségenként Joshi (2014) alapján. (Forrás: Joshi 2014)

Ország	Fő komponensek
Banglades	Methyl cinnamate, linalool, tau-cadinol, α -bergamotene, γ -muurolene, sulfone-methyl styryl, methyl chavicol
Brazília	Linalool, geraniol, 1,8-cineole
Csehország	Linalool, eugenol, 1,8-cineole, bergamotene
Guinea	Linalool, eugenol, α -bergamotene, thymol
India, déli terület	Methyl cinnamate, linalool, β -elemene, camphor
India, északnyugati terület	Camphor, limonene, β -selinene
Irán	Methyl chavicol, linalool, α -cadinol, germacrene D, 1,8-cineole
Lengyelország	1,8-cineole, germacrene D, β -elemene
Malajzia	Methyl chavicol
Omán	Linalool, geraniol, 1,8-cineole, α -bergamotene, geranyl acetate
Románia	Linalool, elemene, farnesene, guaiene
Románia	Epi-bicyclo sesquiphellandrene, farnesene, β -elemene, γ -cadinene
Thaiföld	Methyl chavicol
Törökország	Menthone, estragole, isoneomenthol, menthol, pulegone, linalool
USA	Linalool, estragole, methyl cinnamate, eugenol, 1,8-cineole
USA, Mississippi	Linalool, camphor, α -humulene, eucalyptol, eugenol, bornyl acetate, methyl chavicol, α -trans-bergamotene, cadinoltrans-caryophyllene

2.4. A levendulák, mint potenciális biológia gyomirtók

2.4.1. A levendula fajok általános jellemzése

A levendula fajok szintén a Lamiaceae család tagjai. A levendulák a Földközi tenger menti területeken, a Közel-Keleten és Ázsia déli területein őshonosok, számos fajuk és változatuk ismert. Hasznos tulajdonságai miatt világszerte telepítik és termelik. Az egyes fajokat használjuk disznővényként, fűszernövényként, értékes hatóanyagaik miatt gyógynövényként, illóolajuk kellemes illata miatt háztartási szerek, kozmetikumok és parfümök összetevőjeként, de élőködők távoltartására is (Batiha et al. 2023, Patil & Waghmare 2024). Az egyik legismertebb és legszélesebb körben tenyésztett faj a közönséges levendula (*Lavandula angustifolia* Mill.).

2.4.2. A levendula fajok illóolajának összetétele

A levendula fajok illóolajának összetétele erősen változó (Wells et al. 2018). Megfigyelhetünk különbségeket az egyes levendula fajok között, de még fajon belül is jelentős lehet az illóolaj összetételének változatossága (2. táblázat). Mindenesetre a két legjellemzőbb komponensnek a linalool és a linalil-acetát tekinthető (Synowiec et al. 2017, Zheljaskov et al. 2021, Patil & Waghmare 2024). A hazai levendula ültetvényeket vizsgálva Détár et al. (2020) szintén azt találta, hogy az illóolaj fő összetevője a *Lavandula angustifolia* Mill. esetében a linalool és a linalil-acetát voltak, míg a *Lavandula x intermedia* esetében egyértelmű volt a linalool túlsúlya, egyes ültetvényeknél kiegészülve 10% feletti kámfor tartalommal. Ezen vizsgálatok arra is rámutattak, hogy az illóolaj összetétele a hazai ültetvények között is jelentősen eltér, illetve kisebb-nagyobb időbeni eltérések ültetvényeken belül is előfordulhatnak.

2. táblázat. A különböző levendula fajok fő illóolaj komponensei Wells et al. (2018) tanulmánya alapján százalékban. Itt csak azon komponensek kerültek feltüntetésre, amelyek 10% feletti részesedést elérhetnek. (Forrás: Wells et al. 2018)

Komponens	<i>L. angustifolia</i>	<i>L. latifolia</i>	<i>L. stoechas</i>	<i>L. luisieri</i>	<i>L. x intermedia</i>
Linalool	6,97–44,4	27–61,1	0,08–2,7	0,2–3,1	21,1–32,3
Linalyl acetate	7,2–50,5	0,05–1,1	-	-	3,04–46,0
Borneol	0–6,2	0,16–5,9	0,8–1,4	-	0–15,7
Terpinen-4-ol	2,3–30,2	0,3–7,1	0,2–0,5	0	0–2,8
1,8-Cineole	0–6,0	6,6–34,9	8–52,7	2,4–43,2	5,2–26,1
Octan-3-one	1,5	0,1–0,2	0,13–16,3	-	-
Camphor	0–1,7	1,1–46,7	7,9–51,6	1,0–2,7	2,5–11,1
β-Ocimene	0,4–21,2	0–1,3	-	0–0,4	0–15,0
Fenchone	-	-	2,9–68,2	2,9–6,6	-

2.4.3. A levendula fajok illóolajának hatása a gyomfajokra és a haszonnövényekre

A levendula illóolajának csírázásgátló hatását a legkülönbözőbb gyomfajok esetében széleskörűen igazolták. Cavalieri & Caporali (2010) kimutatta, hogy a levendula (*Lavandula* spp.) illóolaja 1,8-5,4 mg/L koncentrációban teljesen meggátolja hét, a Mediterrán vidéken is gyakori gyomfaj csírázását laboratóriumi körülmények között. Viszont ugyanezen koncentráció üvegházi környezetben már csak 23-71%-ban gátolta a gyommagok csírázását.

Négy mérsékelt övi szántóföldi gyomfajt vizsgálva Synowiec et al. (2017) kimutatta, hogy a levendula (*Lavandula augustifolia* Mill.) illóolajának 0.16-0.35 g/L koncentrációja mellett a gabona rozsnok (*Bromus secalinus* L.), a szőrös dísznóparéj (*Amaranthus retroflexus* L.) és a búzavirág (*Centaurea cyanus* L.) csírázása már 50%-ban gátlódik, míg a jóval nagyobb toleranciát mutató vad zabnál (*Avena fatua* L.) ilyen mértékű gátlás csak 1.83 g/L koncentrációnál lépett fel. Sajnos azonban mivel a szerzők a levendula illóolaj hatását természetes gabonaféléken nem tesztelték, így az eredmények gazdasági jelentősége nem ítélnélhető meg.

Ibáñez & Blázquez (2019) laboratóriumi körülmények között vizsgálta a levendula (*Lavandula augustifolia* Mill.) illóolaj hatását uborka (*Cucumis sativus* L.) és paradicsom (*Solanum lycopersicum* L.) haszonnövények és négy gyomfaj magjának csírázó képességére és a csíranövények növekedésére. Az eredmények alapján az uborka jóval kevésbé volt érzékeny az illóolaj kezelésre, mint a vizsgált gyomok. Így a kutatók következtetése szerint meghatározható lehet egy olyan levendula illóolaj koncentráció, amely alkalmas lehet uborka ültetvények részleges gyomirtására. Ugyanakkor, a paradicsom közel azonos érzékenységet mutatott a levendula illóolaj kezelésre, mint a gyomok. Ezért a paradicsom ültetvények biológiai gyomirtására a levendula illóolaj nem tűnik alkalmasnak.

Más haszonnövények esetében is kimutatható volt a levendula illóolaj gátló hatása. Zheljzkov et al. (2021) megfigyelései szerint az árpa (*Hordeum vulgare* L.) és a búza (*Triticum aestivum* L.) magjának csírázását a levendula (*Lavandula augustifolia* Mill.) illóolaja 30 és 90 µL kezelési szinten már teljesen gátolta, de az árpa csírázását és csíranövénykéjének fejlődését már a 10 µL-es kezelés is drasztikusan csökkentette a kontrolhoz képest.

Terzić et al. (2023) kísérletei igazolják, hogy a levendula (*Lavandula augustifolia* Mill.) illóolaját kisebb koncentrációban alkalmazva egyes haszonnövények magjainak csírázó képessége akár növelhető is. Vizsgálatukban megfigyelték ugyanis, hogy az értékes gyógynövény, az orvosi zilíz (*Althea officinalis* L.) három éves magját 0,02%-os levendula illóolajjal kezelve a magok csírázási aránya akár 13%-al, míg a csíranövényke növekedése akár 24-35%-al is növelhető. A kedvező hatás kiváltásában ez esetben feltehetően az orvosi zilíz magján megtelepedő kártevő gombák mennyiségének az illóolaj kezelés hatására bekövetkező igen jelentős, 53-100%-os csökkenése játszhatott jelentős szerepet.

3. Anyag és módszer

3.1. A vizsgált illóolajok és összetételük meghatározása

A vizsgálatokhoz kiskereskedelmi forgalmazásban elérhető Aromax márkájú bazsalikom (*Ocimum basilicum* L.) és levendula (*Lavandula augustifolia* Mill.) illóolajokat használtam.

Az illóolajok összetételét gázkromatográfiás vizsgálattal határoztuk meg (Mulugeta & Radácsi 2022). A mérést 6890 N típusú gázkromatográfval végeztük, amely 5975 inert tömegszelektív detektorral, (Agilent Technologies, USA), valamint HP-5MS (5% phenyl methyl siloxane, hossz: 30 m, belső átmérő: 0,25 mm, filmvastagság: 0,25 μ m) típusú kolonnával rendelkezett. Az injektor 230°C, míg a detektor 240°C hőmérsékleten üzemelt. A hőmérsékleti program: 60 – 240°C között 3°C/perc rátával emeltük a hőmérsékletet. Vivőgázként héliumot alkalmaztunk, melynek áramlási sebessége konstans 1 ml/perc volt. A 0,2 μ L (1 %-os hexános oldat) mintamennyiséget automata befecskendező (7683B, Agilent Technologies, USA) segítségével juttattuk a mérőtérbe. A minta komponensek tömegspektrum eloszlását 70 eV ionizációs energia mellett határoztuk meg. A kapott tömegspektrumból az egyes komponensek azonosítása NIST könyvtár és saját illóolajos könyvtárunk segítségével, a retenciók idői felhasználásával történt.

3.2. A tesztelt növények magjai

A kísérletekhez kiskereskedelemben forgalmazott fehér mustár magot (Rédei Kertimag Zrt.) és a MATE soroksári Tangazdaságából 2024 őszén gyűjtött ligetszépe magot használtam.

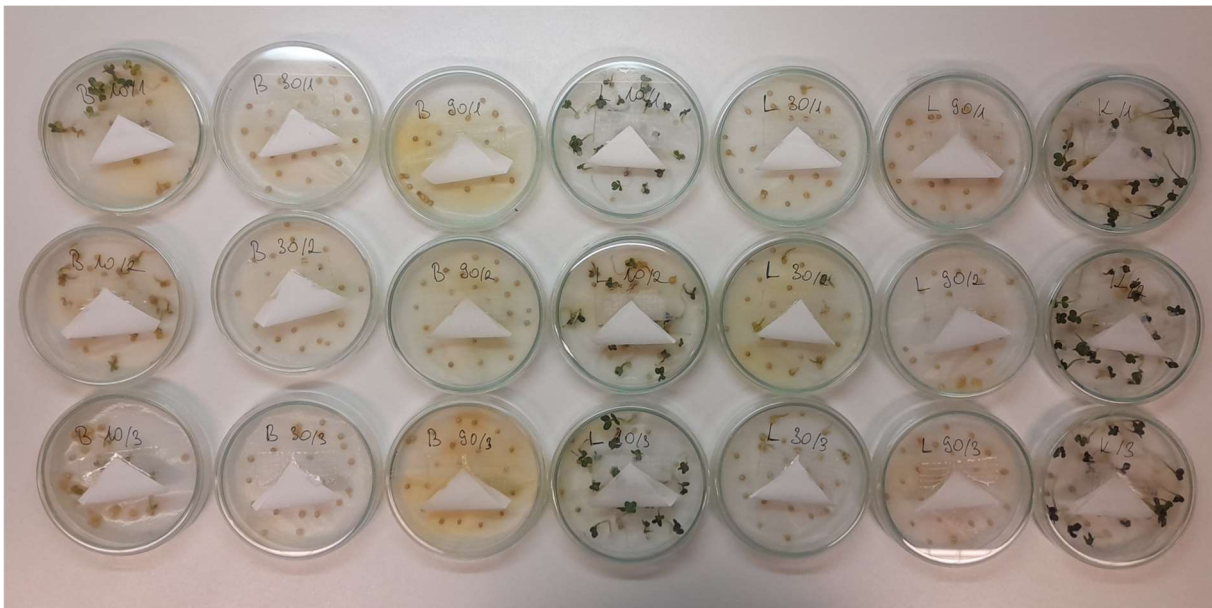
3.3. Csírázó képesség tesztek

Az illóolajjal kezelt magok csírázóképeségének vizsgálata a vonatkozó Magyar Szabvány (MSZ 6354-3:2008) szerint történt.

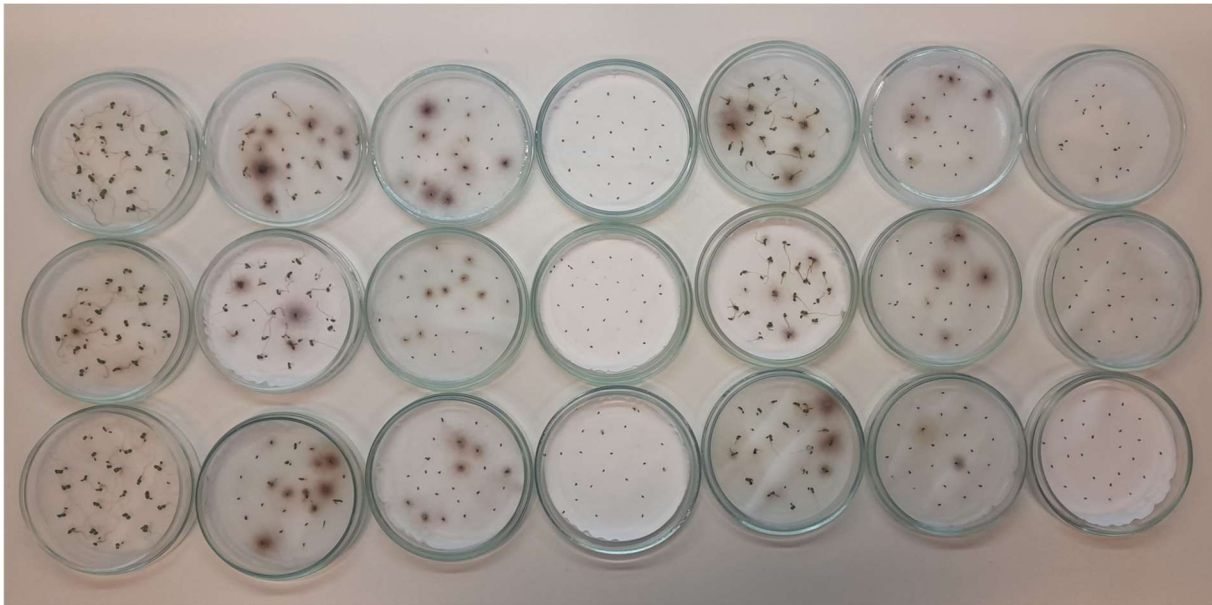
A kísérlet előtt a magokat 30 másodpercre 96%-os etanolba áztattam, utána csapvízzel lemostam, desztillált vízben átöblítettem, és végül szűrőpapíron szétterítve száradni hagytam. A csíráztatás Petri-csészékben (10 cm átmérőjű) történt. A Petri-csészék aljába két réteg

szűrőpapírt (REANAL, Pórusméret: 10 – 12 μm , Vastagság: 200 μm) raktam, erre került Petri-csészénként 25 mag, majd a szűrőpapírt 5 mL desztillált vízzel átnedvesítettem. Az így előkészített Petri-csészék tetejébe kétréteg háromszög formára hajtott szűrőpapír lett felragasztva átlátszó ragasztószalaggal, erre lettek rámerve pipettával az illóolajok az adott kezelésnek megfelelő koncentrációban. A kezeléseket a fehér mustár és a ligetszépe magok esetében, a bazsalikom és a levendula illóolajok öt-öt koncentrációja (5, 10, 20, 30, 90 μL) mellett végeztem el. A kontrol kezelés esetében nem tettem semmit a felső szűrőpapírra. Minden kezelés, ideértve a kontrolt is, három párhuzamossal készült. Egy magtípus vizsgálata így összesen 33 Petri-csészényi mintát jelentett. Az előkészített Petri-csészéket parafilmmel (Parafilm® "M") lezártam és csírázató kamrába helyeztem. A csíráztatás egy Sanyo MLR-350H környezeti tesztkamrában történt 8 óra megvilágítás 30°C-on és 16 óra sötétség 20°C-on napi ciklus mellett.

2. ábra: A mustár csírázási kísérlete a 7. napon. (Forrás: Saját munka)

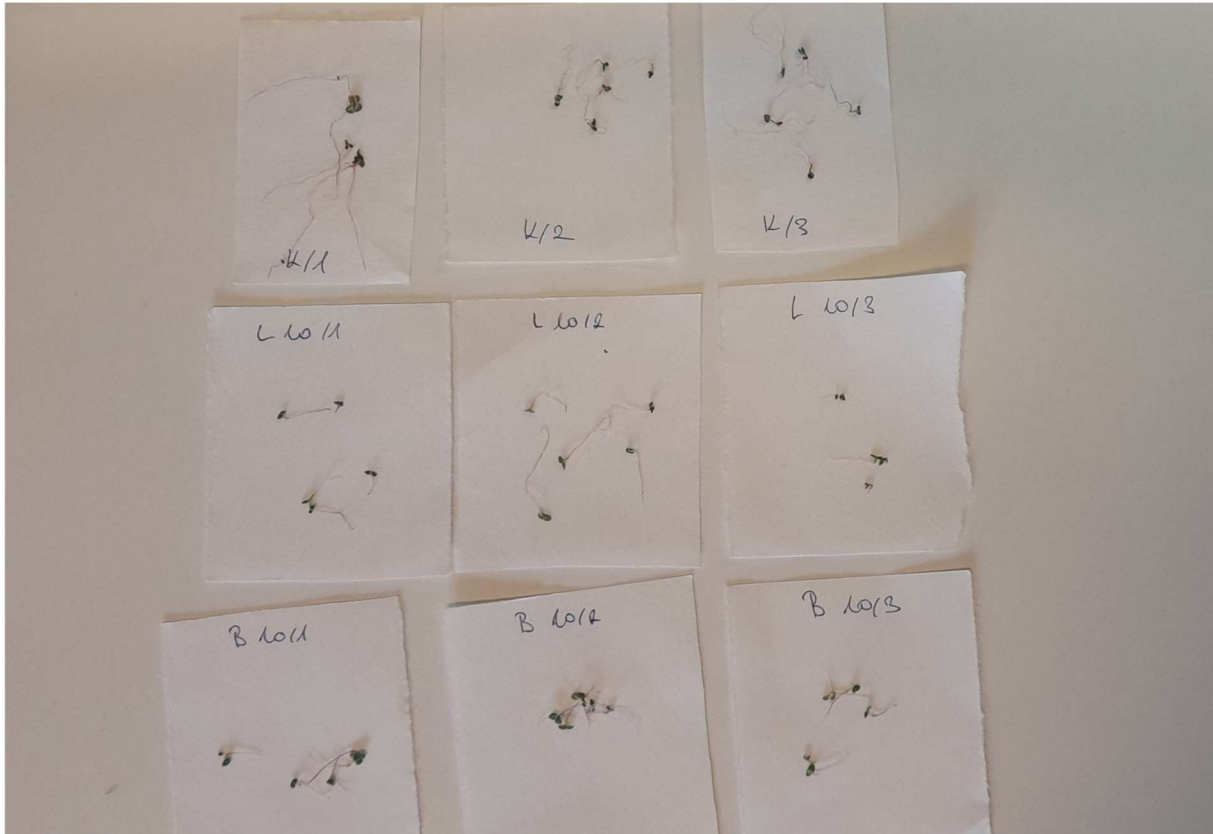


3. ábra: A ligetszépe csírázási kísérlet a 21. napon. A képen látható koncentrációk oszloponként az azonos koncentrációk három párhuzamosát tartalmazzák a következők szerint balról jobbra haladva: Kontrol; Levendula 10 μ L, 30 μ L, 90 μ L; Bazsalikom 10 μ L, 30 μ L, 90 μ L. (Forrás: Saját munka)

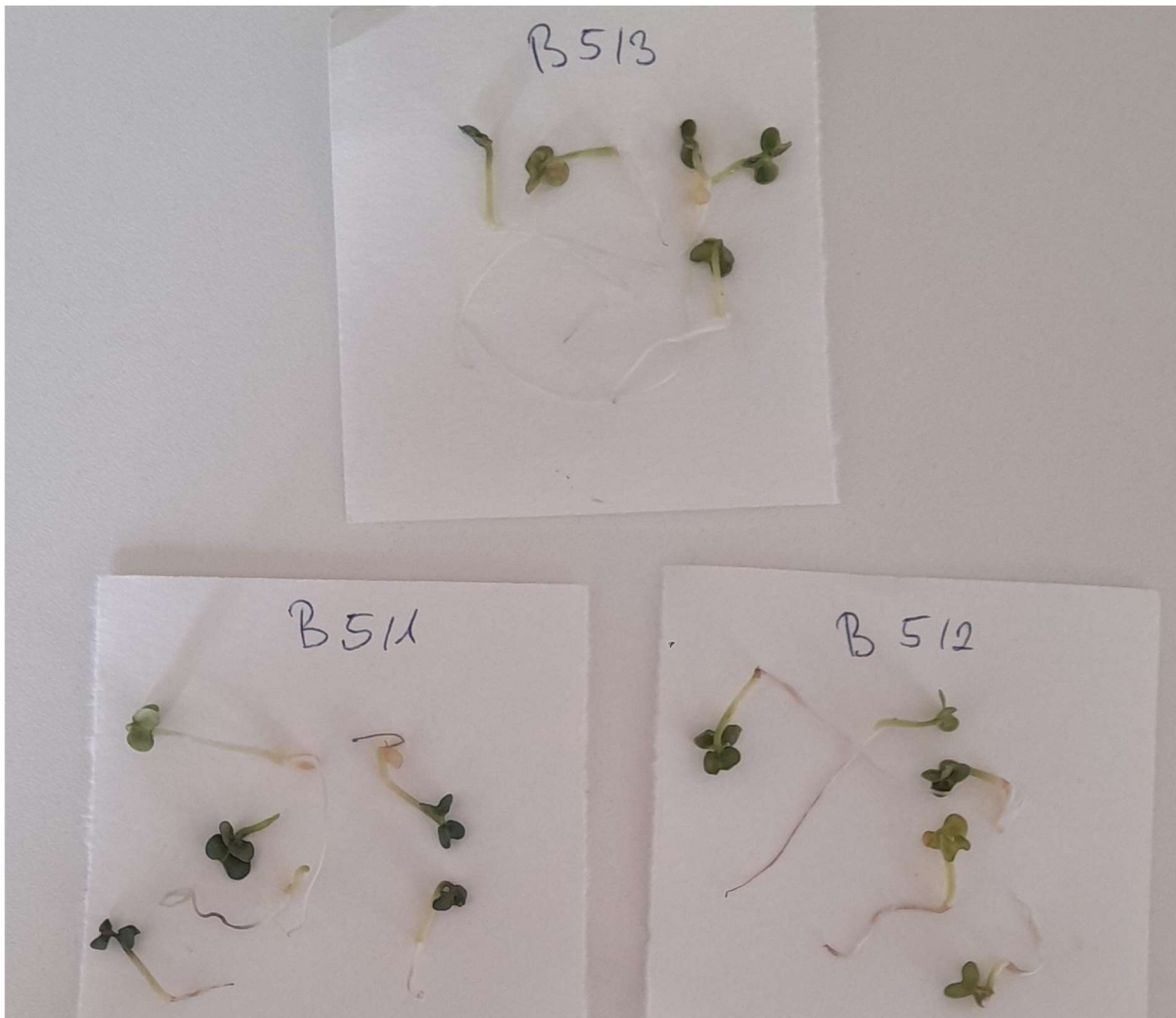


A vizsgálat ideje a szabványhoz (MSZ 6354-3:2008) igazodóan tesztnövényenként eltérő volt. A fehér mustár esetében a csírázási arány első megfigyelési napja a kísérlet 3. napján volt. Ekkor a Petri-csészéket időlegesen kivettem a csíráztató kamrából, a kicsírázottnak minősíthető magokat megszámláltam, majd a Petri-csészéket visszahelyeztem a csíráztató kamrába. A kísérlet a 7. napon ért véget. Ekkor ismét megszámláltam a kicsírázott magokat, továbbá minden Petri-csészéből öt darab tetszőlegesen kiválasztott csíranövénynél egy vonalzó segítségével megmértem a gyököcske hosszát (mm pontossággal), valamint egy négytizedes analitikai mérleg segítségével az öt növényke együttes tömegét egy kis darab szűrőpapírra helyezve, amelynek súlyával a mérleget a mérés előtt letáraztam. A ligetszépével végzett kísérletnél ugyanezen adatokat vettem fel, de a szabványnak megfelelően a csírázási arány első vizsgálatára a kísérlet 7. napján került sor, míg a kísérlet befejezése és a végső mérések a 21. napon történtek.

4. ábra: A ligetszépe kísérletének kontrol, levendula 10 μ L illetve bazsalikom 10 μ L dózisokban a csíranövények tömegmérése a kísérlet 21. napján. (Forrás: Saját munka)



5. ábra: A mustár kísérletének bazsalikom 5 μ L dózisú kezelésének a csíranövényeinek tömegmérése a kísérlet 7. napján. (Forrás: Saját munka)



3.4. Statisztikai elemzés

A vizsgálat során négy féle adatot gyűjtöttem: a kezelés első megfigyelési idején mutatott csírázási arányt (mustárnál a 3., ligetszépénél a 7. napon); a vizsgálat végén mutatott csírázási arányt (mustárnál a 7., ligetszépénél a 21. napon); a gyököcske átlagos hosszát; és a csíranövényke átlagos tömegét. Annak értékelésére, hogy a csírázóképeséget jellemző egyes adatok miként változtak az illóolaj kezeléssel összefüggésben, két faktoros (az illóolaj típusa és mennyisége) variancia elemzés (ANOVA) statisztikai tesztet készítettem a Statistica 7.0 szoftver (StatSoft Inc.) segítségével. Az egyes kezelések eredményeinek páronkénti összevetéséhez pedig a Tukey statisztikai próbát használtam.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. A bazsalikom és a levendula illóolajok összetétele

A vizsgálatokhoz használt illóolajok összetételét a 3. táblázat mutatja.

A bazsalikom illóolajban 11 komponenst azonosítottunk, amelyek közül legnagyobb arányt egy fenolterpén, az esztragnol (metil-kavicol) (76,8%) és egy terpénalkohol, a linalool (19,2%) képviseltek. A kapott eredmények illeszkednek a bazsalikom illóolaj összetételéről szerzett globális tapasztalatokhoz. Mint azt az irodalmi áttekintésnél szereplő összegző táblázat is mutatja (1. táblázat), világszerte számos esetben találták ezen két vegyületet a bazsalikom illóolajában, mint fő komponenset (Joshi 2014, Sarić-Krsmanović et al. 2019).

A vizsgált levendula illóolajban 16 komponenst azonosítottunk, amelyek közül a legnagyobb arányban a monoterpének közé tartozó linalil-acetát (43,2%), para-cimén (13,8%) és béta-pinén (10,4%), valamint a bazsalikom illóolajban is megtalálható linalool (26,6%) voltak jelen. Mint azt az irodalmi áttekintésnél szereplő összegző táblázat is mutatja (2. táblázat), a linalil-acetát és linalool gyakran fő komponensei a különböző levendula fajok – így a *Lavandula angustifolia* Mill., *L. latifolia* Rozeira és *L. x intermedia* Emeric ex Loisel – illóolajainak (Wells et al. 2018) és ez jellemző a hazai ültetvényekre is (Détár et al. 2020). Ugyanakkor, a para-cimén 13,8%-ot, valamint a béta-pinén 10%-ot elérő részaránya már meglepő, amely mértékeket illetően sem nemzetközi, sem hazai példát nem találtunk (Wells et al. 2018, Détár et al. 2020). Általában a béta-pinén és a para-cimén vagy nem is kimutathatóak, vagy legfeljebb 1-2% arányban találhatóak a levendula illóolajokban.

3. táblázat: A kísérletekhez használt bazsalikom és levendula illóolajok (gyártó: Aromax) összetétele. A főbb komponenseket kiemeléssel jelölöm. (Forrás: Saját munka)

Komponens	RI	RT	Bazsalikom illóolaj (%)	Levendula illóolaj (%)
α -Pinene	938	5,24	0,10	0,13
Camphene	952	5,61	-	0,05
β-Pinene	981	6,34	0,07	10,38
β -Myrcene	995	6,70	-	0,28
para-Cymene	1026	7,75	-	13,8
Limonene	1029	7,87	0,29	0,66
1,8-Cineole	1034	8,13	0,31	-
cis- β -Ocimene		8,16	-	1,17
trans- β -Ocimene	1046	8,51	-	0,39
cis-Linalool oxide	1074	9,61	0,19	-
Linalool	1097	10,54	19,15	26,56
3-Octen-1-ol acetate	1111	11,00	-	0,13
δ -Terpineol	1162	13,54	-	0,76
Terpinen-4-ol	1175	14,12	-	0,23
Estragole (Methyl Chavicol)	1196	14,44	76,82	-
Linalyl acetate	1250	16,90	-	43,22
Geranial (α -Citral)	1268	17,49	0,33	-
Lavandulyl-acetate	1285	18,33	-	0,66
trans- β -Caryophyllene	1420	23,34	-	0,57
trans- α -Bergamotene	1437	24,04	0,48	-
(Z)- β -Farnesene	1459	24,95	-	0,28
cis- α -Bisabolene	1544	28,30	0,79	-
Caryophyllene oxide	1590	29,93	0,46	-
Összesen			98,99	99,27

RI: lineáris retenciós index a HP-5MS (5% phenyl methyl siloxane) kolonnán. RT: retenciós idő.

4.2. Az illóolaj hatása a fehér mustár magjának csírázására

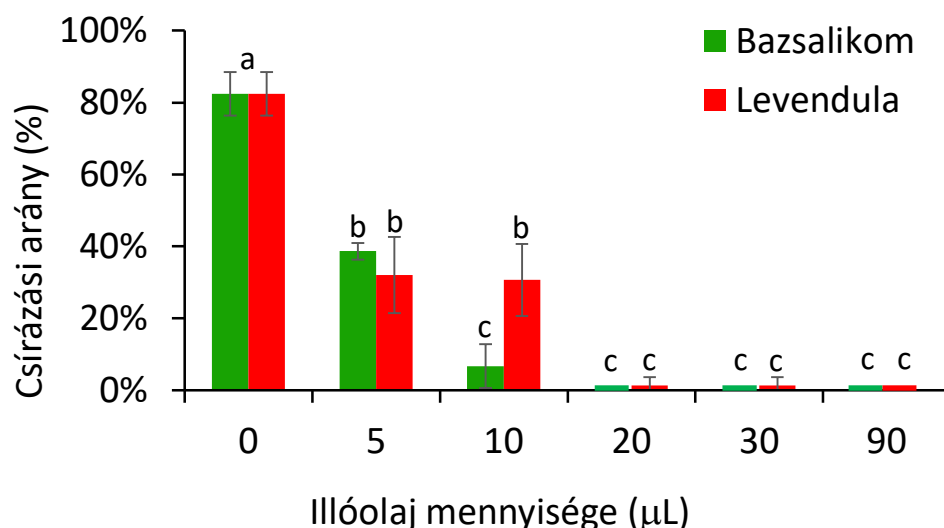
4.2.1. Csírázási arány

A kontrol kezeléseknél a fehér mustár mag 3 napos csírázási aránya átlagosan 82,4% (6. ábra), míg 7 napos csírázási aránya átlagosan 85,6% volt (7. ábra). Az illóolaj kezelésekre hatására a csírázási arány ehhez képest jelentősen csökkent.

Mint azt a 6. ábra mutatja, a 3 napos csírázási arány már 5 μ L illóolajjal történő kezelés esetén is kevesebb mint felére csökkent, a bazsalikom illóolaj kezelés esetén 38,7%-ra, a levendula illóolaj kezelés esetén 32,0%-ra, míg 20 μ L feletti illóolaj hozzáadása esetén lényegében nem

volt csírázás 3 nap alatt. Az ANOVA igazolta az illóolaj mennyiségének erős szerepét a csírázási sikert illetően (4. táblázat). Ugyanakkor, a bazsalikom és levendula illóolajok hatása közötti egyértelmű általános különbség statisztikailag nem volt igazolható. A két illóolaj hatása közötti eltérés koncentráció függő volt, mint azt az interakciós komponens szignifikanciája mutatja. A két illóolaj hatása között a 10 µL mennyiségben történt kezelés során volt szemmel is jól látható eltérés, mikor is a bazsalikom illóolajjal kezelt mustármagok csírázása sokkal gyengébb volt, mint a levendula illóolajjal kezeltké (6. ábra).

6. ábra: A fehér mustár magjának 3 napos csírázási aránya (átlag és szórás) bazsalikom és levendula illóolaj kezelése különböző koncentrációi mellett. A két faktoros ANOVA eredménye szerint az illóolaj típusához és mennyiségéhez köthető együttes hatás igazolható (4. táblázat). Az eltérő betűk statisztikailag eltérő ($p < 0,05$) csoportokat jelölnek a Tukey HDS statisztikai próba alapján. A két illóolaj hatását egyazon kontrolkezeléshez viszonyítottam. (Forrás: Saját munka)



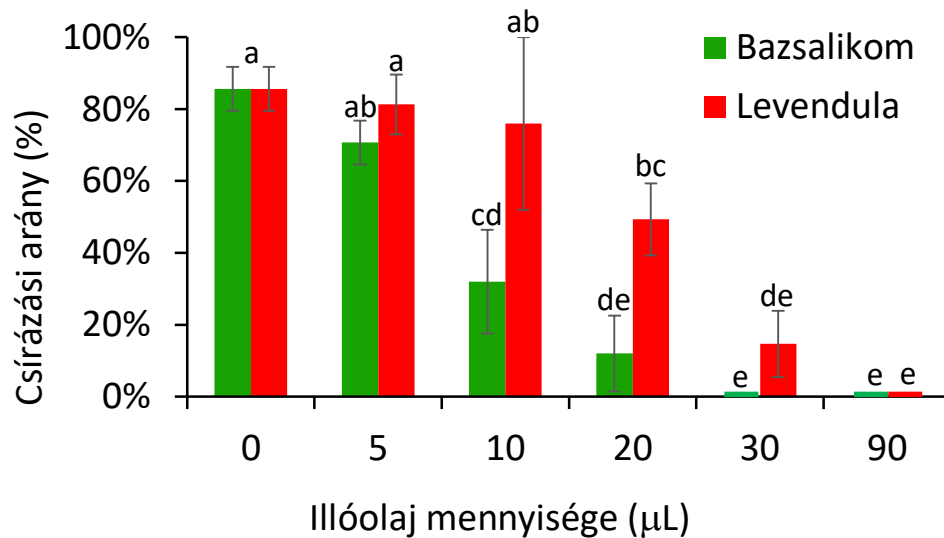
4. táblázat: Az illóolaj kezelése ANOVA hatáselemzése a fehér mustár magjának 3 napos csírázási arányát illetően. Modell korrigált $R^2=0,97$. A szignifikáns hatások kiemelve. (Forrás: Saját munka)

Hatás	df	SS	MS	F	p
Illóolaj típus	1	6,7	6,7	3,6	0,067
Illóolaj mennyiség	5	2754,7	550,9	298,2	0,000
Illóolaj típus * mennyiség	5	52,9	10,6	5,7	0,001
Hiba	28	51,7	1,8		

A 7 napos csírázási arányokat a 7. ábra mutatja. Ami különösen szembeötlő, hogy a bazsalikom és a levendula illóolaj hatása közötti különbség a 7 napos csírázási arány esetében már erőteljesen megmutatkozott. A bazsalikom hatása erőteljesebbnek tűnik, különösen a 10 és 30 μL közötti tartományba eső kezeléseknél. Például, míg a 10 μL -es kezelésnél a levendula illóolaj alig gátolta a mustármag csírázását a kontrolhoz képest, addig a bazsalikom illóolaj esetében a csírázási arány már a kontrolra jellemző 85,6%-ról jelentős mértékben, 32,0%-ra csökkent. Ugyanakkor, az 5 μL -es kezelések hatása mindkét illóolaj esetében még elhanyagolható volt, míg 90 μL -es kezelés során mindkét illóolaj teljesen meggátolta a mustármag csírázását. Az ANOVA alátámasztotta mind az illóolaj típusok közötti hatás különbségeket, mind az illóolaj mennyiségének erős szerepét a csírázási arányt illetően (5. táblázat).

Az, hogy a fehér mustár magjának csírázását a bazsalikom illóolaj jobban gátolta, mint a levendula illóolaj a 7 napos megfigyelési időszak alatt, kissé meglepő. Hiszen, a bazsalikom illóolaját rendszerint közepes hatás erősségűnek (Önen et al. 2002, Özkan & Tunçtürk 2021), míg a levendula illóolaját több növényvel szemben éppen az egyik legerősebb gátló hatásúnak találták (Ibáñez & Blázquez 2019).

7. ábra: A fehér mustár magjának 7 napos csírázási aránya (átlag és szórás) bazsalikom és levendula illóolaj kezelése különböző koncentrációi mellett. A két faktoros ANOVA eredménye szerint az illóolaj típusához és mennyiségéhez köthető együttes hatás igazolható (5. táblázat). Azon értékek, amelyek jelölése nem tartalmaz átfedő betűket szignifikánsan ($p < 0,05$) eltérnek egymástól a Tukey HDS statisztikai próba alapján. A két illóolaj hatását egyazon kontrolkezeléshez viszonyítottam. (Forrás: Saját munka)



5. táblázat: Az illóolaj kezelése ANOVA hatáselemzése a fehér mustár magjának 7 napos csírázási arányát illetően. Modell korrigált $R^2=0,93$. A szignifikáns hatások kiemelve. (Forrás: Saját munka)

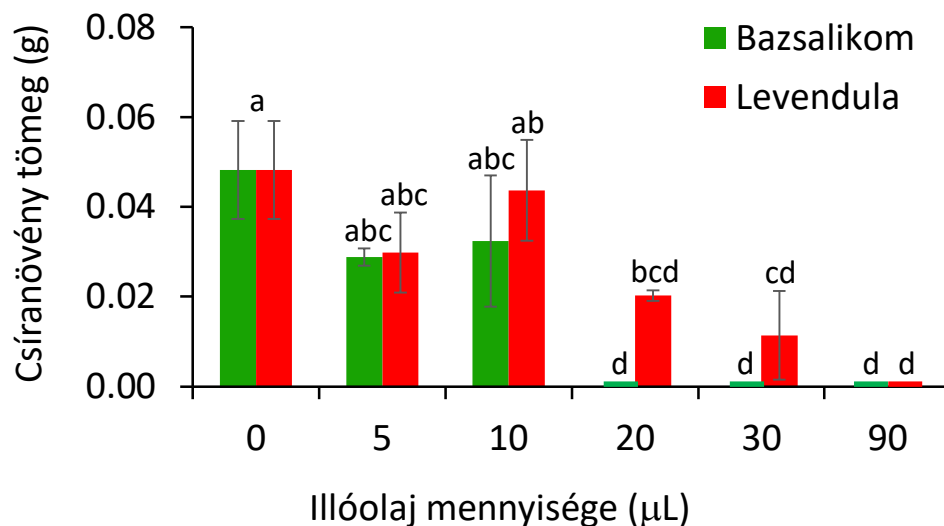
Hatás	df	SS	MS	F	p
Illóolaj típus	1	190,5	190,5	31,9	0,000
Illóolaj mennyiség	5	2783,0	556,6	93,3	0,000
Illóolaj típus * mennyiség	5	183,0	36,6	6,1	0,001
Hiba	28	167,1	6,0		

4.2.2. A csíranövény fejlődése

A fehér mustár csíranövényke fejlettségét két mutatóval jellemeztem, a csíranövényke átlagos tömegét és az átlagos gyökérhosszt vizsgáltam a csírázás 7. napján. A 8. és 9. ábrákon látszik és statisztikailag is igazolható (6. és 7. táblázat), hogy a kezelésekhöz használt illóolaj mennyiségének növekedésével csökken a mustár csíranövényke fejlődése, kisebb lesz a tömege és rövidebb lesz a gyökere. 30 és 90 µL-es kezeléseknél gyökér már egyetlen mustármagból sem fejlődött ki. Az ábrák alapján továbbá úgy tűnik, hogy azonos mennyiségben végzett kezeléseknél a bazsalikom illóolaj talán jobban gátolja a mustár

csíranövényke fejlődését, mint a levendula illóolaj. Az ANOVA a két illóolaj hatása közötti eltérést a csíranövényke tömegét illetően alá támasztotta (6. táblázat), míg a gyökérhosszt illetően ezen eltérés az igazolhatóság határán van ($p=0,056$) (7. táblázat). Azaz itt további, nagyobb elemszámú vizsgálatok lehetnek szükségesek a különbség tényleges fennállásának megvizsgálásához.

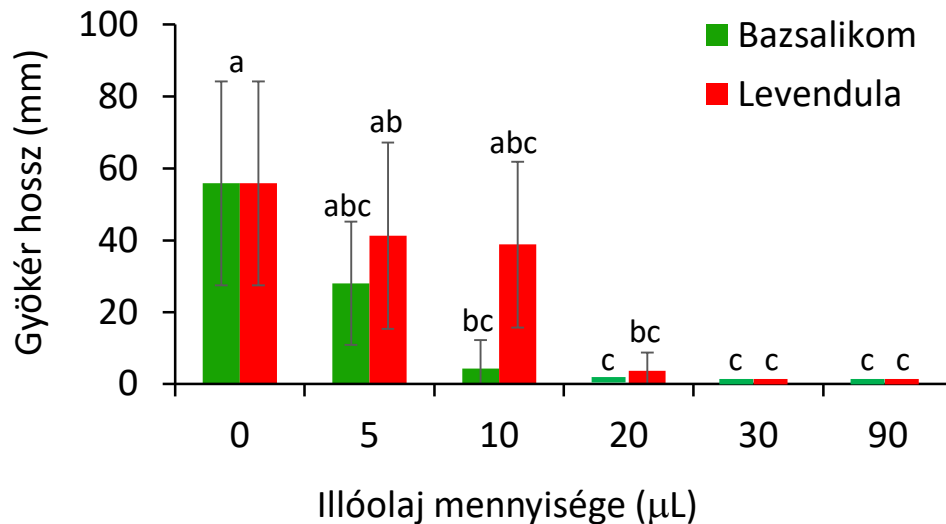
8. ábra: A 7 napos fehér mustár csíranövény tömege (átlag és szórás) bazsalikom és levendula illóolaj kezelése különböző koncentrációi mellett. A két faktoros ANOVA eredménye szerint az illóolaj típusához és mennyiségéhez köthető hatások is igazolhatók (6. táblázat). Azon értékek, amelyek jelölése nem tartalmaz átfedő betűket szignifikánsan ($p<0,05$) eltérnek egymástól a Tukey HDS statisztikai próba alapján. A két illóolaj hatását egyazon kontrolkezeléshez viszonyítottam. (Forrás: Saját munka)



6. táblázat: Az illóolaj kezelése ANOVA hatáselemzése a 7 napos fehér mustár csíranövény tömegét illetően. Modell korrigált $R^2=0,83$. A szignifikáns hatások kiemelve. (Forrás: Saját munka)

Hatás	df	SS	MS	F	p
Illóolaj típus	1	0,013	0,013	7,3	0,012
Illóolaj mennyiség	5	0,345	0,069	38,8	0,000
Illóolaj típus * mennyiség	5	0,014	0,003	1,6	0,194
Hiba	28	0,050	0,002		

9. ábra: A 7 napos fehér mustár csíranövény gyökerének hossza (átlag és szórás) bazsalikom és levendula illóolaj kezelése különböző koncentrációi mellett. A két faktoros ANOVA eredménye szerint az illóolaj típusához köthető hatás marginálisan szignifikáns, míg az illóolaj mennyiségéhez köthető hatás egyértelműen igazolható (4. táblázat). Azon értékek, amelyek jelölése nem tartalmaz átfedő betűket szignifikánsan ($p < 0,05$) eltérnek egymástól a Tukey HDS statisztikai próba alapján (figyelembe véve az illóolaj típusát és koncentrációját is). A két illóolaj hatását egyazon kontrolkezeléshez viszonyítottam. (Forrás: Saját munka)



7. táblázat: Az illóolaj kezelése ANOVA hatáselemzése a 7 napos fehér mustár csíranövény gyökér hosszát illetően. Modell korrigált $R^2=0,75$. A szignifikáns hatások kiemelve. (Forrás: Saját munka)

Hatás	df	SS	MS	F	p
Illóolaj típus	1	709,5	709,5	4,0	0,056
Illóolaj mennyiség	5	20658,9	4131,8	23,1	0,000
Illóolaj típus * mennyiség	5	1470,9	294,2	1,6	0,181
Hiba	28	5014,1	179,1		

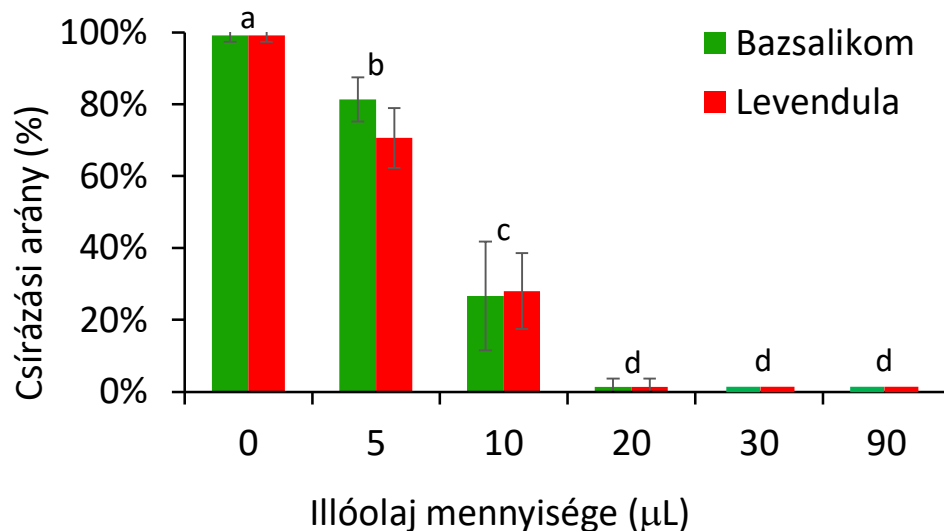
4.3. Az illóolaj hatása a ligetszépe magjának csírázására

4.3.1. Csírázási arány

A kontrol kezeléseknél a ligetszépe mag 7 napos csírázási aránya átlagosan 99,2% (10. ábra), míg 21 napos csírázási aránya átlagosan 98,4% volt (11. ábra). Az illóolaj kezelése hatására a csírázási arány ehhez képest, a mustármagnál megfigyeltékhez hasonlóan, itt is jelentősen csökkent.

Mint azt az 10. ábra mutatja, a 7 napos csírázási arány már 5 μL illóolajjal történő kezelés esetén is észrevehetően csökkent, a bazsalikom illóolaj kezelés esetén 81,3%-ra, míg a levendula illóolaj kezelés esetén 70,7%-ra. A csírázási arány csökkenése 10 μL -es illóolaj kezelésnél már nagyon jelentős, bazsalikom illóolaj esetén már csak a magok 26,7%-a, levendula illóolaj esetén csak a magok 28,0%-a csírázott ki, míg 20 μL feletti illóolaj hozzáadása esetén lényegében nem, vagy csak elvétve volt csírázás 7 nap alatt. Az ANOVA igazolta az illóolaj mennyiségének erős szerepét a csírázási arányt illetően (8. táblázat). Ugyanakkor, a bazsalikom és levendula illóolajok hatása közötti nem volt igazolható eltérés.

10. ábra: A ligetszépe magjának 7 napos csírázási aránya (átlag és szórás) bazsalikom és levendula illóolaj kezelése különböző koncentrációi mellett. A két faktoros ANOVA eredménye szerint csak az illóolaj mennyiségéhez köthető hatása igazolható, míg a két illóolaj hatása közötti különbség nem (8. táblázat). Így az utólagos összevetéseket is csak a kezelések során használt illóolaj mennyiségek tekintetében végeztük el. Az eltérő betűk statisztikailag eltérő ($p < 0,05$) csoportokat jelölnek a Tukey HDS statisztikai próba alapján. A két illóolaj hatását egyazon kontrolkezeléshez viszonyítottam. (Forrás: Saját munka)

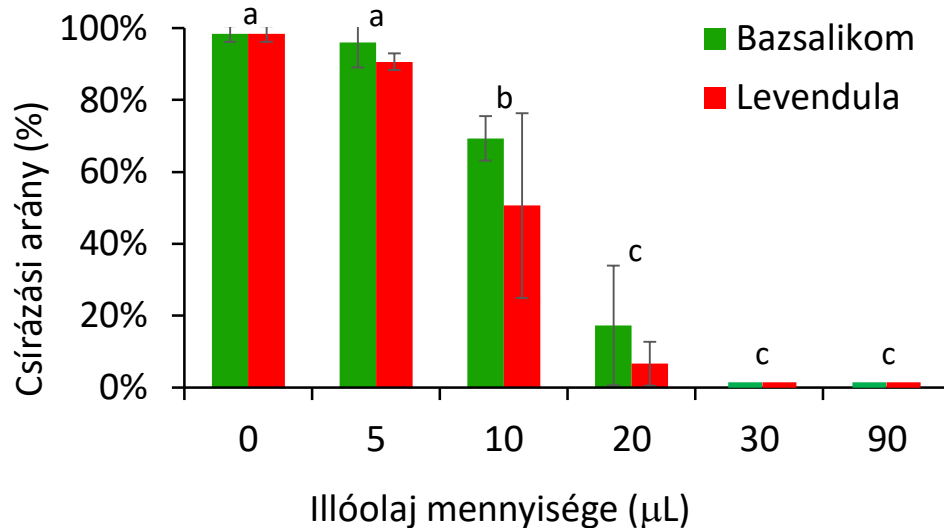


8. táblázat: Az illóolaj kezelések ANOVA hatáselemzése a ligetszépe magjának 7 napos csírázási arányát illetően. Modell korrigált $R^2=0,98$. A szignifikáns hatások kiemelve. (Forrás: Saját munka)

Hatás	df	SS	MS	F	p
Illóolaj típus	1	1,5	1,5	0,7	0,412
Illóolaj mennyiség	5	4496,6	899,3	427,3	0,000
Illóolaj típus * mennyiség	5	9,6	1,9	0,9	0,487
Hiba	28	58,9	2,1		

A 21 napos csírázási arányokat a 11. ábra mutatja. Látszik, hogy a hosszabb, 21 napos megfigyelési idő során a legenyhébb, 5 μL -es kezelésnél egyik illóolaj típusnak sem volt érdemi hatása a csírázási arányra. Ekkora illóolaj mennyiséget a ligetszépe mag tolerálni látszik. 10 és különösen 20 μL -es illóolaj kezelésnél a csírázási arány már jelentősen romlott. 30 μL és e feletti mennyiségek esetén pedig már mindkét illóolaj teljesen gátolta a ligetszépe mag csírázását. Az ANOVA alapján a bazsalikom és a levendula illóolajának hatását illetően nem volt kimutatható eltérés, a hatás mértéke csak az illóolaj mennyiségétől függött szignifikánsan (9. táblázat).

11. ábra: A ligetszépe magjának 21 napos csírázási aránya (átlag és szórás) bazsalikom és levendula illóolaj kezelése különböző koncentrációi mellett. A két faktoros ANOVA eredménye szerint csak az illóolaj mennyiségéhez köthető hatása igazolható, míg a két illóolaj hatása közötti különbség nem (9. táblázat). Így az utólagos összevetéseket is csak a kezelése során használt illóolaj mennyiségek tekintetében végeztük el. Az eltérő betűk statisztikailag eltérő ($p < 0,05$) csoportokat jelölnek a Tukey HDS statisztikai próba alapján. A két illóolaj hatását egyazon kontrolkezeléshez viszonyítottam. (Forrás: Saját munka)



9. táblázat: Az illóolaj kezelése ANOVA hatáselemzése a ligetszépe magjának 21 napos csírázási arányát illetően. Modell korrigált $R^2=0,96$. A szignifikáns hatások kiemelve. (Forrás: Saját munka)

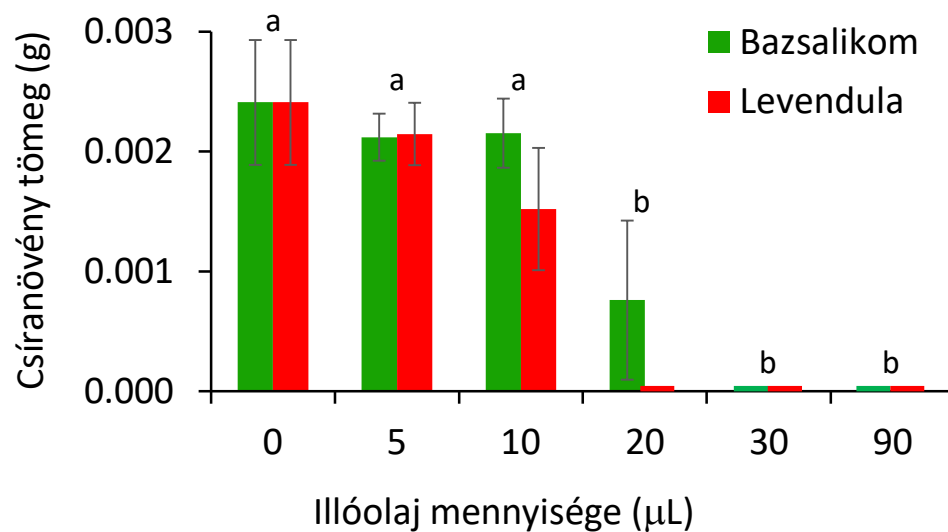
Hatás	df	SS	MS	F	p
Illóolaj típus	1	20,1	20,1	4,2	0,051
Illóolaj mennyiség	5	4621,3	924,2	190,7	0,000
Illóolaj típus * mennyiség	5	29,1	5,8	1,2	0,334
Hiba	28	135,7	4,8		

4.3.2. A csíranövény fejlődése

A 12. és 13. ábrákon látszik és statisztikailag is igazolható (10. és 11. táblázat), hogy a kezelésekhöz használt illóolaj mennyiségének növekedésével csökken a ligetszépe csíranövényke fejlődése, kisebb lesz a tömege és rövidebb lesz a gyökere. 30 és 90 µL-es kezeléseknél csíranövényke vagy gyökér már egyetlen ligetszépe magból sem fejlődött ki. Bár az ábrákon látni vélhetünk itt-ott eltéréseket a bazsalikom és levendula illóolaj kezelése

hatását illetően, az ANOVA alapján két illóolaj típus hatása közti eltérések nem érik el a statisztikailag szignifikáns mértéket (10. és 11. táblázat).

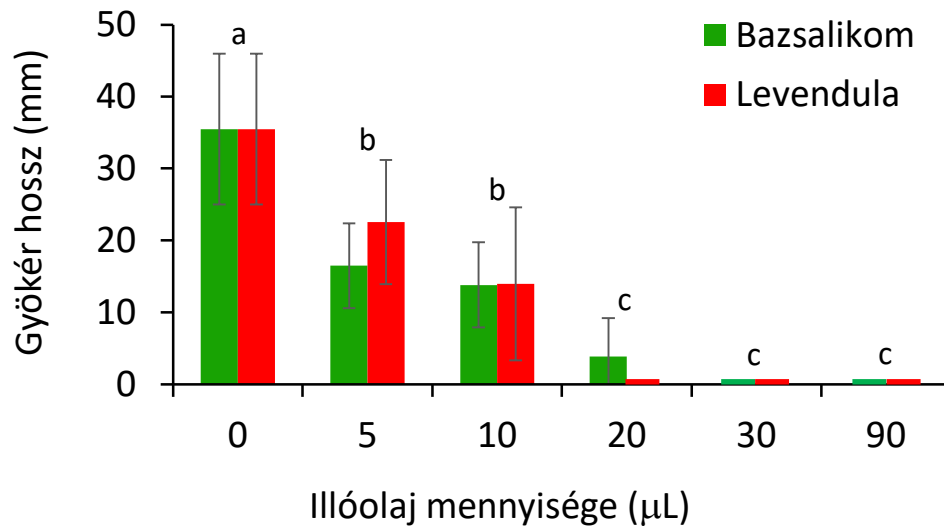
12. ábra: A 21 napos ligetszépe csíranövény tömege (átlag és szórás) bazsalikom és levendula illóolaj kezelése különböző koncentrációi mellett. A két faktoros ANOVA eredménye szerint csak az illóolaj mennyiségéhez köthető hatása igazolható, míg a két illóolaj hatása közötti különbség nem (10. táblázat). Így az utólagos összevetéseket is csak a kezelése során használt illóolaj mennyiségek tekintetében végeztük el. Az eltérő betűk statisztikailag eltérő ($p < 0,05$) csoportokat jelölnek a Tukey HDS statisztikai próba alapján. A két illóolaj hatását egyazon kontrolkezeléshez viszonyítottam. (Forrás: Saját munka)



10. táblázat: Az illóolaj kezelése ANOVA hatáselemzése a 21 napos ligetszépe csíranövény tömegét illetően. Modell korrigált $R^2=0,89$. A szignifikáns hatások kiemelve. (Forrás: Saját munka)

Hatás	df	SS	MS	F	p
Illóolaj típus	1	0,000013	0,000013	3,5	0,070
Illóolaj mennyiség	5	0,001088	0,000218	61,7	0,000
Illóolaj típus * mennyiség	5	0,000026	0,000005	1,5	0,226
Hiba	28	0,000099	0,000004		

13. ábra: A 21 napos ligetszépe csíranövény gyökerének hossza (átlag és szórás) bazsalikom és levendula illóolaj kezelése különböző koncentrációi mellett. A két faktoros ANOVA eredménye szerint csak az illóolaj mennyiségéhez köthető hatása igazolható, míg a két illóolaj hatása közötti különbség nem (11. táblázat). Így az utólagos összevetéseket is csak a kezelések során használt illóolaj mennyiségek tekintetében végeztük el. Az eltérő betűk statisztikailag eltérő ($p < 0,05$) csoportokat jelölnek a Tukey HDS statisztikai próba alapján. A két illóolaj hatását egyazon kontrolkezeléshez viszonyítottam. (Forrás: Saját munka)



11. táblázat: Az illóolaj kezelése ANOVA hatáselemzése a 21 napos ligetszépe csíranövény gyökér hosszát illetően. Modell korrigált $R^2=0,86$. A szignifikáns hatás kiemelve. (Forrás: Saját munka)

Hatás	df	SS	MS	F	p
Illóolaj típus	1	1,5	1,5	0,0	0,833
Illóolaj mennyiség	5	8020,0	1604,0	50,0	0,000
Illóolaj típus * mennyiség	5	76,4	15,3	0,5	0,790
Hiba	28	897,9	32,1		

5. Következtetések és javaslatok

A bazsalikom és levendula illóolaj kezelések gátló hatással voltak a fehér mustár és a ligetszépe magok csírázási arányára és a csíranövénykéek fejlődésére. A legenyhébb, 5 μ L-es illóolaj kezeléseknek még nem minden esetben volt kimutatható hatása. A közepes mértékű, 10-30 μ L-es kezeléseknél jelentősen csökkent mind a csírázási képesség, mind a csíranövénykéek fejlődése. Míg a legerősebb 90 μ L-es kezelések általában már teljesen gátolták a mustár és a ligetszépe magok csírázását és a csíranövénykéek fejlődését.

A bazsalikom és a levendula illóolaj hatása között találtam némi eltérést, de ez nem terjedt ki minden vizsgálatra. A mustármag esetében a bazsalikom illóolaj kezelésnek erősebb hatása volt, mint a levendula illóolaj kezelésnek, különösen a 7. napon mért csírázási arány és a csíranövényke fejlettséget illetően. Adott mértékű hatás eléréséhez kevesebb bazsalikom illóolajra volt szükség, mint levendula illóolajra. Ugyanakkor, a ligetszépe esetében a két illóolaj hatása között semmilyen különbséget sem sikerült kimutatni.

A mostani eredmény abból a szempontból ígéretes lehet, hogy míg jelen kísérletben a levendula illóolaj erős gátlása a fehér mustár haszonnövény esetében 30 μ L koncentrációnál kezdődött, addig több gyom esetében ennél sokkal kisebb koncentráció esetén is teljes csírázási gátlásról számol be a szakirodalom (Ibáñez & Blázquez 2019). Tehát, a levendula illóolajra magas érzékenységet mutató (pl. 20 μ L vagy az alatti koncentrációnál már teljes csírázás gátlást mutató) gyomnövények esetében lehet esély illóolajat használni a biológiai gyomirtáshoz fehér mustár ültvényeken.

A fehér mustárhoz képest a ligetszépe mag csírázása érzékenyebbnek mutatkozott az illóolajokkal szemben. Így a ligetszépe ültvények biológiai gyomirtása csak olyan esetekben jöhet szóba, ha a kezelendő gyomnövények csírázását a levendula vagy a bazsalikom illóolajok legfeljebb 5 μ L koncentrációja már érdemben gátolja. Áttekintve a szakirodalmat, kicsi eséllyel lehet ilyen körülményt találni. Ugyanakkor, mivel a ligetszépe több haszonnövénynél is érzékenyebbnek mutatkozott ezen illóolajokkal szemben (Ibáñez & Blázquez 2019, Zheljaskov et al. 2021), ezért a vetésforgóban soron következő növény ültvénye a ligetszépe elszórt magjainak nemkívánatos kelése ellen esélyesen kezelhető lehet illóolajon alapuló biológiai védekezéssel.

A továbbiakban mindenképpen érdemes lehet más növények illóolajaival szemben is megvizsgálni a fehér mustár és a ligetszépe magok csírázásának érzékenységét. Hiszen a biológiai gyomirtás akkor lehet igazán hatékony, ha az alkalmazott illóolajjal szemben a haszonnövény minél toleránsabb.

Ugyancsak fontos lenne a vizsgálatokat kiterjeszteni a két haszonnövény ültevényeit leginkább gyomosító növényekre.

Végül pedig szükséges az itt vizsgált illóolajok gyakorlati alkalmazásának módszertanát is kidolgozni. Hiszen a laboratóriumi körülmények mellett kapott eredmények nem biztos, hogy közvetlenül átültethetők a gazdasági körülményekre. Megfigyelések alapján ugyanis változhat a kívánt hatás eléréséhez szükséges illóolaj koncentráció (Cavalieri & Caporali 2010), illetve lényeges lehet a kijuttatás módja is.

6. Összefoglalás

A gyomok termés-csökkentő hatása jelentős probléma a növénytermesztésben. Viszont a széleskörben alkalmazott szintetikus gyomirtószerekkel szemben a gyomok rezisztensé válhatnak, illetve lassú lebomlásuk miatt ezek a talajban és a fogyasztásra szánt növényekben felhalmozódhatnak. A biogazdálkodás térhódítása szintén az alternatív módszerek iránti igényt erősíti. A biológiai gyomirtásra a növények által termelt, a vetélytársak fejlődését korlátozó, allelopatikus anyagok kínálnak lehetőséget. Ilyen vegyületek különösen az illóolajban gazdag növényekből nyerhetők ki.

Szaktervezésemben a biológiai gyomirtás témakörében végeztem vizsgálatokat. Arra voltam kíváncsi, hogy két ismert illóolaj termelő és bizonyítottan erősen allelopatikus növény, a bazsalikom és a levendula illóolajával szemben mennyire érzékeny a fehér mustár és a ligetszépe, mint potenciálisan gyomirtásra szoruló haszonnövények. Laboratóriumi szabvány csírázási teszttel vizsgáltam, hogy miként változik a mustár és a ligetszépe magok csírázási sikere, csíranövénykéjének tömege és gyököcskéjének hossza az illóolaj kezelésekre koncentrációjának függvényében.

A bazsalikom illóolajban 11 komponenst azonosítottunk, legnagyobb arányban az esztragol (76,8%) és a linalool (19,2%) vegyületeket. A levendula illóolajban 16 komponenst azonosítottunk, legnagyobb arányban a linalil-acetát (43,2%), a linalool (26,6%), a para-cimén (13,8%) és a béta-pinén (10,4%) vegyületeket.

A bazsalikom és levendula illóolaj kezelésekre gátló hatással voltak a fehér mustár és a ligetszépe magok csírázási arányára és a csíranövénykéik fejlődésére. A legenyhébb, 5 µL-es illóolaj kezelésekre még nem minden esetben volt kimutatható hatása. A közepes mértékű, 10-30 µL-es kezeléseknél jelentősen csökkent mind a csírázási képesség, mind a csíranövénykéik fejlődése. Míg a legerősebb 90 µL-es kezelésekre általában már teljesen gátolták a mustár és a ligetszépe magok csírázását és a csíranövénykéik fejlődését. A fehér mustár toleránsabbnak bizonyult a levendula, mint a bazsalikom illóolajjal szemben. A ligetszépe hasonló érzékenységet mutatott a két illóolaj típusra, és összességében érzékenyebb volt rájuk, mint a fehér mustár.

A fehér mustárnak a levendula illóolajjal szemben mutatott viszonylag mérsékelt érzékenysége miatt, jó eséllyel találhatunk olyan gyomfajokat, amelyek nagyobb

érzékenységét kihasználva a mustárültetvényeken lehet lehetőség a biológiai gyomirtásra. A ligetszépe nagyobb érzékenysége miatt, viszont a bazsalikom és a levendula illóolaja kevésbé lehet alkalmas ültetvényeinek biológiai gyomirtására.

A továbbiakban érdemes más növények illóolajait is tesztelni, hogy mennyire lehetnek veszélyesek a fehér mustárra és a ligetszépére. Ugyancsak fontos lenne a vizsgálatokat kiterjeszteni a két haszonnövény ültetvényeit leginkább gyomosító növényekre.

7. Irodalomjegyzék

- Atak M., Mavi K., Uremis I. (2016). Bio-herbicidal effects of oregano and rosemary essential oils on germination and seedling growth of bread wheat cultivars and weeds. *Romanian Biotechnological Letters* 21(1): 11149-11159.
- Azirak S., Karaman S. (2008). Allelopathic effect of some essential oils and components on germination of weed species. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 58(1): 88-92. <https://doi.org/10.1080/09064710701228353>
- Bai H., Ni X., Han J., Luo D., Hu Y., Jin C., Li Z. (2023). Phytochemical profiling and allelopathic effect of garlic essential oil on barnyard grass (*Echinochloa crusgalli* L.). *PLoS ONE* 18(4): e0272842. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272842>
- Batiha G. E. S., Teibo J. O., Wasef L., Shaheen H. M., Akomolafe A. P., Teibo T. K. A., Al-Kuraishy H. M., Al-Garbeeb A. I., Alexiou A., Papadakis M. (2023). A review of the bioactive components and pharmacological properties of *Lavandula* species. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology* 396: 877-900. <https://doi.org/10.1007/s00210-023-02392-x>
- Batish D. R., Setia N., Singh H. P., Kohli R. K. (2004). Phytotoxicity of lemon-scented eucalypt oil and its potential use as a bioherbicide. *Crop Protection* 23: 1209–1214. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2004.05.009>
- Bozhuyuk A. U. (2020). Herbicidal activity and chemical composition of two essential oils on seed germinations and seedling growths of three weed species. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 23(4): 821-831. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2020.1828178>
- Cavalieri A., Caporali F. (2010). Effects of essential oils of cinnamon, lavender and peppermint on germination of Mediterranean weeds. *Allelopathy Journal* 25(2): 441-452.
- De Mastro G., Mahdi J. E., Ruta C. (2021). Bioherbicidal potential of the essential oils from Mediterranean Laminaceae for weed control in organic farming. *Plants* 10: 818. <https://doi.org/10.3390/plants10040818>
- Détár E., Németh É. Z., Gosztola B., Demján I., Pluhár Zs. (2020). Effects of variety and growth year on the essential oil properties of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) and lavandin (*Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel.). *Biochemical Systematics and Ecology* 90: 104020. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2020.104020>
- Dudai N., Poljakoff-Mayber A., Mayer A. M., Putievsky E., Lerner H. R. (1999). Essential oils as allelochemicals and their potential use as bioherbicides. *Journal of Chemical Ecology* 25(5): 1079-1089.
- Dudai N., Larkov O., Putievsky E., Lerner H. R., Ravid U., Lewinsohn E., Mayer A. M. (2000). Biotransformation of constituents of essential oils by germinating wheat seed. *Phytochemistry* 55: 375-382.
- Frabboni L., Tarantino A., Petrucci F., Disciglio G. (2019). Bio-herbicidal effects of oregano and rosemary essential oils on chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) crop in organic farming system. *Agronomy* 9: 475. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090475>

- Gitsopoulos T. K., Chatzopoulou P., Georgoulas I. (2013). Effects of essential oils of *Lavandula x hybrida* Rev, *Foeniculum vulgare* Mill and *Thymus capitatus* L. on the germination and radical length of *Triticum aestivum* L., *Hordeum vulgare* L., *Lolium rigidum* L. and *Phalaris brachystachys* L. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 16(6): 817-825. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2013.841364>
- Grul'ová D., Pl'uchtová M., Fejér J., De Martino L., Caputo L., Sedlák V., De Feo V. (2020). Influence of six essential oils on invasive *Solidago canadensis* L. seed germination. *Natural Product Research* 34(22): 3231-3233. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1552694>
- Han C., Shao H., Zhou S., Mei Y., Cheng Z., Huang L., Lv G. (2021). Chemical composition and phytotoxicity of essential oil from invasive plant, *Ambrosia artemisiifolia* L. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 211: 111879. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111879>
- Hierro J. L., Callaway R. M. (2021). The ecological importance of allelopathy. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 52: 25-45. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-051120-030619>
- Ibáñez M. D., Blázquez M. A. (2018). Phytotoxicity of essential oils on selected weeds: potential hazard on food crops. *Plants* 7: 79. <https://doi.org/10.3390/plants7040079>
- Ibáñez M. D., Blázquez M. A. (2019). Phytotoxic effects of commercial *Eucalyptus citriodora*, *Lavandula angustifolia*, and *Pinus sylvestris* essential oils on weeds, crops, and invasive species. *Molecules* 24: 2847. <https://doi.org/10.3390/molecules24152847>
- Joshi R. K. (2014). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Ocimum basilicum* L. (sweet basil) from Western Ghats of North West Karnataka, India. *Ancient Science of Life* 33(3): 151-156. <https://doi.org/10.4103/0257-7941.144618>
- Jouini A., Verdeguer M., Pinton S., Araniti F., Palazzolo E., Badalucco L., Laudicina V. A. (2020). Potential effects of essential oils extracted from mediterranean aromatic plants on target weeds and soil microorganisms. *Plants* 9: 1289. <https://doi.org/10.3390/plants9101289>
- Mitrović P. M., Stamenković O. S., Banković-Ilić I., Djalović I. G., Nježić Z. B., Farooq M., Siddique K. H. M., Veljković V. B. (2020). White mustard (*Sinapis alba* L.) oil in biodiesel production: a review. *Frontiers in Plant Science* 11: 299. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00299>
- MSZ 6354-3:2008 (2008): Vetőmagvizsgálati módszerek. 3. rész: A csírázókéesség meghatározása. Magyar Szabványügyi Testület.
- Mulugeta S. M., Radácsi P. (2022). Influence of drought stress on growth and essential oil yield of *Ocimum* species. *Horticulturae* 8(2): 175. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020175>
- Munir R., Semmar N., Farman M., Ahmad N. S. (2017). An updated review on pharmacological activities and phytochemical constituents of evening primrose (genus *Oenothera*). *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 7(11): 1046-1054. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2017.10.004>

- Önen H., Özer Z., Telci I. (2002). Bioherbicidal effects of some plant essential oils on different weed species. *Journal of Plant Diseases and Protection Sonderheft* 18: 597-605.
- Özkan R. Y., Tunçtürk M. (2021). Effect of essential oils and hydrosols from some selected Lamiaceae species on redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). *Romanian Biotechnological Letters* 26(2): 2471-2475. <https://doi.org/10.25083/rbl/26.2/2471.2475>
- Patil H., Waghmare J. (2024). Lavender oil: A comprehensive review of composition and applications. *Asian Journal of Research in Chemistry* 17(6): 377-386. <https://doi.org/10.52711/0974-4150.2024.00063>
- Peng C., Zhao S. Q., Zhang J., Huang G. Y., Chen L. Y., Zhao F. Y. (2014). Chemical composition, antimicrobial property and microencapsulation of Mustard (*Sinapis alba*) seed essential oil by complex coacervation. *Food Chemistry* 165: 560-568. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.126>
- Ramezani S., Saharkhiz M. J., Ramezani F., Fotokian M. H. (2008). Use of essential oils as bioherbicides. *Jeobp* 11(3): 319-327.
- Raza T., Qadir M. F., Imran S., Khatoon Z., Khan M. Y., Mechri M., Asghar W., Rehmani M. I. A., Villalobos S. S., Mumtaz T., Iqbal R. (2025). Bioherbicides: revolutionizing weed management for sustainable agriculture in the era of One-health. *Current Research in Microbial Sciences* 8: 100394. <https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2025.100394>
- Sarić-Krsmanović M., Umiljendić J. G., Radivojević L., Šantrić L., Potočnik I., Đurović-Pejčev R. (2019): Bio-herbicidal effects of five essential oils on germination and early seedling growth of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medik.). *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 54(4): 247-251. <https://doi.org/10.1080/03601234.2018.1550309>
- Semerdjieva I., Atanasova D., Maneva V., Zheljazkov V., Radoukova T., Astatkie T., Dincheva I. (2022). Allelopathic effects of Juniper essential oils on seed germination and seedling growth of some weed seeds. *Industrial Crops & Products* 180: 114768. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114768>
- Synowiec A., Kalemba D., Drozdek E., Bocianowski J. (2017). Phytotoxic potential of essential oils from temperate climate plants against the germination of selected weeds and crops. *Journal of Pest Science* (2017) 90: 407-419. <https://doi.org/10.1007/s10340-016-0759-2>
- Terzić D., Tabaković M., Oro V., Poštić D., Štrbanović R., Filipović V., Stanisavljević R. (2023). Impact of essential oils on seed quality and seed-borne pathogens of *Althea officinalis* seeds of different ages. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 10: 33. <https://doi.org/10.1186/s40538-023-00405-8>
- Tilaki G. A. D., Gholami F., Behtari B., Bezdi K. G. (2013). Chemical composition and allelopathic effect of the essential oil of *Artemisia herba-alba* Asso. on seed germination and early seedling growth of legumes and grasses species. *Legume Research* 36(1): 33-40.
- Turgut T., Coskun Y. (2021). Chemical composition of essential oils of peppermint and spearmint dry leaves and their allelopathic effects on wheat species. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 24(4): 772-785. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2021.1982408>

- Voloshchuk I., Stasiv O., Voloshchuk O., Hlyva V., Voloshchuk M. (2024). *Sinapis alba* L. as an important green manure and fodder crop in the Carpathian region of Ukraine. *Scientific Horizons* 27(7): 45-52. <https://doi.org/10.48077/scihor7.2024.45>.
- Wells R., Truong F., Adal A. M., Sarker L. S., Mahmoud S. S. (2018). Lavandula essential oils: a current review of applications in medicinal, food, and cosmetic industries of lavender. *Natural Product Communications* 13(10): 1403-1417. <https://doi.org/10.1177/1934578X180130>
- Zheljazkov V. D., Jeliaskova E. A., Astatkie T. (2021). allelopathic effects of essential oils on seed germination of barley and wheat. *Plants* 10: 2728. <https://doi.org/10.3390/plants10122728>

8. Ábrák és táblázatok jegyzéke

8.1. Ábrák

1. **ábra:** A biológiai gyomirtással kapcsolatos kutatások növény családonkénti megoszlása De Mastro et al. (2021) tanulmánya szerint. *(Forrás: De Mastro et al. 2021)*..... 4
2. **ábra:** A mustár csírázási kísérlete a 7. napon. *(Forrás: Saját munka)*..... 14
3. **ábra:** A ligetszépe csírázási kísérlet a 21. napon. A képen látható koncentrációk oszloponként az azonos koncentrációk három párhuzamosát tartalmazzák a következők szerint balról jobbra haladva: Kontrol; Levendula 10 μ L, 30 μ L, 90 μ L; Bazsalikom 10 μ L, 30 μ L, 90 μ L. *(Forrás: Saját munka)* 15
4. **ábra:** A ligetszépe kísérletének kontrol, levendula 10 μ L illetve bazsalikom 10 μ L dózisokban a csíranövények tömegmérése a kísérlet 21. napján. *(Forrás: Saját munka)* 16
5. **ábra:** A mustár kísérletének bazsalikom 5 μ L dózisú kezelésének a csíranövényeinek tömegmérése a kísérlet 7. napján. *(Forrás: Saját munka)* 17
6. **ábra:** A fehér mustár magjának 3 napos csírázási aránya (átlag és szórás) bazsalikom és levendula illóolaj kezelése különböző koncentrációi mellett. A két faktoros ANOVA eredménye szerint az illóolaj típusához és mennyiségéhez köthető együttes hatás igazolható (4. táblázat). Az eltérő betűk statisztikailag eltérő ($p < 0,05$) csoportokat jelölnek a Tukey HDS statisztikai próba alapján. A két illóolaj hatását egyazon kontrolkezeléshez viszonyítottam. *(Forrás: Saját munka)* 20
7. **ábra:** A fehér mustár magjának 7 napos csírázási aránya (átlag és szórás) bazsalikom és levendula illóolaj kezelése különböző koncentrációi mellett. A két faktoros ANOVA eredménye szerint az illóolaj típusához és mennyiségéhez köthető együttes hatás igazolható (5. táblázat). Azon értékek, amelyek jelölése nem tartalmaz átfedő betűket szignifikánsan ($p < 0,05$) eltérnek egymástól a Tukey HDS statisztikai próba alapján. A két illóolaj hatását egyazon kontrolkezeléshez viszonyítottam. *(Forrás: Saját munka)* 22
8. **ábra:** A 7 napos fehér mustár csíranövény tömege (átlag és szórás) bazsalikom és levendula illóolaj kezelése különböző koncentrációi mellett. A két faktoros ANOVA eredménye szerint az illóolaj típusához és mennyiségéhez köthető hatások is igazolhatók (6. táblázat). Azon értékek, amelyek jelölése nem tartalmaz átfedő betűket szignifikánsan ($p < 0,05$) eltérnek egymástól a Tukey HDS statisztikai próba alapján. A két illóolaj hatását egyazon kontrolkezeléshez viszonyítottam. *(Forrás: Saját munka)* 23
9. **ábra:** A 7 napos fehér mustár csíranövény gyökerének hossza (átlag és szórás) bazsalikom és levendula illóolaj kezelése különböző koncentrációi mellett. A két faktoros ANOVA eredménye szerint az illóolaj típusához köthető hatás marginálisan szignifikáns, míg az illóolaj mennyiségéhez köthető hatás egyértelműen igazolható (4. táblázat). Azon értékek, amelyek jelölése nem tartalmaz átfedő betűket szignifikánsan ($p < 0,05$) eltérnek egymástól a Tukey HDS statisztikai próba alapján (figyelembe véve az illóolaj típusát és koncentrációját is). A két illóolaj hatását egyazon kontrolkezeléshez viszonyítottam. *(Forrás: Saját munka)*..... 24
10. **ábra:** A ligetszépe magjának 7 napos csírázási aránya (átlag és szórás) bazsalikom és levendula illóolaj kezelése különböző koncentrációi mellett. A két faktoros ANOVA eredménye szerint csak az illóolaj mennyiségéhez köthető hatása igazolható, míg a két illóolaj hatása közötti különbség nem (8. táblázat). Így az utólagos összevetéseket is csak a kezelések során használt illóolaj mennyiségek tekintetében végeztük el. Az

	eltérő betűk statisztikailag eltérő ($p < 0,05$) csoportokat jelölnek a Tukey HDS statisztikai próba alapján. A két illóolaj hatását egyazon kontrolkezeléshez viszonyítottam. (Forrás: Saját munka).....	25
11. ábra:	A ligetszépe magjának 21 napos csírázási aránya (átlag és szórás) bazsalikom és levendula illóolaj kezelések különböző koncentrációi mellett. A két faktoros ANOVA eredménye szerint csak az illóolaj mennyiségéhez köthető hatása igazolható, míg a két illóolaj hatása közötti különbség nem (9. táblázat). Így az utólagos összevetéseket is csak a kezelések során használt illóolaj mennyiségek tekintetében végeztük el. Az eltérő betűk statisztikailag eltérő ($p < 0,05$) csoportokat jelölnek a Tukey HDS statisztikai próba alapján. A két illóolaj hatását egyazon kontrolkezeléshez viszonyítottam. (Forrás: Saját munka).....	27
12. ábra:	A 21 napos ligetszépe csíranövény tömege (átlag és szórás) bazsalikom és levendula illóolaj kezelések különböző koncentrációi mellett. A két faktoros ANOVA eredménye szerint csak az illóolaj mennyiségéhez köthető hatása igazolható, míg a két illóolaj hatása közötti különbség nem (10. táblázat). Így az utólagos összevetéseket is csak a kezelések során használt illóolaj mennyiségek tekintetében végeztük el. Az eltérő betűk statisztikailag eltérő ($p < 0,05$) csoportokat jelölnek a Tukey HDS statisztikai próba alapján. A két illóolaj hatását egyazon kontrolkezeléshez viszonyítottam. (Forrás: Saját munka).....	28
13. ábra:	A 21 napos ligetszépe csíranövény gyökerének hossza (átlag és szórás) bazsalikom és levendula illóolaj kezelések különböző koncentrációi mellett. A két faktoros ANOVA eredménye szerint csak az illóolaj mennyiségéhez köthető hatása igazolható, míg a két illóolaj hatása közötti különbség nem (11. táblázat). Így az utólagos összevetéseket is csak a kezelések során használt illóolaj mennyiségek tekintetében végeztük el. Az eltérő betűk statisztikailag eltérő ($p < 0,05$) csoportokat jelölnek a Tukey HDS statisztikai próba alapján. A két illóolaj hatását egyazon kontrolkezeléshez viszonyítottam. (Forrás: Saját munka).....	29

8.2. Táblázatok

1. táblázat.	A bazsalikom illóolaj fő komponensei térségenként Joshi (2014) alapján. (Forrás: Joshi 2014)	10
2. táblázat.	A különböző levendula fajok fő illóolaj komponensei Wells et al. (2018) tanulmánya alapján százalékban. Itt csak azon komponensek kerültek feltüntetésre, amelyek 10% feletti részesedést elérhetnek. (Forrás: Wells et al. 2018)	11
3. táblázat:	A kísérletekhez használt bazsalikom és levendula illóolajok (gyártó: Aromax) összetétele. A főbb komponenseket kiemeléssel jelölöm. (Forrás: Saját munka).....	19
4. táblázat:	Az illóolaj kezelések ANOVA hatáselemzése a fehér mustár magjának 3 napos csírázási arányát illetően. Modell korrigált $R^2=0,97$. A szignifikáns hatások kiemelve. (Forrás: Saját munka).....	20
5. táblázat:	Az illóolaj kezelések ANOVA hatáselemzése a fehér mustár magjának 7 napos csírázási arányát illetően. Modell korrigált $R^2=0,93$. A szignifikáns hatások kiemelve. (Forrás: Saját munka).....	22
6. táblázat:	Az illóolaj kezelések ANOVA hatáselemzése a 7 napos fehér mustár csíranövény tömegét illetően. Modell korrigált $R^2=0,83$. A szignifikáns hatások kiemelve. (Forrás: Saját munka)	23

7. táblázat: Az illóolaj kezelések ANOVA hatáselemzése a 7 napos fehér mustár csíranövény gyökér hosszát illetően. Modell korrigált $R^2=0,75$. A szignifikáns hatások kiemelve. (Forrás: Saját munka).....	24
8. táblázat: Az illóolaj kezelések ANOVA hatáselemzése a ligetszépe magjának 7 napos csírázási arányát illetően. Modell korrigált $R^2=0,98$. A szignifikáns hatások kiemelve. (Forrás: Saját munka).....	26
9. táblázat: Az illóolaj kezelések ANOVA hatáselemzése a ligetszépe magjának 21 napos csírázási arányát illetően. Modell korrigált $R^2=0,96$. A szignifikáns hatások kiemelve. (Forrás: Saját munka).....	27
10. táblázat: Az illóolaj kezelések ANOVA hatáselemzése a 21 napos ligetszépe csíranövény tömegét illetően. Modell korrigált $R^2=0,89$. A szignifikáns hatások kiemelve. (Forrás: Saját munka).....	28
11. táblázat: Az illóolaj kezelések ANOVA hatáselemzése a 21 napos ligetszépe csíranövény gyökér hosszát illetően. Modell korrigált $R^2=0,86$. A szignifikáns hatás kiemelve. (Forrás: Saját munka).....	29

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat / diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

NYILATKOZAT

**a szakdolgozat nyilvános hozzáféréseiről és
eredetiségéről**

A hallgató neve: Specziár Alexandra
A Hallgató Neptun kódja: EYSV2V
A dolgozat címe: Illóolajok hatása a magok csírázására
A megjelenés éve: 2025
A konzulens intézetének neve: Kertészettudományi Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Gyógy- és Aromanövények Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025 év október hó 30 nap

Specziár Alexandra
Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Specziár Alexandra (hallgató Neptun azonosítója: EYSV2V) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem²

Kelt: Budapest
2025 év október hó 30 nap



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Specziár Alexandra
Neptun-kódja:	EYSV2V
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat készítés/KERTU073N
A munka címe:	Illóolajok hatása a magok csírázására

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz verziója, elérhetősége	MI-neve,	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

--	--	--	--

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

Az egyetemi szabályozástól eltérő szabályokat nem alkalmaztunk.

.....

.....

.....

4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helyállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Kelt: Budapest, 2025. október hó 30 nap

Specsian Alexandra

Hallgató aláírása

Dr. Radácsi Péter

Konzulens/Témavezető aláírása

Dr. Radácsi Péter