SZAKDOLGOZAT

Tódor Annamária

Tódor Annamária

2023

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

KERTÉSZETTUDOMÁNYI INTÉZET

BUDAPEST

Vízhiány hatása az illóolajok felhalmozódására az *Ocimum spp.* és *Melissa officinalis* esetén

Tódor Annamária

Kertészmérnök BSc

Készült a Gyógy- és Aromanövények Tanszéken

Tanszéki konzulens: Dr. Tavaszi-Sárosi Szilvia

Bírálók: _____

Budapest, 2023

_____	_____
tanszékvezető/szakirányfelelős	konzulens

Tódor Annamária

TARTALOMJEGYZÉK

1.BEVEZETÉS 4

2.IRODALMI ÁTTEKINTÉS 6

2.1.Gyógynövénytermesztés jelentősége napjainkban 6

2.2.Az éghajlatváltozás hatása az agráriumra hazánkban 6

2.3.Stressz a növényekben 8

2.4.Vízhiány (szárazság), mint abiotikus stresszfaktor 9

2.5.Szekunder anyagcseretermékek 12

2.6.Mirigyszőrök, azaz az illóolajtermelés képletei 15

2.7. A növényi illóolajok általános tulajdonságai és szerepük a növény életében 20

2.8.A kerti bazsalikom *(Ocimum basilicum)* farmakobotanikai jellemzése 22

2.10.A citromfű (*Melissa officinalis)* farmakobotanikai jellemzése 24

2.11. Vízhiány hatása a bazsalikom fajokra 26

2.12 Vízhiány hatása a citromfűre 29

4.ÖSSZEFOGLALÁS 32

5.IRODALOMJEGYZÉK 33

6. INTERNETES HIVATKOZÁSOK 36

7.ÁBRAJEGYZÉK 37

8.TÁBLÁZATJEGYZÉK 38

Tódor Annamária

1.BEVEZETÉS

Az 1800-as évektől kezdve megváltozott a Föld légkörének összetétele, a CO_2, a metán és más üvegházhatású gázok koncentrációja jelentős mértékben megnőtt a légkör felmelegedését és egyes területeken vízhiányt is okozva. A Kárpát-medencében például az éghajlatváltozás erős mediterrán hatást eredményez; éves átlaghőmérséklet növekedésével, enyhe éves csapadék csökkenéssel, illetve eloszlásának időbeli eltolódásával, nő az extrém időjárási körülmények előfordulása (KOCSIS ÉS MTSAI, 2015).

Sokak szerint a fenntartható mezőgazdasági termelés kihívásai közé tartozik, hogy megtanuljunk alkalmazkodni változó környezetünkhöz termesztéstechnológiai eljárások kidolgozásával, korszerűsítésével, fajta használattal stb. (SZABÓ ÉS MTSAI, 2017).

Amennyiben a globális hőmérséklet-emelkedési pályát nem sikerül szelídebbre váltani, akkor egyes klímaszcenáriók szerint egy teljesen más klímazónába kerülhetünk nyolcvan év múlva, közelítve a 20 °C-ot, ami alapvetően megváltoztatja a Kárpát-medencében életkörülményeinket, így a mezőgazdasági termelés feltételrendszerét is. Jelen állás szerint a mérsékeltebb „jóslatok" érvényesülése várható, melyek esetén, ha megfelelő technológiával, például helyspecifikus precíziós öntözéssel dolgoznánk, a talaj és egyéb körülményekhez a termesztéstechnológiával az eddigieknél jobban alkalmazkodva, mérsékelni lehetne olyan kedvezőtlen környezeti hatásokat, mint az aszály (NEMÉNYI, 2020).

A klímaváltozás következtében előtérbe kerülő abiotikus stresszfaktorok, mint a növényeket érő fényintenzitás növekedése és az abszolút csapadékmennyiség csökkenése a gyógynövénytermesztési ágazatra is erős hatással van. A gyógy- és aromanövények felhasználása világszinten is jelentős, az Egészségügyi Világszervezet (WHO) egy jelentése szerint a fejlődő országokban a populáció 80%-a alkalmazza ezeket enyhe egészségügyi panaszok esetén. Összességében világ lakosságának közel 60%-a használ gyógynövényeket, vagy ezek termékeit a komplementer vagy alternatív medicina részeként, főleg, ha a gyógyszerekhez való hozzáférés nem lehetséges vagy korlátozott. A fent említett stresszfaktorok erősen befolyásolhatják a gyógy-és aromanövények által termelt és felhalmozott illóolajok és más bioaktív komponensek mennyiségét és összetételét. Ezek a hasznos komponensek a másodlagos anyagcseretermékek túlnyomó részét alkotják, egyébként pedig a globális kereskedelemben sem elhanyagolhatók. A globális íz-és aromaanyag kemikáliák kereskedelmének 17%-t teszik ki. Az ipar számos tulajdonságukat hasznosítja. Az illóolajok szerepe szerteágazó, a növények immunrendszereként is emlegetik, hiszen szerepet játszanak többek között a patogének elleni védelemben, a növény-növény jelátvitelben, beporzók vonzásában, a növényi hőtűrésben. Lényeg, hogy a növények különböző módon birkóznak meg a stresszfaktorokkal, úgy, mint a membránrendszer átrendezése, a sejtfal struktúra rendezése, fitohormonok, ozmoliták felhalmozása és ami esetünkben a legfontosabb szekunder anyagcseretermékek előállítása (MAHAJAN ÉS MTSAI, 2020).

„Gondolkodj globálisan, cselekedj lokálisan!" tartja a mondás. Még ma is jelentős gyógynövény exportőrnek számít Magyarország, mivel mind a gyűjtésben, mind a termesztésben vezető helyen állunk az európai országok közt, Lengyelország, Spanyolország, Franciaország mellett, így érintenek a fent felsorolt tendenciák. A hazai gyűjtött, őshonos gyógynövények életmódját negatív irányban érintik ezek a változások. Vannak olyan

Tódor Annamária

növényfajok, mint a gyógyászatban is használt kisvirágú füzike (*Epilobium parviflorum*), ami élőhelyének beszűkülése miatt veszélyeztetetté válhat. A termesztett gyógynövények (rozmaring (*Rosmarinus officinalis*), orvosi zsálya (*Salvia officinalis*), muskotályzsálya (*Salvia clarea*)) sokszor mediterrán eredetűek, ezért ilyen hatás nem minden esetben figyelhető meg ezeknél a fajoknál. Általában véve az a megállapítás terjedt el, hogy az értékes hatóanyagok az őket érő stresszhatásokra megnövekedhetnek, de a növényi anyag össztömege csökkeni fog, azonban megfelelő intervencióval (pl. az öntözés mértéke, módja, agrárerdészeti rendszerek alkalmazása) lehetségessé válhat a hatóanyagok szintjének stabilizálása és a növényi anyag mennyiségének szinten tartása. (KOCSIS ÉS MTSAI, 2015).

Globálisan egyre gyakoribbá válik az intenzív gyógynövénytermesztés, a gyógynövények piacának folyamatos bővülése miatt, így valószínűleg a hazai gyakorlatban is elterjed majd a nagyobb termőfelületen történő termesztés kiegészítő öntözéssel együtt, hiszen ez a költségráfordítás nagy valószínűséggel megtérül. Bár hazánkban a gyógynövénytermesztés helyzete nem olyan kiemelkedő, mint a ’80-as években, de így is jelentős kertészeti ágazat, mely több tízezer embert foglalkoztat és jelenleg is sokaknak ad legalább potenciális bevételt, akár szezonális jövedelemkiegészítést vagy biztos megélhetést. Hagyományosan a dél-magyarországi termőtáj (4.sz. régió) volt legalkalmasabb a mediterrán és szubtrópusi eredetű melegigényes gyógy-és aromanövények termesztésére, mint a kakukkfű (*Thymus vulgaris*), bazsalikom (*Ocimum basilicum*), majoranna (*Majorana hortensis*), mely növények felhasználása manapság is népszerű. Azonban az éghajlatváltozás következtében bővülhet ezen gyógynövények optimális termőterülete (ERDÉSZ, KOZÁK, 2008).

Fenti bevezetés alapján célkitűzésem kettő hazánkban ismert és termesztett *Lamiaceae* családba tartozó növényfaj: a *Melissa officinalis* és *Ocimum basilicum* vízhiányra, szárazságra adott válaszmechanizmusának (változás az illóolajtartalomban, mirigyszőrök számában stb.) vizsgálatának szakirodalmi áttekintése a szakdolgozat keretein belül.

Munkámhoz az alábbi adatbázisokat használtam: Web of Science (WoS), Scopus, PubMed, Springer Open, Science Direct adatbázisok, illetve a Google Scholar keresőmotorhasználatával történt. Kulcsszavaim közé tartoztak a következő kifejezések: klímaváltozás (climate change), mirigyszőrök (glandular hair), növényi szőrök (trichomes), abiotikus stressz (abiotic stress), szárazság (drought), vízhiány stressz (water stress), *Lamiaceae* (ajakosvirágúak családja), kerti bazsalikom (sweet basil), citromfű (lemon balm), másodlagos anyagcseretermékek (secunder metabolite), illóolaj (essential oil) voltak. Keresési paraméterek közt leszűkítettem a keresést a 2013 után megjelent publikációkra.

Tódor Annamária

2.IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1.Gyógynövénytermesztés jelentősége napjainkban

A gyógynövények használata a történelem előtt időkre nyúlik vissza, őseink számára gyógyszert és energiát biztosítva. Az első írásos feljegyzések a gyógynövényekről Kr.e.5000-3000 környékéről származnak, méghozzá a sumérok agyagtábláiról, melyek rögzítették különféle gyógynövények kedvező egészségügyi hatásait és egyes betegségek gyógyításában tapasztalt pozitív hatásukat. A növekvő igény miatt szükségessé vált, hogy bármikor elérhetők legyenek ezek a kedvező hatású növények, ezért bizonyos növényeket termesztésbe vontak, mint Egyiptomban a kannabiszt vagy Mezopotámiában az ópium mákot Kr.e. 3400 körül, illetve tartósításukról is gondoskodtak, leginkább szárítással. Napjainkban reneszánszukat élik a gyógynövények, óriási az igény ezekre, hihetetlenül sokféleség jellemzi a piacon való megjelenésüket. Fogyaszthatjuk őket élelmiszerként, fűszerként, élvezeti teaként, étrendkiegészítőként, hagyományos növényi gyógyszerként, gyógyszernek nem minősülő hagyományos készítményként, de bizonyos kivonatokat vagy hatóanyagokat a gyógyszeripar korszerű allopátiás gyógyszerek előállításához használ fel. A jövőben pedig nagy valószínűséggel a hagyományos népi gyógyászat és az etnobotanika eredményein alapulva nagy eséllyel vonnak be olyan új gyógynövényeket a gyógyszerelőállításba, mint az *Artemisia annua* vagy a *Cinchona officinalis*. A világon jelenleg 28187 növényfaj van gyógyászati használatban, és a globális kereskedelmük évről évre nagyobb, óriási gazdasági potenciált rejtve magában (INOUE ÉS MTSAI, 2019).

Magyarország az itt fellelhető megközelítően 400 féle gyógynövényfajjal gyógynövény-nagyhatalomnak számít, ami valószínűleg a Kárpát-medencében uralkodó rendkívül optimális klimatikus viszonyoknak köszönhető. Hazánkban a termesztett és gyűjtött gyógynövények kb. 70%-a kerül exportálásra. Szomorú tény, hogy az 1980-as évek óta a gyógynövényágazat hanyatlott, de köszönhetően a világpiaci trendeknek, ismét várható az ágazat felívelése, akár karöltve az egészségturizmussal (PÁSZK, 2021).

2.2.Az éghajlatváltozás hatása az agráriumra hazánkban

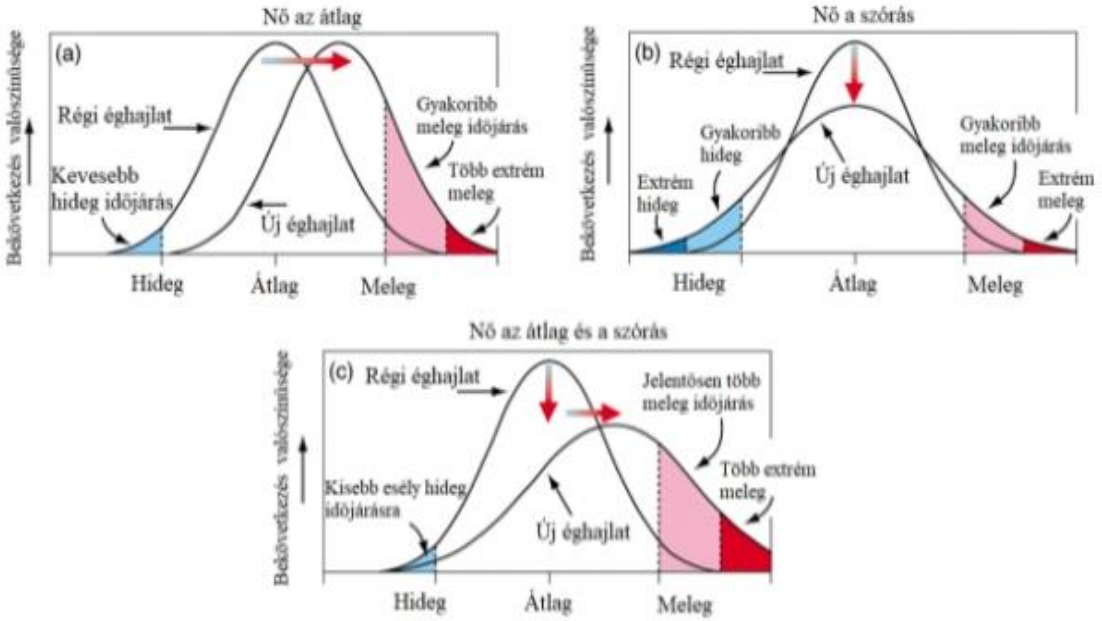
Mivel a klímaváltozás sokkal gyorsabb sebességgel zajlik, minthogy a fajok alkalmazkodni tudnának, egy nagyobb kihalási hullám veszélye fenyeget, csökkentve a fajok diverzitását. Bár mezőgazdasági termelés és gyakorlat nagyban alkalmazkodott a helyi viszonyokhoz világszerte, egyes régiókban több gyógynövény faj is erősen veszélyeztetett lehet. A növények a fenológiai változásokkal és térbeli és földrajzi eloszlásuk megváltoztatásával alkalmazkodnak a globális felmelegedés hatására bekövetkező életkörülményváltozásokhoz, ami viszont megbonthatja a gyógynövények ökológiai együttműködését. A korai virágzású gyógynövényeket gyakran fenyegeti a fagykár a késő fagyok miatt tavasszal, teret engedve az invazívabb növényfajok megerősödésének az erőforrásokért folyó harcban (SHARMA ÉS MTSAI, 2020).

A legnagyobb horderejű változásokhoz tartozik, hogy a globális felszíni átlaghőmérséklet 1,4-5,8°C-kal történő emelkedése várható számos klímamodell szerint amire a növények válasza a növénytakaró összetételének változása, a vegetációs övek eltolódása, bizonyos fajok bevándorlása, illetve visszaszorulása, a növények

Tódor Annamária

gyorsabb vagy visszafogottabb növekedése, így előfordulhat a melegebb éghajlatú területek növényeinek terjedése hazánkban is kifejezettebbé válik (BALOGH, 2007).

Összefoglalva tehát a növények alkalmazkodási stratégiája 3 fő tengely mentén történhet. Az alkalmazkodás egyik módja fiziológiai változások létrehozása, mint szekunder metabolitok termelése, tehát egyes növényfajok illóolajtartalmának és összetételének megváltozása is. Térben történhet az élőhely megváltoztatásával pl. állatok vándorlása, ezt a stratégiát már több, mint 1000 fajnál kimutatták. Időben történhet a fejlődési, fenológiai fázisok hosszának megváltoztatásával, mint a virágzás 10 nappal előre tolódása évtizedenként egyes növényfajok esetén. Európában 2080-ig egyesek szerint a védett területek gerinces állatainak és védett növényfajainak 58%-a veszítheti el élőhelyét a kedvezőtlen éghajlati viszonyok miatt. Klímaváltozás miatt a Kárpát-medence, a Nagy-Alföld kiemelten érzékeny és veszélyeztetett. Az éghajlatváltozás miatt eltolódnak az átlagértékek és nő az extrém események száma is. Hazánkban legnagyobb növekedés a meleg éjszakák, a nyári napok, a forró napok és a hőségnapok számában mutatkozik, illetve szignifikáns növekedés figyelhető meg a hőhullámok gyakoriságában, hosszában és intenzitásában. Ezek a folyamatok az **1. ábrán** láthatók. Nem csupán a hőmérséklet, de csapadék viszonylatában is egyre több a szélsőséges időjárási események gyakorisága, mivel a csapadék éven belüli eloszlása átrendeződik: a nyári csapadék mennyisége csökken, amely nagyobb intenzitású időjárási események során hullik le, míg a kis csapadékmennyiséggel járó időjárási események gyakorisága csökken. A csapadékösszeg csökkenése jellemző ősszel is, kismértékű növekedés tavasszal, télen pedig nagymértékben nő a lehullott mennyiség (SOMFALVI-TÓTH, 2021).



***1. ábra**: Somfal-Tóth ábrája nyomán Sematikus ábra a hőmérsékleti értékek alakulásáról. A normál eloszlás görbéje, ha a.) az átlag növekszik, b.) a szórás növekszik, c.)az átlag és a szórás is növekszik (SOMFALVI-TÓTH, 2021)*

Dr. Jung Ivett szerint hazánkban az öntözhető területek nagyságát folyamatosan növelni kellene, azonban jelenleg ennek ellentéte tapasztalható, 2020-ban a vízjogilag engedélyezett öntözési terület 198,1 ezer hektár volt, ami 20 éves viszonylatban 15,1%-os csökkenést mutat és a mezőgazdasági területek töredékét, 4%-os

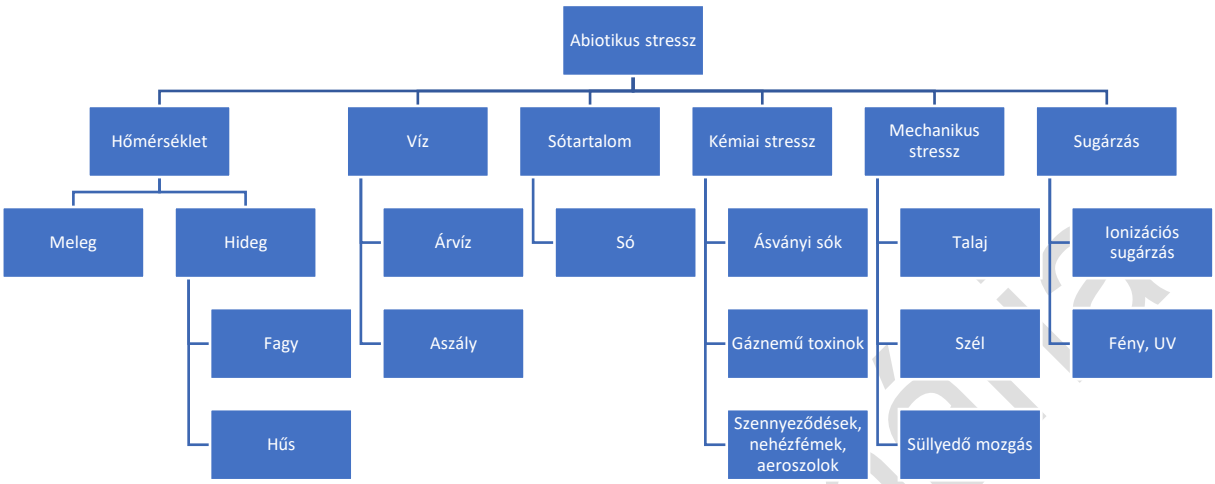
területnagyságot jelent, ami egy szomorú adat annak tükrében, hogy több növény, így gyógynövény termesztését is az öntözések számának növelésével lehetne optimalizálni (internetes forrás 1).

2.3.Stressz a növényekben

A stressz, mely a növényeket éri Lichtenthaler szerint (1996): „minden olyan tényező, vagy anyag, amely befolyásolja, vagy gátolja a növény anyagcseréjét, növekedését, fejlődését.”. Vagyis növényekben a stressz olyan külső hatásokat jelent melyek adverz módon befolyásolják a növekedést, fejlődést vagy termékenységet. Általában valamilyen külső környezeti változást tükröz és több választ indíthatnak be a növényekben pl. megváltozott gén expresszió, sejt anyagcsere, változások a növekedésben terméshozamban. A stresszfaktorok két fő kategóriába oszthatók: abiotikus (fizikai, kémiaibehatások) vagy biotikus (kártevők, növénybetegségek) stressz. Előreláthatóan egyre gyakoribbá válnak az abiotikus stressz faktorok, mint a víz stressz (aszály, szárazság), túlzott öntözés, extrém hőmérsékletek (hideg, fagy, meleg) stb., ezért igen sürgős megoldást kell találni, hogy alkalmazkodni tudjunk. Jelenleg az éghajlat az egész világon megváltozott. Folyamatosan növekszik hőmérséklet és légköri CO_2. A csapadék eloszlása, egyre gyakoribb stresszként hat az aszály. A talajban hozzáférhető víz mennyiségének csökkenése miatt a növények fejlődése vontatottá válik vagy pusztulásukhoz vezet. Termesztett növényeinken a szárazság első jele a növekedésben való megállás, stagnálás. A növények lassítják zöldtömegük növekedését vízhiányos körülmények között, és megváltoztatják anyagcsere-igényüket, folyamataikat. Ezután az ozmotikus beállításukhoz szükséges anyagcseretermékek mobilizálásával átállnak a védő vegyületek előállítására (GULL ÉS MTSAI, 2019).

Az abiotikus stressz típusairól Zehra és munkatársai készítettek egy összefoglaló ábrát (ld. **2.ábra**). Az abiotikus stressznek káros következményei vannak a növényekre, mivel a sejtek anyagcsereaktivitását drasztikusan megváltoztatják a túlzott mennyiségű káros oxidatív formák („reactive oxygen species” azaz ROS) termelése miatt. A növényekben ezek kettős tulajdonsággal rendelkeznek: lehetnek mérgező természetűek is, de számos biológiai folyamat kulcsszereplői is (pl. programozott sejthalál, sejtválasz, -fejlődés). A fejlettebb növények többsége az elsődleges anyagcseretermékekből állítja elő másodlagos anyagcseretermékeit, így a másodlagos anyagcseretermékek koncentrációja nagyban függ a termesztés körülményeitől. A legtöbb esetben az abiotikus stressz következtében fokozódik a másodlagos anyagcseretermékek, így az illóolajok termelődése is (ZEHRA ÉS MTSAI, 2019).

Tódor Annamária



2. ábra Az abiotikus stressz típusai *(ZEHRA ÉS MTSAI, 2019 nyomán)*

2.4. Vízhiány (szárazság), mint abiotikus stresszfaktor

A globális felmelegedés, a klímaváltozás és a következményes vízhiány miatt egyre inkább előtérbe kerülő tényező a víz megléte vagy hiánya, mely nagymértékben befolyásolja a növények életét, hiszen szinte minden növényi életfolyamatban részt vesz. A víz hiánya, túlsúlya, illetve a vízellátás folyamatának kedvezőtlen változásai is lehetnek stresszorok, azaz stresszkiváltó ágensek (OSAKABE ÉS MTSAI, 2014).

A szakirodalom több elnevezést használ, mint szárazság stressz vagy víz stressz, utóbbi utalhat a túlzott vízellátottságra pl. árvíz idején. A stresszt előidéző vízhiány meghatározására szolgál a hervadáspont. Eszerint három alkategóriáról lehet beszélni: enyhe, mérsékelt és súlyos vízhiánystressz. Ezen stresszhatások a növényekben folyamatos sejtszintű választ idéznek elő (SZABÓ ÉS MTSAI, 2020).

Vízhiánystressz akkor alakulhat ki a növényekben, amikor a víz mennyisége a növényi életet veszélyeztető szint alá csökken, korlátozva a növekedést, reprodukciót és túlélést. (KULAK ÉS MTSAI, 2019). Akkor következik be, amikor a talaj hozzáférhető víztartalma csökken. Akkor is bekövetkezhet, ha nem megfelelő a csapadék mennyisége vagy az öntözés mértéke, vagy túl nagy a vízveszteség a transzspiráción és evaporáción keresztül. A vízhiány stresszel szembeni tolerancia mértéke növényenként változhat. A vízhiány egy fontos faktor, mely befolyásolja a növekedést, a gyógy-és aromanövények morfológiáját hátrányosan befolyásolva csökkentik a növény magasságát, a levél hosszát, méretét, a friss és száraz tömeget a citromfű (*Melissa sp.*) fajokban, csökkenti a muskotályzsálya (*Salvia sclarea*) terméshozamát. Mindezekből következik, hogy szárazság hatására a növényi biomassza mennyisége csökken, ez pedig befolyásolja a másodlagos anyagcseretermékek teljes mennyiségét és koncentrációját, ami növekedhet vagy csökkenhet is. Előfordulhat, hogy a koncentráció igen emelkedett, de a

Tódor Annamária

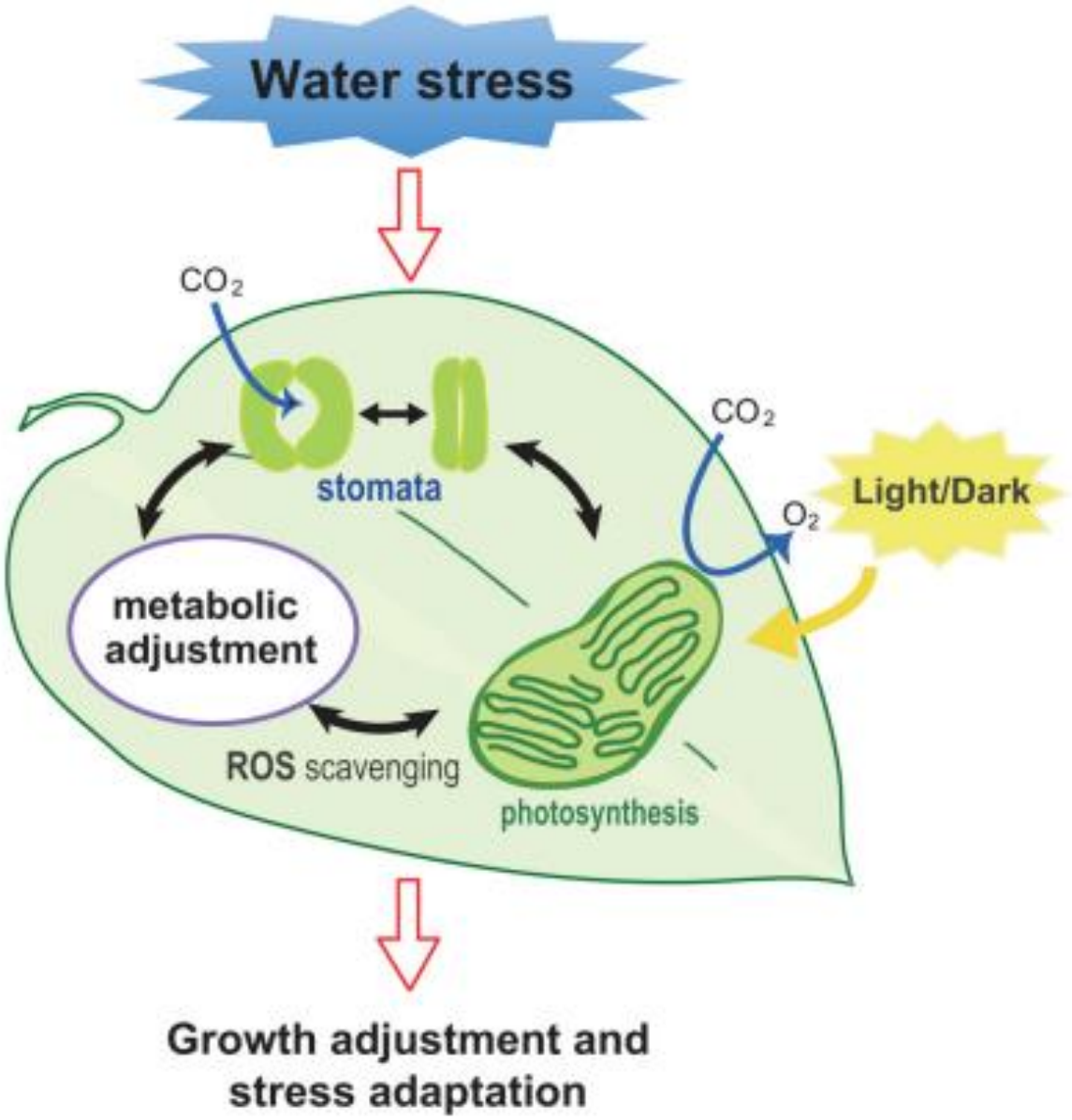
szekunder metabolitok teljes mennyisége lehet ilyenkor is csökkent, változatlan vagy emelkedett. Kísérletek bizonyították, hogy a gyógy-és aromanövényekben a vízhiány növeli az illóolaj-tartalmat (benne adott komponensek, úgy, mint a geraniol, citrál koncentrációját) például *Cymbopogon martinii, Cymbopogon winterianus, Melissa officinalis, Ocimum basilicum* esetében. A *Salvia officinalis* esetében is hasonló eredményeket kaptak, mérsékelt vízdeficit esetén 33%-kal nőtt a monoterpének koncentrációja a jól öntözött viszonyokhoz képest. A *Thymus vulgaris*-nál 3 és 6 hetes vízhiány stressznek való kitettséget vizsgáltak, ami 40%-os emelkedést idézett elő a levelek terpenoid koncentrációjában, de a teljes tartalom így is csökkent volt a növényi biomassza csökkenése miatt. Mahajan és munkatársai összefoglalták egy táblázatban azokat a gyógynövényeket, melyekre pozitívan hat a vízhiány (**ld. 1. táblázat**) (MAHAJAN ÉS MTSAI, 2019).

1. táblázat: Gyógynövények, amelyek másodlagos anyagcseretermelésére pozitívan hat a vízhiány (MAHAJAN et al, 2019 nyomán)

Gyógy-és aromanövény	**Másodlagos anyagcseretermék**	**Másodlagos anyagcseretermék osztály**
Papaver somniferum	Morfin (Alkaloidok)	Nitrogén tartalmú vegyületek
Melissa officinalis	Illóolaj	Terpenoidok
Hypericum brasiliense	Teljes fenolok, rutin/kvercetin, xantonok	Fenoloidok
Helianthus annuum	Klorogénsav	Fenoloidok
Salvia officinalis	Illóolajok, monoterpének	Terpenoidok
Artemisia annua	Artemizinin	Terpenoidok
Catharanthus roseus	Indol alkaloidok	Nitrogén tartalmú vegyületek
Cymbopogon pendulus	Geraniol, citrál	Terpenoidok
Brassica napus	Glükózinolátok	Nitrogén tartalmú vegyületek
Melissa officinalis	Rozmaringsav	Fenoloidok
Picea abies	Triciklin, alfa-2-pinén, kamfén	Terpenoidok
Ocimum basilicum	Antocianin	Fenoloidok
Camellia sinensis	Epikatechinek	Fenoloidok
Cichorium intybus	Kempferol	Fenoloidok
Achnatherum inebrians	Ergonovin és ergin (alkaloidok)	Nitrogén tartalmú vegyületek

Tódor Annamária

A vízhiány különböző módon hat a növényekre. Enyhébb esetben csökkentik a párologtatásukat vagy fokozzák a vízfelvételt, hogy a fotoszintézis folyamata folyamatos lehessen. Fokozottabb vízhiányra a növény

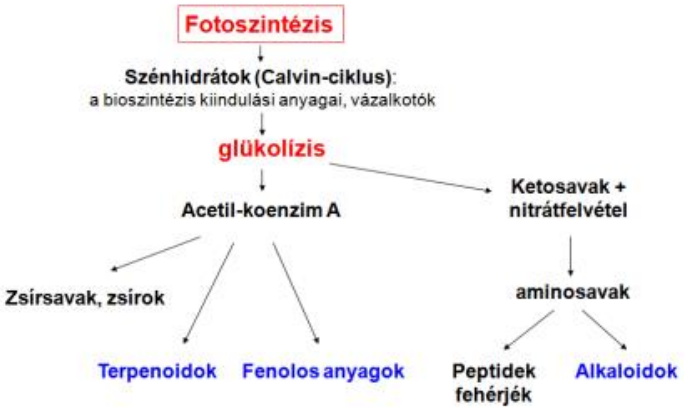


***3. ábra**: Vízhiány hatása a növényekre (OSAKABE és mtsai, 2014 nyomán)*

életfolyamati leállnak, sejtek víztartalma pedig nagymértékben csökken. Szárazság következtében csökken a levél vízpotenciálja és csökkennek a sztómanyílások., ami a fotoszintézis hatékonyságának csökkenését eredményezheti, illetve klorofilltartalom vesztését, a CO2-felvétel csökkenésével. Ez egyébként sokszor együtt jár egy másik abiotikus stresszorral, a túlzott fényhatással. (ld.**3. ábra**). Vízhiány következtében beindul a növény belső abszcizinsav termelése, ami beindít egy élettani kaszkádot (befolyásolva a K-ionok, H-ionok és szerves anionok mozgását is), a növények vízhasznosítási rátája pedig enyhébb esetekben megemelkedik. Tartós vízhiány esetén azonban a vízhiánystressz miatt a növény anyagcserefolyamatiban alapos változások következnek be, így nem képes teljes mértékben regenerálódni a stressz előtti állapotra (OSAKABE ÉS MTSAI, 2014).

2.5.Szekunder anyagcseretermékek

A gyógynövények hatóanyagai és illóolajtartalmuk vonatkozásában érdemes először a szekunder anyagcseretermékekről beszélni. A szekunder (másodlagos) anyagcseretermék a növények olyan termékei, amelyek a primer (elsődleges) anyagcseretermékekből keletkeznek. Bioszintézisük nem egységes, hanem taxonspecifikus, különböző szervezetekben más-más bioszintézis utak lehetségesek. Nem nélkülözhetetlenek a szervezet alapvető életfolyamataiban (szaporodás, növekedés), de ettől függetlenül termelő szervezet számára fontosak lehetnek a más szempontból, az abiotikus és biotikus stresszorok elleni védekezésben: kórokozók, növényi kártevők elleni védekezésben (antibakteriális, antifungális, antivirális, repellens és inszekticid anyagok) vagy a szaporodásban (feromonok, attraktánsok, rovarvonzó színanyagok, illatanyagok stb.). A szekunder anyagcseretermékek között találjuk a gyógyászatban legtöbbször alkalmazott vegyületeket. Fontosabb osztályaik az alkaloidok, terpenoidok, fenolos vegyületek (ld.**4. ábra**) (HOHMANN, 2020).



4. ábra: A növényi anyagcsere alapfolyamatai Hohmann (2020) nyomán

A növényekben a glikolízis és a trikarbonsav ciklus (TCA ciklus) olyan kulcsfontosságú metabolikus útvonalak, amelyek összekötik a szénhidrát, zsír és a fehérje anyagcserét növekedésükhöz, fejlődésükhöz. Azonban bizonyos stressz faktorok hatására az elsődleges anyagcsere átvált a másodlagos anyagcserére, hogy szintetizáljon és felhalmozzon különféle szerves anyagokat, mint a másodlagos anyagcseretermékek. A különböző környezeti stresszhatásoknak, aszálynak, vízhiánynak kitett növények túlélésében és alkalmazkodásában hatalmas szerepet játszanak ezek a vegyületek. Különböző típusaik védik és szabályozzák funkcióikat, életműködéseiket stressznek kitett állapotban. Bioszintézisük anyagcsereútjai és kémiai természetük alján három csoportba sorolhatók. Az első főbb csoport a fenoloidok, ide tartoznak a fenolsavak, lignin, kumarinok, lignánok, flavonoidok, tanninok. A második nagyobb csoport a terpenoidok, ide tartoznak a karotinoidok, illóolajok, szterolok és glikozidok. A harmadik csoport a nitrogén-tartalmú vegyületek, mint az alkaloidok és a glükózinolátok. Élettani hatásuk alapján lehetnek fitoalexinek, növekedés-stimuláló hormonok, vitaminok, pigmentek, alkaloidok, növényi toxinok. Védik a növényt a különböző stresszoroktól. A fitoalexinek és glükózinolátok védik a növényt a fitopatogénektől (vírusok, baktériumok, gombák) és más káros szervezetektől (nematódák, növényevők). Patogének hatására beindul ezen vegyületek termelődése és felhalmozódása. Flavonolok (tanninok, antocianinok) jelen vannak a bogyók héjában (pl. bortermő szőlő *Vitis vinifera*). A szekunder metabolitok, olyan illatot vagy ízt hoznak létre, melyek vonzzák a beporzókat és magterjesztőket (pl. *Mentha spp*. és *Linaria vulgaris* terpenoidjai, flavonoidjai, szteroidja). Több szekunder metabolitot a növények gyökerükön keresztül bocsátanak ki pl. szerves

Tódor Annamária

illó vegyületek, mint kemo-attraktánsok talajbaktériumokra. Számos szekunder metabolit előállítása primer metabolitokból történik, majd felhalmozódnak a növényi sejtekben. Termelődésük alkalmazkodási lehetőséget biztosít több biotikus és abiotikus stresszhez. Bioszintézisük és felhalmozódásuk általában szervekben, szövetekben történik és fejlődési szakasz specifikus. Minden terpenoid bioszintézise C5-ös (izoprén) egységekből (izopentenil-pirofoszfát (IPP) és izomerje, a dimetilallil pirofoszfát (DMAPP) van származtatva acetil-koenzimA prekurzorból a mevalonsav úton vagy a metileritritol úton (glicerinaldehid-foszfát/piroszőlősav) történik. Főleg a fejlettebb növényekben jellemző a fenolos vegyületek sikimisav úton történő keletkezése. A nitrogén tartalmú másodlagos anyagcseretermékek, mint az alkaloidok vagy alifás aminosavakból (trikarboxilsav út, sikimisav út acetil-koenzimA-val, vagy mevalonsav úton). Különböző kifinomult eszközök és technikák lehetővé tették, hogy a másodlagos anyagcseretermékek fluktuációját megállapíthassák, ezek mennyiségén, illetve koncentrációján keresztük (YADAV ÉS MTSAI, 2021).

A növények szárazságtűrő képessége különböző, de az biztos, hogy a szárazság vagy aszály a legkritikusabb stresszhatások közé tartozik. Gyakran vezet oxidatív stressz kialakulásához, aminek következtében nő a flavonoidok és fenolsavak szintje és növekedhet az antociánok mennyisége is. A különböző fenológiai fázisokban fellépő szárazság különböző mértékben vezethet a szekunder anyagcseretermékek feldúsúlásához. Pl. a vegetatív fázisban bekövetkező szárazság a kékvirágú csillagfürt (*Lupinus angustifolius*) magjaiban minden esetben az alkaloidok mennyiségének növekedéséhez vezetett, míg a virágzási szakaszban csak egyes fajtáknál okozott alkaloidnövekedést (VETTER, 2019).

Számos kutatás bizonyította és kiemelte a gyógynövények hatóanyagainak, szekunder metabolitjainak szerepét a gyógyászatban, illetve új gyógyszerek kifejlesztésében, melyeket különböző növényi részek tartalmaznak. Kiemelt növénycsaládok, melyek ezen bioaktív komponenseket tartalmazzák többek között az *Asteraceae, Apocynacea, Liliaceae, Rutaceae, Solanaceae,* illetve ami esetünkben legfontosabb a *Lamiaceae*. (ld. **2. táblázat**) (ZEHRA ÉS MTSAI, 2019).

***2. táblázat*:** Néhány fontosabb gyógynövényfaj, használatuk és másodlagos anyagcseretermékeik (ZEHRA et al, 2019 nyomán)

Növény	**Család**	**Hasznos növényi rész**	**Felhasználási terület**	**Másodlagos anyagcseretermék**
Allium sativum Linn.	*Liliaceae*	Gumók	Ízületi panaszok, emésztési problémák, stimuláns, köptető, lázcsillapító	S-allil cisztein szulfoxid (ACSO)
Allium cepa Linn	*Liliaceae*	Gumó	Antimikrobiális, analgetikus, antioxidáns, gyulladáscsökkentő, antidiabetikus és	S-transz-prop-1-enil cisztein szulfoxid (PECSO)

Tódor Annamária

			vérnyomáscsökkentő hatású	
Artemisia annua L.	*Asteraceae*	Levelek	Malériaellenes, gyulladáscsökkentő, rákellenes	Artemizinin, arteanuin, arteméter, arteéter, artemetin, kaszticin, krizoplenetin, cirzilineol
Atropa belladonna L.	*Solanaceae*	Levelek, gyümölcs	Görcsoldó, midriatikus hatás	Atropin, hioszciamin, hioszcin
Cleome rutidosperma	*Cleomaceae*	Levelek	Fájdalomcsillapító, gyulladáscsökkentő	Terpének, alkaloidok, flavonoidok
Cymbopogon flexuosus	*Poaceae*	Levelek	Gyulladáscsökkentő, Fájdalomcsillapító, gombaellenes	citrál, geránium, geranil-acetát, nerál, béta-mircén
Matricaria chamomilla	*Asteraceae*	Levelek	Görcsoldó, gyulladáscsökkentő, antibiotikus	Herniarin, Umbelliferon
Mentha piperita Linn.	*Lamiaceae*	Levelek	Karminatív, görcsoldó, tumorgátló, antidiabetikus, antinociceptív	heszperidin, rozmaringsav, didimin, buddleozid, diozmin
Ocimum sanctum	*Lamiaceae*	Levelek, sztem, magok, virág, gyökér	Rákellenes, antidiabetikus, gombaellenes, májvédő, szívvédő, fájdalomcsillapító, görcsoldó	Eugenol, rozmaringsav, karvakrol, oleanolsav
Papaver somniferum L.	*Papaveraceae*	Virág, magok	Fájdalomcsillapító, narkotikus	Morfin, tebain, papaverin, narcein, kodein
Scrophularia ningpoensis	*Scrophulariaceae*	gyökerek	Gombaellenes, ízületi panaszokra, lázcsillapító, vízhajtó, vérnyomáscsökkentő, malériaellenes	Aukubin, katalpol, harpagid, harpagozid, fahéjsav

Tódor Annamária

Tagetes minuta L.	*Asteraceae*	Levelek	Leishmania ellenes, malériaellenes, görcsoldó	kvercetin-3-metil éter, kvercetin, axillarin-7-O-béta-D-glükopiranozid, kvercetin-3,6-dimetil éter
Vitex negundo Linn.	*Verbenaceae*	Levelek	ízületi panaszok, fájdalomcsillapító, étvágyjavító, menstruációs vérzés fokozására, lázcsillapító, köhögéscsillapító	Viridiflorol, béta-kariofillén, szabinén, 4-terpineol, globulol, protokatekuiksav, olajsav, flavonoidok
Zingiber officinale Rosc.	*Zingiberaceae*	Rizómák	Rheumatoid arthritis, Dyspepsia, Anorexia, Émelygés	Gingerol, zingiberin, geranial, geranil-acetát

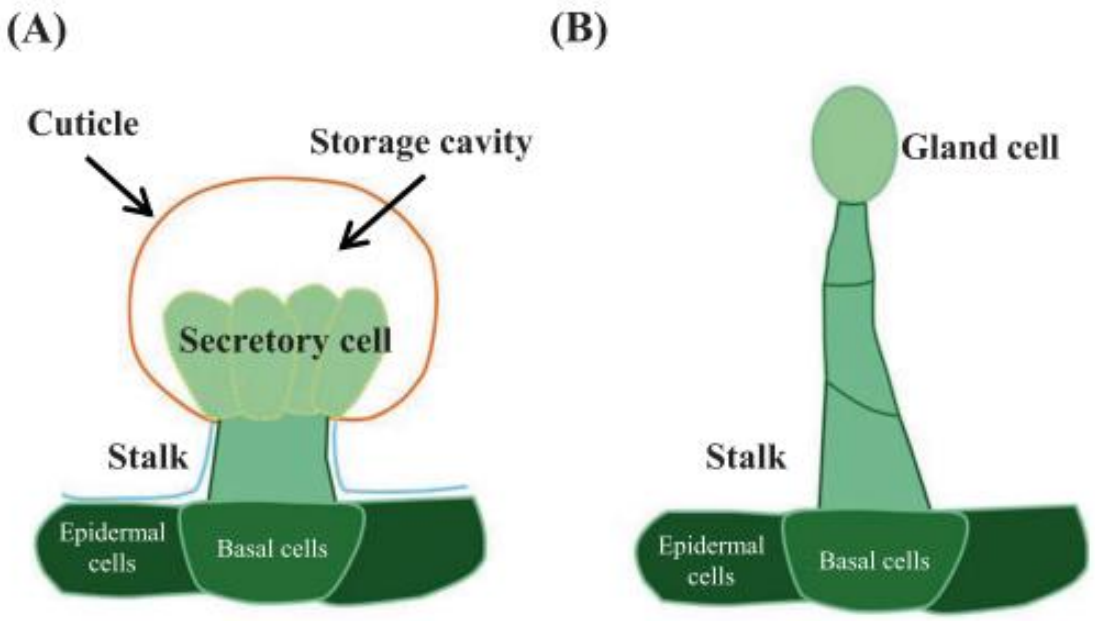
2.6.Mirigyszőrök, azaz az illóolajtermelés képletei

A másodlagos anyagcseretermékek különbözőképp oszlanak meg a növények szöveteiben, változatos előfordulásuk, például egyes nem parenchimatikus jellegű szövetekben speciális sejtek alakulnak ki, melyek fő feladata ezen speciális vegyületek szintézise és raktározása. Ide sorolhatjuk az idioblasztokat, olajsejteket, mirigyszőröket, csalánszőrt és tejcsöveket. Dolgozatom szempontjából kiemelném a mirigyszőröket, melyek kiválasztó tevékenységet ellátó, általában néhány sejtből álló szőrképletek, amely általában az elsődleges bőrszöveten (vagyis epidermiszen) helyezkednek el és egy nyélből vagy egy, vagy többsejtű fejecskéből állnak. A szekrétumok, vagyis a mirigyszőrök által kiválasztott anyagok az ún. fejecskéből a kutikula és sejtfal közti térbe jutnak membránnal borítva, majd felgyülemlenek és megrepesztik a kutikulát így kerülve a környezetbe. Ezek a szekrétumok változatos kémiai összetételű anyagok, általában illóolajok vagy illó komponenseket mutathatók ki belőlük. A mirigyszőrrel rendelkező növények nagyobb állománya jelentős mennyiségű szekrétumot juttat ki környezetébe. A *Lamiaceae* növénycsalád tagjai jellemzően mirigyszőrös, illóolajtermelő növények (VETTER, 2019). Ezek a hasznos kiválasztóképletek megtalálhatók az összes növényi szervben, levélben és szárban, és még a gyökérben is (HAZZOUMI ÉS MTSAI, 2019).

A gyógynövények mirigyes trichómái, vagy mirigyszőrei által termelt számos anyagcsereterméket hasznosít a gyógyszeripar, pszichoaktív, parazitaellenes, daganatellenes, antimikrobiális, vírusellenes és antitrombotikus tulajdonságaikat kihasználva. A mirigyszőrök tipikusan többsejtűek, egy fejből, vagyis mirigyből állnak, amely speciális metabolitokat választ ki és egy szárból, amely támogatja a fejet, továbbá egy differenciált bázisból, amely összeköti a szárat a környező epidermális sejtekkel. A mirigyes trichómáknak két fő típusa van: a „peltate”- és a „capitate-típus”. A „peltate” trichómák rövidek, egysejtű vagy kétsejtű szárral és egy nagy többsejtű szekréciós fejjel, amely több szekréciós sejtet tartalmaz, míg a „capitate”-trichómák jellemzően változó sejtszámú

Tódor Annamária

és hosszúságú többsejtű szárból állnak, kisebb egysejtű fejjel. A mirigyes trichómák két típusa az **5. ábrán** látható (FENG ÉS MTSAI, 2021).



***5. ábra**:* A mirigyes trichómák két típusa A.) "Peltate-típusú" B.)"Capitate-típusú" mirigyszőr (FENG és mtsai, 2021 nyomán)

Azok a mirigyszőrök, melyek az illóolajtermelésért felelősek tipikusan tartalmaznak egy tárolásra alkalmas teret, ahol az illóolajokat folyékony formában raktározhatják, amelyek csak akkor szabadulnak ki, ha a trichómákat sérülés éri (pl. valamilyen állati kártétel). Ez a tárolásra szolgáló hely lehet szubkutikuláris, ami azt jelenti, hogy a kiválasztó sejt és kutikula közt helyezkedik el ez a terület. Ezzel találkozhatunk a *Lamiaceae* család Menta fajainál („peltate" trichóma) vagy az *Asteraceae* család százszorszép fajainál („biseriate" trichóma). Akár a kiválasztó sejtek közt is elhelyezkedhet a tárhely, mint a paradicsom egyes trichómáinál. A mirigyes trichómák többnyire az általuk kiválasztott és raktározott vegyületek bioszintézisének színterei, kivéve bizonyos dohányfajokat, ahol a nikotin a gyökérben termelődik, majd a levelekbe és mirigyszőrökbe szállítódik. A mirigyes trichómákban termelt vegyületek kifejezetten magas arányban halmozódhatnak fel, akár a levél szárazanyagtartalmának 20%-ért kitéve. A mirigyes trichómák által termelt vegyületek ritkán találhatók meg önmagukban, jellemzően szerkezetileg hasonló vegyületek csoportjait alkotják, általában hidrofób tulajdonságú zsírsav származékok, flavonoidok vagy terpenoidok. A terpenoidok a növényi metabolitok legnagyobb és legváltozatosabb csoportja. Alapjuk a C5-ös izoprén egységek, főbb csoportjaik a monoterpének (C10), szeszkviterpének (C15), diterpének (C20). Jó példa a borsmenta (*Mentha x piperitha*), amely fő komponense a mentol, de mentofuránt is tartalmaz (ez a nemkívánatos ízért felelős), ami kedvezőtlen körülmények közt felhalmozódik. A fodormenta (*Mentha spicata*) fő komponense a karvon. Ezek a monoterpének a limonén származékai. Egy másik különleges csoport karnoziksavat termel a mirigyes trichómáiban, amely egy aromás széngyűrűt is tartalmaz, így kifejezetten erős antioxidáns aktivitású, több országban elismert természetes tartósítószer az élelmiszerekben és kozmetikumokban. A fiatal rozmaringban (*Rosmarinus officinalis*) és bizonyos zsályafajokban (*Salvia officinalis, Salvia fruticosa*) termelődik, majd a levelekbe transzportálódik, ahol védi a kloroplasztokat a foto-oxidatív stressztől. A mirigyes trichómák kiválasztó sejtje által termelt metabolitok először elszállítódnak egy extracelluláris tároló helyre vagy a sejt külső felszínére. A

Tódor Anna

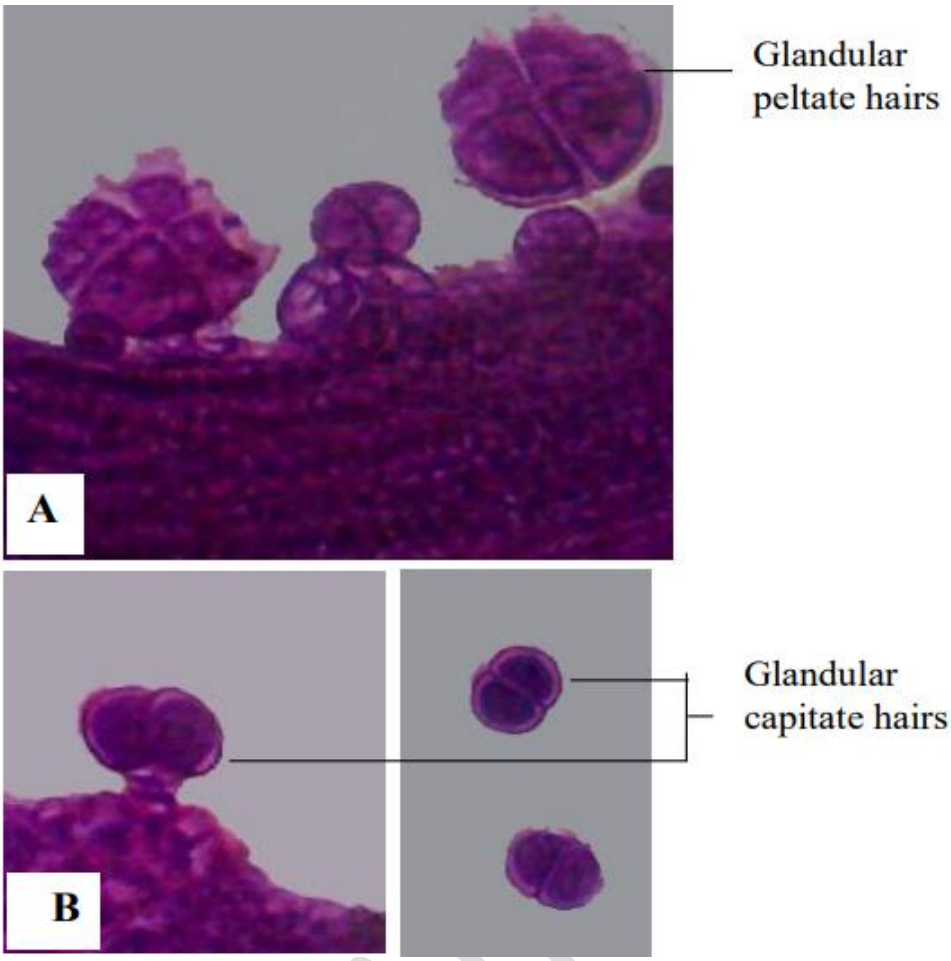
vegyületek bioszintézise sokszor egyidejűleg számos szubcelluláris egységben (plasztidok, citoszol, mitokondrium, peroxiszóma, endoplazmatikus retikulum) zajlik és az ezek közti transzpot is szükséges lehet. Például a borsmenta trichómáiból nagy valószínűséggel sima felszínű endoplazmatikus retikulum végzi a szállítást (SCHUURINK ÉS TISSIER, 2020).

Egy tanulmányban a *Phlomoides* nemzetség 32 fajának trichómáit vizsgálták pásztázó elektronmikroszkóppal és fénymikroszkóppal. A trichómák két alapvető típusát lehetett azonosítani: nem mirigyes és mirigyes, amelyek lehetnek egyszerűek vagy megosztottak. A trichóma típusok segítenek a besorolásban és a *Phlomoides* fajok egymástól való elkülönítésében is. A *Phlomoides* nemzetség *Lamiaceae* család tipikus jellemzői, hogy egyszerű vagy csúcsos leveleik vannak, a felső corolla ajak ívelt, mindig szőrös vagy rojtosan metszett, és többnyire fás rizómák és/vagy tuberiform oldalsó gyökerekkel rendelkeznek. A nemzetség elterjedési területe Közép-Európától az orosz Távol-Keletig terjed, központja: Közép-Ázsia, az iráni hegyvidék (SEYEDI ÉS SALMAKI, 2015).

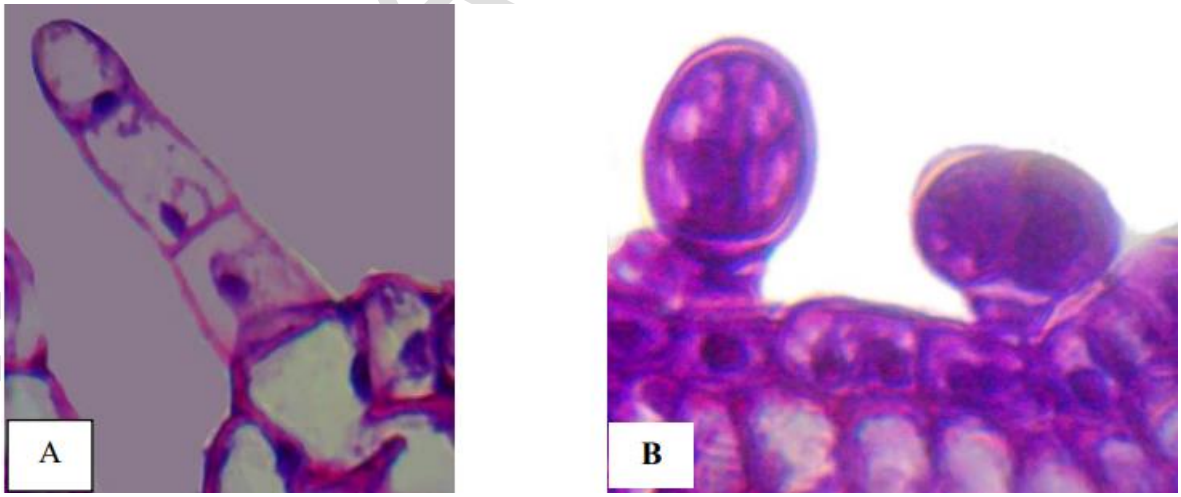
Ghonam és mtsai 2014-ben a *Lamiaceae* család néhány tagjánál vizsgálták a különböző trichómák morfológiai tulajdonságait. A kerti bazsalikomnál kis „peltate-típusú" és rövid „capitate-típusú" trichómákat találtak, nem mirigyes trichómái pedig többsejtű, sima felszínű fallal rendelkeztek (GHONAM ÉS MTSAI, 2014).

2014-ben Abd és mtsai vizsgálták a kerti bazsalikom morfológiai tulajdonságait és fitokémiai összetételét és készítettek mikroszkópos felvételeket melyeken láthatók a bazsalikom nem mirigyes és mirigyes trichómái illetve a „capitate" és „peltate-típusú" trichómái. Az általuk készített felvételeken láthatók a bazsalikom hosszmetszeti képén a „peltate-típusú" és „capitate-típusú" mirigyszőrök a **6.ábrán**, a növényi szőrök, illetve mirigyszőrök a **7. ábrán** (ABD ÉS MTSAI, 2014).

Tódor Annamária



***6. ábra**:* A kerti bazsalikom A.)Peltate-típusú B.)Capitate-típusú trichómái (ABD és mtsai, 2014 nyomán)



***7. ábra**:* A.) Növényi szőr B.) Mirigyszőr (ABD és mtsai, 2014 nyomán)

Felépítésbeli sajátosságaik miatt a „peltate" trichómák termelnek több illóolajat. A *Lamiaceae* család több tagja, így a citromfű és a kerti bazsalikom is főként termesztett növények, melyeket arra specializálódott ültetvényeken termesztenek nyers alapanyagot adva az élelmiszer-, gyógyszer- és kozmetikai iparnak. Kowalski és társai 2018-ban egy összehasonlító vizsgálatot végeztek több *Lamiaceae* faj bevonásával és részletesen vizsgálták a citromfüvet is. A vizsgált fajok mechanikai és mirigyes trichómákat fejlesztettek. A levéllemez felszínét

borító epidermiszen különböző típusú mirigyes trichómákat figyeltek meg, amelyek a kapitulumban és szárban különböztek. A „capitate" típusú trichómák egy vagy kétsejtű kapitulummal rendelkeztek. Mikroszkópos vizsgálatok során kiderült, hogy a levél epidermisze is kifejlesztett több, mint tucatnyi sejtből álló kapitulumot is. A legtöbb „capitate" trichóma egysejtes szárral rendelkezett, de előfordultak hosszú, három sejtből állók is. Úgy gondolták, hogy a trichómaszerkezetek különbözősége talán egy fontos nyom a növények taxonómiájában. A *Lamiaceae* családra jellemző „peltate" típusú mirigyes trichómák a levélfelszínen nagy gömb alakú gyöngyökként jelennek meg és sokkal nagyobbak, mint más mirigyes trichómák. A levél adaxiális és abaxiális epidermisz felszínén és a száron találtak illóolajfelhalmozó struktúrákat. A vizsgálatban szereplő más fajokhoz pl. borsmenta képest a legnagyobb sűrűségű mirigyes trichómákkal rendelkezett a citromfű (KOWALSKI ÉS MTSAI, 2019).

A következő táblázatban (**3. táblázat**) látható néhány fontosabb gyógynövény és a mirigyes trichómái által előállított természetes termékeik (KUNDAN ÉS MTSAI, 2019).

***3. táblázat**:* Gyógynövények és fontosabb vegyületeik (KUNDAN és mtsai,2019 nyomán)

Növényfaj	**Metabolit**	**Fontos vegyület**
Mentha piperita	Monoterpén	Mentol
Salvia sclarea	Diterpén	Szklareol
Cannabis sativa	Kannabinoidok	Tetrahidrokannabinol (THC), kannabidiol (CBD)
Humulus lupulus	Terpének	Humulon
Gossypium hirsutum	Szeszkviterpén	Gosszipol
Artemisia annua	Szeszkviterpén	Artemizinin
Cistus creticus	Diterpén	Labdanum
Thymus vulgaris	Monoterpén	Timol, karvakrol
Oeiganum vulgare	Monoterpén	Karvakrol, timol

A fiatal bazsalikomlevelek (*O. basilicum*) rendkívül sebezhetők, mivel ekkor még a „capitate-típusú" mirigyszőrök jelenléte a jellemző. Később a növény öregedésével egyre inkább a „peltate-típusú" mirigyek kerülnek túlsúlyba, melyek hatékonyabban védik a növényt a patogénekkel szemben és vonzzák a beporzókat (HAZZOUMI ÉS MTSAI, 2019).

Saran és tsai 2021-ben vizsgálták az illóolajtartalom és a levél színe közti összefüggést édes bazsalikomnál. Eredményeik szerint a fiatal levelek abaxiális felszínét borítják a legmagasabb létszámban a „peltate-típusú" trichómák, ami pozitív korrelációt mutat a magasabb illóolajkoncentrációval. A „peltate típusú" trichómák száma és az olajtartalom nem befolyásolja az antracnózis betegség előfordulását, így a zöld herba betakarítása teljes kifejlődés előtti állapotban a magasabb illóolajkoncentrációért jó gyakorlatnak számít, hiszen ilyenkor nagyobb az illóolajtermelő mirigyszőrök száma. Ezen mirigyszőrök száma és a zöld levélszín egyenes arányosságban áll egymással, míg a lila szín intenzitás fordított arányban (SARAN ÉS MTSAI, 2021).

Tódor Annamária

Preotu és mtsai szerint a citromfű a következő mirigyszőrökkel rendelkezik, ahogy a képen is látható (ld. **8. ábra**): „capitate-típusú” trichóma egysejtű kiválasztó fejjel, capitate típusú mirigyszőr kétsejtű kiválasztó fejjel, „peltate- típusú” mirigyszőr 8 sejtből álló kiválasztó fejjel (PRETOU ÉS MTSAI, 2009).

Fig. 7. Cross-section through the median nervure of *Mellisa officinalis* foliar limb

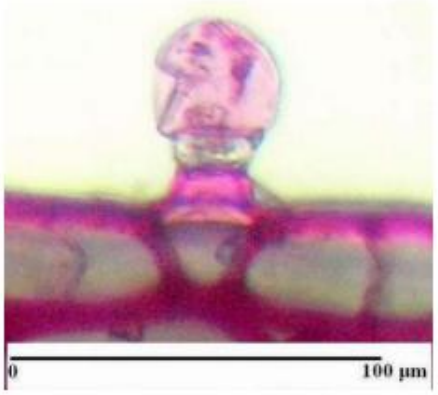


Fig. 8. Glandular hair with unicellular secreting head in the stem of *Mellisa officinalis* (cross-section).

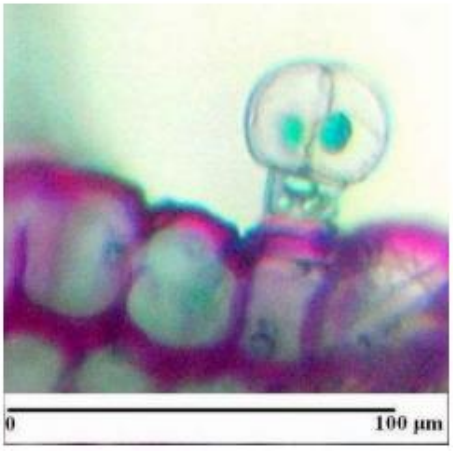


Fig. 9. Glandular hair with 2-cellular secreting head in the stem of *Mellisa officinalis* (cross-section).

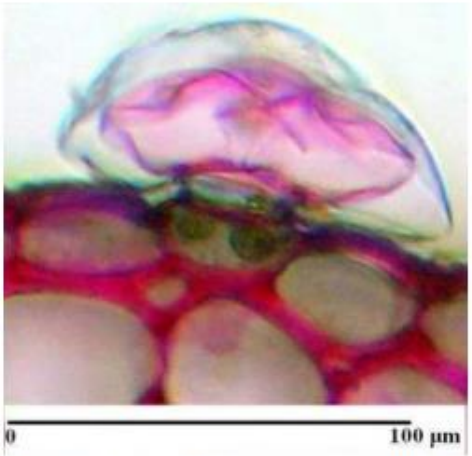


Fig. 10. Glandular hair with multicellul secreting head in the stem of *Mellisa officinalis* (cross-section).

8. ábra: A citromfű mirigyszőrei (PRETOU és munkatársai, 2009 nyomán)

2.7. A növényi illóolajok általános tulajdonságai és szerepük a növény életében

A világ növényfajai közül 2500 tartalmaz illóolajat, amiből Európában 1050 növényfaj található. Az illóolajok felhalmozódása nem egységes, a növények maximális illóolajtartalmukat általában virágzás során, bimbózáskor vagy hamarabb érik el. A felhalmozódott illóolaj mennyisége függ még a levegő hőmérsékletétől és páratartalmától, a talaj nedvességtartalmától és ásványianyag tartalmától. Szinte minden növényi szerv tartalmaz illóolajat, mint virág, termés, levelek, illetve a növény teljes felszíne. A növények illóolajtartalma változó, általában 0,001% és 20% közé tehető. A *Lamiaceae* növénycsaládra jellemző a külső szervekkel, mirigyszőrökkel történő illóolaj termelés (ELMURODOVICH ÉS SHAVKATOVNA, 2022). Az illóolajok termelése és összetétele nagyban

függ a környezeti tényezőktől, növény fejlettségi szintjétől és a növényeket érő különféle stresszhatásoktól (STEFAN ÉS MTSAI, 2021).

Az edényes növények tehát az illékony másodlagos vegyületek széles körét termelik, amelyek hasznosak növény-növény és növény-állat kommunikációban. Ezek a vegyületek környezeti hőmérsékleten akár a levegőben is képesek terjedni. Bioszintetikus eredetük alapján négy fő csoportba sorolhatók. A terpének közé tartoznak az izoprén, a monoterpének, mint a linalool, vagy geraniol és szeszkviterpének, mint a béta bizabolén, vagy béta-kariofillén. Léteznek illékony zsírsav származékok is, például a kakaó magjában. Aminosav származékok is rendelkezhetnek jellegzetes illattal, úgy, mint az illékony aminok, indolok és kén-tartalmú komponensek. Végül a fenolos vegyületek közt is találhatunk klasszikus illóolaj-összetevőket, pl: eugenol, metileugenol, metil-kavikol. A biogén szerves illékony vegyületek szerepet játszhatnak az atmoszférikus szennyeződésben is, kiválasztásuk függ környezeti tényezőktől, így a szárazságtól is. Az illóolajban előforduló illékony komponensek, illetve összetevők arányát az ISO szabványok által elismert mérési módszerekkel határozzák meg. A vízhiány hatására adott illóolajtartalom változás szempontjából leginkább az izoprén és a monoterpének csoportja érintett (SZABÓ ÉS MTSAI, 2020).

Máthé és munkatársai elvégeztek egy a hazai *Lamiaceae* fajokra vonatkozó összehasonlító illóolajvizsgálatot és kemotaxonómiai értékelést. Az illó frakciók kivétel nélkül mono- és szeszkviterpén tartalmúak voltak a vizsgált fajok esetében (S*alvia, Stachys, Ballota, Melissa, Lavandula* fajok). Legtöbbször az alacsonyabb illóolaj-tartalom nagyobb szeszkviterpén részaránya utal. (MÁTHÉ ÉS MTSAI, 2014).

Az illóolajok különböző komponenseinek megengedett szintjét, mint korábban említettem különböző szabványok szabályozzák: Európai Gyógyszerkönyv VIII 2015, ISO 9909 1997, ISO 856 2006, ISO 1342 2012, ISO 19817 2017. Ezek a szabványok elengedhetetlenek a különböző területekről és termesztési körülmények közül származó növényi anyagok sztandardizációjában, mivel sokszor rendkívül eltérő illóolajkomponenseket tartalmaznak. (KOWALSKI ÉS MTSAI, 2019).

A *Lamiaceae* növénycsalád tagjainak széleskörű termesztése, gyűjtése és alkalmazása főleg értékes illóolajtartalmukra vezethető vissza, melyeknek többek között antioxidáns, tumorgátló, gyulladáscsökkentő, vírusellenes, fájdalomcsillapító, lázcsillapító, antimikrobiális, gombaellenes, kedélyjavító, immunreguláns és antiszeptikus hatást is tulajdonítanak. A bazsalikom fajok illóolaját az élelmiszeripar gyakran hasznosítja természetes tartósítószerként magas antioxidáns tartalma miatt. A citromfű pedig gyakran szerepel természetes eredetű herpesz kezelésére használatos készítmények összetevőjeként antivirális hatása miatt (SILVA ÉS MTSAI, 2021).

Maurya és mtsai kutatása kimutatta, hogy az illóolajkoncentráció szoros összefüggést mutat a „peltate-típusú" mirigyek sűrűségével, nagyságával és viszonylagos arányával több *Ocimum* fajnál (MAURYA ÉS MTSAI, 2019).

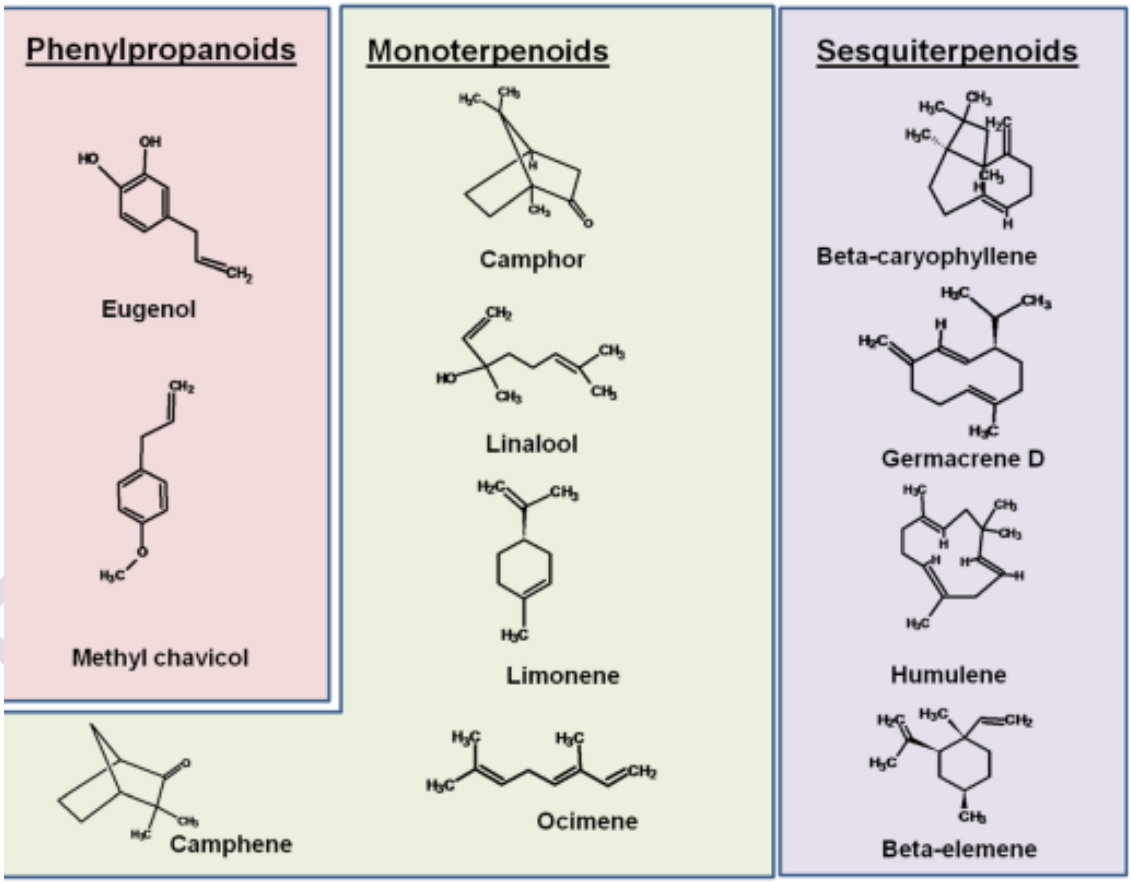
Tódor Annamária

2.8.A kerti bazsalikom (Ocimum basilicum) farmakobotanikai jellemzése

Az *Ocimae* törzs, *Nepetoidae* alcsalád, *Lamiaceae* család és azon belül a *Lamiales* rendbe tartozik az *Ocimum* nemzetség. Körülbelül 150 faj tartozik ehhez a nemzetséghez, melyek megtalálhatók világszerte a melegebb régiókban (ABD ÉS MTSAI, 2014).

Rokon fajai közt értékes, hatóanyagokban gazdag: *Ocimum canum* és az indiai bazsalikom (*Ocimum gratissimum*), amely évelő, bokros, trópusi növény. Az *Ocimum tenuiflorium* Indiában és Malajziában honos, a hinduk szent növényeként tartják számon (RÁCZ ÉS MTSAI, 2012).

Drogja a *Basilici herba,* illetve illóolaja (*Basilici aetheroleum*) (STANOJKOVIC-SEBIC ÉS MTSAI, 2017). Herbáját virágzáskor gyűjtik, melynek illóolajtartalma változó. A jó minőségű drog minimum 0,4%-ot tartalmaz (RÁCZ ÉS MTSAI, 2012). A növény fő hatóanyaga illóolaja, ami 05-1,5%-ban a föld feletti mennyiségekben halmozódik fel. A kereskedelemben elterjedt 2 típusa. Az európai bazsalikomra jellemző az 50-55%-os metilkavikol és 40-45% linalool tartalom, míg az afrikai típusillóolaja 55-70% metilkavikolból és 30-45% kámforból áll. Az *Ocimum* fajok illóolajának összetevői az eugenol, metil-klavikol, kámfor, linalool, limonén, kamfén, ocimén, béta-kariofillén, humulén, béta-elemén, D-germakrén **9. ábrán** látható (MAURYA ÉS MTSAI, 2019).



9. ábra: A bazsalikom fajok illóolajainak főbb vegyületei (MAURYA ÉS MTSAI, 2019 nyomán)

A népi gyógyászatban herbáját emésztési panaszokra, puffadásra, étvágytalanságra használták, illóolaját pedig külső sebek kezelésére, ízületi fájdalmak csillapítására. Leginkább fűszerként használatos. A növénynek és

illóolajának igazolt az antibakteriális hatása, az illóolaj pedig helyileg fokozza a vérkeringést, ami fájdalomcsillapító hatásának alapja (CSUPOR ÉS MTSAI, 2020)

Hazai termesztett bazsalikom egyéves, lágyszárú növény, melynek gyökere 10-16 cm hosszú, karószerű, elágazó; míg szára kb. 40-60 cm magas, felálló, egyenes, tövétől elágazó; levelei pedig keresztben átellenesek, nyelesek, zöldek (vagy egyes változatok pirosas színezetűek), fényes felületűek, tojásdadok. Virágzatának jellemzője, hogy végálló, 17-18 álörvből álló összetett, laza álfüzér, az álörvöket 4-6 kicsi virágból állnak, színük fehér vagy rózsaszín. A virágzatuk alulról felfelé nyílik. Termés formáka: tojásdad alakú makkocska, ami világos- vagy sötétbarna színű lehet (ld. **10. ábra***)* (SZABÓ ÉS LENCHÉS, 2013).

Kifejezetten melegigényes növény. Ennek tudható be, hogy a magok csírázása 18-22 °C-os hőmérsékleten indul (már 10°C-on csírázhat, de ilyenkor a folyamat vontatott). Növekedési optimuma 20 °C vagy afeletti hőmérséklet. Fagyérzékeny, erősebb hőmérsékleti ingadozások, lehűlések tartósan visszavethetik fejlődését. Melegigényes és fényigényes is. Árnyék, félárnyék nem kedvez a fejlődésének. Hazánkban az egyenetlen csapadékeloszlás miatt biztonságosan csak öntözéssel termeszthető. Vízigénye tenyészideje folyamán 550-600 mm víz, kedvező hozam a talaj vízkapacitásának 60-65%-os telítettsége esetén várható (legyen optimális vízellátottág legalább csírázáskor, az intenzív hajtásnövekedés és virágzás idején). Öntözés nélkül gyenge minőségű, satnya lesz. Gyökérzete a felszínhez közel található, ezért szélsőséges talajtípusokon (futóhomokon, sziken, köves talajon nem érdemes telepíteni és az erősen kötött, agyagos területeken sem optimális a fejlődése. Laza szerkezetű, homokos vályogtalajok az ideálisak a bazsalikom számára. Jó vízgazdálkodású, magas tápanyagszintű termőhely biztosítása célszerű (internetes hivatkozás 2).

Tódor Annamária

10. ábra: *Ocimum basilicum (*internetes hivatkozás 3 nyomán)

Hazánkban előforduló fajtái: *'Zöldgömb*': Zöld színű, kislevelű fajta, várható magassága: 25-30 cm; '*Bíborgömb'*: Lila színű, kislevelű fajta, várható magassága: 25-30 cm; *'Lilagömb*': A '*Bíborgömb*' javított változata, annál sötétebb és egyöntetűen gömbformát adó fajta; *'Bíborfelhő*': Lila színű, nagylevelű fajta, várható magassága: 50 cm (internetes hivatkozás 4). *'Rokokó*' várható magassága 40 cm (internetes hivatkozás 5).

2.10.A citromfű (Melissa officinalis) farmakobotanikai jellemzése

A citromfű a *Lamiales* rendbe, a *Lamiaceae* családba tartozó faj (SZABÓ ÉS LENCHÉS, 2013). Drogja a szárított föld feletti virágos leveles hajtása *Melissae herba* és levelei *Melissae folium*. Illóolaját a friss növényből vagy herbából kivont illóolaj *Melissae aetheroleum* igen népszerű a drogkereskedelemben. Levelei 0,2-0,5% illóolajat tartalmaznak, melynek fő komponensei a citrál, citronellál, gerániol, linalool, továbbá kimutatható: rozmaringsav és más fenolkarbonsavak és flavonoidok, mint luteolin, kvercetin, apigenin, kempferol (KOWALSKI ÉS MTSAI, 2019).

A népi gyógyászatban teakeverékek kedvelt alkotórészeként használják. Görcsoldó, emésztésserkentő, étvágyjavító, vírusölő és nyugtató hatású, ezért használatos rossz közérzet, gyomor-és bélpanaszok, epe vagy májbántalmak, szívpanaszok, megfázás és herpesz kezelésére. A modern fitoterápia főként központi idegrendszeri és herpeszellenes hatását hasznosítja (CSUPOR ÉS MTSAI, 2020).

A *Melissa officinalis* 30-125 cm magasra nő, a növény minden részét puha rövid szőrök veszik körül. A szára felálló, elágazó, általában kopasz és négyszögletes, ami a növénycsalád tipikus jellemzője. A levelek levélnyél alakúak, tojásdadok, 6 cm hosszúak, 3 cm szélesek, a felső ék alakú, az alsó szív alakú, tövükön, recés fogazatúak, alatta mirigyszőrök vagy pontozott mirigyek is lehetnek. A virágok fehérek vagy halvány rózsaszínűek, nyáron 4-12 virágból álló kis fürtökből állnak. Két porzója és négy karéjos petefészke van, amelyek 1-4 diót alkotnak. A magok nagyon kicsik, körülbelül 1-1,5 mm hosszúak, tojásdad, sötétbarna vagy fekete színűek (ld. **11. ábra**). A citromfű optimális növekedése számára a 15–35 °C-os hőmérséklet-tartomány kedvez, és 500–600 mm csapadékot igényel, jól elosztva a tenyészidőszakban, ellenkező esetben öntözés válhat szükségessé (SAEB ÉS GHOLAMREZAEE, 2012).

A *M. officinalis* szőrös gyökérrendszere sok oldalgyökérrel rendelkezik, ami miatt a növény jobban alkalmazkodik a különböző környezeti feltételekhez. A növény felső részei tél elején elpusztulnak, de tavasz elején új hajtások kelnek ki a gyökerekből. A *M. officinalis* világszerte növekszik, de eredete még nem tisztázott. A Földközi-tenger keleti térsége, Nyugat-Ázsia és Dél-Európa, Kaukázus és Észak-Irán azonban származási területnek számít (SHAKERI ÉS MTSAI, 2016).

11. ábra: *Melissa officinalis (*internetes hivatkozás 6 nyomán)

2.11. Vízhiány hatása a bazsalikom fajokra

A vízhiány hatását vizsgáló kutatások végrehajtásához szükséges fogalom a hervadási pont, ami kijelöl egy adott pontot a víz hozzáférhetőségben, ahonnan a stressz kezdődik; míg a vízhiány intenzitása, azaz, hogy enyhe, közepes vagy erős a vízhiánystressz, ami egy sejtszinten bekövetkező folyamatosan kiváltott változásra enged következtetni. Nehéz eligazodni a vízhiány stresszel kapcsolatos kutatások útvesztőjében, mivel a szárazság stressz nagyon különbözik időben, időtartamban, és intenzitásban, illetve a fajok vagy genotípusok sem egyeznek a különböző kutatásokban. A legtöbb kutató egyetért abban, hogy a kutatások általánosítását mindez nehezíti (SZABÓ ÉS MTSAI, 2020).

Szabó és munkatársai 2020-ban megjelent munkája összefoglalja a szárazság stressz és illékony komponensek termelődése közti kapcsolat feltárására irányuló fontosabb kutatásokat. A vízhiány stressz következtében záródnak a sztóma nyílások ez pedig korlátozza a fotoszintézis apparátusának működését. Egy gyakran idézett a csökkent CO_2 felvételt és megkötést ellensúlyozza a megváltozott szén allokáció, hogy a stresszes körülmények közt is megtartott vagy megnövelt legyen a másodlagos anyagcsereszintézis a növény védelme érdekében. Szerintük a kérdés mindig az, hogy a stressz hatására emelkedő másodlagos anyagcseretermékek valós növekedést jelentenek, vagy csak a viszonyítási alap miatt tűnnek annak pl. a vízhiánystressz következtében megnövelt monoterpén koncentráció (µg/g DW) a biomassza termelés rovására, melyet a szén terpenoid bioszintézisbe történő allokációja tesz lehetővé. Ugyanakkor a szén allokáció feltételezése esetén nem elegendő a szárazanyag alap terpén vagy illóolajkoncentrációját kifejezni véleményük szerint. Az általuk összeállított táblázat az illóolajtermelés változó hányadosa kifejezi a kontroll körülményekhez képest a szén használat relatív csökkenését mind az elsődleges, mind a másodlagos anyagcseretermékek esetén. A kerti bazsalikom esetén az illóolaj tartalommal jelentős és párhuzamos emelkedést találtak, azonban a biomassza termelés csökkenése következtében az illóolaj hozam csökkent (ml/növény). A legtöbb kutatás ezzel az aspektussal nem foglalkozik. Paulsen és Selmar 2016-os tanulmányát említik, amely szerint az illóolajtartalom értéke vízhiány esetén könnyen kiszámolható, vagyis, hogy bioszintézisükben emelkedés vagy csökkenés tapasztalható, ahogy a következő táblázatban (**4. táblázat**) is látható. A tanulmány szerint, mivel a szén allokáció nincs mindig jelen, nem általánosítható ez az elmélet. A szén allokáció elméletének érvényességére kihat a szén szükséglet helye közti fizikai távolság. Arra a következtésre jutottak a szerzők, hogy az illékony terpenoid előállítást nem változtatja meg a szén allokáció a terpenoid szintézis megtartása vagy növelése érdekében. A felhalmozott és raktározott illékony anyagok kibocsátása és evaporációja a növényi szövetből nagyban függ a felhalmozási szerkezettől. Illóolajos fajoknál, ahol a mirigyszőrökben történik a felhalmozódás, valószínűsítenek az illékony anyagok szállítására szolgáló mechanizmusokat a szubkutikuláris térben, a külső kibocsátás megakadályozására, ebben a kulcsszereplők valószínűleg a mirigyszőrök szubkutikuláris terét borító kutikula és sejtfal. A növényekben a terpenoid bioszintézis a citoszolban (MVA, mevalonsav út-szeszkviterpénekre jellemző) és kloroplasztban (MEP út-izoprén, hemi-és monoterpenoid előállításra jellemző), faj függő, hogy melyikben történik, illetve van valamennyi átjárás a prekurzorok hiánya esetén (izopentenil-difoszfát (IPP), dimetilallil difoszfát (DMAPP). Közvetett módon bizonyítható a szén allokációs elmélet ugyanazon sejtorganellumon belül bizonyos aromás gyógynövények

Tódor Annamária

esetében. Az illóolaj mennyiségi változásai a citoszolon belüli szén többlet újrahasznosításra vezethető vissza. A kerti bazsalikom esetében a vízhiány hatására a szeszkviterpének teljes mennyisége az illóolajban csökkent (µl/g DW). A terpenoid bioszintézis a hemi-, mono- és szeszkviterpének szintézisén kívül nagyobb szénatomszámú izoprén polimereket jelent. Vízhiány során az izoprenoid vegyületek közt verseny alakulhat ki a maradék prekurzorokért. Sok fajban megtalálható illóolaj összetevők az illékony fenilpropanoid molekulák. Sok kutatás felvetette már, hogy a polifenolok (antocianin, flavonoid stb.) emelkedett szintje bekövetkezhet vízhiány hatására is. Németh-Zámbori és munkatársai 2017-ben 4 illóolaj felhalmozó fajnál fedeztek fel párhuzamot a biomassza csökkenése és a teljes fenoltartalom emelkedése közt, így utóbbi a megfelelő vízellátottság hiányának mutatójaként szolgálhat. A kutatások eredményeként a jövőben lehetővé válik, hogy a megfelelő genotípusok kiválasztásával jobban tudjunk alkalmazkodni a vízhiány jelenlétéhez és a klímaváltozás által hozott egyéb változásokhoz az illóolajtermelő növényeink termesztésében. A genotípustól való függőséget és másodlagos anyagcserében történő megnyilvánulást a szárazság stresszhez történő alkalmazkodást citromfű esetében Szabó és munkatársai 2017-ben vizsgálták. Van egy másik elmélet a megemelkedett anyagcseretermékek vonatkozásában, ami a reduktív erő többletének elmélete. Szárazság esetén jelentős csökkenés következik be az elérhető szén-dioxid mennyiségben, ami végül a redukciós ekvivalensek túlsúlyát eredményezi. A növények, hogy megtudjanak birkózni a túl sok NADH jelenlétével, anyagcseréjüket ezek csökkentése érdekében az izoprenoidok, fenolok és alkaloidok szintézise felé irányítják, a releváns enzimaktivitás megváltoztatása nélkül is. Több adat is alátámasztja, hogy a túl redukált állapot és monoterpén vegyületek felhalmozódása az emelkedett CO_2 koncentráció következménye. Viszont számos folyamat jelen pillanatban még felderítetlen maradt ennek hátterében pl. az, hogy hogy történik a NADH relokációja. A tanulmány egyik legfontosabb megállapítása, hogy több kísérlet elvégzésére van szükség, ahol a vízhiány stressz kialakulásánál az adott tesztnövény ökológiai szükségleteire vetítve vonatkoztatják a víz ellátottságát, tehát gyakrabban kellene említésre kerüljön a hervadási pont vagy az optimális vízellátottság (SWC%, FWC%). Több átfogó értékelésre lenne szükség a rendelkezésre álló tanulmányokat felhasználva, az illékony vegyületek kibocsátásának és felhalmozódásának mérésével, az időzítéshez, szárazság időtartamához és súlyosságához viszonyítanak Szabó és munkatársai szerint, az általuk gyűjtött eredményekről a bazsalikom vonatkozásában a **4.táblázatban** lehet olvasni (SZABÓ ÉS MTSAI, 2020).

4. táblázat: Példa a biomassza referenciaértékként történő használatára a bioszintézis arány számítására vonatkoztatva (SZABÓ és mtsai, 2020 nyomán)

Referencia	**Faj**	**Paraméterek**	**Kezelések eredménye és hányadosa egymáshoz képest**			
			75% talaj víz kapacitás (FWC)	**%-ban**	**50% talaj víz kapacitás**	**%-ban**
Khalis (2006)	*Ocimum basilicum*	Friss hozam Száraz hozam Illóolaj tartalom Illóolaj hozam	2773 g/növény 554 g/növény 0.33%	100 100 100	1393 g/növény 279 g/növény 0,38% 1.10 g/növény	50 50 115 60

Tódor Annamária

			1.83 g/növény	100		

A bazsalikom fajok illóolaj termelődését és összetételét a vízhiány stresszen kívül több tényező is befolyásolja, mint a termesztés földrajzi elhelyezkedése, művelési ciklus, feltételek, aratás éve, fajták és változatok, a növényrész és annak kora, talaj sótartalma, illóolaj extrakciós módszerek, tárolás módja. Az irodalom általában a vízhiánystressz következményeként leírja a kisebb friss hajtás (kb. 48,3%-kal) és száraz (kb. 50,6%-kal) tömeget a kontroll csoporthoz képest. A közepes vízhiány növelte az antioxidáns kapacitást és illóolajtartalmat, míg a teljes polifenoltartalom változatlan maradt. Az *Ocimum basilicum*, az *Ocimum americanum* és *Ocimum X africanum* esetén emelkedett illóolajtartalom és megnövelt antioxidáns aktivitás volt tapasztalható. Radácsi és Mulugeta 2022-ben megjelent egy tanulmányuk egy általuk végzett kísérletről, melyben a vízhiány különböző *Ocimum* fajok növekedésére és illóolajtartamának hozamára tett hatását vizsgálták. Szárazság hatására bekövetkező relatív víztartalom (RWC) csökkenés következtében létrejövő turgornyomás csökkenés erősen visszaveti a növény növekedését és biomassza produkcióját a sejt expanzióra gyakorolt hatásán keresztül. Súlyos intenzitású vízhiánystressz esetén magasabb SPAD értéket figyeltek meg, de ez nem feltétlenül jelent magasabb klorofill tartalmat, mivel az érték a levelek fénymegkötésén alapul, befolyásolja még a turgornyomás, levélvastagság, levél „szőrösség" stb. A turgornyomás csökkenése lassítja a fotoasszimilációt és csökkenti a sejt részleg számára szükséges metabolitok számát, károsítva a mitózist, sejtmegnyúlást és expanziót, összeségében a növekedési paramétereket (növénymagasság, biomassza produkció stb.) csökkentette az *O. basilicum, O. americanum* és *O. x africanum* esetében is. A másodlagos anyagcseretermék felhalmozódása tekintetében a teljes polifenoltartalom csökkent, az összetétel kb. változatlan maradt mindhárom faj esetében, kisebb illóolajhozamot és antioxidáns kapacitást eredményezve. A vízhiány a mirigyszőr denzitást alig fokozta a vizsgált *Ocimum* fajoknál és a *'Genovese'* teljes polifenoltartalmát. Elképzelhető, hogy a trichóma denzitásra leginkább a fajok és az ontogenezis van hatással. (RADÁCSI ÉS MULUGETA, 2022).

Szabó és munkatársai nyomán a **5.táblázat***ban látható* több növény vízhiánystresszre adott másodlagos anyagcseretermék felhalmozása, illetve a vízhiánystressz manifesztációjában történő intraspecifikus diverzitás, ahol látható, hogy a kerti bazsalikom illóolajfelhalmozása növekszik hasonlóan a *Lamiaceae* növénycsaládba történő legtöbb növényfajhoz (SZABÓ ÉS MTSAI, 2017).

***5. táblázat*:** Vízhiány hatása egyes növényfajokra (SZABÓ és munkatársai, 2017 nyomán)

Növényfajok	**Vízhiány módosítása/beállítása**	**Másodlagos anyagcseretermék típusa**	**A felhalmozás változásának iránya**
Origanum vulgare	folyamatos virágzáskor	illóolaj	nincs változás emelkedés
Salvia miltiorrhiza	folyamatos	rozmaringsav fenolok terpenoidok	csökkenés növekedés növekedés

Tódor Annamária

Mentha piperita	folyamatos	illóolaj	növekedés
Salvia officinalis	folyamatos	illóolaj	növekedés
Salvia officinalis	folyamatos (8 hét)	monoterpének	növekedés
Ocimum basilicum	folyamatos	antocianin	növekedés
Ocimum basilicum	folyamatos	illóolaj	növekedés

2.12 Vízhiány hatása a citromfűre

Szabó és munkatársai 2017-ben vizsgálták a különböző aromás növények illóolajfelhalmozásának hátterét, kiemelten A *Melissa officinalis* vonatkozásában. Az általuk vizsgált tanulmányok főleg az illóolaj felhalmozásra összpontosítottak esetleg néhány növényfiziológiai vagy hozambeli jellemzőt figyelembe véve. Ezek szerint az illóolaj felhalmozás szárazanyag%-ra vonatkoztatva nőtt. Mérsékelt vízhiánystressz esetén nem történtek nagyon jelentős változások a biomassza morfológiai jegyeiben vagy hozamában. Több szerző szerint az illóolaj hozam számításánál a *Melissa officinalis* számára előnyös lehet a mérsékelt vízhiánystressz. Egy üvegházi kutatás nem illeszkedett a többi adathoz, ahol csak súlyos vízhiánystressz volt képes magasabb illóolaj %-ot indukálni, viszont az illóolaj hozam (ml/növény) párhuzamosan csökkent (SZABÓ ÉS MTSAI, 2017).

A tanulmány szerint több szempontból vizsgálta a citromfű fajtákat. Hozam tekintetében (friss vagy száraz hajtás és gyökér növényenként) mindegyiknél hasonló mértékben csökkent, kivéve a *'Gold Leaf'* fajtát. Az illóolajtartalom összehasonlítása szerint, a *'Lemona'* fajta kiváló alapanyag illóolajtermelésre, a 'Gold Leaf' köztes eredmény hozott, míg a többi vizsgált genotípus hasonló illóolajtartalmat mutat (0,1% körül). A legkisebb illóolaj felhalmozódás volt jellemző a *'Lorelei'* (0,08%) és 'a legnagyobb a *'Quedlinburger Niederliegende'* (0,16%). Az adatok egyértelműen alátámasztották az illóolajfelhalmozódás genotípustól való függését (vizsgált fajták: *'Soroksár', 'Lemona', 'Gold Leaf', 'Quedlinburger Niederliegende', 'Lorelei'*). A *'Lemona'* fajta az illóolajtartalmának csupán 35%-át produkálta, míg a *'Soroksár'* fajta 58%-os emelkedést mutatott. Ebből levonható a következtetés, hogy az ellőbbi fajta magasabb vízellátottság esetén tudja kamatoztatni illóolajtermelésbeli biológiai potenciálját. A tanulmánynak több kiemelhető következtetése volt. A szárazság következtében a CO_2 felvétel jelentősen csökken, a $NADPH+H^+$ fogyasztás romlik, annak koncentráció növekedését eredményezve, kedvezve minden azt használó reakciónak. A citromfű rövid (2 hetes) vízhiányos periódus esetén el tudja kerülni a túlzott vízvesztést, így a fotoszintetikus apparátus irreverzibilis károsodását a sztóma beállítások módosításával. A szárazsághoz való alkalmazkodás sikeressége függ még a vízhiány súlyosságától, környezeti tényezőktől (pl. fény, levegő páratartalma), fajon belüli diverzitás is. Összeségében a citromfű esetében a fenolos típusú másodlagos anyagcseretermékek felhalmozódása komplex mintát mutat. A TPC (Teljes fenoltartalom), TFC (teljes flavonoid tartalom), THA (teljes hidroxi-fahéjsav és származékai) és RA (rozmaringsav) adatokat megvizsgálva genotípusonként különböző választ mutatnak. A legnyilvánvalóbb stresszreakciók: a *'Lorelei'* kis mértékű THA felhalmozás, *'Gold Leaf'* és *'Soroksár'* magasabb TFC felhalmozás, a *'Quedlinburger Niederliegende'* esetében jelentős TFC csökkenés (SZABÓ ÉS MTSAI, 2017).

4 ajakosak családjába tartozó növény, köztük a citromfű esetén is találtak arra vonatkozó bizonyítékokat, hogy a kisebb, azaz 40%-os talaj víztartalom (SWC) (kontrollcsoport 70%) kisebb biomassza termeléssel és

Tódor Annamária

illóolajtartalommal is járt. Ebből valószínűsíthető, hogy nem történt vízhiány hatására bekövetkező szén allokációezekben a fajokban, mivel az illóolaj hozam csökkenés (ml/növény) nagyobb volt, mint a biomassza produkció relatív csökkenése. Az általuk közzétett táblázatban (ld. **6. táblázat**) a citromfű vonatkozásában látható a biomassza referenciaértékként való használatára a bioszintézis arány számításában. Azonban a bazsalikom esetében is említett módszer Paulsen és Selmar tanulmánya alapján (2016) nem minden esetben érvényes. Míg a biomassza csökkent a vízhiány következtében a klorofill tartalom jelentősen nőtt (SPAD index) a citromfű esetében (SZABÓ ÉS MTSAI, 2020).

***6. táblázat**:* Példa a biomassza referenciaértékként történő használatára a bioszintézis arány számítására vonatkoztatva *Melissa officinalis esetében* (SZABÓ és mtsai, 2020 nyomán*)*

	Kontroll	%-ban	Stressz kezelés	%-ban
Friss biomassza	236.8 g/növény	100	58.0 g/növény	24
Illóolaj tartalom	0.298 ml/100 g DW	100	0.107 ml/100 g DW	36
Illóolaj hozam	0.70 ml/növény	100	0.06 ml/növény	9

Albergaria és munkatársai 2020-ban átfogó munkájukban összefoglalták az elmúlt időszak munkáit a gyógynövények vízhiány hatására történő polifenol tartalom változásában. Eszerint egy kutatás (Manukyan, 2011) megfigyelte, hogy minden mért fenolsav (koffein, kumarin, mellitin, rozmaringsav) különbözőképp érték el a maximális mennyiségüket, amikor különböző intenzitású vízhiánynak voltak kitéve, ez érvényes volt a *Melissa officinalis* és *Salvia officinalis* esetében is. Pirbalouti és munkatársai 2017-ben kerti bazsalikom fajták fenoltartalmát vizsgálták különböző intenzitású vízhiány esetén, és kísérletük szerint két bazsalikom fajta hajtásának fenoltartalma emelkedetteb volt 30%-os FC mellett, mint rendszeres öntözés esetén. Caser és munkatársai 2019-ben a gyógynövények vízhiányra adott válaszát vizsgálták, különböző időtartamok szerint. Kutatásuk szerint a *Salvia dolomitica* levelei súlyos vízhiány esetén csökkent teljes fenol és flavonoid tartalmat mutattak a 4. naptól a 11. napig és szinte semmilyen jelentősebb változás nem volt kimutatható a kísérlet végéig a 32. napig. Khos-Khui és munkatársai hasonló következtetésre jutottak a fenolos vegyületek csökkenésében a *Thymus vulgaris* leveleinél, úgy, hogy az öntözési intervallumok hosszára alapozták a vizsgálatot 6 hónapon keresztül. Caser 2018-ban a *Salvia signaloensis* levelében levő flavonoid tartalmat vizsgáltak 60 nap alatt. A teljes fenol és flavonoid tartalom csökkent a jól öntözött növényekhez képest amikor közepes (50% FC) és súlyos (0% FC) vízhiánystressz érte a növényeket. Radácsi és munkatársai 2016-ban a hirtelen vagy fokozatos stresszhatás következményeit vizsgálták citromfűnél és eredményeik szerint a legmagasabb teljes flavonoid tartalom hirtelen vízhiánynál jelentkezett, míg rozmaringsavat a fokozatos stresszhatásnak kitett növényeknél tudtak detektálni (ALBERGARIA ÉS MTSAI, 2020).

2021-ben végeztek egy cserepes kísérletet, melyben a citromfű illóolaj-tartalmának hozamát vizsgálták a betakarítás előtti vízhiány stressz hatására. A növényeket 3 csoportba osztották, az egyik csoportot a betakarítás előtti utolsó két hétben is öntözték, az egyik csoportot 7 napig öntözték, majd 7 napig már nem, és az utolsó csoportot már az utolsó két hétben nem öntözték. Nem meglepő módon a növényi biomassza a kísérlet végéig

Tóbor Annamária

locsolt csoportban volt a legnagyobb (40,13 g/növény), itt a vizsgált paraméterek, mint a levél és szár hozam, a növény magassága és az internódiumok hossza a legkedvezőbb értékeket mutatták, de kisebb illóolajtartalom jellemezte a növényt (0,44%). Illóolajtartalom szempontjából a második csoport is kisebb illóolajtartalmat produkált (0,49%). A legnagyobb illóolajtartalom (0,59%) az utolsó csoportban volt mérhető. A 7, illetve 14 napos vízhiánystressznek kitett növények biomassza hozama 35 illetve 53%-kal csökkent, míg a levelek illóolajtartalma 11 illetve 34%-os növekedést mutatott a kontrollcsoporthoz képest. Fontos megjegyezni, hogy adott növényen belül sem egységes mennyiségben találhatók az illóolajok, a citromfű esetében is kimutatták, hogy a fiatal levelek 0,1%-kal magasabb illóolaj-tartalommal bírtak, mint az érett levelek (STEFAN ÉS MTSAI, 2021).

Chrysargyris és munkatársai (2022) eredményei szerint a növényi növekedés és a biomassza termelés visszaesése ellenére az illóolaj-hozam (%) nőtt, miközben az illóolajok összetétele nem változott jelentősen (főleg a két fő komponens, a geranial és nerál esetében). Tartós vízhiánystressz következménye lehet a csökkent illóolajhozam, amit a megnövelt növénysűrűséggel lehet kompenzálni, a stressz hatására bekövetkező morfológiai változások, kisebb biomassza figyelembevételével. Kimutatták még az összes fenol- és flavonoidtartalom növekedését is hiányos öntözés hatására (CHRYSARGYRIS ÉS MTSAI, 2022).

Tódor Annamária

4.ÖSSZEFOGLALÁS

A klímaváltozás hatásai globálisan érezhetők, nem kivétel a Kárpát-medence sem. A flórát és faunát számtalan élő és élettelen eredetű (biotikus és abiotikus) stressz éri, melyhez alkalmazkodniuk kell. Hazánkban kiemelhető a klímaváltozás következményei közül az egyre több szélsőséges időjárási esemény, ami megfigyelhető a hőmérséklet és vízhiány vonatkozásában is. A csapadék éves mennyisége nem feltétlenül csökken, de átrendeződik, előnytelenné válik a csapadékkal járó időjárási mennyiségek időpontja. A gyógynövényágazat legnépszerűbb, legismertebb és legnagyobb értékű tagjai közé tartoznak az illóolajtermelő gyógy-és aromanövények. Ezek közül kiemelhetők ajakosok (*Lamiaceae)* családjába tartozó értékes illóolajtermelő növény. E tulajdonságuk morfológiájukból is következnek, mirigyszőreik típusától és denzitásától erősen függ az illóolajhozamuk, ami reagál a vízhiánystresszre. Szakdolgozatomban főként a citromfű- és bazsalikomfajták illetve kerti bazsalikom vízhiánystresszre történő hatóanyagfelhalmozódására irányuló kutatásokat gyűjtöttem össze, melyek eredményei többségében rámutatnak a mérsékelt vízhiánystressz illóolajtartalomra gyakorolt pozitív hatására, illetve illóolajuk összetételbeli változásaira. A vízhiánystressz hatásai a biomassza és illóolajhozamra kiemelt jelentőségű, hiszen az öntözővíz források a fentiek hatására egyre kevésbé állnak rendelkezésre, ráadásul kisebb ráfordítással előnyösebb tulajdonságok nyerhetők. A közepes vagy mérsékelt vízhiány is mindkét vizsgált növényfaj esetében pozitív hatású az illóolajtartalom vonatkozásában az általam gyűjtött tanulmányok eredményeinek tükrében.

Tódor Annamária

5.IRODALOMJEGYZÉK

1. Abd, M., Nassar, M. A. E., El-Segai, M. U., Azoz, N. S. (2014): Anatomical and Phytochemical Studies on *Ocimum basilicum* L. Plant *(Lamiaceae*). In:International Journal of Advanced Research, 2.évf.11.sz.p. 204-226.
2. Albergaria, E. T., Oliveira, A. F. M., Albuquerque, U. P. (2020): The effect of water deficit stress on the composition of phenolic compounds in medicinal plants. In:South African Journal of Botany, 131.sz.p.12-17.
3. Balogh, J. (2007): Röviden a globális klímaváltozásról. In: Tuba, Z., Szerdahelyi, T., Engloner, A., Nagy, J. (szerk.). Botanika III. Budapest. Nemzedékek Tudása Tankönyvkiadó. p. 740.
4. Chrysargyris, A., Petropoulos, S. A., Tzortzakis, N. (2022): Essential Oil Composition and Bioactive Properties of Lemon Balm Aerial Parts as Affected by Cropping System and Irrigation Regime. In: Agronomy. 12.évf.3.sz.p. 649.
5. Csupor, D., Nádasi, T., Kovács, B., Zomborszki, Z. P., Kúsz, N., Csupor-Löffler, B., Tóth, B., Horányi, T. (2020): Bazsalikom. In: Pirulakalauz. PharMagist Bt.p.58.
6. Csupor, D., Nádasi, T., Kovács, B., Zomborszki, Z. P., Kúsz, N., Csupor-Löffler, B., Tóth, B., Horányi, T. (2020): Citromfű. In: Pirulakalauz. PharMagist Bt. p.113.
7. Elmurodovich, R. N., Shavkatovna, I. S. (2022): Essential Oil Plants. In: European Journal of Business. 2.évf.4.sz.p. 63-67.
8. Erdész, F., Kozák, A. (2008): A gyógynövényágazat helyzete. In:Agrárgazdasági Tanulmányok. 4.évf. p.5-45.
9. Feng, Z., Brtholomew, E. S., Liu, Z., Cui, Y., Dong, Y., Li, S., Wu, H., Ren, H., Liu, X. (2021): Glandular trichomes: new focus on horticultural crops. In: Hortic Res. 8.évf.p.158.
10. Ghonam, F. M., Turki, Z. A., Azazi, M. F. (2014): Morfological features of glandular and non-glandular trichomes in some species of *Lamiaceae*. In: Jounal of Environmental Studies and Researches, 1.évf.1.sz.p.37-44.
11. Gull, A., Lone, A. A., Wani, N. U. I. (2019): Biotic and Abiotic Stresses in Plants. In: Oliveira, A. B. (szerk.). Abiotic and Biotic Stress in Plants. London. IntechOpen.p.3-8.
12. Hazzoumi, Z., Moustakime, Y., Khalid, A. (2019): Essential Oil and Glandular Hairs: Diversity and Roles. In.: Essential Oils - Oils of Nature. London. Intechopen. p.1-14.
13. Hohmann, J. (2020): Növényi anyagcsere folyamatok alapfogalmai. In.: Gyógynövény- és drogismeret. Szeged. SZTE GYTK Farmakognóziai Intézet. p.5.
14. Inoue, M., Hayashi, S., Craker, L. E. (2019): Role of medicinal aromatic plants: Past, Present and Future. In: Perveen, S., Al-Taweel, A. (szerk.). Pharmacognosy. London. IntechOpen.p.13-26.
15. Kocsis, L., Kocsisné Molnár, G., Horváthné Baracsi, É., Kovács, J., Cseh, E. (2015): Változó klíma, változó fajtahasználat a kertészetben, In: Magyar Tudomány. 5.évf. p.539-545.
16. Kowalski, R., Kowalska, G., Jankowska, M., Nawroska, A., Kalwa, K., Pankiewicz, U., Włodarczyk-Stasiak, M. (2019): Sectretory stuctures and essential oil composition of selected industrial species of Lamiaceae. In: Włodarczyk-Stasiak. 18.évf.2.sz. p.53-69.
17. Kulak, M., Ozkan, A., Bindak, R. (2019): A bibliometric analysis of the essential oil-bearing plants exposed to the water stress: How long way we have come and how much further? In:Scientia Horticulturae. 246.sz.p.418-436.
18. Kundan, M., Gani, U., Nautiyal, A. K., Misra, P. (2019): Molecular Biology of Glandular Trichomes and Their Functions in Environmental Stresses. In.: Molecular Biology of Glandular Trichomes and Their Functions in Environmental Stresses. p.365-393.
19. Lichtenhaler, H. K. (1996): Vegetation Stress: an Introduction to the Stress Concept in Plants. In:Journal of Plant Physiology, 148.sz..p.4-14.

Tóth Annamária

20. Mahajan, M., Kuiry, R., Pal, P. K. (2020): Understanding the consequence of environmental stress for accumulation of secondary metabolites in medicinal and aromatic plants. In:.JARMAP.p.18.
21. Máthé, I., Veres, K., Háznagy-Radnai, E., Engel, R., Szabó, K., Hohmann, J. (2014): A *Lamiaceae* család hazánkban honos vagy meghonosítható fajainak összehasonlító illóolaj vizsgálata, kemotaxonómiai értékelése. In: Gyógyszerészet Supplementum. 4.sz.p. S87.
22. Maurya, S., Chandra, M., Yadav, R. K., Narnoliya, L. K., Sangwan, R. S., Bansal, S., Sandhu, P., Singh, U., Kumar, D., Sangwan, N. S. (2019): Interspecies comparative features of trichomes in *Ocimum* reveal insights for biosynthesis of specialized essential oil metabolites. In: Protoplasma, 4.évf.256.sz.p.893-907.
23. Mulugeta, S., Radácsi, P. (2022): Influence of Drought Stress on Growth and Essential Oil Yield of *Ocimum* Species. In: Horticulturae. 8.évf.2.sz. p.175.
24. Neményi, M. (2020): Az agrárium és ökológiai fenntarthatóság I. rész: Globális megközelítés, a gazdagok felelőssége. In:Magyar Tudomány. 181.sz. p.1665-1673.
25. Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., Tran, L. P. (2014): Response of plants to water stress. In:Sec. Plant Physiology. 5.kötet.
26. Pászk, N. (2021): Gyógynövények szerepe a turizmusban és az egészségügyben. In: Multidiszciplináris tudományok. 11.kötet 2.sz.p. 341-344.
27. Rácz, G., Rácz-Kotilla, E., Szabó, L. Gy. (2012): A Ph.Hg.VIII.-ban hivatalos és más tradicionális növények. In: Gyógynövények ismerete. Budapest. Galenus. p.310.
28. Saeb, K., Gholamrezaee, S. (2012): Variation of essential oil composition of *Melissa officinalis L*. leaves during different stages of plant growth. In: Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine. 2.évf.2.sz. p. S547-S549.
29. Saran, P.L., Prasnna, R., Kalariya, K. A. (2021): Traditional knowledge and field marker development for essential oil content using peltate gland trichome and leaf colour in basil (*Ocimum basilicum* L.). In: Indian Journal of Traditional Knowledge. 20.kötet.p. 1075-1083.
30. Schuurink, R., Tissier, A. (2020): Glandular trichomes: micro-organs with model status? In: New Phytol. 225.sz. p. 2251-2266.
31. Seyedi, Z., Salmaki, Y. (2015): Trichome morphology and its significance in the systematics of *Phlomoides* (*Lamiaceae; Lamioideae; Phlomideae*). In: Flora. 213.sz. p. 40-48.
32. Shakeri, A., Sahebkar, A., Javadi, B. (2016): *Melissa officinalis* L. – A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. In: Journal of Ethnopharmacology. 188.sz. p. 204-228.
33. Sharma, M., Thakur, R., Sharma, M., Sharma, A. K., Sharma, A. K. (2020): Changing scenario of medicinal plants diversity in relation to climate change: A review. In: Plant Archives. 20.évf. 2.sz. p. 4389-4400.
34. Silva, L. R. R., Ferreira, O. O., Cruz, J. N., Franco, C. J. P., Anjos, T. O., Cascaes, M. M., Costa, W. A., Andrade, E. H. A., Oliveira, M. S. (2021): *Lamiaceae* Essential Oils, Phytochemical Profile, Antioxidant, and Biological Activities. In: Hindawi. p.18.
35. Somfalvi-Tóth, K. (2021): Az éghajlatváltozással kapcsolatos kutatások, eredmények, hatások. In: Holló, G., Pekár, A. (szerk.). Éghajlatváltozás az agráriumban. MTA. p. 9-16.
36. Stanojkovic-Sebic, A., Dinic, Z., Ilicic, R., Pivic, R., Josic, D. (2017): Effect of indigenous *Pseudomonas Chlororaphis* Strains on Morphological and main Chemical Growth Parameters of Basil. In: Ratar.Povrt. 54.sz.p.42-47.
37. Stefan, G., Radanovic, D., Lukic, M., Mrdan, S., Mikic, S., Prijic, Z., Markovic, T. (2021): Influence of water stress prior to harvest on yield and essential oil content of pot grown lemon balm. In: Natural Medicinal Materials. p. 62-65.
38. Szabó, K., Lenchés, O. (2013): *Melissa officinalis.* In.: Bernáth, J.(szerk.). Vadon termő és termesztett gyógynövények. Budapest. Mezőgazda Kiadó. p. 355-358.
39. Szabó, K., Lenchés, O. (2013): *Ocimum basilicum.* In.: Bernáth, J.(szerk.). Vadon termő és termesztett gyógynövények. Budapest. Mezőgazda Kiadó. p. 367-369.

Tóth Annamária

40. Szabó, K., Radácsi, P., Rajhárt, P., Ladányi, M., Németh, É. (2017): Stress-induced changes of growth, yield and bioactive compounds in lemon balm cultivars. In: Plant Physiology and biochemistry. 112.sz. p. 170-177.
41. Szabó, K., Zubay, P., Németh-Zámbori, É. (2020): What shapes our knowledge of the relationship between water defciency stress and plant volatiles? In: Acta Physiologiae Plantarum. 42.sz. p. 130.
42. Vetter, J. (2019): Bevezetés. In.: A növényi hatóanyagok különleges világa. Budapest. Mezőgazda Könyvek. p. 5-22.
43. Vetter, J. (2019): Fogalomtár. In.: A növényi hatóanyagok különleges világa. Budapest. Mezőgazda Könyvek. p. 323.
44. Yadav, B., Jogawat, A., Rahman, Md. S., Narayan, O. P. (2021): Secondary metabolites in the drought stress tolerance of crop plants: A review. In: Gene Reports. p. 23.
45. Zehra, A., Naeem, M., Choudhary, S., Khan, M. M. A. (2019): A review of medicinal and aromatic plants and their secondary metabolites status under abiotic stress. In: Journal of Medicinal Plant Studies. 7.évf. 3.sz. p. 99-106.

Tódor Annamária

6. INTERNETES HIVATKOZÁSOK

1. internetes forrás 1. https://magyarmezogazdasag.hu/2022/08/18/ontozott-teruletek-magyarorszagon-helyzetelemzes (letöltve: 2023.04.20)
2. internetes forrás 2. https://terebess.hu/tiszaorveny/zoldseg/bazsalikom.html (letöltve: 2023.04.20.)
3. internetes forrás 3. https://herbaria.plants.ox.ac.uk/bol/Content/Projects/plants400/images/hires/Ocimum_32.jpg (letöltve: 2023.04.20)
4. internetes forrás 4. https://szupermenta.hu/a-kerti-bazsalikom-diszito-erteku-magyar-fajtai/ (letöltve: 2023.04.20.)
5. internetes forrás 5. https://fruitresearch.naik.hu/gyki-katalogus-ocimum-basilicum-kerti-bazsalikom (letöltve: 2023.04.20.)
6. internetes forrás 6. http://www.difossombrone.it/piantemedicinali/main162melissa_officinalis.htm (letöltve: 2023.04.20)

Tódor Annamária

7.ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Somfal-Tóth ábrája nyomán Sematikus ábra a hómérsékleti értékek alakulásáról. A normál eloszlás görbéje, ha a.) az átlag növekszik, b.) a szórás növekszik, c.)az átlag és a szórás is növekszik (SOMFALVI-TÓTH, 2021) 7

2. ábra Az abiotikus stressz típusai (ZEHRA ÉS MTSAI, 2019 nyomán) 9

3. ábra: Vízhiány hatása a növényekre (OSAKABE és mtsai, 2014 nyomán) 11

4. ábra: A növényi anyagcsere alapfolyamatai Hohmann (2020) nyomán 12

5. ábra: A mirigyes trichómák két típusa A.) "Peltate-típusú" B.)"Capitate-típusú" mirigyszőr (FENG és mtsai, 2021 nyomán) 16

6. ábra: A bazsalikom A.)Peltate-típusú B.)Capitate-típusú trichómái (ABD és mtsai, 2014 nyomán) 18

7. ábra: A.) Növényi szőr B.) Mirigyszőr (ABD és mtsai, 2014 nyomán) 18

8. ábra: A citromfű mirigyszőrei (PRETOU és munkatársai, 2009 nyomán) 20

9. ábra: A bazsalikom fajok illóolajainak főbb vegyületei (MAURYA ÉS MTSAI, 2019 nyomán) 22

10. ábra: *Ocimum basilicum* (internetes hivatkozás 3 nyomán) 24

11. ábra: *Melissa officinalis* (internetes hivatkozás 6 nyomán) 25

Tódor Annamária

8.TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: Gyógynövények, amelyek másodlagos anyagcseretermelésére pozitívan hat a vízhiány (MAHAJAN et al, 2019 nyomán) 10

2. táblázat: Néhány fontosabb gyógynövényfaj, használatuk és másodlagos anyagcseretermékeik (ZEHRA et al, 2019 nyomán) 13

3. táblázat: Gyógynövények és fontosabb vegyületeik (KUNDAN és mtsai,2019 nyomán) 19

4. táblázat: Példa a biomassza referenciaértékként történő használatára a bioszintézis arány számítására vonatkoztatva (SZABÓ és mtsai, 2020 nyomán)..... 27

5. táblázat: Vízhiány hatása egyes növényfajokra (SZABÓ és munkatársai, 2017 nyomán) 28

6. táblázat: Példa a biomassza referenciaértékként történő használatára a bioszintézis arány számítására vonatkoztatva Melissa officinalis esetében (SZABÓ és mtsai, 2020 nyomán) 30

Tódor Annamária

Tódor Annamária

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

Tódor Annamária (hallgató Neptun azonosítója: FJSAM4) 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 védésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Budapest, 2023. év május hó 5. nap

Belső konzulens

Dr. Tavaszi-Sárosi Szilvia

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió[1] nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: TÖDOR ANNAMÁRIA

A Hallgató Neptun kódja: FJSAMY

A dolgozat címe: VÍZHIÁNY HATÁSA AZ ILLÓOLAJOK FELHALMOZÓDÁSÁRA AZ OCIMUM SPP. ÉS MELISSA OFFICINALIS ESETÉN

A megjelenés éve: 2023

A konzulens tanszék neve: GYÓGY- ÉS AROMANÖVÉNYEK

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió[2] egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant 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 mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

Kelt: 2023 év 05 hó 08 nap

Hallgató aláírása

1 A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

2 A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.