SZENT ISTVÁN EGYETEM

A MEZEI CICKAFARK (*ACHILLEA COLLINA* BECKER) PRODUKCIÓJÁT ÉS HATÓANYAGAIT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

KINDLOVITS SÁRA

BUDAPEST

2017

A doktori iskola

megnevezése: Kertészettudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Zámboriné Dr. Németh Éva
egyetemi tanár, DSc
Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Gyógy- és Aromanövények Tanszék

Témavezető: Zámboriné Dr. Németh Éva
egyetemi tanár, DSc
Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Gyógy- és Aromanövények Tanszék

……...……..... ……..……..

Az iskolavezető jóváhagyása A témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS ... 5
1.1. A téma jelentősége, aktualitása ... 5
1.2. Célkitűzések ... 6
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS ... 7
2.1. A cickafark fajok taxonómiai jellemzése ... 7
2.2. A mezei cickafark botanikai jellemzése ... 9
2.3. A mezei cickafark felhasználása ... 10
2.4. A mezei cickafark drogja és hatóanyagai ... 11
2.4.1. A mezei cickafark drogja ... 11
2.4.2. A mezei cickafark hatóanyagai ... 12
2.4.2.1. A mezei cickafark illó hatóanyagai ... 12
2.4.2.2. A mezei cickafark fenolos vegyületei ... 14
2.5. A mezei cickafark hatóanyagtartalmát és összetételét befolyásoló tényezők ... 15
2.5.1. Ontogenezis ... 15
2.5.2. Szervi differenciálódás ... 17
2.5.3. Környezeti hatások ... 18
2.6. A mezei cickafark termesztéstechnológiája és fejlesztésének aktuális kérdései ... 19
2.6.1. A mezei cickafark termesztéstechnológiája ... 19
2.6.2. A vegyszeres gyomirtás és jelentősége a gyógynövények termesztésében ... 20
3. ANYAG ÉS MÓDSZER ... 23
3.1. A kísérletek helyszínei ... 23
3.2. A kísérletek anyagai és módszerei ... 26
3.2.1. A mezei cickafark morfológiai, produkciós és kémiai variabilitása ... 26
3.2.1.1. Növényanyag ... 26
3.2.1.2. Fenológiai és morfológiai jellemzők ... 27
3.2.1.3. Produkciós jellemzők ... 28
3.2.1.4. A föld feletti részek beltartalmi mutatói ... 28
3.2.1.5. A földalatti részek illóolaj-tartalma és összetétele ... 29
3.2.1.6. Statisztikai értékelés ... 30
3.2.2. Az ontogenetikai tényezők vizsgálata ... 30
3.2.2.1. Növényanyag ... 31
3.2.2.2. Mintavételezés ... 31
3.2.2.3. Szervi arányok ... 33
3.2.2.4. Beltartalmi mutatók ... 33
3.2.2.5. Statisztikai értékelés ... 33

3.2.3. A termesztési feltételek optimalizálása - A környezeti tényezők hatásának vizsgálata 33
3.2.3.1. Növényanyag és kísérleti körülmények 33
3.2.3.2. Kezelések 34
3.2.3.3. Fenológiai és morfológiai jellemzők 34
3.2.3.4. Produkciós jellemzők 34
3.2.3.5. A beltartalmi mutatók alakulása 35
3.2.3.6. Statisztikai értékelés 36
3.2.4. A termesztési feltételek optimalizálása – Az interspecifikus növényi kompetíció szabályozása 36
3.2.4.1. Növényanyag és kísérleti körülmények 36
3.2.4.2. Kezelések 36
3.2.4.3. Gyomborítottság, gyomspektrum 40
3.2.4.4. A cickafark tőmegmaradása, fejlettsége, növénymagassága és produkciója 40
3.2.4.6. Statisztikai értékelés 41
4. EREDMÉNYEK 42
4.1. Az *Achillea collina* Becker intraspecifikus morfológiai, produkciós és kémiai variabilitása 42
4.1.1. A vizsgált taxonok fenológiai és morfológiai variabilitása 42
4.1.2. A vizsgált taxonok produkciós variabilitása 44
4.1.3. A vizsgált taxonok kémiai variabilitása a föld feletti szervekben 47
4.1.3.1. A vizsgált taxonok illóolaj-tartalma 47
4.1.3.2. A vizsgált taxonok proazulén-tartalma 47
3.1.3.3. A vizsgált taxonok összflavonoid-tartalma 48
4.1.3.4. A vizsgált taxonok összfenol-tartalma 49
4.1.4. A vizsgált taxonok kémiai variabilitása a földalatti részekben 50
4.1.4.1. A vizsgált taxonok illóolaj-tartalma 50
4.1.4.2. A vizsgált taxonok illóolaj-összetétele 51
4.1.4.3. A vizsgált taxonok HS frakciójának összetétele 52
4.1.4.4. A vizsgált taxonok diklórmetán kivonatának összetétele 53
4.1.5. A mezei cickafark vizsgált tulajdonságai közötti összefüggések 54
4.1.5.1. Morfológiai és produkciós jellemzők 54
4.1.5.2. A szervi arányok és a hatóanyag-tartalom közti kapcsolat 54
4.2. Az ontogenetikai tényezők hatása a mezei cickafark drogminőségét befolyásoló tényezőkre .. 55
4.2.1. Az ontogenetikai tényezők hatása a szervi arányok alakulására 55
4.2.2. Az ontogenetikai tényezők hatása a beltartalom alakulására 56
4.2.2.1. Az illóolaj-tartalom alakulása a virágzás folyamán 56
4.2.2.2. A proazulén-tartalom alakulása a virágzás folyamán 58
4.2.2.3. Az összflavonoid-tartalom alakulása a virágzás folyamán 60

4.2.2.4. Az összfenol-tartalom alakulása a virágzás folyamán 61
4.3. A termesztési feltételek optimalizálása –a környezeti tényezők hatása 62
4.3.1. A környezeti tényezők hatása a fenológiai és morfológiai jellemzőkre 62
4.3.2. A környezeti tényezők hatása a produkciós jellemzőkre 64
4.3.3. A környezeti tényezők hatása a beltartalomra 65
4.4. A termesztési feltételek optimalizálása – az interspecifikus növényi kompetícó szabályozása 66
4.4.1. A vegyszeres gyomirtási kísérlet eredményei 2012-ben 66
4.4.1.1.Gyomborítottság, gyomspektrum 66
4.4.1.2. A cickafark tőmegmaradása, fejlettsége és produkciója 69
4.4.1.3. A cickafark beltartalmi értékei 72
4.4.2. A vegyszeres gyomirtási kísérlet eredményei 2013-ben 73
4.4.2.1. Gyomborítottság, gyomspektrum 73
4.4.2.2. A cickafark tőmegmaradása, fejlettsége és produkciója 77
4.4.2.3. A cickafark beltartalmi értékei 80
4.4.3. A vegyszeres gyomirtási kísérlet eredményei 2014-ben 81
4.4.3.1. Gyomborítottság, gyomspektrum 81
4.4.3.2. A cickafark tőmegmaradása, fejlettsége és produkciója 84
4.4.3.3. A cickafark beltartalmi értékei 87
4.5. Új tudományos eredmények 89
5. KÖVETKEZTETÉSEK 91
6. ÖSSZEFOGLALÁS / SUMMARY 106
MELLÉKLETEK 114
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 135

1. BEVEZETÉS

1.1. A téma jelentősége, aktualitása

A cickafark fajok közismert gyógynövénynek számítanak világszerte, melyek drogja iránt állandó kereslet mutatkozik a gyógyszer-, kozmetikai és élelmiszeriparban. Gyógyhatásuk révén a hagyományos népi gyógyászatban és a modern fitoterápiában is előszeretettel alkalmazzák őket az emésztőszervrendszer gyulladásos és görcsös állapota, hepatobiliáris rendellenességek esetén, étvágyjavítóként vagy külsőleg bőrgyulladás és sebek kezelésére. Emellett az utóbbi évtizedben újabb terápiás területeken is perspektivikusnak találták a cickafark fajokat, többek között antioxidáns, antitumor, májvédő, antidiabetikus, immunszupresszív és szorongásoldó hatásukat tekintve is bíztató eredmények születtek, így felhasználási területei vélhetően a jövőben bővülni fognak (Karlová, 2006; Németh et Bernáth, 2008).

Közép-Európában a nemzetség fajai közül a mezei cickafark (*Achillea collina* Becker) a legelterjedtebb és gyógynövényként leginkább használatos faj, mivel az irodalmi adatok és a gyakorlati tapasztalat alapján, ez a faj képes a gyógyszerkönyv és szabványok szerint megfelelő illóolaj- és proazulén-tartalmú drogot produkálni. A mezei cickafark hagyományosan a gyűjtött gyógynövények közé tartozik a világon mindenhol. Ugyanakkor a hazai drogprodukció ma már részben termesztésből származik: a Gyógynövény Szövetség és Terméktanács által közzétett 2016-os adatok szerint a gyűjtést évi 70-100 tonna szárított drog teszi ki, míg a termesztés az országban elérte a 100 ha-t.

A piacra kerülő drog ugyanakkor sok esetben nem éri el a követelményeknek megfelelő minőséget. Egy 2008-es ausztriai vizsgálatban, ahol 40 db, javarészt európai országból származó cickafark minta (*Millefolii herba,* illetve *Millefolii flos*) beltartalmát vizsgálták, kiderült, hogy a mintáknak csupán fele érte el az érvényben levő Európai Gyógyszerkönyv standardját (Benedek et al., 2008). A magyarországi származású 9 minta közül mindnek 0,2% feletti volt az illóolaj-tartalma, a proazulén-tartalom viszont csupán 6 esetben érte el a 0,02%-ot, s a minták egy része a minimálisan meghatározott fenolos sav- (0,60%) és flavonoid-tartalmat (0,30%) sem érte el. Az eredmények alapján egyértelműen látszódott az is, tekintet nélkül a minták származására, hogy a drog előállítás módja – gyűjtés vagy termesztés- nagyban meghatározza a piacra kerülő drog minőségét. A termesztésből származó minták ugyanis 100%-ban megfeleltek a követelményeknek, míg a vadon termő állományok gyűjtéséből származó minták esetén nagyobb gyakorisággal jelentkeztek minőségi problémák (Benedek et al., 2008, Raal et al., 2011; Ŝpinarová et Petřiková, 2003).

Az *Achillea* nemzetségre, nagy kémiai variabilitás jellemző, ami mind interspecifikusan, mind intraspecifikusan jelentkezik. Az eltérő eredetű vad populációk hatóanyag-tartalma és -összetétele igen eltérő lehet, a populációk diverzitása pedig egyedi szinten vizsgálva is megnyilvánul. A fajok egymástól igen nehezen elkülöníthetőek, morfológiai bélyegeik nem stabilak, mivel a termőhelyi, környezeti tényezők nagyban befolyásolják azokat, további nehézség az eltérő fajok viszonylag könnyű hibridizációja. Mindezen okok praktikus szempontból igencsak megnehezítik a növény felismerést, ezáltal a gyűjtést is. A hatóanyag tartalmat ugyanakkor további tényezők is befolyásolják:

az ontogenezis, a szervi differenciálódás, az ökológiai tényezők mind hatással vannak rá (Németh et al., 2007).

A megoldást a növény drogjával kapcsolatos minőségi problémákra a termesztés jelentené (Benedek et al., 2008; Ŝpinarová et Petřiková, 2003). Ez napjainkban azonban még rendkívül sok gyakorlati gonddal küzd a termesztett anyagok heterogenitása, az állományok mechanikai gyomirtása miatt és a gazdaságossága bizonytalan. Bár a növény termesztéstechnológiája alapjaiban ismert, néhány lépés azonban az újabb tudományos eredmények kapcsán elavultnak tekinthető, ugyanakkor egyes, a nagyobb léptékű üzemi termesztéshez szükséges megoldások mindezidáig hiányoznak. A sikeres termesztéshez mindenképpen szükség lenne néhány, a hazai klimatikus viszonyok alatt jól produkáló, értékes genetikai alapanyagra, valamint a hatóanyag tartalmat befolyásoló tényezők mélyebb, komplexebb megismerésére.

1.2. Célkitűzések

A fent bemutatott okokból, a doktori munkám során, az alábbi célkitűzéseink voltak:

- Az *A. collina* intraspecifikus variabilitásának megismerése morfológiai, produkciós és kémiai jellemzőik vonatkozásában. Ezt a sporadikus, össze nem hasonlítható szakirodalmi adatokkal szemben, reprodukálható körülmények között, azonos környezetben, az Európában és hazánkban ismert nemesített taxonokat, valamint egyéb, különböző származású anyagokat figyelembe véve kívántuk elvégezni.
- A mezei cickafark ismert kemoszindróma sorának bővítése a szervi differenciálódás figyelembe vételével, az újabban tudományos szempontból érdekesnek számító gyökér hatóanyag összetétel vizsgálata alapján.
- A kémiai variabilitás további biotikus tényezőinek meghatározása: az ontogenetikai tényezők hatásának megismerése a mezei cickafark hatóanyagainak felhalmozódására.
- Az abiotikus tényezők közül a környezeti tényezők (hőmérséklet, megvilágítás) befolyásoló hatásának meghatározása a mezei cickafark faj morfológiai és produkciós jellemzőire, valamint hatóanyagtartalmára.
- A termesztés fejlesztésének megalapozása a faj kompetíciós képességének és gyomirtószer-toleranciájának vizsgálatával különböző termőhelyi feltételek mellett.
- Gyakorlati szempontból e vizsgálatokkal hozzá kívántam járulni a mezei cickafark
  - fajtanemesítésének megalapozásához és a célirányos fajtahasználathoz;
  - a hatóanyagra optimalizált betakarítási időpont meghatározásához és
  - a korszerű, integrált szemléletű vegyszeres gyomirtási technológia bevezetéséhez.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A cickafark fajok taxonómiai jellemzése

A cickafark fajok és a mezei cickafark a zárvatermők (*Angiospermatophyta*) törzsébe, a kétszikűek (*Dicotyledonopsida*) osztályába, a fészekvirágzatúak (*Asteridae*) alosztályába, a fészekvirágzatúak (*Asterales*) rendjébe, a fészkesek (*Asteraceae/ Compositae*) családjának csövesvirágúak (*Asteroideae*) alcsaládjába tartoznak (Udvardy, 2006).

Az *Achillea* nemzetségnek a világon kb. 140 faja ismert (Ehrendorfer et Guo, 2006), ebből hazánkban 13 faj fordul elő: *A. crithmifolia* W. et K., *A. tuzsonii* Ujh., *A. ochroleuca* Ehrh., *A. nobilis* L., *A. horanszkyi* Ujh., *A. ptarmica* L., *A. distans* W. et K., *A. stricta* Schleich., *A. asplenifolia* Vent., *A. collina* Becker, *A. millefolium* L., *A. pannonica* Scheele, *A. setacea* W. et K. (Simon, 2000). A fajok jellemzően évelő, lágyszárú növények, elterjedési területük az északi félteke. A nemzetségre jellemző, hogy sok széles areájú kozmopolita és adott földrajzi helyre jellemző endemikus *Achillea* faj is létezik.

A nemzetségen belüli alcsoportok meghatározása korábban is vitatott volt, ma a taxonómiai ismeretek folyamatos bővülésével a fajok szekciókba rendezése újra változik és újabb fajok is kerülnek a nemzetség tagjai közé (Ehrendorfer et Guo, 2006). Hegi (1979) a Közép-Európa flórájáról írt határozójában hat csoportot különített el: *Ptarmica, Millefolium, Filipendulinae, Babounya, Santolinoidea és Arthrolepis*. A taxonómiai ismeretek fejlődésével Ehrendorfer és Guo (2006) már csupán 4 szekciót nevez meg (sect. Babounya, sect. Ptarmica, sect. Anthemoideae, sect. Achillea), míg Radulović et al.,(2007) egy ötödik szekciót (sect. Otanthus) is. Ebbe az öt szekcióba valamennyi *Achillea* faj besorolható és a szekciók jellemzően határozott areával is rendelkeznek: pl. a *Babounya* szekcióba tartozó fajok ázsiaiak, sivatagos területeken élnek, a *Ptarmica* szekció fajai vízigényesebbek, eurázsiaiak, a sect. *Anthemoideae* és sect. *Achillea* csoportok tagjai pedig európai, ill. délkelet-európai fajok.

Az *Achillea* szekción belül legtöbbet tárgyalt és gyógyászati szempontból fontos fajok mind a *Millefolium* aggregátumba tartoznak, így a mezei cickafark is (**1. táblázat**). Ugyanakkor e csoport sem egyértelműen definiált a szakirodalomban. Ehrendorfer (1963) még hat ide tartozó fajt említ: *A. asplenifolia, A. setacea, A. roseoalba, A. collina, A. pannonica* és *A. millefolium fajokat*. Danihelka et Rotreklová (2001) már a legújabb elmélet alapján az *A. pratensist*, míg Rauchensteiner et al.,(2002) további fajokat (*A. styriaca, A. ceretanica*) is ide sorolnak. Radulovic et al.,(2007) még tágabban definiálták a *Millefolium* csoportot és a *Distans* csoport fajait is beleértik.

Egyes szerzők az *A. millefolium* fajon belül subspecieseket különböztetnek meg, így Hegi (1979) művében az *A. collina* még mint *A. millefolium subsp. collina* szerepel további három alfaj mellett (*suspsp. millefolium, subsp. sudetica és subsp. pannonica*). Az újabb munkákban az *A. collina-t* azonban már önálló fajként említik a *Millefolium* csoporton belül (Soó, 1970).

A fenti taxonómiai anomáliák oka feltehetően sokrétű: morfológiai, citológiai és kémiai instabilitás. Az egymással határos areájú fajok a kontakt zónákban sokszor hibridizálódnak és az így kapott aneuploid fajok morfológiai bélyegeiket tekintve

mindkét szülőfaj jegyeit magukon viselhetik és ugyanazon termőhelyeken is előfordulhatnak (Danihelka et Rotreklova, 2001; Ma et al., 2010). Ilyen interspecifikus hibridizáció eredménye a dolgozatban tárgyalt mezei cickafark is, mely tetraploid faj és Ehrendorfer (1963) nyomán elfogadottan az *A. setacea* (2n) és az *A asplenifolia* (2n) kereszteződésére vezetik vissza.

Az *Achillea* fajok nagy morfológiai diverzitása részben éppen hibrid jellegükből adódik. Bár többen vizsgálták, mely bélyegek a leginkább alkalmasak a fajok azonosítására, általánosan alkalmazható eredményt nem ismerünk. Gudaityté (2008) az *A. millefolium* fajban arra a következtetésre jutott, hogy egyedül a csészelevelek szélessége és a nyelves virágok hosszúsága stabil bélyeg, mert nem változik a vegetációs idő folyamán. Számos morfológiai jellemzőt összefüggésbe hozott ugyanakkor a magasabb proazulén-tartalommal: nagyobb ízköz szám, keskenyebb levelek, kisebb virágzatok, keskenyebb nyelves virágok. Ezt mások eddig nem erősítették meg. A nyelves virágzatok színe és a kamazuléntartalom között ugyanakkor nem találtak bizonyítható kapcsolatot (Gudaityté et Venskutonis, 2007). Rauchensteiner et al., (2002) a levélkék szeldeltségét és a nyelves virágok alakját határozták meg, mint a fajok azonosítására alkalmas bélyegeket. Nedelcheva (2008) *A. grandifolia* fajról készített munkája szerint a levél, a virágzat és a pollen szerkezeti jellegzetességei alkalmasak a pontos fajmeghatározásra, ez utóbbit más szerzők is (Akyalcin et al., 2011) meghatározónak találták.

A makromorfológiai bélyegek nagy része tehát nem stabil, eltérő termőhelyi viszonyok vagy évjárati különbségek fenokópiák kialakulását eredményezhetik (Soó, 1970). Cernaj et al., (1991) közleménye beszámol arról, hogy a Finnországban és Csehszlovákiában mért eredmények szignifikáns különbséget mutattak többek között a növénymagasság, a biomassza, a szervi arányok szempontjából is.

A ploidia fok és beltartalmi értékek alakulása közötti kapcsolatról korábban egyenes összefüggést feltételeztek, s a proazulének jelenlétét a tetraploid szinthez kapcsolták. Mára azonban egyértelművé vált, hogy ezen kémiai jelleg nem köthető egyetlen ploidia szinthez, mivel azulénmentes tetraploid fajok (*A. pratensis, A. styriaca*), illetve azulénes diploid fajok (*A. asplenifolia* és *A. roseo-alba*) is ismertek (Rauchensteiner et al., 2002). A ma elfogadott nézet szerint, a poliploid fajok proazulén tartalma az eredeti diploid fajok kemizmusától függ (Németh et Bernáth, 2008).

A fent említett okokból a cickafark fajok azonosítása kapcsán egyre elfogadottabb az álláspont, miszerint több szempontot egyszerre figyelembe véve és azokat egymással összefüggésben kell tárgyalni: a morfológiai, kémiai és újabban a genetikai markereket (Akyalcin et al., 2011, Guo et al., 2006, Inotai et al., 2007). E célból az utóbbi években több gyors, genetikai (Guo et al., 2006, Arif et al., 2010,), illetve kémiai különbségeken (Werner et al., 2006) alapuló azonosítási rendszert is kifejlesztettek, amit azonban a gyakorlati minősítés még nem alkalmaz.

1. táblázat: A *Millefolium* csoportba tartozó fajok ploidiaszintje és proazulén akkumulációja

***Millefolium* csoport**			
Ploidia szint	**Faj**	**Proazulének**	**Irodalom**
2n	*A. asplenifolia* Vent.	+	Danihelka et Rotreklová, 2001; Kubelka et al., 1999; Rauchensteiner et al., 2002
2n	*A. setacea* W. et K.	-	Danihelka et Rotreklová, 2001; Kubelka et al., 1999; Rauchensteiner et al., 2002
2n	*A. roseo-alba* Ehrend.	+	Danihelka et Rotreklová, 2001; Kubelka et al., 1999; Rauchensteiner et al., 2002
4n	*A. collina* Becker	+	Danihelka et Rotreklová, 2001; Kubelka et al., 1999; Rauchensteiner et al., 2002
6n	*A. millefolium* L.	-	Danihelka et Rotreklová, 2001; Kubelka et al., 1999; Rauchensteiner et al., 2002
8n	*A. pannonica* Scheele	-	Danihelka et Rotreklová, 2001; Kubelka et al., 1999; Rauchensteiner et al., 2002
4n	*A. ceretanica* Sennen	+	Kubelka et al., 1999; Rauchensteiner et al., 2002; Vetter et al., 1996
4n	*A. pratensis* Saukel &Länger	-	Danihelka et Rotreklová, 2001; Kubelka et al., 1999; Rauchensteiner et al., 2002
4n	*A. styriaca* Saukel	-	Kubelka et al., 1999; Rauchensteiner et al., 2002

Magyarázat: + proazulén akkumuláció; - nincs proazulén akkumuláció

2.2. A mezei cickafark botanikai jellemzése

A mezei cickafark évelő, lágyszárú növény. Gyöktörzse van, mellyel a talaj felszíne alatt tarackszerűen terjeszkedik és több szárat fejleszt. A növények szürkés-zöld színűek, szőrösek. Szára 50-80cm magas, levelei szórt állásúak, tő- és szárlevelek, többszörösen szárnyasan szeldeltek. Virágzata sátorozó buga, apró fészkekből tevődik össze (**1. ábra**). Egy-egy fészek nyelves és csöves virágokból áll, a párta fehér. A nyelves virágok száma fészkenként 4-5, a porzók száma 5, a portokok összenőttek, száluk a pártához nőtt. Két termője összenőtt, alsó állású, mirigyszőrökkel borított. Júniustól késő őszig virágzik. Termése a családra jellemző apró, lapított, bóbita nélküli kaszat. Magját a terméstől nehéz elválasztani, ezermagtömege 0,13g (Németh, 2000). Tetraploid faj, kromoszómaszáma 4n= 36 (Danihelka és Rotreklova, 2001). Szőrképletei ostoros szőrök és Compositae-mirigyszőrök (Verzárné, 1979). Illóolajtartó mirigyeinek színe: sötétszürke-szürkésrózsaszín-fekete (Rauchensteiner et al., 2002).

Soó (1970) a fajnak több alakját különíti el: *f. collina* a szárlevelek általában 5-12mm szélesek, a növény szőrős vagy kissé gyapjas, a szár egyszerű vagy felül ágas, a virág fehér; *f. salsa* alacsony (10cm), keskenylevelű, rövid levélszárnyakkal (sziki alak); *f. arenaria* magas, a levelek 2-4cm szélesek (homoki alak, kétes, hogy melyik fajhoz tartozik); *f. luxurians* a szár közepétől vagy tövétől ágas; *f. aspleniifoliiformis* a növény karcsú, kopaszodó, a levelek 1-1,5cm szélesek, a levélcimpák tömötten állók; *f. minutiflora* a fészkek csak 2cm szélesek; *f. gracillima* a virágok pirosak.

1. ábra: Virágzó mezei cickafark

Előfordulását tekintve a mezei cickafark síksági-montán flóraelem, jellemzően kelet-, közép-európai areájú faj, kontinentális éghajlatú területeken fordul elő. Magyarországon mindenhol gyakori, Európában kiterjedésének határa D-Németország, Franciaország. Ebben is jelentősen különbözik az *A. millefoliumtól*, mivel annak fő elterjedési területe hazánktól nyugatabbra van és nálunk ritka faj. Előfordul még homoki réteken, legelőkön, füves lejtőkön, karsztbokorerdőkben, száraz tölgyesekben; kultúrterületeink jellemző gyomnövénye (Soó, 1970).

Az ökológiai viszonyokra közömbös; meleg, száraz vagy középszáraz, laza, tápanyagban és bázisokban gazdag, gyengén savanyú, humuszos törmelék-, vályog-, lösz- és homoktalajokon is megél (Soó, 1970).

2.3. A mezei cickafark felhasználása

A mezei cickafark gyógyászati felhasználása régóta ismeretes, maga a növény latin elnevezése (*Achillea*) is onnan ered, hogy a görög mítoszokból ismert hős, Achilleusz, e növény levelével gyógyította katonái vérző sebeit. (Lakshmi et al., 2011.) A gyógyászati szerepére vonatkozó utalás a középkorban használt elnevezéseiben is megjelenik: katonák sebfüve, vérfű (Castleman, 1994).

A népgyógyászatban széles körben használják különféle betegségekre, leggyakrabban a növény föld feletti részeiből, virágzatából, leveléből készült forrázat, ritkán alkoholos kivonat formájában. Belsőleg emésztőszervi panaszokra (gyomorfekély, bélhurut, puffadás) esetén, étvágyjavítóként, epehajtóként, menstruációs görcsök esetén fogyasztják. Külsőleg bőrgyulladások, rosszul gyógyuló sebek, ekcéma kezelésére használják, ülőfürdőként pedig aranyér, női nemi szervek fertőzései gyógyítására alkalmazzák (Benedek et Kopp, 2007; EMEA, 2011a; Németh, 2013; Németh et Bernáth, 2008).

A növénynek számos, a hagyományos gyógyászatból ismert területen bizonyították gyógyhatását az elmúlt évtizedekben, így étvágyjavító, görcsoldó, gyulladáscsökkentő, fájdalomcsillapító, antibakteriális, antiszeptikus és kiválasztást serkentő hatásait is (ESCOP, 2009). A növényben található olaj antimikrobiális hatású, a szeszkviterpének gyulladáscsökkentő, a fenolsavak epehajtó, míg a flavonoidok a

görcsoldó, a keserűanyagok pedig elsősorban az étvágyjavító hatásért felelősek (Benedek et al., 2008; EMEA 2011b). A legújabb tudományos eredmények szerint perspektivikus lehet ösztrogén, diabétesz, és tumorképződést megelőző, bőröregedést gátló és antioxidáns hatása is (Németh et Bernáth, 2008; Trumbeckaite et al., 2011; Pain et al., 2013). Külsőleg krémek, kozmetikumok formájában alkalmazzák, egyes szerzők a növény kipréselt nedvét is említik (Blumenthal et al., 2000).

Bár a mezei cickafark hagyományos és széles körben alkalmazott gyógynövény, felhasználása mégsem csupán a terápiás területeken lehetséges. Virágzata vagy virágos hajtása számos étkezési és élvezeti tea fontos komponense. A hazai és külföldi kereskedelmi forgalomban filteres, monotea és teakeverék formájában kerül rendszeresen a boltokba. Élvezeti teaként való fogyasztása és népgyógyászati alkalmazása is enyhe hatásán alapszik, bár érzékeny egyéneknél – más *Asteraceae* fajokhoz hasonlóan- bőrallergia jelentkezhet (Benedek et Kopp, 2007; Benedek et al., 2008; Kindlovits et Németh, 2012). Az allergiát kiváltó komponensek szintén a szeszkviterpének közül kerülnek ki és jellemzően exociklikus metilén csoporttal rendelkeznek. Kastner et al. (1993) szerint, ezen komponensek a nem kívánt allergén hatás mellett anti-ödémás hatást is kifejtenek. Ugyanakkor egyes szerzők említik, hogy az allergén komponensek akkumulációja a nem azulénes fajokra jellemző (Wichtl, 1997).

A növény belsőleges alkalmazására ajánlott dózis 4,5 g herba/nap, vagy 3 g virágzat/ nap. A tea elkészítéséhez 1-2 g droghoz 150 ml forró víz szükséges, a forrázat 10-15 perc állás után fogyasztható, naponta három alkalommal. Ülőfürdő készítéséhez 100 g cickafark droghoz kb 20 l víz szükséges (Blumenthal et al., 2000). Az mezei cickafark drog alkalmazása bizonyos esetekben nem javasolt, így terhesség és szoptatás alatt sem. Ez a megkötés azonban, híján az erre vonatkozó klinikai adatoknak, inkább elővigyázatosságból született (EMEA, 2011a). A mellékhatásként jelentkező allergiás bőrreakció esetén, melyet bőrgyulladás és viszketés jelez, a növény alkalmazását azonnal meg kell szüntetni (EMEA, 2011b).

2.4. A mezei cickafark drogja és hatóanyagai

2.4.1. A mezei cickafark drogja

A mezei cickafarknak kereskedelmi forgalomban többféle drogja ismert. Hivatalos drogja, a szárított virágzó hajtásvég (*Millefolii herba),* melyet legfeljebb 30-40 cm hosszú szárrésszel gyűjtenek. A VIII. Magyar Gyógyszerkönyv (2004), és a vele konform Európai Gyógyszerkönyv szerint, a drognak 2 ml/kg illóolajat és 0,02% kamazulénban kifejezett proazulént kell tartalmaznia szárított drogra vonatkoztatva. A gyógyszerkönyvi leírásban a drogot adó fajként az *A. millefolium* L. szerepel, mely azonban a ma elfogadott taxonómia szerint hexaploid, azulénmentes taxon. A korábbi, VII. Magyar Gyógyszerkönyvben a cickafark drog még *Achilleae herba* néven szerepelt, alapanyagát adhatta a mezei cickafark is, mely - az azulénmentes, hazai flórában nem biztonsággal kimutatható *A.* m*illefolium* fajjal ellentétben -, a drogminőség beltartalmi követelményeinek megfelelő, legelőnyösebb hatóanyag-összetételű drogot adja (Dános, 1998). A virágos hajtás drogként szerepel továbbá az ESCOP-, az EMEA, valamint a WHO-monográfiákban. A virágos hajtáson kívül ritkábban, de kereskedelmi forgalomban van a mezei cickafark virágdrogja is, a *Millefolii flos*. Ezt szintén teljes virágzásban gyűjtik, maximum 4-5 cm szárrésszel. Ezenkívül a friss növényből lepárolt illóolajjal (*Aetheroleum millefolii*) is találkozhatunk a piacon (Németh, 2013).

2.4.2. A mezei cickafark hatóanyagai

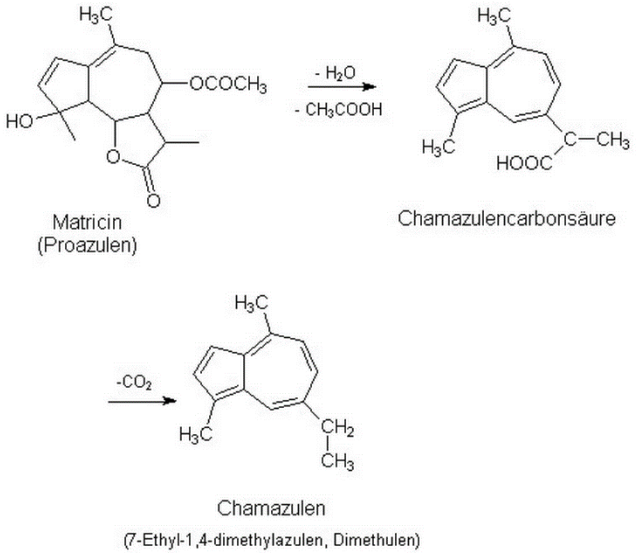
A cickafark fő hatóanyagaként az illóolajat (0,2-0,5%) tartják számon. Az illóolajon kívül tanninokat (3-4%), flavonoidokat (apigenin, luteolin, rutin) és fenolos savakat (kávésav, klorogénsav és számazékaik) is tartalmaz. Ezenkívül aminosav származékok (alanin, hisztidin, leucin, lizin), zsírsavak (linolénsav, olajsav, palimitinsav), alkalmidok, alkaloidok (achicein, achillein, betain, kolin) poliacetilének, szaponinok, szterolok (β-szitoszterol), poliinek, cukrok és kumarinok jelenlétét is említik egyes szerzők (Benedek et Kopp, 2007; Blumenthal et al., 2000; EMEA, 2011a; Kubelka et al., 1999; Mehlführer et al., 1997; Mustakerova et al., 2002; Németh, 2013; Németh et Bernáth, 2008).

2.4.2.1. A mezei cickafark illó hatóanyagai

A mezei cickafark illóolaj felhalmozódását tekintve az irodalmakban igen eltérő eredményeket találunk: Németh (2013) szerint 0,2-0,5% közötti, Inotai et al. (2008) 0,13-0,22% közötti értékeket mértek magyarországi mintákban, Bozin et al. (2008) ennél magasabb illóolaj-tartalmat (0,73%) határoztak meg szerbiai eredetű herba anyagokban.

Az illóolaj a nyelves virágok felszínén található mirigyekben halmozódik fel. A virágzatok illóolajtartalma (0,17-0,70%) 23 magyarországi populáció átlagértékeit vizsgálva majdnem kétszerese volt a levelek (0,1-0,36%) illóolaj tartalmának (Németh et al., 2007).

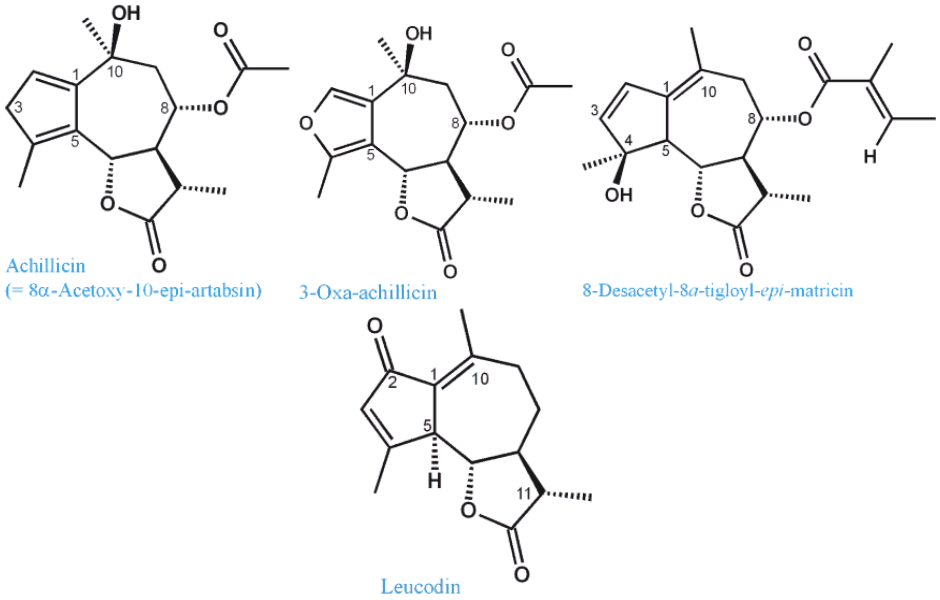
Az illóolaj legfontosabb komponensei a guajanolid típusú szeszkviterpén laktonok, ide tartoznak az azulének, s közülük a legismertebb, a *kamazulén.* Az azulének a növényben még proazulén formában vannak jelen, hő hatására, a vízgőzdesztilláció során alakulnak ki (**2. ábra**). Proazulének az achillicin, a matricin- és az artabszinszármazékok, az achillicin volt az első proazulén, amit sikerült kimutatni a mezei cickafarkban. Az illóolaj színe sokat elárul annak azulén tartalmáról, a magas proazulén tartalmú illóolaj jellegzetesen sötétkék színű (Németh, 2000; Nowak et al., 2010; Ŝpinarová et Petřiková, 2003).



2. ábra: A proazulén kamazulénné alakulása a desztilláció során. (Forrás: https://commons.wikimedia.org)

Bár az *Achillea* nemzetségben sok szerző a kamazuléntartalommal foglalkozik fő komponensként, kevés irodalom tisztázza a konkrét proazulén vegyületet (Németh,

2005). Ausztriai kutatások eredményei alapján a mezei cickafark fajra az achillicin, 8α-angeloxi-artabszin, a 8α-tigloxi-artabszin és a 8-dezacetil-8-tigloil-4epi-matricin proazulén szeszkviterpének jelenléte jellemző (**3. ábra**), ami mellett számos nem azulénes jellegű szeszkviterpén komponenst is kimutattak, pl.: 8α-angeloxi-3-oxa-artabszint, 8α-tigloxi-3-oxa-artabszint, 3-oxa-achillicint, matricarint, 8-dezacetil-matricarint. (Kästner et al., 1992; Kubelka et al., 1999). Ezzel szemben bulgáriai mintákban más szeszkviterpén lakotonok (eudezmanolidok, germakranolidok, dimer guajanolidok) jelenlétét írták le.



3. ábra: A mezei cickafark néhány guajanolid szeszkviterpénje: achillicin, 3-oxa-achillicin, 8-dezacetil-8-tigloil-4epi-matricin és leukodin (Forrás: http://www.plant-pictures.de)

A proazulének felhalmozása alapvetően a *Millefolium* csoportra jellemző bélyeg, de ma már tudjuk, hogy itt sem univerzális, továbbá néhány egyéb fajban (pl. *A. ageratum, A. wilsoniana, A. compacta*) is kimutatták már. Az *A. asplenifolia, A. collina* és az *A. roseoalba* jellemzően azuléntartalmú fajok, míg az *A. millefolium, A. setacea, A. pannonica* és *A. pratensis* olaja nem kék színű (**1.táblázat**).

Gherase et al. (2003) több *Achillea* faj kémiai analízisét végezte el, az illékony frakció fő összetevőjének a kamazulén bizonyult, amelyet legnagyobb százalékban (53%) az *A. collina* olaja tartalmazott. Németh et al. (2007) 23 magyarországi termőhelyről származó *A. collina* populáció eredményei alapján alátámasztják a faj jellemzően kamazulénes sajátosságát (28-68% kamazulén az io-ban). Külföldön Bozin et al. (2008) is megerősítették e faj azulénes jellegét, az általuk vizsgált szerbiai mintában 19%, míg Rehuš et Neugebauerová (2011) 32 különböző eredetű csehországi mintájában 44-54% volt a kamazulén aránya. A kamazulén egyéb kivonási módok, így HS-SPME-GC-MS használatával is a mezei cickafark legfontosabb (19%) összetevőjének bizonyult (Giorgi et al., 2009.)

Ellentétes eredmények is nagy számban ismertek, többek között Candan et al. (2003), Agnihotri et al. (2005), Amin et al. (2008), Azarnivand et al. (2010) és Kocak et al. (2010) a kamazulén teljes hiányával jellemzik a vizsgált taxont. Az ellentmondások oka valószínűleg a fentebb tárgyalt morfológiai-kémiai variabilitás és flexibilitás.

Napjainkban a kutatások már nem csak a kamazulénre fókuszálnak, hanem az illóolaj többi komponensére is. Az eredmények alapján az *A. collina* illóolajában közel 150 összetevőt azonosítottak (Németh, 2005). A kamazulénen kívül az olajnak fő komponensei között monoterpén szénhidrogéneket, oxidált monoterpéneket, szeszkviterpén szénhidrogéneket és oxidált szeszkviterpén komponenseket írtak le. Bozin et al. (2008) eredményei szerint a mezei cickafark olajában közel azonos arányban (27% ill. 28%-ban) voltak jelen mono-, illetve szeszkviterpén szénhidrogének, valamint az oxidált monoterpének és a proazulének aránya is egymáshoz közel azonos volt (23% ill. 19%). Ezzel ellentétes eredményt kaptak Németh et al. (2007), akik magyarországi mintákat vizsgálva minden esetben határozott szeszkviterpén túlsúlyt írtak le a mezei cickafark olajában. Hofmann et Fritz (1993) a monoterpén komponensek nagyfokú variabilitását írta le a szeszkviterpén összetevőkhöz képest.

A kamazulénon túl, a legfontosabb összetevők az illóolajban a β-pinén, 1,8-cineol, az β-kariofillén, β-kariofillén-oxid, germakrén-D, β-kubebén és az α-bizabolol, melyek aránya a közlemények szerint igen változó lehet (Bozin et al., 2008; Inotai et al., 2008, Németh et al., 2007).

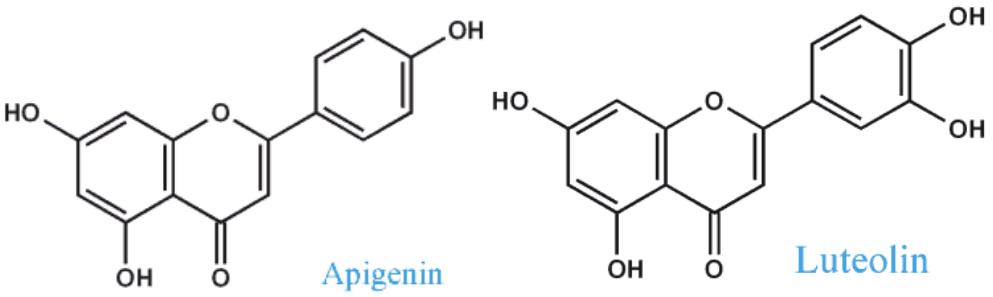
2.4.2.2. A mezei cickafark fenolos vegyületei

A mezei cickafark fenolos vegyületei közül a flavonoidok és a különböző fenolos savak tekinthetők jelentősnek, melyek közül jó néhány komponenst sikerült mára azonosítani. A növény forrázatának görcsoldó hatása többek szerint a flavonoid-tartalmának köszönhető (Karlová, 2006; Benedek et Kopp, 2007), de a flavonoid komponensek antioxidáns hatásban játszott szerepe is vitathatatlan (Karlová, 2006). A flavonoidok szerepe a tradicionális vagy népi gyógyászatban feltehetően igen nagy, mivel az illóolajjal szembeni fokozott vízoldékonyságuk révén könnyen oldódnak vízben és alkoholban, így tea vagy tinktúra formájában hatásosak (Benedek et Kopp, 2007). A flavonoidoknak ezen kívül taxonómiai jelentőségük is van, a *Millefolium* csoportra a flavonol-3-O-számazékok dominanciája jellemző (Valant-Vetschera, 1984).

Benedek et al. (2008) 0,21-1,11% közötti flavonoid-tartalmat mértek különböző *A. millefolium* s.l. körbe tartozó mintákban. Mezei cickafark mintákat vizsgálva Giorgi et al. (2013) 0,7 mg/g körüli, Ŝpinarová et Petřiková (2003) magasabb flavonoid-tartalmat (1,37-3,97%) határoztak meg csehországi vad *A. collina* állományokat vizsgálva. Nagyságrendileg magasabb (36,30±1,6 mg/g) flavonoid-tartalmat mértek romániai cickafark mintákban Alexandru et al. (2007), míg más, szintén román szerzők az *A. collina* 'Proa' fajta esetén 1,288 g/l, illetve 1,026 g/l értékeket állapítottak meg (Kaneva et al.,2010). Karlová et Petřiková (2005) az *A. collina* 'Alba' fajta virágzatában és herbájában 3% körüli értéket detektált. Ezzel részben ellentmondó, hogy Benedek et al. (2008) szerint a jó minőségű, termesztett anyagok flavonoid- és fenol-tartalma a gyűjtött mintákhoz képest alacsonyabb volt. Az eredmények, bár igazolják a faj számottevő flavonoid-tartalmát, azonban a használt módszertani különbözőségek miatt nem vethetők össze.

A fenolos vegyületek összetételét tekintve Karlová (2006) négy különböző flavont azonosított az *A. collina* 'Alba' fajtában: az apigenin 0,601-0,852 mg/g, az apigenin-7-O-glikozid 0,656-1,295 mg/g, míg a luteolin 0,613-0,999 mg/g, a luteolin-7-O-glikozid pedig 0,923-1,096 mg/g mennyiségben volt jelen a növényben s ezek a növény fejlődése során végig a legfontosabb flavonoid összetevőknek bizonyultak (**4. ábra**). Giorgi et al.

(2013) a ’Spak’ fajtában 0,4 mg/g körüli luteolin-7-O-glikozid tartalmat, és valamivel alacsonyabb (0,3 mg/g) apigenin-7-O-glikozid tartalmat mértek. További vizsgálatokban kimutattak kvercetint, illetve mono- és diglikozidjait (Benedek et Kopp, 2007), rutint, illetve az apigenin és luteolin 4-O-glikozidjait (Vitalini et al., 2011), továbbá kvercetagetin 6,7, 3’, 4’-tetrametil-étert, diozmetint, 6-metoxi-flavonolokat és flavonokat (Trendafilova et al., 2007).



4. ábra: A mezei cickafarkban előforduló két leggyakoribb flavonoid aglikon: apigenin és luteolin (Forrás: http://www.plant-pictures.de).

A növényben található dikaffeol-kínasav (DCQA) származékoknak tudható be a mezei cickafark epehajtó hatása (Benedek et Kopp, 2007). Giorgi et al. (2013) szerint egyéb biológiai hatásuk is érdekes lehet, így antioxidáns, gyulladáscsökkentő, antibakteriális, antivirális, HIV vírus ellenes, antimutagén, antikarcinogén, májsejt védő tulajdonságuk. Fenolos összetevők közül a klorogénsav és DCQA származékok jelenlétét írták le (Benedek et Kopp, 2007; Vitalini et al., 2011). Kaneva et al. (2010) 2,479-2,779 g/l galluszsavban kifejezett összfenol-tartalmat, és 1,847-1,503 g/l kávésavban kifejezett fenolsav- tartalmat határozotak meg a fajban. Giorgi et al. (2013) 15-20 mg/g körüli összes fenol-tartalmat detektáltak s az összetevők közül a 3,5-DCQA tartalom volt a legmagasabb (10 mg/g). Alexandru et al. (2007) 118,3±1,9 mg/g, illetve 43,1±2,7 mg/g összfenol-tartalmat mért *A. millefolium* minták alkoholos és vizes oldatában, míg Giorgi et al. (2010) éppen a vizes kivonatokban mért magasabb fenol-tartalmat (50 mg GSE/g körüli).

A mezei cickafark tannin tartalmát Ŝpinarová et Petřiková (2003) 0,05-0,62%-ban, míg mások 0,3-1,0%-ban adják meg (Karlová et Petřiková, 2005). Valamennyi szerző egyet ért abban, hogy a növény tannin tartalma igen változó, felhalmozódása rendszertelen, a befolyásoló egyéb tényezők hatása sem teljesen egyértelmű.

2.5. A mezei cickafark hatóanyagtartalmát és összetételét befolyásoló tényezők

2.5.1. Ontogenezis

Az egyes hatóanyagok tartalmi és összetételi változása az egyedfejlődés során jól ismert jelenség, melyről számos publikáció született (Filippini et al., 2009; Goudarzi et al., 2015; Németh, 2005; Özgüven et Tansi, 1998; Sellami et al., 2009; Telci et al., 2009). Az utóbbi évtizedekben megjelent eredmények azonban sokszor ellentmondóak. Rácz-Kotilla et Rácz (1969) egy tenyészidőszak alatt 12 különböző betakarítási időpontban mérte az illóolaj-tartalmat és eredményeik szerint csupán a tenyészidőszak elején (június elején), valamint végén (október közepétől) szedett minták beltartalma nem érte el a 0,2%-os gyógyszerkönyvi minimum értéket. Cernaj et al. (1983) szlovákiai, valamint Berghold et al. (2006) ausztriai vizsgálatai alapján a hajtások illóolaj-tartalma teljes

virágzás fázisában a legmagasabb. Ezzel szemben más szerzők a maximális illóolaj-tartalmat adó fázisnak a virágzás kezdetét határozták meg (Carron et al., 2012; Weber et Stahl, 1953). Ennél előbbi illóolaj maximumról is beszámoltak, kifejlett bimbós stádiumtól a virágzás kezdetéig tartó fázisokban (Karlová et Petriková, 2005; Kosová; 1959).

Az illóolajon belül az egyes komponensek jelenléte és aránya is lényegesen változhat az egyedfejlődés során. A kamazulén (proazulének) mennyisége Rácz-Kotilla et Rácz (1969) szerint a virágzás előtti stádiumtól teljes virágzásig folyamatosan nőtt. Ugyanezt tapasztalták Cernaj et al. (1983) is, ugyanakkor orosz területeken a virágzatokban az azulén-tartalom csökkenését regisztrálták már bimbós állapottól kezdve egészen elvirágzásig (Usztojzsanin et al., 1989). Ruminska (1970) az azulén-tartalom maximumát közvetlenül a nyílás előtti állapotban tartja optimálisnak, míg Carron et al. (2012) közlése szerint a kamazulén tartalom nem változott lényegesen virágzási periódus folyamán. Korábban beszámoltak arról is, hogy a fiatal levelek azulén-tartalma tízszerese az idősebb levelekének (Németh, 2005).

Az illóolaj egyéb összetevői is változásokat mutatnak az ontogenezis során. Az *A. collina* fajban a monoterpének a virágbimbókban, a szeszkviterpének a kifejlett virágban és más, valószínűleg szintén szeszkviterpén anyagok a már részben elnyílt virágzatokban voltak kimutathatók legnagyobb mennyiségben (Cernaj et al., 1983). Más fajokban is leírták a mono- és szeszkviterpén összetevők változását: az *A. millefolium* fajban a vegetatív fázistól a bimbózásig az α-pinén növekedésével párhuzamosan más komponensek (β-pinén, 1,8-cineol, borneol és β-kariofillén) csökkentek (Németh, 2005). Rohloff et al. (2000) a fejlődés során az α-pinén, β-pinén és α-tujon növekvő arányáról, illetve ezzel párhuzamosan a szabinén, bornil-acetát, és borneol csökkenő tendenciájáról számoltak be. Azizi et al. (2010) vizsgálatai során a fő komponens (1,8-cineol) az *A. millefolium* fajban a legmagasabb értéket teljes virágzás állapotában érte el (27%). Németh (2005) három *Achillea* fajban (*A. pannonica, A. ochroleuca* és *A. crithmifolia*) a tőleveles állapotot a szeszkviterpén komponensek nagyarányú jelenlétével írta le, a monoterpén frakció pedig a generatív szervek kifejlődésekor vált dominánssá.

A flavonoid-tartalom alakulását vizsgálva Karlová et Petříková (2005) a virágzatok differenciálódásától kezdve a virágzás ideje alatt folyamatosan csökkenő tendenciát írt le, míg a tannin tartalom enyhe emelkedő tendenciát mutatott. Az egyes flavonoid komponensek felhalmozódása merőben más jellegű, a legtöbb komponens esetén az illóolaj felhalmozáshoz hasonló tendencia volt tapasztalható, azaz a virágzatok differenciálódásától kezdve folyamatosan növekedett egészen teljes virágzásig, amit csökkenés követett (Karlová, 2006). Egyetlen komponens, a luteolin-7-O-glikozid, mutatott más felhalmozódást: ez először a virágzat differenciálódása idején, majd időleges csökkenés után teljes virágzáskor mutatott maximumot. A növények életkora nem befolyásolja a mezei cickafark flavonoid tartalmát (Karlová et Petřiková, 2005). Az egyéb fenolos komponensek, pl. fenolsavak, akkumulációjának dinamikájáról mindezidáig nem kerültek publikálásra eredmények a cickafark fajok esetén, bár Giorgi et al. (2013) szerint változásuk az ontogenezis során növényfaj, illetve komponensfüggő.

Az egyedfejlődés során lejátszódó változás vélhetően részben a bioszintézist reguláló gének és enzimek aktivitásának változásából adódik (Bach, 1995). Ugyanakkor a változásokban szerepe lehet a különböző szervek hatóanyag akkumulációs struktúráinak és azok változásainak is (Németh, 2005).

2.5.2. Szervi differenciálódás

A gyakorlatban legtöbbször a mezei cickafark virágzó leveles hajtásait használják, melyekben a növényi szervek aránya eltérő, és ez egyben meghatározó lehet a drogminőségre nézve. A cickafark fajokban az illóolaj legnagyobb mennyiségben a virágzatokban akkumulálódik (Ruminska, 1970.; Gudaityté et Venskutonsis, 2007; Ŝpinarová et Petřiková, 2003). Németh et al. (2007) szerint az *A. collina* hazai különböző termőhelyekről származó populációinak virágzatai 0,17-0,70% közötti illóolajat tartalmaztak, míg a levelek esetében ez az érték csak mintegy feleannyi volt. Rácz-Kotilla et Rácz (1969) szerint a levelek, illetve a szárak illóolaj-tartalma a virágzaténak mintegy 30%, illetve 15%-a.

A különböző szervek illóolaj összetételét is több szerző leírta, így kiderült, hogy a növénynek a vegetatív részeiben a szeszkviterpén komponensek a dominánsak a monoterpénekkel szemben (Németh et Bernáth, 2008). Usztojzsanin et al. (1989) szerint a levelek azulén-tartalma kb. 1/3-1/8 része volt a virágzatokénak, Ruminska (1970) szerint 1/5-e, 1/6-a, míg Rácz-Kotilla et Rácz (1969) a virágzatok 18%-os proazulén-tartalmához képest a levelekben és szárban 15%, illetve 2%-ot mértek. Némileg ellentmondó, hogy Németh et al. (2007) eredményei szerint magyarországi *A. collina* minták virágzat és levél olajában, nagyságrendileg hasonló, változó arányban detektáltak kamazulént (30-67%, illetve 28-68%).

Újabban a drogot nem szolgáltató, de kemotaxonómiai szempontból érdekes, földalatti részek illóolaj összetételét is vizsgálják, melyek spektruma még gazdagabb és részben eltérő lehet, mint a hajtásoké. Ezzel kapcsolatban azonban a mezei cickafarkról nincsenek adatok, csak néhány rokon fajról. Így az *A. lingulata* esetében a gyökér illóolajában 120 komponens azonosítottak (Jovanović et al., 2010): legnagyobb arányban szeszkviterpéneket (60,4%), kevesebb monoterpént (28,8%), monoterpén észtert (27,8%) és nyomokban (0,2%) diterpén összetevőt is. Az *A. distans* gyökerében 185 komponenst, írtak le, τ-cadinol (17,6%), alizmol (14,1%) fő összetevőkkel (Lazarević et al., 2010). A mezei cickafark faj esetében a gyökerekről ilyen összetételi analízis mindezidáig nem született.

A flavonoid-tartalom szempontjából a szervi megoszlás hatása nem egyértelmű. Karlová et Petřiková (2005) nem talált a virágzatok és a herba flavonoid-tartalmában szignifikáns különbséget, ugyanakkor Krenn (1998) korábban nagy mennyiségi különbséget írt le a virágzatok és levelek flavonoid-tartalma között. A flavonoid spektrum ezzel szemben azonosnak bizonyult (Karlová, 2006; Trendafilova et al., 2007).

A publikált adatok szerint a cickafark fajokban a fenolos anyagok felhalmozása a különböző szervekben igen változó. Dokhani et al. (2005) eredményei szerint a különböző cickafark fajok némelyike, így az *A. millefolium* faj sem mutatott eltérést a különböző szervek fenol tartalmában, míg más fajok, így pl. az *A. wilhelmsii* esetén különböző eredetű populációk is eltérő eredményeket mutattak. Az *A. collina* fajra vonatkozó eredmények Giorgi et al. (2010, 2013) munkáiból ismertek. Ők bizonyították a szervi differenciálódás hatását a fenolsavakra: a levelek felhalmozódási szintje 2-3-szorosa volt a virágzatokénak és az összetételt tekintve is eltérő mennyiséget detektáltak a különböző szervekben. Míg a virágzatok és levelek kávésav tartalma hozzávetőlegesen megegyezett, a levelek klorogénsav tartalma 50-500%-kal nagyobb volt, mint a virágzatoké, a 4,5-DCQA mennyisége pedig a virágzatokban volt nagyobb (Giorgi et al., 2010).

2.5.3. Környezeti hatások

Az ökológiai tényezők illóolaj összetételre gyakorolt hatása régóta kutatott terület az *Achillea* fajok esetén. Mára elfogadott, hogy az ökológiai tényezők jellemzően inkább az illóolaj akkumulációra hatnak és kevésbé az összetételre (Németh, 2005).

A környezetei hatásokkal foglalkozó közlemények egymással sajnos gyakran nehezen összevethetők és részben ezért ellentmondásokat is hordoznak. Giorgi et al. (2005) pl. nem találtak különbséget az *A. millefolium* illóolaj-tartalmában még jelentős tengerszint feletti magassági különbségek esetén sem. Ezzel szemben a termőhelyi adottságokból fakadó különbségek erősen manifesztálódtak az *A. collina* illóolaj-tartalmában (0,322-0,439 ml/100 g) Ausztriában (Berghold et al., 2006). Galambosi et al. (2010) még jelentősebb földrajzi változások esetén sem tapasztaltak nagy eltérést a 'Spak' fajta illóolaj-tartalmában, míg egy másik vizsgálatban párhuzamosan beállított finn- és csehországi vizsgálatokban éppen ennek ellentétét írták le (Cernaj et al., 1991).

A környezet azulén-tartalmat befolyásoló hatásairól megoszlanak a vélemények. Németh et al. (2007) nem talált összefüggést az eredeti termőhely és a kamazulén-tartalom között. Ezzel ellentétben Gudaityté (2008) szerint fás, cserjés területek rendszerint eltérő arányban tartalmazzák a komponenst, míg az elhagyatott füves mezőkön kimondottan alacsony, a homokos, ruderális területeken pedig egyáltalán nem akkumulálódik kamazulén. Korábban Michler et al. (1989) a magas azulén-tartalmú növények jelenlétét a tápanyagban szegény talajokon előforduló növénytársulásokhoz kötötte, míg az alacsonyabb azulén-tartalmú és proazuléntől mentes egyedeket szárazabb, tápanyaggal kevésbé ellátott területekhez.

Több szerző beszámolt már a tengerszint feletti magasság és az illóolaj összetétel feltételezett kapcsolatáról. Giorgi et al. (2005) szerint az *A. millefolium*ban a tengerszint feletti magasság növekedésével számottevő változás volt érzékelhető a mono- és szeszkviterpének szintézisét tekintve: α- és β-tujon gyakorlatilag eltűnt az olajból. Azarnivand et al. (2010) megerősítették a tengerszint feletti magasság hatását, egyes komponensek, az 1,8-cineol (14,4% és 8,2%) és cisz-kadin-4-én-7-ol (4,6% és 15%) arányában jelentős eltéréseket mértek. Agnithori et al. (2005) kutatásai során szintén bebizonyosodott, hogy a különböző tengerszint feletti magasságok társulásainak illóolaja eltéréseket mutat mono- és szeszkviterpén tartalom szempontjából. Az olaj fő komponensei megegyeztek mindkét élőhelyen (β-pinén 10,6-17,7 %, β-kariofillén (8,5-16,2 %)); az 1,8-cineol (3,0-15,1%) és borneol (0,2- 12,1%), azonban azok koncentrációja jelentősen eltért.

Sokszor jelentős differencia van a cickafark fajok kémiai jellegzetességei között az eredeti termőhelyen és a kontrollált, termesztett körülmények között. Rehuš et Neugebauerová (2011) több *Millefolium* csoportba tartozó faj, így az *A. collina* esetén is, jelentős kamazulén-tartalombeli eltérést tapasztalt a természetes állományokban és termesztésben, utóbbiban több mint 20%-kal magasabb 54%-os kamazulén tartalommal.

A tápanyagellátás illóolaj összetételt befolyásoló hatására is ismertek adatok. Aziz (2004) adatai szerint 25% ammónium szulfát és 75% baromfitrágya kombinációja eredményezte a legmagasabb kamazulén (39,57%) és szeszkviterpén (β-kariofillén és germakrén-D) tartalmat, mely alacsony monoterpén koncentrációval társult (α-pinén, β-pinén, szabinén). Giorgi et al. (2009) hidropóniás kísérletében a hosszú távú nitrogénhiányra az *A. collina* levelek és gyökerek metanolos kivonatának hidroxi-fahéjsav tartalma jellemzően megnőtt.

A fenolos vegyületek közül a flavonoid-tartalomra a megvilágítás, UV-B sugárzás pozitív hatását írták le: mind az összes flavonoid-tartalom, mind a vizsgált komponensek –luteolin-7-O-glikozid és apigenin-7-O-glikozid- mennyisége szignifikánsan nagyobb volt a teljes napfénynek kitett növényeken (Giorgi et al., 2013). A tengerszint feletti magasság növekedése vélhetően éppen a vele járó erősebb napsugárzás hatására növelte szintén jelentősen a fenol-tartalmat a mezei cickafarkban egy másik vizsgálatban is (Giorgi et al., 2010). A talaj alacsony nitrogén ellátottsága, mint abiotikus stressz, hasonlóan pozitív hatást gyakorolt a növény összes fenol-tartalmára (Giorgi et al., 2009).

2.6. A mezei cickafark termesztéstechnológiája és fejlesztésének aktuális kérdései

2.6.1. A mezei cickafark termesztéstechnológiája

A mezei cickafark termesztéstechnológiájának alapjai kidolgozottak, de széleskörű termesztése a mai napig nem terjedt el a nagyüzemi termesztés magas költségei és rossz gazdaságossága miatt (Németh et al., 2007). A növény 3-4 éves, évelő kultúrában termeszthető. Elővetemény igénye rövid tenyészidejű növényfajt érdemes választani, hogy a talaj már augusztusban, legkésőbb szeptember elején előkészíthető legyen (Németh, 2000). Tápanyagként ősszel 100 kg/ha kálium, 50 kg/ha foszfor, indítótrágyaként és első vágás után 40 kg/ha nitrogén hatóanyag kijuttatása javasolt. Cernaj et al. (1991) szerint a NPK műtrágya nagy drogtömeget és magas azuléntartalmat eredményez.

Termesztése állandó helyre vetéssel, palántázással, kis területeken tőosztással történhet. A vetés ideje augusztus vége-szeptember eleje, a sortávolság 50-70 cm, a vetőmagszükséglet 1,5-3 kg/ha. A magokat sekélyen kell vetni, a takaró földréteg vastagsága kb. 0,5 cm. Vetés után a talajt hengerezni kell. Szaporítható tűzdelt palántával is, ez munkaigényesebb és költségesebb szaporítási mód, de a kiültethető állomány egyenletesebb lesz. Ilyenkor a mag tavasszal szabadágyba vethető vagy február végén termesztőberendezésbe a talajfelszínre. A palántákat májusban vagy szeptemberben ültetik ki szabadföldre. A növénysűrűség 65ezer növény/ha (Németh, 2013).

A magoncok igen lassú fejlődésűek, így első évben a gyomirtásra nagy gondot kell fordítani, második évtől a beállt állomány a gyomok többségét elnyomja. A gyomirtás ma még csak mechanikai úton lehetséges. A cickafark vegyszeres gyomirtása nem kidolgozott, leginkább ez a tényező az, ami gátat szab a nagyüzemi termesztés térnyerésének (Németh, 2013).

Jelentős kártevője lehet a *Hemimene petriverella*, levélsodrómoly, melynek lárvái a gyökérnyakban rágnak. Kártevőként előfordulhatnak még levéltetvek (*Macrosiphoniella* spp, *Brachycaudus* spp.), virágpoloskák (*Lygus* spp.), aknázómolyok, bagolylepkék a cickafark állományokban. Hűvös, esős években megjelenhet a cickafark komplex gombás betegsége, mely az állomány tőrothadását eredményezi, a védekezés nem kidolgozott, de vetésváltás részben védelmet nyújt ellene. Jelentkezhet még a levélen foltokat, nekrózist okozó *Entyloma achilleae*, a levélcsúcs száradást okozó *Cercospora achilleae* és a lisztharmat (*Erysiphe cichoracearum*) (Németh, 2000).

A tapasztalatok szerint csak a második évtől számíthatunk teljes termésre. A betakarítás ideje a termesztési gyakorlat szerint teljes virágzásban van. Hagyományosan a virágzó, leveles hajtásokat 30-40 cm hosszúságban vágják (Rápóti et Romváry, 1987), bár egyes szerzők a felső 60 cm-es horizontot említik (Carron et al., 2012). Újabban a feldolgozók az ún. virágzati horizontot keresik, ami a hajtás virágzatokat tartalmazó,

felső, max. 20-30 cm hosszú része. Az első vágás júliusban, a második október elején lehetséges kaszálvarakodó gépekkel, kis területeken sarlóval. A betakarított drogot a szabadban, árnyékos helyen vagy max. 30-40°C-on műszárítóban lehet szárítani (Németh, 2013).

A kidolgozott termesztéstechnológián kívül, a standard minőségű drogok és végtermékek előállításához a megfelelő növényi háttér is szükséges. Ugyanakkor a mezei cickafarknak világszerte is csak néhány fajtája ismert (a szlovák 'Alba', a német 'Proa' és a svájci nemesítésű 'Spak'), melyek ma már több tíz éves nemesítésűek, intenzív termesztésben teljesítményükről kevés adat ismert. Hazánkban a mezei cickafarknak jelenleg egy fajtája van ('Azulenka'), mely 2014-ben kapott állami fajtaelismerést.

2.6.2. A vegyszeres gyomirtás és jelentősége a gyógynövények termesztésében

Gyomnövények okozta károsításról akkor beszélünk, ha egyes növényfajok vagy azok egy csoportja megzavarja az ember termelő-, ill. egyéb tevékenységét, veszélyezteti az egészségét. Az alapján, hogy az ember annak tekinti-e, minden növény lehet gyom: így a kultúrnövények is, ha kivadulnak, vagy magjaikat elszórva gyomosítanak. Illetve azok a természetes és mesterséges vegetációkban egyaránt elterjedt növények, amelyeket a köznyelv esetleg gyomnövénynek tart, kultúrnövénnyé válhatnak, ha az ember termesztésbe vonja őket. Éppen ez a helyzet a mezei cickafarkkal is, hiszen a legutóbbi időkig évelő gyomnövénynak számított, ugyanakkor ma a feladatunk e faj természetes konkurrenseinek gyérítése a termesztett állományokban. Bár a cickafarkhoz hasonló széles tűrőképességű fajok legtöbbször jobban alkalmazkodnak a mesterségesen kialakított termesztési viszonyokhoz, mégis máshogy viselkednek a természetes ökoszisztémából kiszakítva, így számos megoldandó probléma merül fel, míg a termesztést optimalizálni lehet (Bernáth et Zámboriné-Németh, 2015; Hunyadi, 2000; Roberts et al., 1982).

A gyomok jelenlétének hatása a kultúrnövények produkciójára jelentős. Egyes becslések szerint a gyomok jelenléte a legfontosabb kultúrákban körülbelül 10%-os terméskiesést eredményez, ami éves szinten nagymértékű veszteséget jelent a világ élelmiszer ellátásában. A hozam kiesés abból fakad, hogy a gyomok elszívják a kultúrnövény rendelkezésére álló vizet, ásványi anyagokat, fényt, így korlátozzák őket abban, hogy potenciáljukhoz képest teljes produkciót nyújtsanak. A gyomok károsításának mértéke sok tényezőtől függ, így részben a rendelkezésre álló forrásoktól is, de főként a kultúrnövény gyomokkal szembeni kompeticiós képességétől, amit a termőhely, növekedési ráta és növénysűrűség, az egyéb gyomfajok jelenléte és szaporítási ideje is befolyásolnak (Crafts, 1975; Roberts et al., 1982; Ujvárosi, 1957). A gyomok kultúrnövényekre gyakorolt negatív hatása azonban nem csupán a termés alakulását befolyásolja, hanem a betakarított növényanyag, gyógynövények esetén a feldolgozott drog minőségére is hatással lehet (Roberts et al., 1982). Akár a gyökerek, akár a föld feletti részek, termések, magok gyomokkal való szennyeződése rontja a minőséget, növeli az idegen növényi részek arányát, a tisztítási költségek növekedését okozva. A mérgező gyomok, gyommagvak jelenléte szintén nagy problémát jelent, ami újabban pl. a pirrololizidin alkaloidok kapcsán került a gyógynövény ágazatban is a figyelem középpontjába (Bernáth et Zámboriné-Németh, 2015; Steinhoff, 2016).

A herbicideknek a gyomirtásban és a gyomszabályozásban, azaz a gyomkárok minimalizálásában, jelentős szerepük van. Használatukkal csökkenthető a talajművelési

eljárások száma, korábbi vetésidő lehetséges, csökkenthető a termesztés kézimunka igénye, ami komoly költségcsökkenést eredményez, valamint lehetővé teszi a betakarítás gépesítését is. A sikeres alkalmazáshoz mindazonáltal igen fontos a herbicidek szakszerű felhasználása, ami rövidtávon a gyomirtó hatásban, hosszútávon pedig a termésnövekedésben jelentkezik (Berzsenyi, 2000; Berzsenyi-Győrffy, 1995; Crafts, 1975).

Hazánkban ma a gyógynövénytermesztésben a zömében kis felületek miatt a herbicid használat rendkívül korlátozott, a legtöbb kultúrában nincsenek engedélyezett szerek. A használatot szigorítja az is, hogy a különböző termelési céloknak megfelelően (hagyományos gyógyászati célú, bébitea, fűszer, aroma, kozmetikai vagy vegyipari felhasználás), a feldolgozók is egyéni igényekkel léphetnek fel a szermaradékokra vonatkozóan. Az mindenesetre bizonyos, hogy a felvásárlók ezen elvárásai egyre szigorodnak, ami a cégek által meghatározott szűk herbicid spektrumon és a maximálisan engedélyezett szermaradék koncentrációkon is látható (Bernáth et Zámboriné-Németh, 2015).

A közvéleményben gyakran tapasztalható félreértések ellenére egyértelmű, hogy a nagyüzemi gyógynövénytermesztés elképzelhetetlen hatékony növényvédelmi technológiák alkalmazása nélkül. Magyarországon a gyógynövények gyomszabályozására, gyomirtására irányuló első kísérletek az 1960-as években kezdődtek a Gyógynövény Kutató Intézetben, melynek eredményeként a 80-as évek végére az akkor termesztett kultúrák nagy részében rendelkezésre állt kidolgozott gyomszabályozási technológia (Bernáth et Zámboriné-Németh, 2015). Az első ígéretes eredményeket triazinszámazékokkal érték el több fajban (Földesi et Sváb, 1968). A 70-es évek végére a felmerülő fitotoxicitási problémák és az elszaporodott herbicid rezisztens gyomok miatt szükségessé vált a gyomirtási technológiák újragondolása: hatásos és gazdaságos, herbicid rotációra épülő, korszerű, nagyüzemi vegyszeres technológiák kidolgozása került előtérbe (Nagy et Szalay, 1977). Ebben az időszakban számos további gyógynövény faj vegyszeres gyomirtási technológiáját kidolgozták, illetve fejlesztették, fokozottan szem előtt tartva a beltartalmi jellemzőket. Még a kisebb jelentőségű fajok között is akadtak sikeres példák, mint az évelő római kamilla, a tárkony vagy a gyapjas gyűszűvirág (Nagy et Szalay, 1978; Nagy et al.,1978; Nagy et al., 1984). Az intenzív herbicid kutatások a gyógynövény ágazatban a 90-es években fejeződtek be Magyarországon, az addig engedélyezett hatóanyagok nagy részét ekkortájt ki is vonták a forgalomból. Intenzív vegyszeres gyomirtási fejlesztések ezután csak néhány, nagy területen termesztett szántóföldi kultúra esetén folytatódtak (mák és mustár), ahol az ágazaton kívüli ipari érdekeltségek ezt támogatni tudták (Bernáth et Zámboriné-Németh, 2015). Így ma, ezek kivételével valódi herbicid választékról gyakorlatilag nem beszélhetünk, a kb. 40-50 gyógynövény kultúrában csupán 4 hatóanyag (MCPA, S-metolaklór, klomazon és pendimetalin) felhasználása engedélyezett (Bernáth, 2013).

Külföldön is kevés példa akad a gyógynövények vegyszeres gyomirtásának fejlesztésére az utóbbi 10-15 évben. Így Zheljakov et al. (2006) a máriatövisben a pendimetalin, metribuzin, linuron, bentazin, és trifluralin hatóanyagokat tesztelték, illetve megállapították, hogy a muskotályzsályában a linuron önállóan, illetve quizalofoppal kombinációban eredményezi a legjobb biomassza és illóolaj hozamot (Zhalnov et Zheljakov; 2016). Vaculík (2008) preemergensen kijuttatott herbicideket vizsgált a konyhaköményben és egyes szerek (Afalon, Stomp) szelektívnek bizonyultak a

kultúrnövényre nézve. Singh et Saini (2008) a mentában a diuron hatóanyag preemergens alkalmazását tesztelte a mechanikai gyomszabályozási módok, például mulcsozás mellett. Yousefi et Rahimi (2014) a talajherbicidek mechanikus módszerekkel való kombinált alkalmazási lehetőségeit vizsgálta az édeskömény gyomszabályozásában.

Az utóbbi években elsősorban külföldön, ezen belül is Németországban ismerték fel azt a nagy hátrányt, amit a gyógynövénytermesztésben engedélyezett herbicidek hiánya jelent. Kiterjedt, több forrásból finanszírozott projektet indítottak éppen e probléma orvoslására és ma már számos gyógy- és fűszernövény kultúra esetében van engedélyezett szer, amit a termelőknek ajánlani tudnak. Gyors, de csak korlátozottan alkalmazható segítséget jelent a hazai termelőknek a Németországban engedélyezett herbicidek könnyített eljárással való felhasználása eseti engedéllyel (Bernáth et Zámboriné-Németh, 2015).

A mezei cickafark vegyszeres gyomirtására még sehol nem született dokumentált gyakorlati eredmény. *A. millefolium* állományban Pank et al. (1983) több mint 50 herbicidet vizsgáltak, több szer használata kifejezetten előnyösnek bizonyult, pl.: nitrofen, alloxidim-nátrium. Kísérletükben a vegyszeres gyomszabályozás a telepítés évében 65%-kal csökkentette, második évben szinte teljesen szükségtelenné tette a gyomirtás kézimunka-igényét. Canterburry-ben dísznövényként termesztett *A. millefolium* magoncállomány herbicides szkrínvizsgálatában számos nem szelektív szert vizsgáltak, ezek közül a klopyralid, klórszulfuron, bromacil és terbacil hatóanyagúak teljes mortalitást okoztak, míg többek között a fenoxi, triazin és dinitrolanilin hatóanyagúak relatíve hatástalannak bizonyultak (Bourdot et al., 1984). Sajnos e sporadikus eredmények a mai, humán felhasználásra szánt termékek előállítását célzó mezei cickafark termesztésben és a jelenlegi EU szerhasználat tükrében egyáltalán nem nyújtanak segítséget, így a kérdés vizsgálata erősen aktuális.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kísérletek helyszínei

A mezei cickafark produkcióját és hatóanyagait vizsgáló szabadföldi kísérletek két helyszínen, a Gyógy- és Aromanövények Tanszék soroksári kísérleti üzemében és Kovács Imre gyógynövénytermesztő területén Heves megye déli részén, Kál nagyközség közelében, kerültek beállításra, 2012 és 2014 között. A soroksári kísérleti üzem területe a Duna egykori ártéri hordalékos homoktalaján található, földrajzi koordinátái é. sz. 47°24'17.60", k. h. 19°09'05.33", tengerszint feletti magassága 110 m. Kovács Imre területe, mely Kál nagyközség külterületén helyezkedik el, a Gyöngyösi-síkon fekszik, az Észak-alföldi hordalékkúp-síkság területén, a település földrajzi koordinátái é. sz. 47°43'50", k. h. 20°15'46".

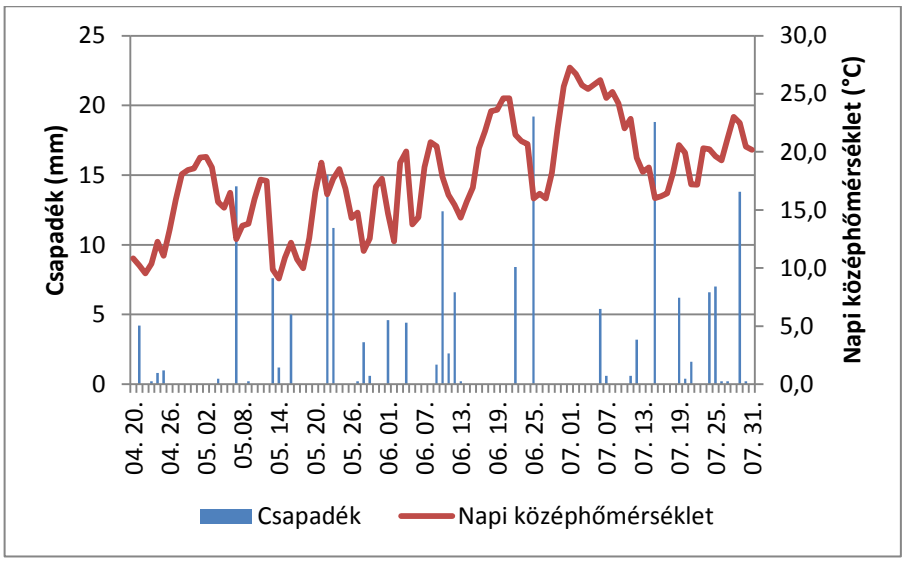
A két kísérleti terület legfontosabb talajparaméterei a **2. táblázatban** láthatóak. Az analízis elvégzéséhez vett talajmintákat a talaj felső 0-30 cm rétegéből vettük 2013-ban.

2. táblázat: A soroksári és káli kísérleti területek talajparaméterei

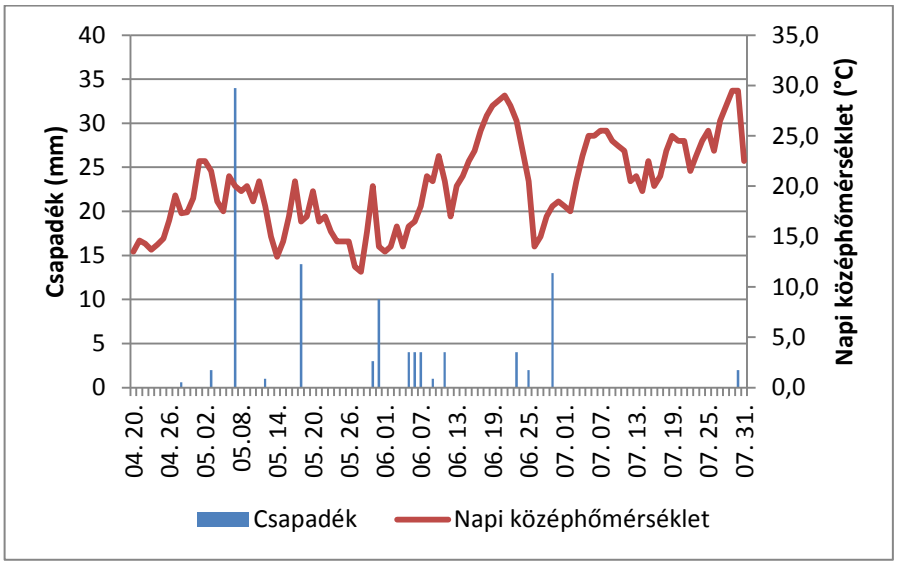
	Soroksár	**Kál**
pH (vizes)	7,78	5,01
pH (KCl)	7,36	4,74
EC (µc/cm)	90,4	54,0
Só (mg/kg)	225,5	133,5
Nitrát (mg/kg)	4,5	5,0
P_2O_5 (T%)	58,6	84,7
K_2O (mg/kg)	17	15
$CaCo_3$ (%)	18,24	0,67
H (%)	3,11	3,04
K_A	22,2	24

Mindkét kísérleti területre a könnyen felmelegedő homokos talaj volt jellemző. Soroksáron a talaj enyhén lúgos, kis sótartalmú, közepesen meszes durva homoktalaj. Káliumtartalma igen gyenge, foszfortartalma gyenge, humusztartalma homoktalajhoz képest igen jó besorolású. A területen – korábbi kísérleti tapasztalataink szerint-jellemzően kisebb-nagyobb talajfoltok vannak, melyek jellemzői igen eltérőek lehetnek. Kálon a talaj savanyú, alacsony sótartalmú, gyengén meszes durva homoktalaj. Káliumtartalma igen gyenge, foszfortartalma közepes, humusztartalma igen jó besorolású.

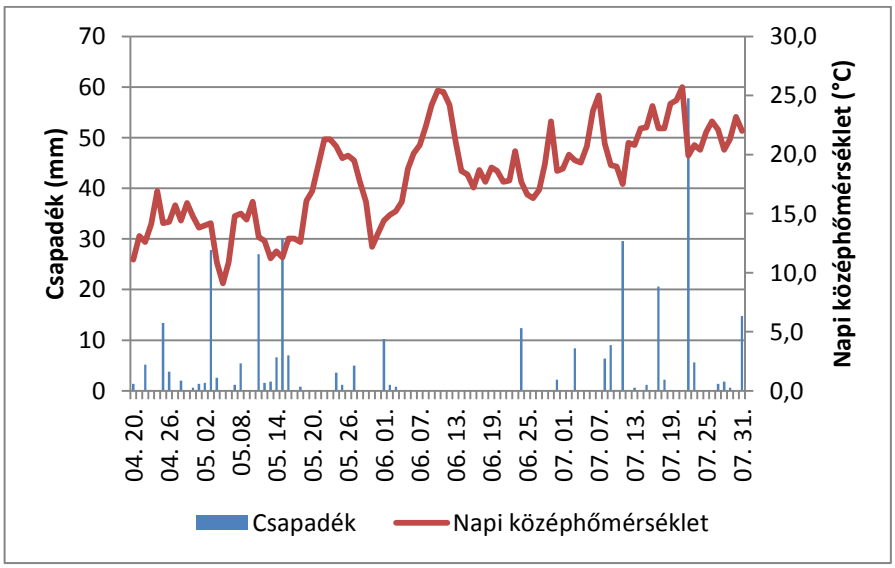
Soroksár és Kál is mérsékelt kontinentális klímájú, a hőmérséklet alakulása az év folyamán szignifikánsan változik, a csapadék eloszlása a tavaszi időszakban rendszerint kiegyenlítettebb, míg a nyár gyakran száraz. A kísérleti évek érintett időszakának napi középhőmérséklet és csapadék adatai az **5-10. ábrákon** láthatóak, a meteorológiai adatok a Pestszentimre és káli mérőállomásokról származnak.



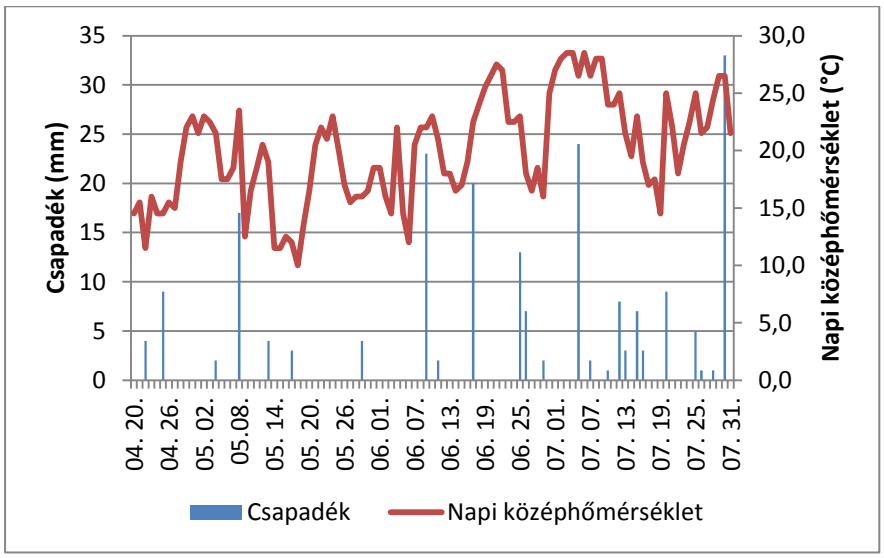
5. ábra: A csapadék és napi középhőmérséklet alakulása Soroksáron, 2012-ben.



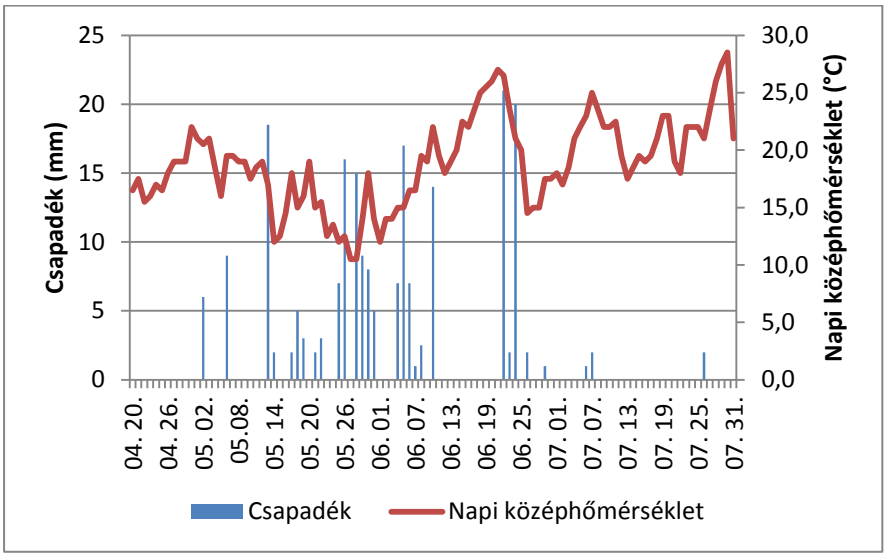
6. ábra: A csapadék és napi középhőmérséklet alakulása Soroksáron, 2013-ban.



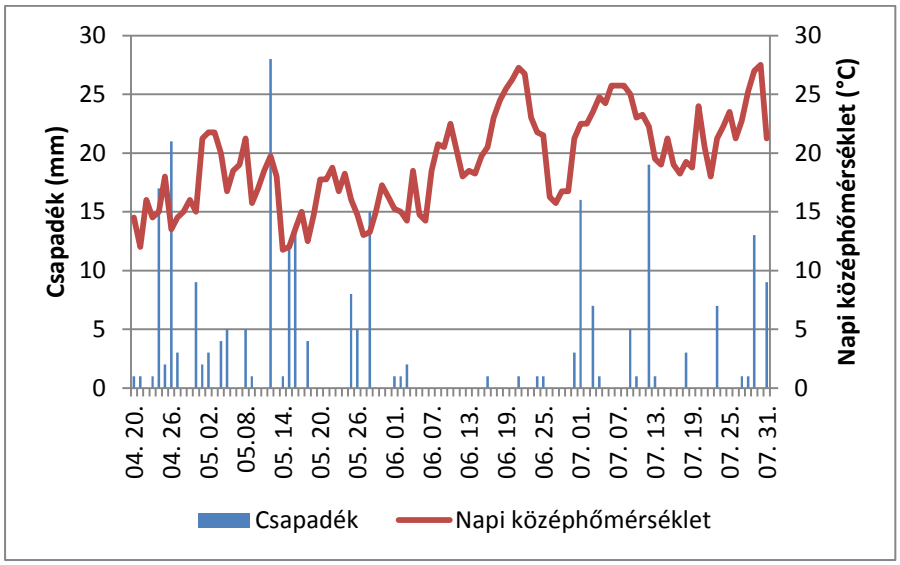
7. ábra: A csapadék és napi középhőmérséklet alakulása Soroksáron, 2014-ben.



8. ábra: A csapadék és napi középhőmérséklet alakulása Kálon, 2012-ben.



9. ábra: A csapadék és napi középhőmérséklet alakulása Kálon, 2013-ban.



10. ábra: A csapadék és napi középhőmérséklet alakulása Kálon, 2014-ben.

A havi középhőmérsékleti értékek mindhárom évben az évszakra jellemzőek voltak, kisebb-nagyobb hőmérsékleti ingadozások egy termőhelyen belül, illetve termőhelyek közötti különbségek előfordultak. Az érintett időszakok átlagos középhőmérsékleti értékei 17,9°C és 20,1°C között alakultak, az április végi középhőmérséklet is már 13,5-17,8°C között volt, majd a következő hónapokban folyamatosan emelkedett, a legmagasabb napi középhőmérsékleti értékeket (21,3-23,5°C) valamennyi helyszínen és évben, júliusban detektáltuk. A tenyészidőszak során hullott csapadék mennyisége ennél jelentősebb különbséget mutatott a vizsgált években: 2013-ban Soroksáron mindössze 103 mm volt a csapadékösszeg az április 3. dekádjától július végéig terjedő időszakban, szemben a Kálon tapasztalt csapadékos hónapokkal (210 mm) és a korábbi évben mért értékekkel (189-207 mm). A legcsapadékosabb időjárás a vizsgált időszakban mindkét helyszínen 2014-ben volt, ekkor április 20-tól július végéig Soroksáron 340 mm, Kálon 257 mm csapadék hullott.

3.2. A kísérletek anyagai és módszerei

A továbbiakban a jobb követhetőség érdekében a kísérletek anyagát és módszereit kísérletenként külön-külön mutatom be.

3.2.1. A mezei cickafark morfológiai, produkciós és kémiai variabilitása

3.2.1.1. Növényanyag

A kísérlet növényanyaga tizenegy *A. collina* Becker taxon[1] volt, melyek között magyar fajta (‘Azulenka’), jól ismert európai nemesítésű fajták (‘Alba’, ‘Proa’, ‘Spak’), magyarországi, fajtamegnevezés nélküli, termesztésből származó tételek (Földes, Gyula és Kál) és spontán élőhelyekről gyűjtött, saját génbanki anyagok (Gb9, Gb10, Gb22, Gb47) voltak (**3. táblázat**).

3. táblázat: A vizsgálatba vont taxonok és eredetük

Taxon megnevezése	Taxon jelölése	Taxon eredete
A. collina 'Azulenka'	T1	magyar fajta
A. collina 'Alba'	T2	szlovák fajta
A. collina 'Proa'	T3	német fajta
A. collina 'Spak'	T4	svájci fajta
A. collina Földes	T5	köztermesztésű anyag, Földes, Magyarország
A. collina Gyula	T6	köztermesztésű anyag, Gyula, Magyarország
A. collina Kál	T7	köztermesztésű anyag, Kál, Magyarország
A. collina Gb9	T8	vadon termő populáció Aszód, Magyarország
A. collina Gb10	T9	vadon termő populáció, Remeteszőlős, Magyarország
A. collina Gb22	T10	vadon termő populáció, Nagymaros, Magyarország
A. collina Gb47	T11	vadon termő populáció, Mikóújfalu, Románia

[1]Az eltérő magtételből származó populációkat (fajták, fajtanév nélküli termesztett és vadon termő anyagok) taxonként említjük, mivel nem lehet közös taxonómiai egységre vonatkozó elnevezést használni rájuk.

A növények szaporítása magvetéssel történt 2012. március 22-én, a növények kb. 4 hetes korukban 5x5 cm sejttálcába lettek át tűzdelve. Mind magvetéskor, mind tűzdeléskor tőzeges földkeveréket használtunk. A magoncok fűtetlen üvegházban fejlődtek a végleges helyükre történő kiültetésig, ami 2012. május 16-án történt, a növények 5-7 tőleveles állapotában, a Gyógy- és Aromanövények Tanszék soroksári kísérleti telepén, 50x25 cm-es sor- és tőtávolságra. A kísérlet kisméretű parcellákon (1x4 m), három parcellaismétléssel lett beállítva (**11. ábra**), parcellánként 32 növény került kiültetésre. A kísérlet parcella elrendezése az **M2 mellékletben** látható. A telepítés után és a kísérleti években a tenyészidőszak alatt esőztető öntözéssel biztosítottuk az állomány csapadék utánpótlását, míg a tápanyagutánpótlást márciusban komplex műtrágya (NPK-100/50/50 kg/ha), betakarítás után pedig fejtrágya (Volldünger, 2,0 kg/100 m^2) kijuttatásával. 2013. és 2014. években az állományon megjelenő gombás betegségek miatt több alkalommal szükség volt kémiai védekezésre, melyet növényvédő szakember végzett el Amistar szerrel (azoxistrobin, 10 ml/5 l dózisban).

11. ábra: A taxonösszehasonlító kísérlet növényállománya. Balra: 2013 márciusában, a vegetációs isdő kezedetén, jobbra: 2013 júliusában, virágzáskor.

A földalatti részek variabilitását vizsgáló, *Achillea* gyökér analízishez a gyökerek 2014-ben három éves növényekről kerültek betakarításra, a mintavétel nyár közepén, a növények virágzása után történt populációnként 24 egyedről, melyek aztán együtt kerültek feldolgozásra. A gyökérminták szárítása természetes módon az üzem szárítóhelységében történt. A mintákat az extrakció és a kémiai analízisek elvégzése előtt megtisztítottuk a föld feletti és egyéb idegen növényi részektől, talajtól. A minták feldolgozása és a gyökerek illóolaj-tartalmának a meghatározása a tanszék laboratóriumában történt, a HS és diklórmetán extraktok elkészítése, valamint a GC-MS és GC-FID analízisek a nisi egyetem kémia tanszékén történtek együttmüködésben (Department of Chemistry, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Nis).

3.2.1.2. Fenológiai és morfológiai jellemzők

A palánták kiültetésétől kezdve nyomon követtük a növények fejlődését, virágzási idejük alakulását. 2012-ben a teljes virágzásban levő növényekről rövid morfológiai leírást készítettünk, melyben lejegyeztük a taxonokra jellemző habitust, levélszínt, antociánosságot, egyéb specifikus jellemzőket. A taxonok homogenitását 1-től 5-ig skálarendszeren értékeltük, ahol 1-teljesen homogén; 2-nagyrészt homogén; 3-közepesen homogén; 4-nagyrészt heterogén; 5-teljesen heterogén volt. A taxonok

növénymagasságának megállapítására teljes virágzáskor megmértük a töveken található legmagasabb virágzati szárat parcellánként 6 ismétlésben. Emellett a virágzati horizont (az egy tövön található eltérő szárhosszúságú virágzatok közti hosszúságbeli különbség) meghatározására megmértük a töveken a legmagasabb és legrövidebb virágzati szár eltérését, parcellánként 6 ismétlésben. A növénymagasság és virágzati horizont mérését 2012-ben és 2013-ban végeztük el.

3.2.1.3. Produkciós jellemzők

Az állományok teljes virágzásakor vettünk mintát a taxonokból. A mintavétel 2012-ben július 18-án, 2013-ban július 02-án, 2014-ben július 08-án történt. Parcellánként véletlenszerűen kiválasztott 5 db tövet vágtunk le kb. 10 cm-es tarlóval, kézzel, a friss növényanyagot ezután a kísérleti üzem szárítóhelységében természetes körülmények között kiterítve megszárítottuk, majd megmértük száraz drogtömegüket. A drog szervi arányainak meghatározására a minták 20-20 g–ját szétszedtük virágzat, levél, szár szervekre, tömegüket lemértük, majd százalékra átszámítva kaptuk meg a különböző növényi szervek arányát. 2014-ben az állomány erősebb gombás megbetegedése miatt csak korlátozottan volt lehetőség mintavételre, így hozamot és szervi arányokat nem tudtunk mérni.

3.2.1.4. A föld feletti részek beltartalmi mutatói

Illóolaj-tartalom

Az illóolaj-tartalmat a teljes virágzásban gyűjtött szárakban vízgőzdesztillációval határoztuk meg a VII. Magyar Gyógyszerkönyv *Achilleae herba* cikkelyében leírtak alapján. Ehhez 20-20 g szárított növényanyagot 2 órán keresztül Clevenger típusú apparátusban desztilláltunk. A lepárlás után a berendezés falára tapadt kék színű illóolajat hexánnal mostuk le, majd elszívófülkében elpárologtattuk az oldószert és lemértük a kinyert illóolaj súlyát. Az illóolaj-tartalom meghatározása mindhárom kísérleti évben 3 ismétlésben történt taxononként. Az illóolaj-tartalmat szárazanyagra vonatkoztatva g/100 g-ban adtuk meg.

Proazulén-tartalom

A kék színű illóolajak proazulén-tartalmának meghatározása a VIII. Magyar Gyógyszerkönyv *Millefolii herba* cikkelyében leírt módszer szerint történt. Ehhez az illóolajat xilollal 50 ml-re hígítottuk, majd az oldat abszorbanciáját 608 nm-en mértük, vak oldatként xilolt használtunk. A kamazulénban kifejezett proazulén-tartalom %-ban lett megadva. A proazulén-tartalom meghatározása mindhárom kísérleti évben 3 ismétlésben történt taxonoként.

Összflavonoid-tartalom

Az összflavonoid-tartalmat a VIII. Magyar Gyógyszerkönyv *Crataegi folium cum flore* cikkelyében leírt módszer szerint határoztuk meg. Az alapoldat elkészítéséhez 0,4 g porított drogot 200 ml-es lombikban 40 ml alkohollal (60%V/V) vízfürdőben 60°C-on, gyakori rázogatás mellett 10 percig melegítettünk, ezután a lehűlt kivonatokat vattapamaton keresztül 100 ml-es mérőlombikba szűrtük. A vattapamatot a drog maradékával visszatettük a 200 ml-es lombikba, 40 ml alkoholt (60%V/V) öntöttünk rá és vízfürdőben 60°C-on, gyakori rázogatás mellett, ismét 10 percig melegítettük, majd lehűlés után a kivonatot ugyanabba a 100 ml-es mérőlombikba szűrtük, mint az előbb. A 200 ml-es lombikot, a szűrőt ezután alkohollal a 100 ml-es lombikba öblítettük, majd végtérfogatra hígítottuk és szűrtük. A vizsgálati oldat elkészítéséhez ezután az alapoldat 5

ml-jét gömblombikba mértük és csökkentett nyomáson szárazra párologtattuk. A maradékot 10 térfogatrész metanol és 100 térfogatrész tömény ecetsav elegyének 8 ml-ében feloldottuk és az oldatot 25 ml-es mérőlombikba vittük át. A gömblombikot 10 térfogatrész metanol és 100 térfogatrész tömény ecetsav elegyének 3 ml-ében a 25 ml-es mérőlombikba öblítettük, 10 ml - bórsavat 25 g/l és oxálsavat 20 g/l koncentrációban tartalmazó- vízmentes hangyasavat adtunk hozzá és az oldatot vízmentes ecetsavval 25 ml-re hígítottuk. A kompenzáló oldat elkészítéséhez az alapoldat 5 ml-jét gömblombikba mértük és csökkentett nyomáson szárazra pároltuk. A maradékot 10 térfogatrész metanol és 100 térfogatrész tömény ecetsav elegyének 8 ml-ében feloldottuk és az oldatot 25 ml-es mérőlombikba vittük át. A gömblombikot 10 térfogatrész metanol és 100 térfogatrész tömény ecetsav elegyének 3 ml-ében a 25 ml-es mérőlombikba öblítettük, 10 ml vízmentes hangyasavat adtunk hozzá, majd az oldatot vízmentes ecetsavval 25 ml-re hígítottuk. Az oldatok elkészítése után 30 perc elteltével 410 nm-en mértük a vizsgálati oldat abszorbanciáját a kompenzáló oldattal szemben. Az összes flavonoid-tartalmat hiperozid %-ban adtuk meg. Az összflavonoid-tartalom meghatározása a 2012 és 2013 kísérleti években 3 ismétlésben történt taxononként. 2014-ben az állomány erősebb gombás megbetegedése miatt az összflavonoid-tartalom meghatározására nem volt mód.

Összfenol-tartalom

A minták összfenol-tartalmát Singleton és Rossi (1965) módosított módszerével mértük a mintákból készített vizes és alkoholos oldatokban. A vizes kivonatok elkészítéséhez 1-1 g porított mintát leforráztunk 100°C-os desztillált vízzel (100 ml), majd 24 órán keresztül állni hagytunk. Az alkoholos kivonatokhoz szintén 1-1 g porított mintát használtunk, ám a kivonás 20%-os etanollal történt, 72 órán keresztül. A kivonatokat, miután elkészültek, mindkét típusnál, szűrtük, majd a mérésig hűtőben tároltuk 4°C-on. Az összfenol-tartalom méréshez 0,5 ml oldatot, majd 2,5 ml 10 v/v% Folin-Ciocalteau reagenst helyeztünk a teszt csövekbe. 1 perces inkubáció után 2 ml nátrium-karbonát oldatot (0.7 M) adtunk hozzá. Az oldatok abszorbanciáját 5 perces meleg (50 °C) vízben történő inkubáció után mértük 760nm-en. A kalibráláshoz standardként galluszsavat (0,3 M) használtunk. A minták összfenol-tartalmát mg galluszsav egyenérték (GSE)/ g szárazanyag (sz.a.)-ban adtuk meg. Az összfenol-tartalom meghatározása 2012 és 2013 kísérleti években 3 ismétlésben történt taxonoként. 2014-ben az állomány erősebb gombás megbetegedése miatt az összfenol-tartalom meghatározására nem volt mód.

3.2.1.5. A földalatti részek illóolaj-tartalma és összetétele

Illóolaj-tartalom meghatározása

A földalatti részek illóolaj-tartalmának meghatározásához 50-50 g porrá őrölt gyökeret desztilláltunk Clevenger-típusú berendezésben, 4 órán keresztül. Az illóolaj-tartalmat szárazanyagra vonatkoztatva g/100 g-ban adtuk meg.

Headspace (HS) analízis

A HS kivonatok elkészítéséhez 500 mg aprított száraz gyökeret 2 ml desztillált vízbe áztattunk 20 ml-es fiolában. A mintát ezután 80 °C-ra hevítettük, 20 percen át ezen a hőmérsékleten tartottuk, mialatt a következő keverési program futott: rázás 5 másodpercen keresztül, szünet 2 másodpercig. Ezután a gőztérből 500 µl –t (split arány 10:1) injektáltunk a fűtött tűre, mely aztán közvetlenül a GC berendezés kolonnájára juttatta a mintát.

Diklór-metán kivonatok elkészítése

A diklór-metán kivonatok elkészítéséhez 2-2 g aprított gyökeret 10 ml diklór-metánba áztattunk. A mintákat 20 percre ultrahangos fürdőbe helyeztük, majd sötétben, szobahőmérsékleten állni hagytuk 3 napig. Ezután vizsgálati oldatból 2 ml-t leszűrtünk 0,45 µm membrán PTFE filteren (Rotilabo-Spritzenfilter 13 mm, Roth, Karlsruhe, Germany), majd fiolába tettük és továbbítottuk GC-MS és GC-FID analízishez.

GC-MS és GC-FID analízis

A desztillált gyökérolaj, a headspace kivonat és a diklór-metán kivonatok összetételét GC-MS (gázkromatográfia-tömegspektrometria) és GC-FID (lángionizációs detektor) módszerrel határoztuk meg. Az összes mintát 7890/7000B GC-MS/MS triple quadruple rendszeren elemeztük (Agilent Technologies, USA, Combi PAL auto sampler). A használt oszlop HP-5MS olvasztott szilíciumdioxid-kapilláris oszlop (5% fenil-metil-sziloxán, 30 m x 0.25 mm, film vastagság: 0.25 µm) volt. Az injektor és az interface 250 és 300 °C-on működött. Az illóolajok és a HS minták esetén a következő hőmérsékleti program futott: 50 °C 2,25 percig, majd 50 °C-ről 290 °C-ra felfűtve 4 °C/ min sebességgel. A diklór-metán kivonatok esetében pedig az alábbi hőmérsékleti programot használtuk: 70 °C 2.25 percen át, majd 70 °C-ról300 °C-ra felfűtve 5 °C/ min sebességgel, majd 300 °C-on tartva 10 percen át. Az illóolajaknál 1µL-t injektáltunk be a hexános keverékből 40:1 split arányban. A HS kivonatok esetén a gőztérből 500 µL, 10:1 split arányban került injektálásra. A diklór-metán kivonatok esetén pedig 1 µL-t injektáltunk split nélkül. A vivőgáz hélium volt, 1.0 mL/min áramlási sebességgel. Post run: back flash 1,89 percen át, 280 °C-on, héliummal (50 psi). MS beállításai az alábbiak voltak: ionizációs feszültség 70 eV, szkennelési idő 0,32 másodperc. A GC-FID analízis ugyanazon beállítások mellett, ugyanazon kolonnával történt, mint a korábban ismertetett GC-MS. A olaj összetevőinek százalékos értékei a GC csúcsok areája alapján kerültek kiszámításra, korrekció nélkül. A kémiai összetevőket lineáris retenciós indexük alapján azonosítottuk (C8 –C40 szénatom számú alkánok alapján [Van Den Dool et Kratz] a HP-5MS kolonnán) az irodalmi adatok és MS adatbázisok -Wiley 6, NIST02- és az AMDIS-32 software használatával.

3.2.1.6. Statisztikai értékelés

Az eredményeket Microsoft Office 2010-es, illetve IBM SPSS 22. szoftverrel elemeztük egytényezős, vagy többtényezős varianciaanalízissel. Az adatok normalitását Kolmogorov-Smirnov teszttel, a szóráshomogenitást Levene teszttel ellenőriztük. A kezelések páronkénti összehasonlítására - a szóráshomogenitás esetében - Tukey HSD post hoc összehasonlítást végeztünk. Amennyiben a szórások homogenitása nem egyezett, úgy az adatok páronkénti összehasonlítása Games-Howel teszttel történt. Az adatok kiértékelését 95 %-os megbízhatósági szinten ($p \leq 0,05$) végeztük. Az adatsorok közötti kapcsolatot Pearson féle korrelációs együtthatóval vizsgáltuk.

3.2.2. Az ontogenetikai tényezők vizsgálata

3.2.2.1. Növényanyag

A kísérlet növényanyagát elsőéves *A. collina* 'Proa' állományok adták. Az állományok növényanyagának előállítása a káli termesztő üzemben történt kora tavaszi (március eleji) tőzeges földkeverékbe történő magvetéssel és április végi-május eleji palántakiültetéssel. A szaporítóanyag sejttálcába lett elvetve, a palántákat tűzdelés nélkül, de többszöri visszavágással nevelték fűtött fóliasátorban. A palánták kiültetése 5-7 leveles állapotban történt 50 x 25 cm térállásra, Soroksáron 2012-ben május 7-én, 2013-ban május 8-án, 2014-ben pedig május 7-én, Kálon 2012-ben április 25-én, 2013-ban a május 3-án, míg 2014-ben április 25-én kerültek telepítésre. A kísérletet Soroksáron kisparcellás (30 m^2) körülmények között, míg Kálon üzemi méretű parcellán (1-2 ha), állítottuk be (**12. ábra**), a kiültetett növények sűrűsége kb. 8 növény/m^2 volt. A növényápolás a 3.2.1.1. fejezetben leírt módon történt.

12. ábra: A fenofázis kísérlet növényállományai 2013-ban (balra: Soroksár, jobbra: Kál).

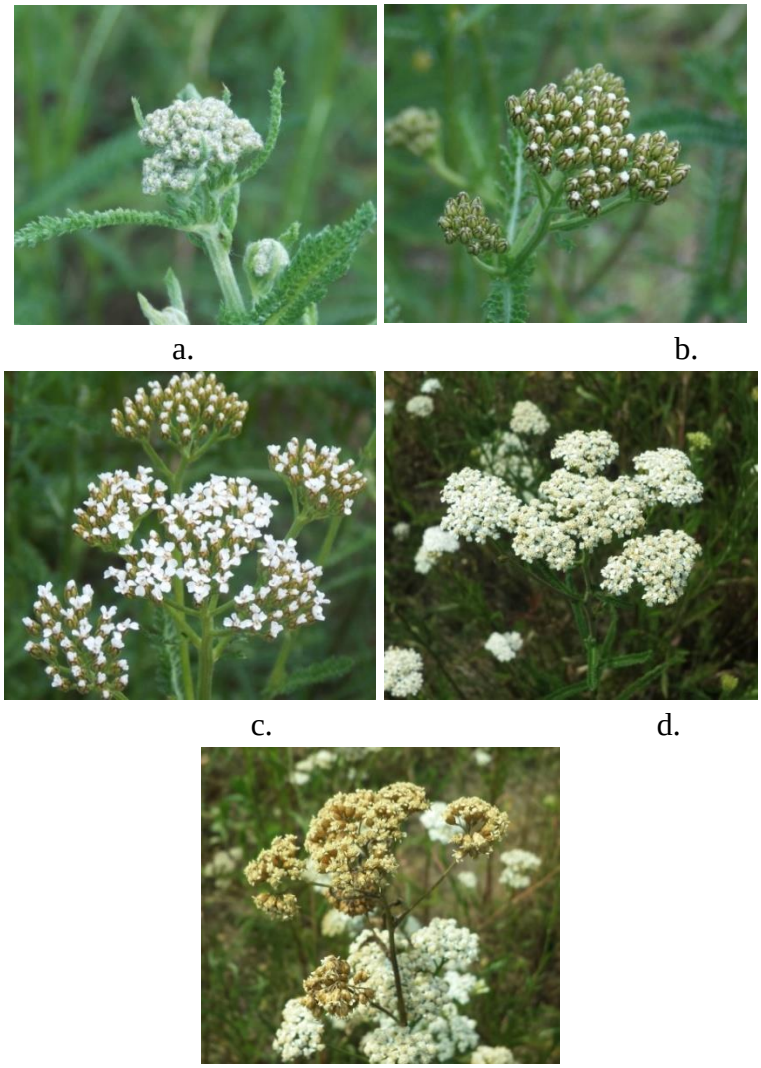
3.2.2.2. Mintavételezés

Az állományokban a virágzás során 5, az általános BBCH skála (http://www.bba.de/veroeff/bbch/bbcheng.pdf) szerinti fejlődési fázisban vettünk átlagmintát (**4. táblázat, 13. ábra**), a növények hajtását kb. 30 cm hosszú szárral vágva. Fenofázisonként kb. 50-50 db növényről történt a mintavételezés, fenofázis meghatározással minden egyes növényegyed esetén.

4. táblázat: Az egyedfejlődés hatásának vizsgálata céljából mintázott fejlődési fázisok

Fejlődési állapot	Fenofázis meghatározása	BBCH skála
Zöldbimbós	A virágzati bimbók és bennük a virágok jól láthatóak, de zártak, a sziromlevelek nem látszódnak.	55
Fehérbimbós	A virágzati bimbókban jól láthatóak a virágok (még zárva) és az első fehér sziromlevelek.	59
Virágzás kezdete	A virágok 10 %-a nyitva van.	61
Teljes virágzás	A virágok 50 %-a nyitva van.	65
Elvirágzott	A nyelves virágok teljesen elszáradtak, a termés fejlődni kezdett.	69

A mintavételi időpontok az **5. táblázatban** láthatóak. A betakarított mintákat természetes módon, napfénytől védve szárítottuk és tároltuk a feldolgozásig, illetve az azt követő laboratóriumi vizsgálatokig. A beltartalmi vizsgálatok előtt a mintákat összeaprítottuk, majd homogenizáltuk.



13. ábra: Az egyedfejlődés hatásának tanulmányozásához mintázott fenofázisok, a. zöldbimbós, b. fehérbimbós, c. virágzás eleje, d. teljes virágzás, e. elvirágzott.

5. táblázat: A fejlődési fázisokhoz tartozó mintavételi időpontok a kísérlet két helyszínén 2012-2014. években.

	Kál			**Soroksár**		
	2012	**2013**	**2014**	**2012**	**2013**	**2014**
Zöldbimbós	06. 28.	07. 10.	07. 04.	07. 04.	06. 28.	07. 07.
Fehérbimbós	06. 28.	07. 10.	07. 04.	07. 04.	06. 28.	07. 07.
Virágzás eleje	06. 28.	07. 10.	07.04.	07. 04.	06. 28.	07. 07.
Teljes virágzás	07. 13.	07. 18.	07.19.	07. 18.	07. 10.	07. 24.
Elvirágzott	07. 13.	07.18.	07.19.	07. 27.	07. 22.	07. 31.

3.2.2.3. Szervi arányok

A minták 20-20 g-ját lemorzsolva és szárrészektől szétválasztva lemértük, majd százalékos értékre átszámolva adtuk meg a drogban a virágzat és a levél együttes arányát, fenofázisonként 3 ismétlésben, a kísérlet két helyszínén.

3.2.2.4. Beltartalmi mutatók

Illóolaj-tartalom

Az illóolaj-tartalom meghatározása a 3.2.1.4. fejezetben leírtak szerint történt, fenofázisonként 3 ismétlésben, a kísérlet két helyszínén.

Proazulén-tartalom

A proazulén-tartalom meghatározása a 3.2.1.4. fejezetben leírtak szerint történt, fenofázisonként 3 ismétlésben, a kísérlet két helyszínén.

Összflavonoid-tartalom

Az összflavonoid-tartalom meghatározása a 3.2.1.4. fejezetben leírtak szerint történt, fenofázisonként 3 ismétlésben Soroksáron. A káli anyagok esetén nem volt minden évben és fenofázisban elegendő mintánk az összflavonoid-tartalom meghatározására.

Összfenol-tartalom

Az összfenol-tartalom meghatározása a 3.2.1.4. fejezetben leírtak szerint történt, fenofázisonként 3 ismétlésben Soroksáron a vizes kivonatokban. A káli anyagok esetén nem volt minden évben és fenofázisban elegendő mintánk az összfenol-tartalom meghatározására.

3.2.2.5. Statisztikai értékelés

Az eredmények statisztikai értékelését a 3.2.1.6. fejezetben leírtak szerint végeztük el.

3.2.3. A termesztési feltételek optimalizálása - A környezeti tényezők hatásának vizsgálata

3.2.3.1. Növényanyag és kísérleti körülmények

A kísérlet növényanyagát egyéves, szabadföldi ültetvényből származó *Achillea collina* Becker egyedek képezték. Tíz, egészséges tövet választottunk ki a jó minőségű, tanszéken szelektált 'M' (magelőállításra szánt) állományból, melyeket aztán a földből kiszedve, tőosztással két megközelítőleg ugyanakkora részre szedtünk szét, így ugyanazon genetikai állománnyal rendelkező klónokat kaptunk. Ezt a tíz-tíz növényt ültettük műanyag cserepekbe és állítottuk összehasonlító kísérletbe, párhuzamosan üzemelő klímakamrákba (**14. ábra**). A cserepek átmérője 16,0 cm, magassága 15,5 cm volt, ültető közegként Compo Sana Potting Soil általános föld keveréket használtunk. A kísérlet első kilenc hetében heti kétszer öntöztük meg a növényeket, később kétnaponta kaptak vízutánpótlást, biztosítva ezzel a talaj 65-70%-os relatív víztartalmát. Tápanyag utánpótlást a növények kéthetente kaptak, 0,2 l, 0,25%-os Wuxal Super komplex műtrágyát jutattunk ki minden cserépbe. A kísérlet ideje alatt megjelenő atkák és levéltetvek ellen Axoris Compo növényvédőszert tartalmazó rudakat helyeztünk a cserepekbe.

14. ábra: A környezeti tényezők hatásának vizsgálata során használt „hideg” kezelést kapott növényanyag a klímakamrában.

3.2.3.2. Kezelések

A különböző környezeti tényezők hatásának vizsgálatára kezelésként két időjárási program került beállításra a klímakamrákban (Fitotron SGC120, Weiss Gallenkamp Ltd., Loughborough, Leicestershire, United Kingdom) 2012-ben. Az egyik program egy szubmediterrán-jellegű „meleg” („M”) időjárást modellezett magasabb kezdeti és később intenzíven emelkedő hőmérsékleti értékekkel és erősebb megvilágítással. A másikban egy hűvösebb „hideg” („H”) időjárást szimuláltunk alacsonyabb kezdő és kevésbé intenzíven emelkedő hőmérséklettel és gyengébb, borús, felhős időjárást modellező, megvilágítással. A két időjárási program részletes beállításai az **6. táblázatban** láthatóak.

3.2.3.3. Fenológiai és morfológiai jellemzők

A növények fejlődését kéthetente felvételeztük, majd részletes morfológiai felmérést készítettünk róluk teljes virágzásban. A növénymagasságot a tövek legmagasabb virágzó szárának mérésével adtuk meg (10 ismétlés kezelésenként). A levélhosszúságot és levélszélességet mind a szárlevelek, mind a tőlevelek esetén megállapítottuk. Ezen túl minden növényen megszámoltuk a virágzatok számát, és az elágazások számát a szárakon, 3 ismétlésben növényenként.

3.2.3.4. Produkciós jellemzők

Meghatároztuk a kezelésekben a friss növénytömeget, valamint a szárított drogtömeget 10 ismétlésben, ehhez minden növényt egyenként teljes virágzásban takarítottunk be körülbelül 30 cm hosszúságú szárakkal, az értékeket g/növény mértékegységben adtuk meg. A növényanyagot mintavétel után szobahőmérsékleten (22-25 °C-on), természetes módon megszárítottuk. A megszárított drogot ezután lemorzsoltuk, lemértük a virágzat és levél tömegét, illetve külön-külön is a virágzat-levél-szár arányát, utóbbit átszámolva százalékban adtuk meg. A minták szárazanyag tartalmát teljes vízveszteségig történő szárítással állapítottuk meg, ehhez 4 g mintát további 3 órán keresztül szárítottunk 105 °C-on.

6. táblázat: A kezelésként használt időjárási programok beállításai

	"Meleg" ("M") kezelés		"Hideg ("H") kezelés	
Kísérleti hét	**Hőmérséklet °C (nappal/éjszaka)**	**Relatív páratartalom (%)**	**Hőmérséklet °C (nappal/éjszaka)**	**Relatív páratartalom (%)**
1.	15,0/8,0	70	12,5/7,5	70
2.	17,0/9,0	70	12,5/7,5	70
3.	18,0/9,5	50	12,5/7,5	50
4.	19,0/10,0	50	17,0/9,0	50
5.	20,0/10,5	50	17,0/9,0	50
6.	21,0/11,0	50	18,0 /9,5	50
7.	22,0/11,5	50	18,0/9,5	50
8.	23,0/12,0	65	19,0/10,0	65
9.	24,0/12,5	65	19,0/10,0	65
10.	25,0/13,0	65	20,0/10, 5	65
11.	26,0/13,5	65	20,0/10,5	65
12.	27,0/14,0	65	21,0/11,0	65
13.	27,0/14,0	65	21,0/11,0	65
14.	27,0/14,0	65	22,0/11,5	65
15.	27,0/14,0	65	22,0/11,5	65
16.	-	65	23,0/12,0	65
17.	-	65	23,0/12,0	65
18.	-	65	24,0/12,5	65
19.	-	65	24,0/12,5	65
20.	-	65	25,0/13,0	65
21.	-	65	25,0/13,0	65
22.	-	65	26,0/13,5	65
23.	-	65	26,0/13,5	65
24.	-	65	27,0/14,0	65
25.	-	65	27,0/14,0	65
Fényerő	14260 lux		5700 lux	
Fotoszintetikusan aktív sugárzás	413 µmol m-2 s-1		162 µmol m-2 s-1	

3.2.3.5. A beltartalmi mutatók alakulása

Illóolaj-tartalom

Az illóolaj-tartalom meghatározását a 3.2.1.4. fejezetben ismertetett módon végeztük el kezelésenként 5 ismétlésben.

Proazulén-tartalom

A proazulén-tartalom meghatározását a 3.2.1.4. fejezetben ismertetett módon végeztük el kezelésenként 5 ismétlésben.

Összfenol-tartalom

Az összfenol-tartalom meghatározását a 3.2.1.4. fejezetben ismertetett módon végeztük el kezelésenként 5 ismétlésben, a vizes és az alkoholos kivonatokban.

3.2.3.6. Statisztikai értékelés

Az eredmények statisztikai értékelését Microsoft Office 2010 és IBM SPSS Statistics 20 szoftverrel végeztük el. A kezelések közötti különbségek kimutatására páros t próbát végeztünk. Az adatok normalitását a szárlevél-szélesség kivételével minden tulajdonság esetén a Kolmogorov-Smirnov teszt eredménye alapján bizonyítottuk ($p > 0,05$). A szárlevél-szélesség esetén a normalitás sérült, ezért, hogy a normalitást biztosítsuk, Box-Cox transzformációt alkalmaztunk (+0,54 eltolás, λ=0,2) Box és Cox (1964) módszere alapján.

3.2.4. A termesztési feltételek optimalizálása – Az interspecifikus növényi kompetíció szabályozása

3.2.4.1. Növényanyag és kísérleti körülmények

A herbicides kísérlet növényanyaga mind a három vizsgálati évben elsőéves *A. collina* 'Proa' növényekből állt. A kísérletben használt soroksári növényállomány létrehozása 2012-ben vegetatív szaporítással, tősarjakkal történt, míg a többi kísérleti évben és helyszínen az ontogenetikai tényezők vizsgálatánál (3.2.2.1.) ismertetett módon. Az állománylétesítést Soroksáron 2012-ben április 24-25-én, 2013-ban május 8-án, 2014-ben május 7-én végeztük el, míg Kálon a palánták kiültetése 2012-ben április 25-én, 2013-ban a május 3-án, míg 2014-ben április 25-én történt. A növényápolás a 3.2.1.1. fejezetben leírt módon történt.

3.2.4.2. Kezelések

A vegyszeres gyomirtási kísérlet első évében, 2012-ben, 10 db (**7. Táblázat**, 1-10. kezelések), a mezei cickafark állományaiban eddig nem tesztelt, valamint 2 db másik, korábbi tanszéki előkísérletekben perspektivikusnak bizonyult gyomirtószert (**7. Táblázat** Táblázat, 11-12. kezelések) alkalmaztunk kezelésként, kapált kontroll mellett.

7. Táblázat: A mezei cickafark vegyszeres gyomirtás kísérlet kezelései 2012-ben

	Herbicid/kezelés neve	Hatóanyag	Kijuttatott dózis
1.	Pledge	flumioxazin	0,2 kg/ha
2.	Galigan	oxifluorfen	1 l/ha
3.	Benefex	benefin	8 l/ha
4.	Pulsar	imazamox	1,2 l/ha
5.	Fusilade	fluazifop-P-butil	1 l/ha
6.	Leopard	quizalofop-P-etil	2,5 l/ha
7.	Agil	propaquizafop	1,2 l/ha
8.	U-46	MCPA	0,8 l/ha
9.	Starane	fluroxipir	1 l/ha
10.	Devrinol	napropamid	5 l/ha
11.	Pendigan	pendimetalin	6 l/ha
12.	Dual Gold	s-metolaklór	3 l/ha
13.	Kontroll	-	-

A vegyszeres gyomirtási kísérlet szkrín vizsgálatban a herbicideket (1-10) 10 m^2 területű kis parcellákon, míg a már korábban tesztelt szereket (11-12) nagyobb, 100 m^2 méretű parcellákon teszteltük. A növényvédőszerek kijuttatását, vízben történő feloldást

követően, mindkét területen növényvédelmi szakember végezte kézi permetező segítségével a növények telepítését követően 3-4 héttel (posztemergens, azaz POST módon), Soroksáron május 21-én, Kálon május 25-én.

A vegyszeres gyomirtási kísérlet második évében, 2013-ban, az előző év eredményei alapján, különböző kezeléskombinációkat állítottunk be, módosítottuk egyes herbicidek kijuttatásának módját, idejét, dózisukat, valamint kombináltuk őket a jobb hatásfok érdekében. Három kezelés típust alkalmaztunk: a telepítés előtt hosszabb idővel kijutatott és a talajba mélyebben bedolgozott (korai preplanting, azaz PPI); a telepítés előtt a talajra kijuttatott és sekélyen bedolgozott (késői PPI); valamint a telepítés után hosszabb idővel, a növényállományra kijuttatott (POST) gyomirtószereket, illetve gyomirtószer kombinációkat (**8. táblázat**). Soroksáron valamennyi (1-13), Kálon azonban csupán a 7, 8, 11, 12, 13. jelű kezelések kerültek beállításra. 2013-ban Soroksáron a vegyszeres gyomirtási kísérletet kisebb, 20 m^2 nagyságú parcellákon állítottuk be, itt lehetőség volt parcellaismétlésre is. Ezzel szemben Kálon nagyobb, üzemi méretű parcellákon állítottuk be a kezeléseket, melyek területe egy-egy művelő gépalja, azaz kb. 2100 m^2 volt.

Soroksáron, a korai PPI kezeléseket április 24-én végeztük, kézi permetezővel. A kijuttatás után közvetlenül a herbicideket rotációs kapával 5-7 cm mélységben bedolgoztuk a talajba. A késői PPI kezeléseket közvetlenül a palánták telepítése előtt, május 7-én juttattuk ki, majd gereblyével sekélyen (2-3 cm) bedolgoztuk a talajba. Kálon a késői PPI kezelések 2013. május 3-án. lettek kijuttatva. A kezelés traktorra szerelt szántóföldi keretes permetezővel, a bedolgozás ugyancsak traktorra szerelt munkagéppel történt (**15. ábra**). A POST kezeléseket a palánták telepítését követően kb. 3 héttel végeztük, amikor a palánták már megfelelően begyökeresedtek a talajba, és a telepítést megelőző talajművelés után a gyomnövények következő generációja megjelent a talaj felszínén. Soroksáron ez 2013. május 27-én történt, míg Kálon pár nappal korábban, 2013. május 23-án, az előzőekkel megegyezően (**16. ábra**).

15. ábra: A PPI kezelések kijuttatása és talajba dolgozása 2013-ban (balra: Soroksár, Jobbra: Kál)

8. táblázat: A mezei cickafark vegyszeres gyomirtás kísérlet kezelései 2013-ban

	Korai PPI			**Késői PPI**			**POST**		
	Herbicid neve	**Hatóanyag**	**Dózis**	**Herbicid neve**	**Hatóanyag**	**Dózis**	**Herbicid neve**	**Hatóanyag**	**Dózis**
1.	Benefex	benefin	8 l/ha	-	-	-	-	-	-
2.	Benefex	benefin	8 l/ha	-	-	-	Agil	propaquizafop	1,2 l/ha
3.	Benefex	benefin	8 l/ha	-	-	-	Pendigan	pendimetalin	6 l/ha
4.	Benefex	benefin	8 l/ha	-	-	-	Pendigan +Galigan	pendimetalin +oxifluorfen	4 l/ha +1 l/ha
5.	-	-	-	-	-	-	Agil	propaquizafop	1,2 l/ha
6.	-	-	-	-	-	-	Afalon +Pendigan	linuron +pendimetalin	1,5 l/ha +4 l/ha
7.	-	-	-	-	-	-	Pendigan	pendimetalin	6 l/ha
8.	-	-	-	-	-	-	Pendigan +Galigan	pendimetalin +oxifluorfen	4 l/ha +1 l/ha
9.	-	-	-	Agil	propaquizafop	1,2 l/ha	-	-	-
10.	-	-	-	Afalon +Pendigan	linuron +pendimetalin	1,5 l/ha +4 l/ha	-	-	-
11.	-	-	-	Pendigan	pendimetalin	6 l/ha	-	-	-
12.	-	-	-	Pendigan +Galigan	pendimetalin +oxifluorfen	4 l/ha +1 l/ha	-	-	-
13.	-	-	-	-	-	-	1x kapált	-	-

16. ábra: A POST kezelések kijuttatása Kálon (balra: 2013, jobbra: 2014)

2014-ben a gyomirtási kísérletek korábbi eredményei alapján további kisebb változtatásokat végeztünk a kezelésként alkalmazott herbicidek kombinációját, dózisát, kijuttatási módját, idejét illetően. E kezelések a **9. táblázatban** láthatóak. Kétféle kezeléstípust alkalmaztunk: késői PPI, valamint POST kezeléseket. Soroksáron és Kálon ugyanazon 11 kezelés került beállításra, kapált kontroll mellett. Soroksáron a kezeléseket május 6-án, illetve május 28-án juttattuk ki, míg Kálon április 24-én, majd május 20-án. A parcellaméret egységesen 20 m^2 volt, Soroksáron két ismétlésben beállítva. A gyomirtószerek kijuttatása mindkét helyszínen vízben történő feloldást követően, kézi permetezővel történt, a kijuttatást növényvédő szakember végezte (**16. ábra**). A késői PPI kezelésekben a herbicideket a kijuttatás után közvetlenül sekélyen (2-3 cm) gereblyével bedolgoztuk a talajba. A kísérletek parcella elrendezése az **M3** mellkékletben látható.

9. táblázat: A mezei cickafark vegyszeres gyomirtás kísérlet kezelései 2014-ben.

	Késői PPI			**POST**		
	Herbicid neve	**Hatóanyag**	**Dózis**	**Herbicid neve**	**Hatóanyag**	**Dózis**
1.	Racer	fluorkloridon	3 l/ha	-	-	-
2.	Racer + Stomp Super	fluorkloridon +pendimetalin	2 l/ha + 4 l/ha	-	-	-
3.	Racer	fluorkloridon	3 l/ha	Stomp Super	pendimetalin	6 l/ha
4.	Racer	fluorkloridon	3 l/ha	Leopard	quizalofop-p-etil	3 l/ha
5.	Afalon	linuron	1,5 l/ha	-	-	-
6.	Afalon + Stomp Super	linuron +pendimetalin	1,5 l/ha + 5 l/ha	-	-	-
7.	Afalon	linuron	1,5 l/ha	Stomp Super	pendimetalin	6 l/ha
8.	Afalon	linuron	1,5 l/ha	Leopard	quizalofop-p-etil	3 l/ha
9.	Stomp Super	pendimetalin	6 l/ha	Afalon	linuron	1 l/ha
10.	Stomp Super	pendimetalin	6 l/ha	Stomp Super	pendimetalin	6 l/ha
11.	Stomp Super	pendimetalin	6 l/ha	Boxer	proszulfokarb +S-metolaklór	2,5 l/ha
12.	-	-	-	-	-	-

3.2.4.3. Gyomborítottság, gyomspektrum

A növényvédő szerrel kezelt parcellákon bonitálással felmértük és százalékos értékben megadtuk a teljes a gyomborítottságot. 2012-ben és 2014-ben ez a teljes parcellák felmérésével történt. Meghatároztuk továbbá a parcellákon előforduló valamennyi gyomnövény fajt, és ezek egyedi borítását is. A könnyebb áttekinthetőség kedvéért a kapott eredményeket az értékelés során már egyedileg megállapított skálarendszerben szemléltettük. Az alkalmazott skálarendszer értelmezése a gyomborítottságot és gyomspektrumot bemutató táblázatok jelmagyarázatában szerepel. A gyomnövények fejlettségét, méretét, károsodásuk mértékét és egyéb jellegzetességeiket szintén lejegyeztük. 2013-ban Kálon a nagy parcellaméretek miatt a felvételezést más módszerrel végeztük el: a parcellákon végighaladva kb. 50 lépésenként (10 ismétlésben) véletlenszerűen elhelyeztünk egy 50x50 cm méretű keretet, majd a keret területére (0,25 m^2) eső gyomnövényeket feltérképeztük, egyedszámukat, méretüket, fejlettségüket lejegyeztük (**17. ábra**). A terület felmérését több alkalommal is elvégeztük: először a herbicidek kijuttatásakor, majd 4-6 héttel a telepítés után. A gyomfelvételezésre ilyen módon 2012-ben Soroksáron július 4-én, Kálon június 28-án, 2013-ban Soroksáron június 25-én, Kálon június 14-én, míg 2014-ben Soroksáron július 2-án, Kálon pedig július 4-én került sor.

17. ábra: A gyomborítottság és gyomspektrum meghatározása mintavételi keret segítségével (Kál, 2013)

3.2.4.4. A cickafark tőmegmaradása, fejlettsége, növénymagassága és produkciója

A mezei cickafark tőmegmaradását, fejlődését, a rajta látható esetleges károsodásokat, azok mértékét, illetve tartósságát több alkalommal vizsgáltuk, utolsó alkalommal mindig a gyomfelvételezéssel egy időpontban. A tőmegmaradást bonitálással határoztuk meg, értékét százalékban fejeztük ki. 2013-ban és 2014-ben mértük a mezei cickafark növénymagasságát (cm-ben megadva): ehhez teljes virágzásban, az egy-egy tövön található legmagasabb virágzati szárat vettük figyelembe, kezelésenként 10 ismétlésben. Valamennyi kísérleti évben teljes virágzáskor végzett mintavétellel mértük a növény produkcióját, parcellánként véletlenszerűen kiválasztott 5-10 növényt kb. 10 cm-es tarlóval vágva. A betakarított növényanyag tömegét szárítás után lemérve kaptuk meg a kezelésekre jellemző száraz hozamot, melyet g/tőre vetítve adtunk meg. A mintavétel 2012-ben Soroksáron július 4-én, Kálon június 28-án, 2013-ban Soroksáron július 10-én,

Kálon július 18-án, míg 2014-ben Soroksáron július 10-én, Kálon pedig július 4-én történt.

3.2.4.5. A drog beltartalmi mutatói

Illóolaj-tartalom

A különböző kezelések illóolaj-tartalmát a 3.2.1.4. fejezetben ismertetett módszerrel határoztuk meg 3 ismétlésben.

Proazulén-tartalom

A különböző kezelések illóolajának proazulén-tartalmát a 3.2.1.4. fejezetben ismertetett módszerrel határoztuk meg 3 ismétlésben.

3.2.4.6. Statisztikai értékelés

Az eredmények statisztikai értékelése a 3.2.1.6. fejezetben leírtak szerint végeztük el.

4. EREDMÉNYEK

4.1. Az *Achillea collina* Becker intraspecifikus morfológiai, produkciós és kémiai variabilitása

4.1.1. A vizsgált taxonok fenológiai és morfológiai variabilitása

A vizsgált mezei cickafark taxonok számottevő morfológiai variabilitást mutattak, mely mind levélszín, mind habitus tekintetében szemmel látható volt (**10. táblázat**). A parcellákon élénkzöld, sötétzöld, fakózöld levélzetű növényeket is leírtunk. A taxonok nagy része homogén levélszínnel rendelkezett, egyedül a Gb22 taxonban voltak jelen eltérő lombszínű növények. Többféle habitus megfigyelhető volt a vizsgált taxonokban: közvetlenül a talaj felszíne felett elágazó, a virágzati szárak felső részén elágazó, kompakt (közvetlenül a talaj felszíne felett elágazó) és nem elágazó. E tekintetben a taxonok nem mindegyike volt teljesen homogén, a vizsgált anyagok több mint felében egyszerre két habitus is megjelent. Különösen az alábbi taxonok mutattak jellegzetes küllemi jegyeket (**18. ábra**). Az ’Azulenka’ kifejezetten dús, soklevelű, erősen elágazódó volt egy síkban elhelyezkedő virágzatokkal, a ’Proa’ taxonra – bár nem volt teljesen homogén- az elágazó, kompakt bokorforma volt jellemző, a Gb22 taxon pedig erősen elágazó, jellegzetesen „szétálló” bokorformával rendelkezett. Antociános foltok a növények szárán valamennyi anyagban megfigyelhetők voltak, azonban minden esetben csak elszórtan, így az antociánosság egyik taxonban sem tekinthető specifikus bélyegnek.

10. táblázat: A vizsgált mezei cickafark taxonok homogenitása, morfológiai jellemzői és virágzási ideje.

Taxon	Homogenitás	Lombszín	Habitus	Virágzási idő
’Azulenka’	2	élénkzöld	talaj felszín felett elágazó,	Késői
’Alba’	4	élénkzöld	talaj felszín felett elágazó	korai
’Proa’	3	sötétzöld	vegyes: talaj felszín felett elágazó és kompakt egyedek is	korai
’Spak’	5	élénkzöld	vegyes: nem elágazó és talaj felszín felett elágazó egyedek	korai
Földes	3,7	fakózöld	vegyes: talaj felszín felett és felül elágazó egyedek	korai
Gyula	3	fakózöld	vegyes: talaj felszín felett elágazó és kompakt egyedek	korai
Kál	2,3	sötétzöld	vegyes: talaj felszín felett elágazó és kompakt egyedek	korai
Gb9	3	sötétzöld	vegyes: talaj felszín felett és felül elágazó egyedek	korai
Gb10	3,7	sötétzöld	talaj felszín felett elágazó	korai
Gb22	2,7	sötét- és élénkzöld	talaj felszín felett elágazó	késői
Gb47	2,7	élénkzöld	talaj felszín felett elágazó	korai

Homogenitás értékelése: 1-teljesen homogén; 2-nagyrészt homogén; 3-közepesen homogén; 4-nagyrészt heterogén; 5-teljesen heterogén.

a. b. c.

18. ábra: Jellegzetes bokorformájú taxonok (a. ’Azulenka’, b. ’Proa’, c. Gb22)

Összességében valamennyi taxont heterogénnak ítéltük a morfológiai jellemzőik és fejlődésük tekintetében, ennek mértéke azonban eltérő volt. Legegyöntetűbb az ’Azulenka’, legheterogénebb a ’Spak’ taxon volt.

Virágzási időben eltérést tapasztaltunk a vizsgált taxonokban: a taxonok nagy része korai virágzású volt, míg két taxon, ’Azulenka’ és Gb22, fejlődése mindhárom vizsgálati évben lassabbnak bizonyult, ezek teljes virágzásba körülbelül két hét késéssel kerültek a korai virágzású taxonokhoz képest.

A növények magassága 2012-ben 43,1±5,3 cm volt átlagosan, szignifikáns különbséget a taxonok között nem detektáltunk (**11. táblázat**). A legnagyobb növénymagasságot (46,0±5,3 cm) a Gb47 taxonban, míg a legkisebbet (39,9±4,7 cm) a ’Spak’ taxonban mértük. A növények a teljes magasságukat a kísérlet második évében érték el (51,0±6,6 cm), ez az első kísérleti évhez képest 5,7-13,9 cm közötti növekedést jelentett. Szignifikáns különbséget a taxonok között ekkor sem fedeztünk fel, a legmagasabb növények (55,2±6,6 cm) ekkor is a Gb47 taxonban fejlődtek, a legalacsonyabbak (48,6±5,8 cm) pedig a Kál-ban. Az évek közötti eltérés valamennyi taxon esetén szignifikáns volt (évek: $F(1;259)=123,717$; $p\leq0,001$).

A növények virágzati horizontja 2012-ben 12,8 cm és 21,0 cm között alakult, a taxonok között statisztikailag kimutatható különbséggel (**11. táblázat**). Legkisebb, egyben legkedvezőbb, virágzati horizontot a Gb22 (12,8±5,3 cm) és ’Spak’ (12,9±4,5 cm) taxonokban mértünk, legnagyobbat (21,0±5,3 cm) pedig a Földes taxonban. 2013-ban a virágzati horizont 15,8 cm és 24,0 cm között alakult, szignifikáns különbséggel a taxonok között. Legkisebb értéket ekkor is a Gb22 taxonban mértük (15,8±6,4 cm), valamint az ’Azulenka’-ban (15,9±4,6 cm), legnagyobbat (24,0±6,2 cm) pedig a Gb47 taxon esetén. Bár a taxonok közül valamennyiben megnőtt a virágzati horizont a második évre, az eltérés nem minden esetben volt szignifikáns, így a ’Azulenka’, ’Alba’, Földes, Gyula, Kál és Gb22 esetében (taxonok: $F(10;290)=5,506$; $p\leq0,001$; évek: $F(1;290)=26,810$; $p\leq0,001$).

11. táblázat: A vizsgált mezei cickafark taxonok növénymagasságának és virágzati horizontjának alakulása 2012-ben és 2013-ban.

Taxonok	Növénymagasság (cm)		Virágzati horizont (cm)	
	2012	2013	2012	2013
'Azulenka'	43,8±4,6 Aa	50,75±5,9 Ba	14,8±5,0 Aab	15,9±4,6 Aa
'Alba'	46,0±6,4 Aa	51,7±4,8 Ba	17,0±5,7 Aabcd	18,6±5,6 Aab
'Proa'	42,0±5,4 Aa	53,2±5,8 Ba	16,5±2,7 Aabcd	23,2±5,2 Bb
'Spak'	39,9±4,7 Aa	53,8±7,1 Ba	12,9±4,5 Aa	23,3±5,2 Bb
Földes	42,6±5,8 Aa	51,2±9,9 Ba	21,0±5,3 Ad	23,1±4,7 Ab
Gyula	41,4±4,4 Aa	49,7±6,6 Ba	19,4±5,0 Abcd	22,7±6,1 Ab
Kál	42,1±5,1 Aa	48,6±5,8 Ba	17,3±6,0 Aabcd	17,7±6,1 Aab
Gb9	43,1±5,1 Aa	48,8±6,9 Ba	19,9±4,5 Acd	20,4±6,2 Bab
Gb10	43,2±2,9 Aa	49,3±6,5 Ba	16,7±3,5 Aabcd	18,9±3,2 Bab
Gb22	44,6±6,1 Aa	50,8±5,7 Ba	12,8±5,3 Aa	15,8±6,4 Aa
Gb47	46,0±5,3 Aa	55,2±6,6 Ba	14,9±5,0 Aabc	24,0±6,2 Bb
Összes	43,1±5,3	51,0±6,6	16,6±5,4	19,9±6,0

Magyarázat: A kis betűk a taxonok közötti szignifikáns eltérést, míg a nagy betűk a kísérleti évek közti szignifikáns eltérést jelölik.

4.1.2. A vizsgált taxonok produkciós variabilitása

A vizsgált taxonok drogtömege átlagosan 19,9±4,7 g/tő volt 2012-ben a vizsgálat első évében (**12. táblázat**). A taxonok közötti különbség nem volt szignifikáns. Legnagyobb drogtömeget a 'Azulenka' (25,1±1,3 g/tő) és 'Alba' (24,6±2,7 g/tő), legkisebbet (16,3±2,1 g/tő) a 'Proa' taxon produkálta.

12. táblázat: A vizsgált mezei cickafark taxonok drogtömegének alakulása 2012-ben és 2013-ban.

Taxonok	Drogtömeg (g/tő)	
	2012	2013
'Azulenka'	25,1±1,3 Aa	55,9±7,2 Bd
'Alba'	24,6±2,7 Aa	25,9±1,6 Aabc
'Proa'	16,3±2,1 Aa	25,2±3,1 Bab
'Spak'	16,7±4,1 Aa	33,5±9,1 Babc
Földes	16,8±1,6 Aa	35,9±6,7 Bbc
Gyula	18,0±1,2 Aa	36,0±1,5 Bbc
Kál	20,3±3,2 Aa	33,9±6,5 Babc
Gb9	20,7±7,3 Aa	28,1±3,4 Aabc
Gb10	18,5±6,0 Aa	36,5±3,0 Bbc
Gb22	20,1±6,0 Aa	41,5±7,3 Bbc
Gb47	21,6±6,4 Aa	19,3±3,9 Aa
Összes	19,9±4,7	33,8±10,4

Magyarázat: A kis betűk a taxonok közötti szignifikáns eltérést, míg a nagy betűk a kísérleti évek közti szignifikáns eltérést jelölik.

A kísérlet második évében a taxonok drogtömege magasabbnak bizonyult, átlagosan 33,8±10,4 g/tő volt. A taxonok másodévi drogtömeg eredményei között közel

háromszoros különbség is előfordult: mint legkisebb eredményt 19,3±3,9 g/tő értéket mértünk a Gb47 taxonban, legnagyobbat (55,9±7,2 g/tő) pedig az ’Azulenka’ taxonban. 2013-ban a taxonok közötti eltérés szignifikáns volt csakúgy, mint az évek közötti eltérés is a vizsgált anyagok nagy részében. (taxonok: $F(10;44)=7,213$; $p\leq0,001$; évek: $F(1;44)=131,265$; $p\leq0,001$).

A vizsgált mezei cickafark taxonok szervi arányai a drogban szignifikánsan eltérőek voltak a taxonok és az évek között (**13. táblázat**). A legfontosabb illóolaj akkumuláló szerv, a virágzat, százalékos aránya 2012-ben 42,9±6,9% volt átlagosan, a szélső értékek 35,2±3,6% (’Alba’) és 51,4±3,2% (Gb22) között mozogtak. 2013-ban a már másodéves növények drogjában a robusztusabb szárfejlődés következtében a virágzati arány jellemzően alacsonyabb volt, ám a különbség statisztikailag csupán az ’Azulenka’, Gb22 és Gb47 taxonokban volt bizonyítható. A virágzati arány ekkor átlagosan 35,6±7,7% volt. A második évben legalacsonyabb (24,5±4,5%) virágzati arányt a drogban az ’Azulenka’ taxon, legnagyobb (40,8±3,9%) virágzati arányt a Földes taxon esetén mértünk. A taxonok közötti eltérés statisztikailag szignifikánsnak volt tekinthető (taxonok: $F(10;44)=6,900$; $p\leq0,001$; évek: $F(1;44)=37,776$; $p\leq0,001$).

A mezei cickafark szervi összetételében a virágzatok mellet a levélaránynak van pozitív szerepe (**13. táblázat**). 2012-ben az első éves növények levélaránya 25,1±5,8% volt átlagosan, legkisebb levélarányt (20,2±2,5%) a Gb22, legnagyobbat (32,7±7,0%) az ’Alba’ taxonban mértünk. Szignifikáns különbség a taxonok között nem volt kimutatható. Második évben a levélarány a drogban a taxonok többségében – 11-ből 7 taxonban- emelkedett, az évek közötti eltérés azonban csupán az ’Azulenka’ taxonban volt szignifikáns. 2013-ban a levélarány átlagosan 32,7±7,0% volt, a legmagasabb értéket (35,2±4,4%) az ’Azulenka’, legkisebbet (19,0±2,6%) a ’Spak’ taxonban mértünk, a taxonok között szignifikáns eltérést mutattunk ki. (taxonok: $F(10;44)=3,448$; $p\leq0,001$; évek: $F(1;44)=4,423$; $p\leq0,001$).

13.táblázat: A vizsgált mezei cickafark taxonok szervi arányainak alakulása a drogban, 2012-ben és 2013-ban. a. virágzat b. levél c. szár.

a.	**Virágzat (%)**	
	2012	**2013**
’Azulenka’	45,7,0±2,9 Babc	24,5±4,5 Aa
’Alba’	35,2±3,6 Aa	31,3±4,0 Aab
’Proa’	39,4±5,6 Aabc	34,2±2,3 Aabc
’Spak’	50,0±2,5 Abc	47,5±6,2 Ac
Földes	39,6±3,1 Aabc	40,8±3,9 Abc
Gyula	41,5±7,1 Aabc	37,2±4,8 Aabc
Kál	40,0±8,9 Aabc	25,1±7,7 Aa
Gb9	36,2±3,3 Aab	35,5±3,0 Aabc
Gb10	41,6±3,4 Aabc	40,0±2,5 Abc
Gb22	51,4±3,2 Bc	39,4±4,0 Abc
Gb47	51,1±5,3 Bc	36,1±6,8 Aabc
Összes	42,9±6,9	35,6±7,7

b.	Levél (%)	
	2012	2013
'Azulenka'	22,9±3,3 Aa	35,2±4,4 Bc
'Alba'	32,7±7,0 Aa	32,5±6,6 Abc
'Proa'	28,9±2,2 Aa	29,6±4,3 Aabc
'Spak'	21,4±3,7 Aa	19,0±2,6 Aa
Földes	22,4±2,1 Aa	22,3±3,1 Aab
Gyula	25,2±8,8 Aa	30,0±3,9 Aabc
Kál	26,2±5,9 Aa	31,3±5,6 Abc
Gb9	25,8±7,3 Aa	26,7±4,1 Aabc
Gb10	29,5±5,8 Aa	24,3±2,5 Aabc
Gb22	20,2±2,5 Aa	26,0±2,7 Aabc
Gb47	21,5±4,5 Aa	26,9±4,3 Aabc
Összes	25,1±5,8	27,6±5,7

c.	Szár (%)	
	2012	2013
'Azulenka'	31,4±2,3 Aab	42,7±0,6 Ba
'Alba'	32,1±3,4 Aab	40,2±3,4 Ba
'Proa'	31,7±3,4 Aab	36,3±4,0 Aa
'Spak'	30,5±3,9 Aab	37,5±4,7 Aa
Földes	38,0±4,6 Ab	37,8±7,5 Aa
Gyula	33,3±2,1 Aab	32,8±7,5 Aa
Kál	33,8±3,3 Aab	41,7±3,8 Aa
Gb9	38,0±4,0 Ab	37,9±6,6 Aa
Gb10	28,9±4,9 Aab	35,5±1,2 Aa
Gb22	28,4±5,1 Aab	39,5±5,2 Aa
Gb47	27,3±0,8 Aa	41,2±6,2 Ba
Összes	32,1±4,6	38,4±4,7

Magyarázat: A kis betűk a taxonok közötti szignifikáns eltérést, míg a nagy betűk a kísérleti évek közti szignifikáns eltérést jelölik.

A drogban a szár részek nagy aránya negatív minőségi jellemző (**13. táblázat)**. 2012-ben 27,3±0,8% (Gb47) és 38,0% (Földes és Gb9) között alakult, átlagosan 32,1±4,6% értéket ért el. A taxonok között szignifikáns eltérést detektáltunk a kísérlet első évében ($F(10;44)=2,826$; $p\leq0,001$). 2013-ban, második évre a szár aránya a legtöbb taxonban megnőtt, kivéve a Földes, Gyula és Gb9 anyagokat, az eltérés azonban nem minden esetben volt szignifikáns az évek között. 2013-ban átlagosan 38,4±4,7% volt a szárarány a vizsgált taxonok drogjában, a legkisebb (32,8±7,5%) a Gyula, legnagyobb (42,7±0,6%) az 'Azulenka' taxonban. Statisztikailag kimutatható különbséget a második évben nem detektáltunk a taxonok között. (év: $F(1;44)=38,208$; $p\leq0,001$).

4.1.3. A vizsgált taxonok kémiai variabilitása a föld feletti szervekben

4.1.3.1. A vizsgált taxonok illóolaj-tartalma

A vizsgálatba vont mezei cickafark taxonok számottevő variabilitást mutattak illóolaj-tartalom tekintetében (**14. táblázat**). Mind a kísérleti évek, mind a taxonok között szignifikáns eltérést detektáltunk (taxonok: $F(10;44)=11,456$; $p\leq0,001$; évek: $F(1;44)=37,394$; $p\leq0,001$). 2012-ben a taxonok illóolaj-tartalma átlagosan 0,260±0,057 g/100 g volt, a legalacsonyabb (0,199±0,017 g/100 g) illóolaj-tartalmat a Gb9, a legmagasabbat (0,380±0,015 g/100 g) a Gb47 taxonban mértük. 2013-ban a legtöbb taxon esetében alacsonyabb illóolaj-tartalmat mértünk, átlagosan 0,213±0,049 g/100 g volt a taxonok illóolaj-tartalma. Legalacsonyabb (0,147±0,015 g/100 g) illóolaj-tartalmat megint csak a Gb9 taxonban, legmagasabbat (0,284±0,023) a Gb47-ben produkálta. 2014-ben az átlagos illóolaj-tartalom 0,244±0,066 g/100 g volt, legalacsonyabb értéket (0,172±0,010 g/100g) a Kál, legmagasabbat (0,380±0,02 g/100 g) a Gb47 taxonban mértünk. A vizsgálatba vont taxonok illóolaj-tartalma több esetben nem érte el a gyógyszerkönyvi előiratban szereplő határértéket (0,2 g/100 g): a Gb9 taxon egyik évben sem, a ’Proa’ 2013-ban, a ’Spak’ 2013-14-ben, a Kál és Gb10 taxonok pedig 2014-ben. A taxonok és az évek számottevő kölcsönhatást mutattak ($F(10;44)=2,826$; $p\leq0,001$).

14. táblázat: A vizsgált mezei cickafark taxonok illóolaj-tartalmának alakulása 2012-ben, 2013-ban és 2014-ben.

Taxonok	Illóolaj-tartalom (g/100 g)		
	2012	**2013**	**2014**
’Azulenka’	0,249±0,037 Aab	0,252±0,042 Abcd	0,308±0,012 Ad
’Alba’	0,270±0,014 Bab	0,195±0,044 Aabc	0,231±0,014 Abc
’Proa’	0,246±0,010 Bab	0,157±0,048 Aa	0,243±0,012 Bc
’Spak’	0,225±0,034 Aa	0,167±0,019 Aab	0,182±0,010 Aa
Földes	0,249±0,046 Aab	0,207±0,036 Aabc	0,243±0,019 Ac
Gyula	0,222±0,041 Aa	0,256±0,021 Acd	0,401±0,013 Be
Kál	0,269±0,017 Bab	0,220±0,029 Ababc	0,172±0,010 Aa
Gb9	0,199±0,017 Ba	0,147±0,015 Aa	0,188±0,013 Ba
Gb10	0,224±0,051 Aa	0,221±0,016 Aabc	0,196±0,012 Aab
Gb22	0,326±0,036 Bbc	0,235±0,015 Aabc	0,313±0,012 Bd
Gb47	0,380±0,015 Bc	0,284±0,023 Ad	0,380±0,020 Be
Átlag	0,260±0,057	0,213±0,049	0,244±0,066

Magyarázat: A kis betűk a taxonok közötti szignifikáns eltérést, míg a nagy betűk a kísérleti évek közti szignifikáns eltérést jelölik.

4.1.3.2. A vizsgált taxonok proazulén-tartalma

A proazulén-tartalom a kísérleti években valamennyi taxonban elérte a gyógyszerkönyvi előiratban foglalt értéket (0,02%). Ugyanakkor jelentős variabilitást tapasztaltunk a taxonok és a vizsgálati évek között is (**15. táblázat**), (taxonok: $F(10;44)=90,129$; $p\leq0,001$; évek: $F(1;44)=128,288$; $p\leq0,001$). 2012-ben átlagosan 0,097±0,029% proazulén-tartalmat mértünk, legmagasabb értéket (0,173±0,010%) a Gb22, legalacsonyabbat (0,064±0,003%) a Gb10 taxonban. 2013-ban a proazulén-

tartalom a legtöbb taxonban jelentősen alacsonyabb volt, átlagosan 0,080±0,024%. Legmagasabb értékeket (0,115±0,007%, illetve 0,113±0,115%) a Gb47 és Gb22 taxonokban, legalacsonyabbat (0,043±0,007%) a Kál-ban mértünk. A taxonok proazulén-tartalma 2014-ben volt átlagosan a legnagyobb (0,107±0,030%), az értékek 0,064±0,005% (Kál) és 0,140±0,008% (Gb22) között alakultak. A taxon és évek kölcsönhatása statisztikailag kimutatható volt ($F(10;44)=26,416$; $p\leq0,001$).

15. táblázat: A vizsgált mezei cickafark taxonok proazulén-tartalmának alakulása 2012-ben, 2013-ban és 2014-ben.

Taxonok	Proazulén-tartalom (%)		
	2012	**2013**	**2014**
'Azulenka'	0,117±0,002 Bc	0,106±0,009 Bef	0,086±0,005 Ab
'Alba'	0,087±0,003 Ab	0,077±0,010 Acd	0,082±0,003 Aab
'Proa'	0,109±0,004 Bc	0,083±0,006 Acd	0,137±0,004 Cd
'Spak'	0,091±0,002 Bb	0,067±0,004 Abc	0,130±0,008 Ccd
Földes	0,093±0,006 Bb	0,064±0,009 Abc	0,115±0,008 Cc
Gyula	0,081±0,010 Ab	0,073±0,003 Acd	0,139±0,010 Bd
Kál	0,081±0,004 Cb	0,043±0,007 Aa	0,064±0,005 Ba
Gb9	0,078±0,003 Bab	0,047±0,004 Aab	0,073±0,004 Bab
Gb10	0,064±0,003 Ba	0,088±0,007 Ade	0,079±0,010 ABab
Gb22	0,173±0,010 Cd	0,113±0,115 Af	0,140±0,008 Bd
Gb47	0,088±0,004 Ab	0,115±0,007 Bf	0,136±0,002 Cd
Átlag	0,097±0,029	0,080±0,024	0,107±0,030

Magyarázat: A kis betűk a taxonok közötti szignifikáns eltérést, míg a nagy betűk a kísérleti évek közti szignifikáns eltérést jelölik.

3.1.3.3. A vizsgált taxonok összflavonoid-tartalma

A taxonok összflavonoid-tartalmának alakulását láthatjuk a **16. táblázatban**. Számottevő eltéréseket találtunk a taxonok és az évek eredményei között (taxonok: $F(10;44)=27,432$; $p\leq0,001$; évek: $F(1;44)=55,934$; $p\leq0,001$). 2012-ben a taxonok összflavonoid-tartalma 1,373±0,051% ('Proa') és 1,972±0,025% (Gb22) között változott. 2013-ban a legtöbb taxonban – kivéve Gyula és Gb10- magasabb értékeket mértünk, mint 2012-ben, a flavonoid-tartalom átlagosan 1,834±0,567% volt, a legmagasabb értéket (2,379±0,137%) a Gb47 taxonban, a legalacsonyabbat (0,540±0,210%) a Gyulá-ban mutattuk ki. Az évjárat hatása eltérően mutatkozott meg, egyes taxonok ('Spak', Földes, Gb10, Gb22) esetében nem volt szignifikáns eltérés a vizsgálati években mért összflavonoid-tartalomban, míg a többségnél igen.

16. táblázat: A vizsgált mezei cickafark taxonok összflavonoid-tartalmának alakulása 2012-ben és 2013-ban.

Taxonok	Összflavonoid-tartalom (%)	
	2012	2013
'Azulenka'	1,357±0,145 Aa	1,743±0,117 Bab
'Alba'	1,310±0,052 Aa	2,083±0,285 Bab
'Proa'	1,373±0,051 Aa	2,258±0,194 Bab
'Spak'	1,914±0,198 Ab	2,176±0,265 Aab
Földes	1,816±0,060 Ab	2,102±0,265 Aab
Gyula	1,409±0,184 Ba	0,540±0,210 Aa
Kál	1,243±0,208 Aa	1,761±0,186 Bab
Gb9	1,220±0,025 Aa	2,042±0,288 Bab
Gb10	1,194±0,118 Aa	1,057±0,117 Aa
Gb22	1,972±0,025 Ab	2,037±0,169 Aab
Gb47	1,850±0,088 Ab	2,379±0,137 Bc
Átlag	1,514±0,313	1,834±0,567

Magyarázat: A kis betűk a taxonok közötti szignifikáns eltérést, míg a nagy betűk a kísérleti évek közti szignifikáns eltérést jelölik.

4.1.3.4. A vizsgált taxonok összfenol-tartalma

A vizsgált taxonok vizes és alkoholos kivonatának összfenol-tartalma a **17. táblázat**ban látható.

17. táblázat: A vizsgált mezei cickafark taxonok összfenol-tartalmának alakulása a vizes (a.) és alkoholos (b.) kivonatokban 2012-ben és 2013-ban.

a.	Összfenol tartalom vizes	
	2012	2013
'Azulenka'	207,080±1,162 Bc	150,715±1,288 Ac
'Alba'	164,091±4,202 Ba	153,910±1,242 Ac
'Proa'	220,042±2,612 Bd	135,308±2,078 Aab
'Spak'	176,074±1,368 Bb	148,409±1,050 Ac
Földes	186,088±2,435 Bb	141,435±2,858 Ab
Gyula	161,875±4,929 Ba	133,872±4,414 Aa
Kál	198,735±3,927 Bc	136,269±1,112 Aab
Gb9	184,216±3,101 Bb	172,405±2,440 Ade
Gb10	196,826±4,916 Bc	166,501±2,009 Ad
Gb22	160,918±2,710 Aa	173,464±1,685 Be
Gb47	164,972±5,071 Aa	179,882±1,168 Bf
Átlag	183,720±19,734	153,834±16,337

b.	Összfenoltartalom (alkoholos)	
	2012	2013
'Azulenka'	100,127±2,906 Bbc	65,240±1,035 Ade
'Alba'	106,578±3,983 Bcde	60,322±2,609 Acd
'Proa'	122,143±1,792 Bf	56,931±1,692 Ac
'Spak'	103,912±2,740 Bcd	30,193±2,388 Aa
Földes	122,813±4,704 Bf	46,843±1,936 Ab
Gyula	116,684±4,645 Bef	32,350±1,023 Aa
Kál	114,895±3,904 Bef	54,739±1,449 Abc
Gb9	111,194±4,335 Bde	58,512±1,408 Acd
Gb10	100,593±1,723 Bbc	59,581±5,698 Acd
Gb22	81,233±1,090 Aa	82,707±4,841 Af
Gb47	91,102±3,962 Bab	70,234±1,254 Ae
Átlag	106,422±12,746	56,150±15,018

Magyarázat: A kis betűk a taxonok közötti szignifikáns eltérést, míg a nagy betűk a kísérleti évek közti szignifikáns eltérést jelölik.

A taxonok vizes és alkoholos kivonatának összfenol-tartalma szignifikáns variabilitást mutatott. (taxonok: $F(10;44)=72,562$; $p\leq0,001$; $F(10;44)= 22,123$; $p\leq0,001$; évek: $F(1;44)=1687,128$; $p\leq0,001$; $F(1;44)=4258,914$; $p\leq0,001$). A taxonok vizes kivonatainak összfenol-tartalma 2012-ben 160,918±2,710 mg GSE/g (Gb22) és 220,042±2,612 mg GSE/g ('Proa') között alakult, 2013-ban 133,872±4,414 mg GSE/g (Gyula) 179,882±1,168 mg GSE/g (Gb47) között változott. 2013-ban a taxonok többségében csökkenést tapasztaltunk, de két taxonban (Gb22 és Gb47) szignifikánsan emelkedett az összfenol-tartalom a vizes kivonatokban.

Az alkoholos kivonatokban nagyságrendileg kisebb összfenol-tartalom volt detektálható, mint a vizes kivonatokban. 2012-ben átlagosan 106,422±12,746 mg GSE/g, az értékek 81,233±1,090 mg GSE/g (Gb22) és 122,143±1,792 mg GSE/g ('Proa') között változtak. 2013-ban a taxonok átlagértéke lényegesen kisebb volt (56,150±15,018 mg GSE/g), 30,193±2,388 mg GSE/g ('Spak') és 82,707±4,841 mg GSE/g (Gb22) között alakult a taxonokban. A Gb22 taxon kivétével - ahol megközelitőleg ugyanannyi volt az alkoholos kivonatok összfenol-tartalma a két évben – az évjárat hatása jelentős volt. A taxon és év kölcsönhatása szignifikáns volt ($F(10;44)=100,282$ $p\leq0,001$).

4.1.4. A vizsgált taxonok kémiai variabilitása a földalatti részekben

4.1.4.1. A vizsgált taxonok illóolaj-tartalma

A vízgőz-desztillációval lepárolt mezei cickafark gyökerek illóolaja színtelen, aromás, kellemetlen szagú folyadék. A taxonok gyökerében mért illóolaj-tartalom értékek a **18. táblázatban** láthatóak. A vizsgált 11 taxon gyökérillóolaj-tartalma viszonylag alacsony, átlagosan 0,036 ml/100 g volt.

18. táblázat: Illóolaj-tartalom a vizsgált mezei cickafark taxonok gyökerében és virágzó hajtásában.

	Illóolaj-tartalom a gyökérben (ml/100 g)	Illóolaj-tartalom a virágzó hajtásban* (g/100 g)
'Azulenka'	0,021	0,270
'Alba'	0,042	0,232
'Proa'	0,052	0,215
'Spak'	0,021	0,191
Földes	0,052	0,233
Gyula	0,042	0,293
Kál	0,031	0,220
Gb9	0,031	0,178
Gb10	0,021	0,214
Gb22	0,031	0,291
Gb47	0,052	0,348
Átlag +/- szórás	0,036 +/- 0,013	0,244 +/- 0,066

*A 4.1.3.1. fejezetben tárgyalt adatok.

A mezei cickafark gyökérolaj-tartalma tekintetében is tapasztalható kismértékű variabilitás. A legmagasabb illóolaj-tartalmat (0,052 ml/100 g) a 'Proa', Földes és a Gb47 törzsekben mértünk, míg az 'Azulenka', 'Spak' és Gb10 törzsek illóolaj-tartalma kevesebb, mint a fele volt a maximális mért értéknek, mindössze 0,021 ml/100 g. Összehasonlítva a gyökerek és a virágzó hajtások illóolaj-tartalmát, láthatjuk, hogy nagyságrendbeli különbség van azok értékei között. A föld feletti részek illóolaj-tartalma több mint 7-szerese volt a földalatti részekének. Bizonyos taxonoknál, pl. a Gb10-nél közel 10-szeres különbség volt, az 'Azulenkánál pedig 13-szorosa volt a gyökér illóolaj-tartalmának a virágzó hajtásé. A gyökerek és hajtások illóolaj felhalmozódási szintje között gyenge korreláció (r=0,370) volt kimutatható.

4.1.4.2. A vizsgált taxonok illóolaj-összetétele

A 11 vizsgált taxon gyökerének illóolaj-összetétele a **M4 mellékletben** látható. Az azonosított összetevők átlagosan 93%-át adták a desztillált illóolajnak. A legkevesebb összetevőt, szám szerint 25-öt az 'Alba' taxonban, a legtöbbet (38-at) a Gb10 taxonban azonosítottunk. Az olajok fő komponensének minden esetben a 7-heptadekanon-en bizonyult, melynek aránya az olajokban 28,9 és 43,0% között alakult, a legnagyobb arányt az 'Azulenkában elérve. A 7-heptadekanon-en mellett, más oxidált nyílt láncú szénhidrogének és zsírsavak is előfordultak az olajokban, kisebb hányadban (0,2-4,7%). Ezek közül a 7-hexadekanon-en univerzálisan az összes vizsgált taxonban kimutatható volt, míg a hexadekán sav mindössze 5 törzs ('Azulenka, 'Proa', 'Spak', Kál és Gb10) olajában volt jelen, eltérő arányban (0,4-4,7%).

További fő komponensek voltak az olajokban a 7-heptadekanon-en mellett különböző terpén vegyületek, átlagosan 51,2%-ban. A legmagasabb (58,1%) és legalacsonyabb (41,8%) terpén aránnyal is a vadon termő eredetű taxonok olajában találkoztunk, előbbivel a Gb47, utóbbival a Gb9 törzsben. A monoterpén frakció adta a terpenoid összetevők kisebbik hányadát két azonosított vegyülettel, a neril-2-metil-

butanoáttal és neril-izovaleráttal, amelyek részaránya az olajban 0,2-13,8% között alalkult. Jellemzően nagyobb arányban reprezentálta magát a szeszkviterpén frakció a vizsgált gyökér olajak mindegyikében: legkisebb százalékban (32,6%) a Gb10, míg legnagyobb arányban (49,9%) a 'Proa' taxonban. A szeszkviterpén komponensek jellegzetes, taxonspecifikus mintát mutattak. Egyes komponensek úgy tűnik univerzálisnak tekinthetőek a vizsgált *A. collina* anyagokban, így például az alizmol (3,1-18,9%), a β-szeszkvifellandrén (0,5-9,8%), a neril-izovalerát (0,2-10,5%), a γ-humulén (1,1-6,8%), a cisz-kadin-4-én-7-ol (0,3-7,4%) és a β-eudezmol (0,2-7,3%) összetevők mind a 11 vizsgált taxon olajában megtalálhatóak voltak. Szemben más komponensekkel, mint a 4-hidroxi-4-metil-2-pentanon, a δ-elemén, a modef-2-én, a guaiol, a bulnezol, amik csak néhány specifikus taxon olajában jelentek meg. Ha a komponensek oxidáltságát vizsgáljuk, látható, hogy a taxonok többségében az oxigéntartalmú szeszkviterpének aránya meghaladta a szeszkviterpén szénhidrogénekét. A szeszkviterpén váztípus tekintetében pedig a guaján típusú szénváz bizonyult a legfontosabb, leggyakrabban előfordulónak, az ilyen vázzal rendelkező komponensek aránya 3,4-33,5% között alakult az olajakban. Jelentősnek bizonyult még a bizabolán, eudezmán és humulán váztípus is, ugyanakkor a különböző váztípusú komponensek arányát tekintve jelentős különbségek voltak. A guaján vázú komponensek, például az alizmol, aránya a gyökérolajakban magasabb volt a szelektált fajták esetén ('Azulenka', 'Alba', 'Proa', 'Spak'), míg a vad eredetű populációknál (Gb9, Gb10, Gb22, Gb47) a guajanolidok százalékos aránya alacsonyabbnak bizonyult az olajban. Ezen taxonok olajában jellemzően az eudezmánok (Gb9, Gb10), bizabolánok (Gb22) és a humulánok (Gb47) reprezentálták magukat nagyobb koncentrációkkal. A Gb47 taxon olajában ezek mellett a petaszitán és triquinán vázú szeszkviterpének aránya is meglehetősen magas volt.

A vizsgált mezei cickafark taxonok gyökér olajában kimutatható volt az alkamidok jelenléte, ugyanakkor nem univerzális a fajra nézve: csupán a vizsgált taxonok felében volt jelen, azokban is relatíve alacsony koncentrációban. Legmagasabb arányokat (2,3 és 2,5%) a 'Proa' és 'Spak' törzsekben mértük, melyek mindketten szelektált fajták. Az alkilamid frakcióból az N-izobutil-2,4-dekadién amid és más dekadién, valamint dekatrién származékok voltak azonosíthatóak a gyökér olajban.

4.1.4.3. A vizsgált taxonok HS frakciójának összetétele

A vizsgált *Achillea* taxonok HS vizsgálatának eredményei a **M5 mellékletben** láthatóak. Átlagosan a mintákban a frakció 95,6%-át sikerült azonosítani, legkevesebb, szám szerint 10 komponenst a Gb10 taxonban, legtöbbet, 21 komponenst az 'Alba' és 'Proa' taxonokban. A frakció fő illó összetevője az albén volt, melynek százalékos aránya 20,8-52,1% között alakult, a maximumot a 'Spak'-ban mértük. Jelentős arányban volt jelen a HS frakciókban a β-pinén is (8,3-47,1%), legmagasabb értéket a Földes taxonban elérve. Az albénen és a β-pinénen túl, univerzálisan előforduló illó komponensnek bizonyult a vizsgált *A. collina* taxonokban a kisebb százalékos részarányt képviselő hexanal (1,0-8,4%), az α-pinén (1,4-8,1%) és a neril-izovalerát (0,4-2,7%) is. Ezzel szemben néhány összetevő jelentősebb arányban, de csak taxonspecifikusan volt jelen, mint például a kamfén (0,2-15,4%), a szabinén (0,2-18,1%), az α-izokomén (0,2-7,2%), a *transz*-kariofillén (0,2-10,2%), a γ-humulén (0,2-7,6%), vagy a β-szeszkvifellandrén (0,2-7,1%). Csupán a minták 10-40%-ában, alacsony részarányban (<2,8%) jelent meg a

limonén, az 1,8-cineol, a ciperén, a β-szantalén, a β-bizabolén, és az alizmol. A HS frakciók terpén összetétele alapján a vizsgált mezei cickafark taxonok két csoportra oszthatók: az 'Azulenka', 'Alba', Földes, Gyula és Gb10 taxonok a monoterpén komponensek túlsúlyával jellemezhetőek, ezen taxonokban a monoterpének aránya 53,5-59,6% között alakult. A 'Proa', 'Spak', Gb9, Gb22, Gb47 taxonokra ezzel szemben a szeszkviterpén túlsúly volt jellemző (51,5-79,8%). Oxidáltság tekintetében mind a mono,- és a szeszkviterpén frakcióra az oxigént nem tartalmazó szénhidrogének jelenléte volt jellemző. Az egyedüli oxidált szeszkviterpén, az alizmol, csupán két taxon, a 'Proa' és a Gyula, esetén volt kimutatható a komponensek között, 2,2%, illetve 0,4%-ban. A komponensek váztípusát tekintve (**M5. táblázat**) a HS kivonat legmeghatározóbb összetevői a triquinán szeszkviterpének voltak, a triquinán albén és petaszitén aránya 20,8-47,5% között alakult. Több bizabolén típusú komponens (β-bizabolén, β-szeszkvifellandrén) is kimutatható volt taxonokban, bár kisebb arányban (0,2-8,3%). A többi váztípus képviselőinek jelenléte csak a taxonok egy részében jelentkezett. Nem terpén-típusú komponensből csak egyet, a hexanalt azonosítottuk az *Achillea* mintákban és jellemző, hogy az összes vizsgált taxonban jelen volt, legnagyobb arányban (8,6%) a Földesben.

4.1.4.4. A vizsgált taxonok diklórmetán kivonatának összetétele

A gyökérből készített diklórmetán kivonatok összetétele a **M6 mellékletben** látható. Az azonosított komponensek area százaléka a kivonatoknak átlagosan a 78,1%-át adta ki, legkevesebbet a 'Proa' esetén (62,6%), legnagyobb arányban (87,4%) az 'Alba' taxonnál. Az azonosított komponensek száma 34 és 38 közé tehető, melyek között szeszkviterpének, alkamidok, szterolok, triterpének, zsírsavak és egyéb komponensek egyaránt előfordultak.

A vizsgált gyökér extraktok alacsony intraspecifikus variabilitást mutattak. A fő összetevők a 7-heptadekanon-en, a linolénsav, egy alkamid (2,4,6-dekatrién sav piperidid), három szterol vegyület (RI 3280, 3338, 3360) és egy triterpén összetevő (RI 3456) voltak. Az említett összetevők adták az extraktok 34,4-61,7%-át és bár arányuk tág határok között változott, jelenlétük univerzálisnak bizonyult a gyökér kivonatokban. További gyakori, nagyobb százalékban előforduló összetevő volt az alizmol (0,5-4,1%), a hexadekán sav (1,0-5,1%), az egyik szterolként azonosított vegyület (RI 3382) és egy azonosítatlan összetevő (RI 2120) is. A kisebb jelentőségű komponensek között kémiai szerkezet alapján több típust is azonosítottunk: terpenoidokat ((E)-β-farnezén, β-szeszkvifellandrén, neril-2-metil-butanoát, β-eudezmol, 2,3-dihidrofarnezol, 6-izopropenil-4,8a-dimetil-1,2,3,5,6,7,8,8a-oktahidro-naftalén-2-ol, tridenzenon), egy kumarint (izofraxidin), lignán típusú vegyületet, mint az azaridin, valamint alkamidokat, szterolokat és triterpéneket. A legtöbb vizsgált taxonban szterolok bizonyultak a legfontosabb komponenseknek, bár százalékos arányuk változatos volt a mintákban, (19,1% és 34,7% között). A szterolokon kívül más triterpén összetevők (4,7-14,1%) és alkamidok (2,3-16,6%) is jelentősebb koncentrációban szerepeltek a gyökér kivonatokban. A desztillált gyökérolajokhoz és a HS kivonatokhoz hasonlóan a diklórmetán kivonatokban is jelen voltak mono- és szeszkviterpének is (4,3-9,9%), ámbár koncentrációjuk alacsonyabb volt, mint a más típusú kivonatokban. A monoterpén osztályt egyetlen összetevő, a neril-2-metil-butanoát képviselte, (0,4-1,4%), míg a

szeszkviterpének aránya, melyek nagy része oxidált formában volt jelen, magasabb (4,1-9,6%) volt.

4.1.5. A mezei cickafark vizsgált tulajdonságai közötti összefüggések

4.1.5.1. Morfológiai és produkciós jellemzők

A taxon-összehasonlítási kísérletben morfológiai jellemzők kapcsolatát vizsgálva elmondható, hogy a magasság és a virágzati horizont hosszúsága között erős pozitív irányú korreláció állt fenn (Pearson-féle korrelációs együttható értéke r=0,712 volt, p≤0,01). A taxonok növénymagassága és friss tömege (r=0,457), illetve drogtömege (r=0,436) között közepesen erős pozitív korrelációt sikerült kimutatni, míg a szár aránya és a virágzati horizont hossza között gyenge (r=0,325) pozitív irányú korrelációt találtunk.

4.1.5.2. A szervi arányok és a hatóanyag-tartalom közti kapcsolat

A vizsgált taxonok szervi arányainak és a vizsgált beltartalmi mutatók közti kapcsolat értékelése Pearson-féle korrelációs együtthatók számolásával történt (**19. táblázat**).

19. táblázat: A mezei cickafark szervi arányainak és hatóanyag tartalmának páronkénti kapcsolata (Pearson-féle korrelációs együtthatók)

	Virágzat	**Levél**	**Szár**	**Illóolaj**	**Proazulén**	**Flavonoid**	**Összfenol vizes**	**Összfenol alkoholos**
Virágzat	1							
Levél	-0,734**	1						
Szár	-0,651**	0,099	1					
Illóolaj	0,302*	-0,144	-0,319**	1				
Proazulén	0,329**	-0,177	-0,244*	0,566**	1			
Flavonoid	0,066	-0,192	0,248	-0,156	0,103	1		
Összfenol vizes	0,261*	-0,122	-0,277	0,170	0,286*	-0,228	1	
Összfenol alkoholos	0,220	-0,079	-0,330	0,305*	0,285*	-0,248	0,757**	1

*Az összefüggés (p≤0,05) szignifikáns. **Az összefüggés (p≤0,01) szignifikáns.

A virágzat aránya gyenge pozitív irányú kapcsolatot mutatott az illóolaj- (r=0,302), vizes kivonatokban mért összfenol- (r=0,261) és erőset a proazulén-tartalommal (r=0,329). A drog szár aránya viszont az illóolaj- (r= -0,319), és a proazulén-tartalommal (r= -0,244) mutatott gyenge negatív irányú összefüggést.

A különböző hatóanyagok felhalmozódása között is megfigyelhető volt összefüggés: közepesen erős pozitív irányú kapcsolat volt az illóolaj- és a proazulén-tartalom között (r=0,566), valamint erős összefüggés a vizes és alkoholos kivonatokban mért összfenol-tartalomban (r=0,757). A gyakorlatban fontos és hasznos lehet, hogy az illóolaj- és a fenol-tartalom (alkoholos kivonatokban, r=0,305) és a proazulén és a fenol-tartalom (vizes kivonatokban, r=0,286, alkoholos kivonatokban r=0,285) között is szignifikáns értékek fordultak elő.

A gyökerek és hajtások illóolaj felhalmozódási szintje között is gyenge pozitív irányú korreláció (r=0,370) volt kimutatható.

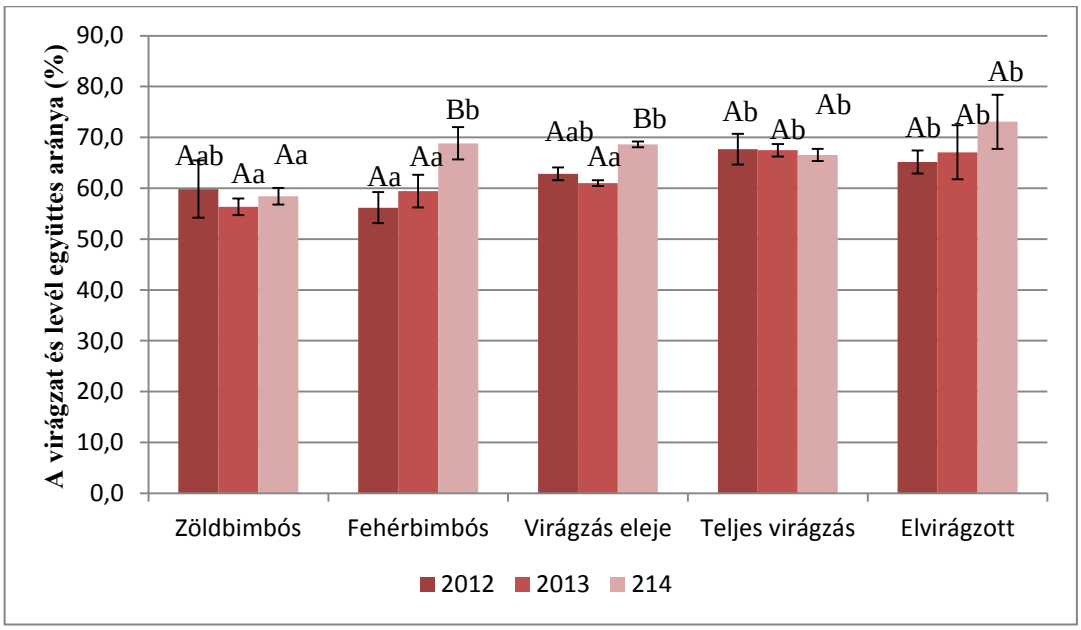
4.2. Az ontogenetikai tényezők hatása a mezei cickafark drogminőségét befolyásoló tényezőkre

4.2.1. Az ontogenetikai tényezők hatása a szervi arányok alakulására

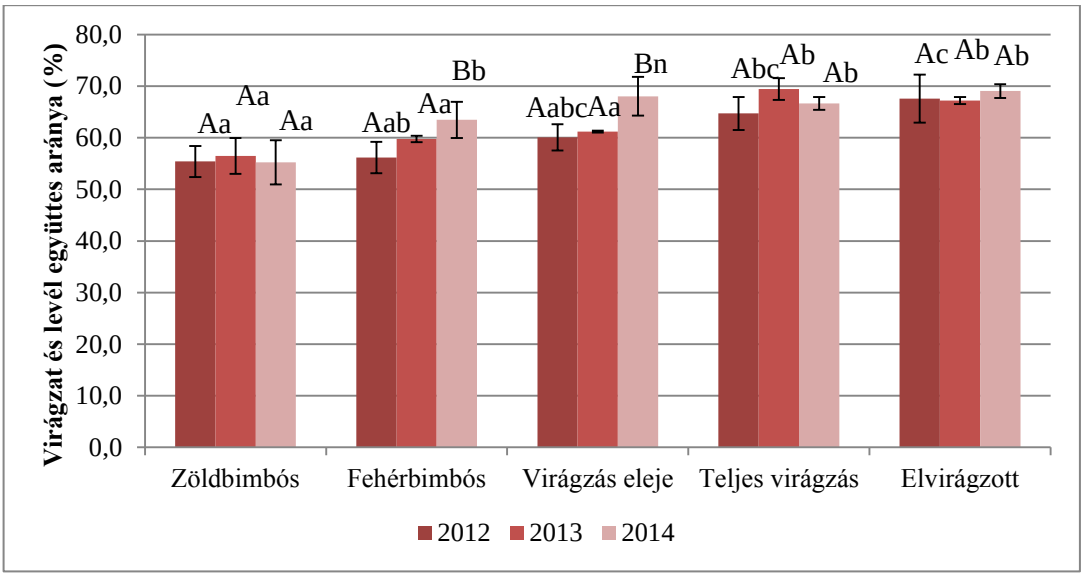
A virágzás folyamán a virágzat és levél, melyek a drog hatóanyagtartalma szempontjából legfontosabb növényi részek, együttes aránya a vizsgált fenofázisokban (zöldbimbós fázistól elvirágzott fenofázisig) folyamatosan nőtt (**19-20. ábra**), ezzel párhuzamosan a hatóanyagot csupán nyomokban tartalmazó szárrészek aránya fokozatosan csökkent.

Soroksáron (**19. ábra**) zöldbimbós állapotban 58,2% körüli volt a virágzat és levél együttes aránya, virágzás elején mindhárom évben meghaladta a 60% -ot, elvirágzott fázisban pedig átlagosan 68,4%-ot ért el, 2014-ben kiemelkedően magas, 73,1%-os, aránnyal. 2012-ben és 2013-ban (67,7%, illetve 67,5%) teljes virágzás fázisában kaptuk a legkedvezőbb értékeket. A fenofázisok és évek közti eltérések szignifikánsnak bizonyultak Soroksáron (fenofázisok: $F(4;30)=20,301$; $p\leq,001$; évek: $F(2;30)=14,895$; $p\leq0,001$). Az évek közti eltérés ugyanakkor csak a koraibb fenofázisokban (fehérbimbós és virágzás eleji) jelentkezett.

Kálon (**20. ábra**), a virágzat és levél együttes arányának változása összességében hasonló tendenciát mutatott, mint Soroksáron. Zöldbimbós állapotban 55,2±4,3% és 56,5±3,5% között változott, fehérbimbós állapotban már átlagosan megközelítette a 60,0%-ot, a virágnyílás során pedig fokozatosan növekedve elvirágzott stádiumban már közelítőleg 70,0% volt: 67,2±0,7% és 69,0±1,4% között alakult értéke. A legmagasabb arányokat (67,6-69,0%) a drogban 2012-ben és 2014-ben elvirágzott fenofázisban, 2013-ban teljes virágzás fázisában (69,4%) mértük. A vizsgált fenofázisok és évek között is szignifikánsnak bizonyult a különbség (fenofázisok: $F(4;30)=26,385$; $p\leq0,001$; évek: $F(2;30)=11,105$; $p\leq0,001$). Utóbbi ugyanakkor csupán fehérbimbós és virágzás eleji fázisokban jelentkezett. A fenofázis és év kölcsönhatása is szignifikánsnak bizonyult ($F(4;30)=3,740$; $p\leq0,001$).



19. ábra: A virágzat és levél együttes aránya a virágzás folyamán a vizsgált fenofázisokban, Soroksáron 2012-14 között. A kis betűk a fenofázisok közötti szignifikáns eltérést, míg a nagy betűk a kísérleti évek közti szignifikáns eltérést jelölik.



20. ábra: A virágzat és levél együttes aránya a virágzás folyamán a vizsgált fenofázisokban, Kálon 2012-14 között. A kis betűk a fenofázisok közötti szignifikáns eltérést, míg a nagy betűk a kísérleti évek közti szignifikáns eltérést jelölik.

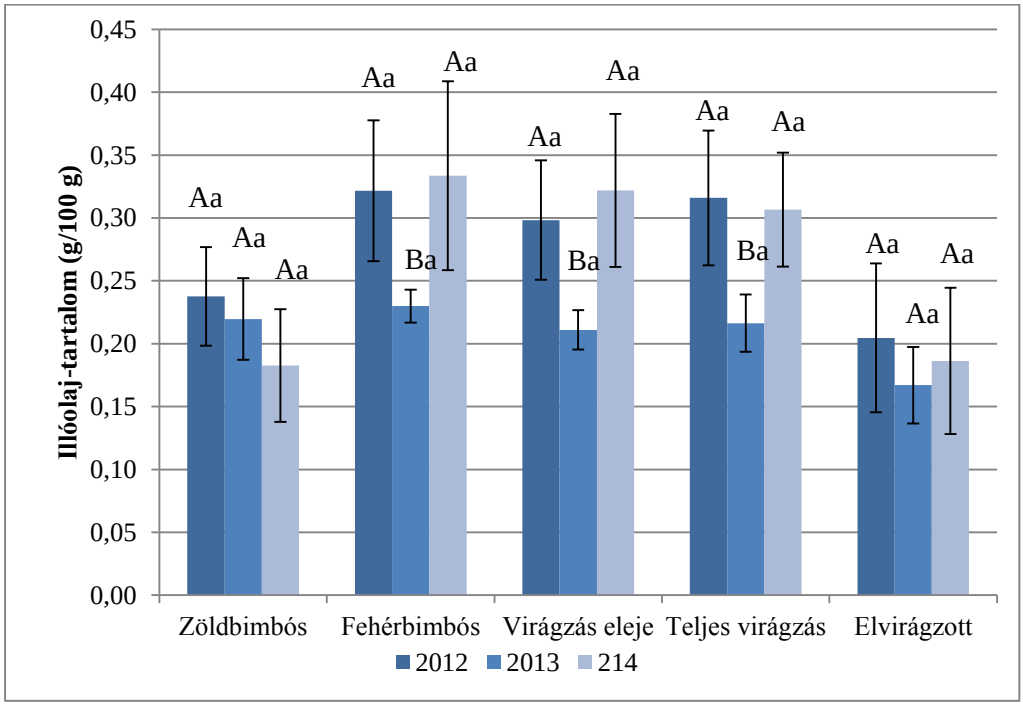
4.2.2. Az ontogenetikai tényezők hatása a beltartalom alakulására

4.2.2.1. Az illóolaj-tartalom alakulása a virágzás folyamán

Az illóolaj-tartalom a generatív fázisok kezdetétől, zöldbimbós fázistól növekedett, majd csökkenést mutatott optimum görbéhez hasonlóan (**21-22. ábra**).

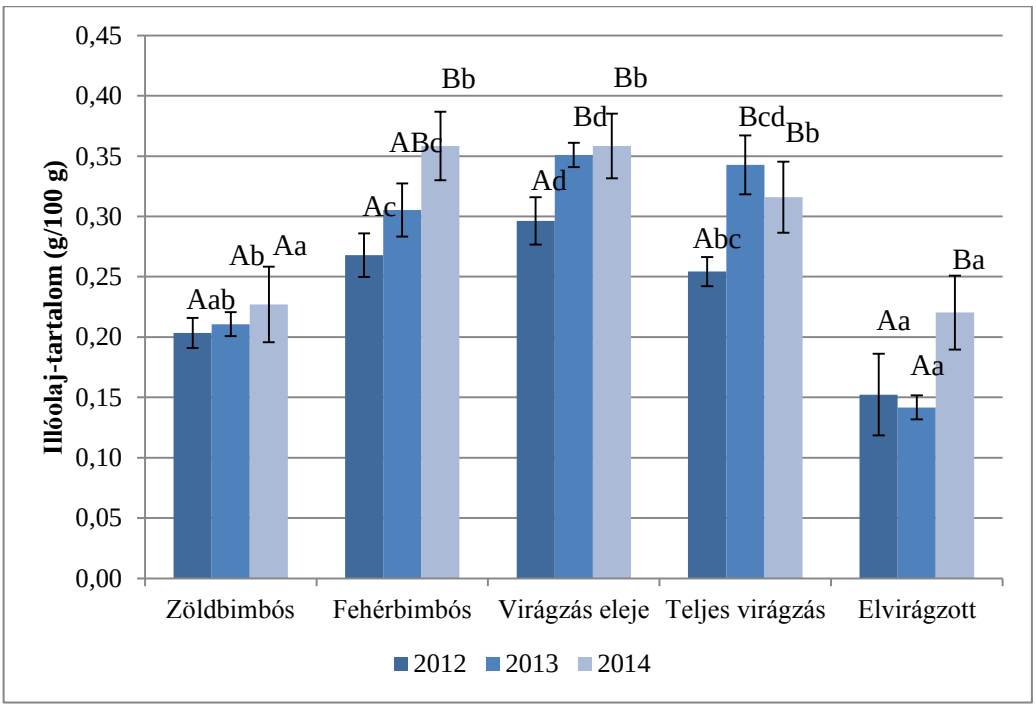
Soroksáron (**21. ábra**) az illóolaj-tartalom zöldbimbós fázistól növekedett, a maximumot már a virágzás első felében elérte, majd csökkent. Zöldbimbós állapotban az illóolaj-tartalom 0,213±0,039 g/100 g volt, a maximumot (0,295±0,048 g/100 g) mindhárom évben fehérbimbós állapotban érte el, de az ezt követő virágzás eleji és teljes virágzás fázisban sem csökkent még szignifikánsan, csupán elvirágzott fázisra. A

legalacsonyabb illóolaj (0,186±0,049 g/100 g) tartalmat 2012-ben és 2013-ban elvirágzott fázisban mértük, 2014-ben zöldbimbós állapotban. A vizsgálati évek közötti eltérés statisztikailag szignifikánsnak bizonyult (F(2;30)=7,708; p≤0,001).



21. ábra: Az illóolaj-tartalom alakulása a virágzás folyamán a vizsgált fenofázisokban, Soroksáron 2012-14 között. A kis betűk a fenofázisok közötti szignifikáns eltérést, míg a nagy betűk a kísérleti évek közti szignifikáns eltérést jelölik.

Kálon (**22. ábra**) az illóolaj-tartalom a Soroksáron látottakhoz hasonló tendencia szerint alakult. Már zöldbimbós fenofázisban meghaladta a gyógyszerkönyvi előiratban szereplő értéket, átlagosan 0,214±0,018 g/100 g volt. Ezután fehérbimbós fázisra szignifikánsan megemelkedett: 0,268-0,358 g/100 g-ra, a maximumot pedig virágzás elején érte el (átlagosan 0,336 g/100 g illóolaj-tartalommal) mindhárom évben. Teljes virágzás fázisától (0,304±0,022 g/100 g) az illóolaj-tartalom enyhe, majd fokozott intenzitású csökkenéssel jellemezhető: a legalacsonyabb illóolaj-tartalmat mindhárom évben elvirágzott fázisban mértük (0,171±,025 g/100g), az elvirágzott mintákban az illóolaj-tartalom csupán 2014-ben nem csökkent 0,2 g/100 g alá. A fenofázisok és az évek között kimutatható szignifikáns különbség volt (fenofázisok: F(4;30)=85,758; p≤0,001; évek: F(2;30)=27,039; p≤0,001), az évjárati hatás azonban csak a fehérbimbós, virágzás eleji és teljes virágzás fázisokban jelentkezett. A két termőhely között szignifikáns különbség volt detektálható (F(1;60)=4,134; p≤0,001).

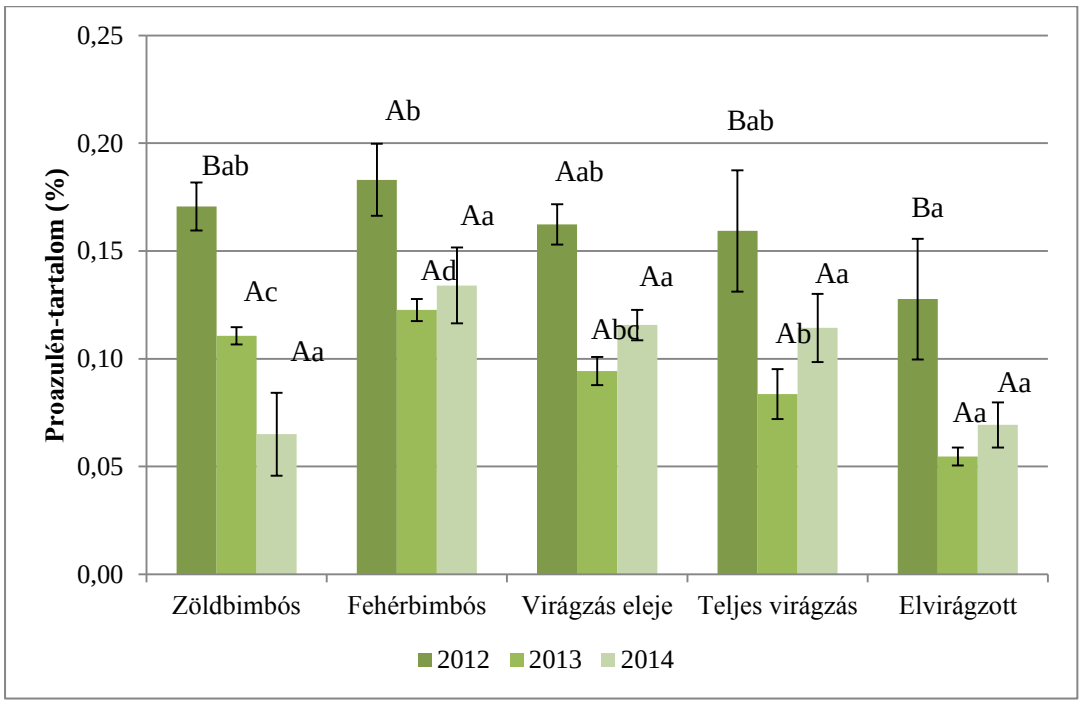


22. ábra: Az illóolaj-tartalom alakulása a virágzás folyamán a vizsgált fenofázisokban, Kálon 2012-14 között. A kis betűk a fenofázisok közötti szignifikáns eltérést, míg a nagy betűk a kísérleti évek közti szignifikáns eltérést jelölik.

4.2.2.2. A proazulén-tartalom alakulása a virágzás folyamán

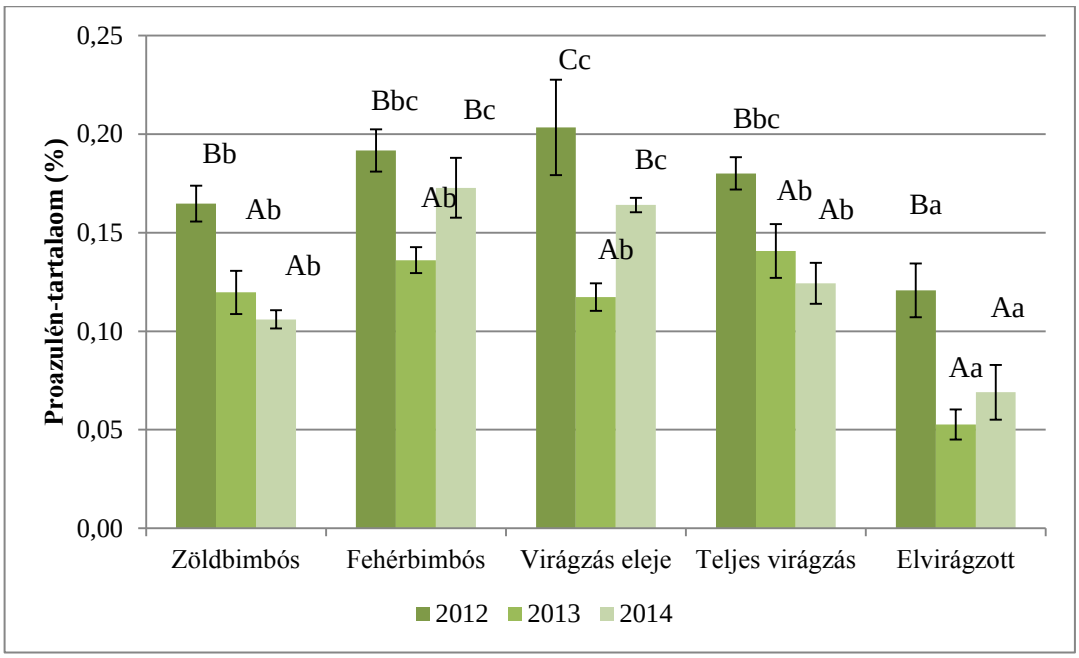
A proazulén-tartalom az illóolaj-tartalomhoz hasonlóan a generatív fázisok kezdetétől növekvő, majd fokozatosan csökkenő tendenciát mutatott (**23-24. ábra**).

Soroksáron (**23. ábra**) zöldbimbós fázisban a proazulén-tartalom 0,065±0,019% és 0,171±0,011% között változott a vizsgálati években, átlagosan 0,115±,043% értéket mértünk. Fehérbimbós fázisra már 0,147±0,056%-ra emelkedett a proazulén-tartalom, majd fokozatosan csökkent: virágzás elején 0,124±0,047%-ot, teljes virágzásban 0,119±0,053%-ot, elvirágzott stádiumban pedig 0,084±0,039%-ot mértünk. A maximális proazulén-tartalmat 2012-ben (0,183±0,017%), 2013-ban (0,123±0,005%) és 2014-ben (0,134±0,018%) is fehérbimbós fenofázisban tapasztaltuk. Mind a fenofázisok, mind az évek közötti eltérés szignifikáns volt (fenofázisok: $F(4;30)=6,831$; $p\leq0,001$; évek: $F(1;30)=31,115$; $p\leq0,001$).



23. ábra: A proazulén-tartalom alakulása a virágzás folyamán a vizsgált fenofázisokban, Soroksáron 2012-14 között. A kis betűk a fenofázisok közötti szignifikáns eltérést, míg a nagy betűk a kísérleti évek közti szignifikáns eltérést jelölik.

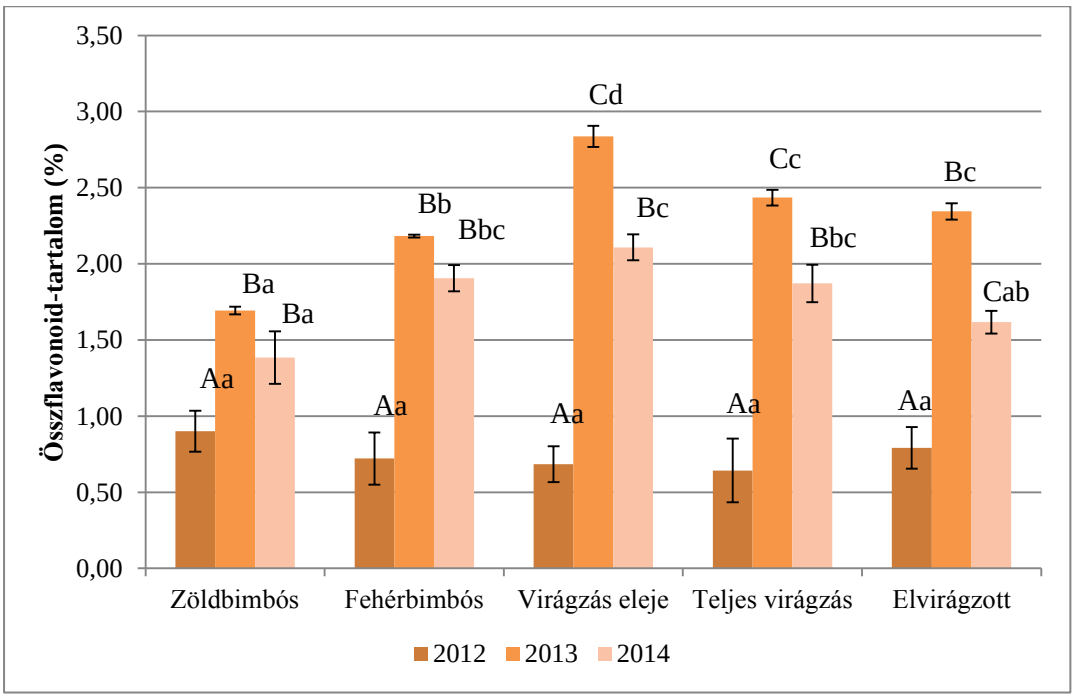
Kálon (**24. ábra**) zöldbimbós fázisban a három évben átlagosan 0,130±0,008% proazulén-tartalmat mértünk, majd fokozatos növekedést (0,167±0,011% fehérbimbós, illetve 0,062±0,12% virágzás eleje fázisban) tapasztaltunk egészen teljes virágzásig (0,148±0,011%), ami után drasztikusan lecsökkent. A három kísérleti évben a maximumot eltérő fenofázisban mértük: 2012-ben (0,203±0,024%) virágzás elején, 2013-ban (0,141±0,014%) teljes virágzásban, 2014-ben (0,173±0,015%) pedig fehérbimbós állapotban. A fenofázisok és az évek között is szignifikáns eltérést tapasztaltunk (fenofázisok: $F(4;30)=79,234$; $p\leq,001$; évek: $F(1;30)=103,352$; $p\leq0,001$), és a két termőhely között is statisztikailag jelentős különbséget találtunk ($F(1;60)=21,705$; $p\leq0,001$).



24. ábra: A proazulén-tartalom alakulása a virágzás folyamán a vizsgált fenofázisokban, Kálon 2012-14 között. A kis betűk a fenofázisok közötti szignifikáns eltérést, míg a nagy betűk a kísérleti évek közti szignifikáns eltérést jelölik.

4.2.2.3. Az összflavonoid-tartalom alakulása a virágzás folyamán

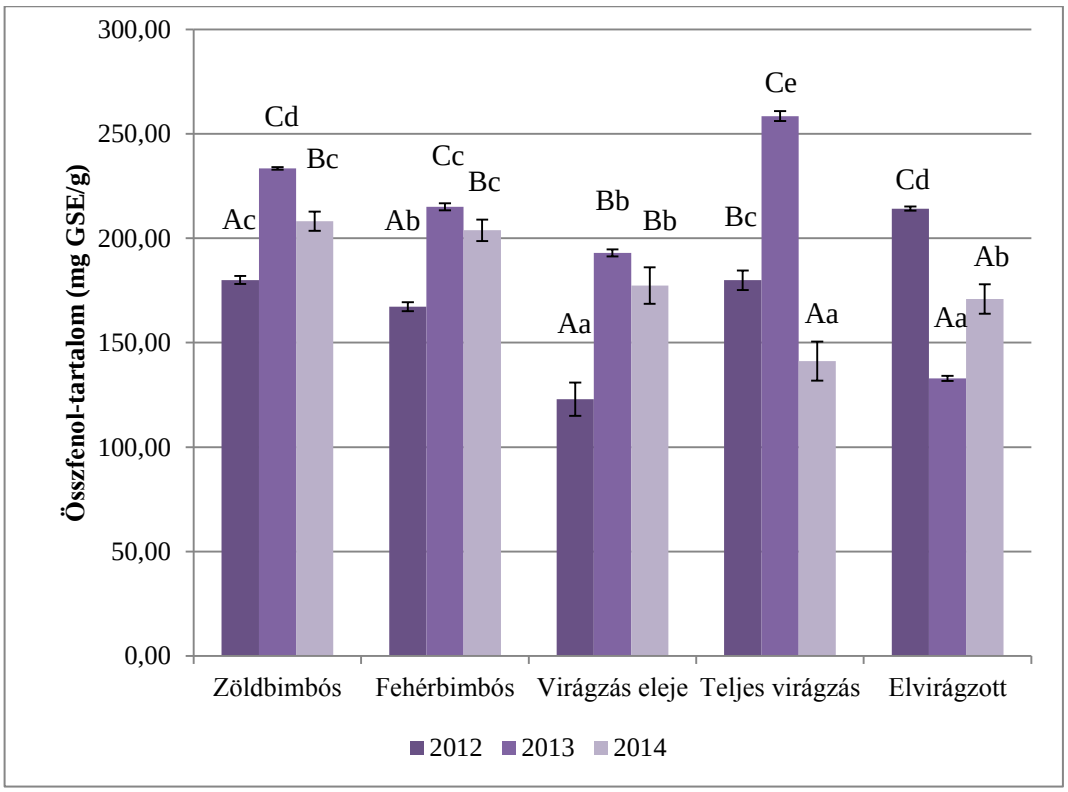
Az összflavonoid-tartalom a virágzás alatt, Soroksáron a vizsgálat éveiben eltérően alakult (**25. ábra**). 2012-ben zöldbimbós állapottól enyhe csökkenést tapasztaltunk elvirágzott állapotban mért második csúccsal. Ezzel szemben 2013-ban és 2014-ben a generatív fázis elejétől dinamikusan emelkedő, majd a virágzás második felében csökkenő –optimum görbe szerű- tendenciát tapasztaltunk. Az értékek 0,643±0,209% és 2,837±0,070% között változtak, a maximumot 2012-ben (0,900±0,135%) zöldbimbós fázisban, 2013-ban (2,837±0,070%) és 2014-ben (2,018±0,085%) pedig virágzás elején mértük. A fenofázisokban és az évek között is szignifikáns különbségeket találtunk (fenofázisok: $F(4;30)=25,959$; $p\leq0,001$; évek: $F(1;30)=700,651$; $p\leq0,001$). A 2012-es valamennyi minta flavonoid-tartalma (0,748±0,154%) jóval alacsonyabbnak bizonyult a 2013-14 évekhez képest (2,299±0,042%, illetve 1,777±0,108) ez vélhetően a tenyészidőszak első felében tapasztalható alacsonyabb középhőmérséklettel magyarázható.



25. ábra: Az összflavonoid-tartalom alakulása a virágzás folyamán a vizsgált fenofázisokban, Soroksáron 2012-14 között. A kis betűk a fenofázisok közötti szignifikáns eltérést, míg a nagy betűk a kísérleti évek közti szignifikáns eltérést jelölik.

4.2.2.4. Az összfenol-tartalom alakulása a virágzás folyamán

A vizes kivonatok összfenol-tartalmában mindhárom évben két csúcsot detektáltunk, melyek azonban nem esnek egybe teljesen (**26. ábra**). Az első maximumot valamennyi kísérleti évben zöldbimbós fázisban mértük (átlagosan 207,182±2,379 mg GSE/g). Fehérbimbós (átl. 195,348±3,000 mg GSE/g), virágzás eleji (átl. 164,407±6,127 mg GSE/g) fázisokban az összfenol-tartalom csökkent, majd teljes virágzáskor (átl. 193,163±5,483 mg GSE/g), illetve elvirágzott fázisban (átl. 172,638±3,075 mg GSE/g) megemelkedve érte el a második csúcsot. 2012-ben (214,169±1,002 mg GSE/g) és 2014-ben (170,857±7,063 mg GSE/g) ez elvirágzott állapotban, 2013-ban (258,455±2,402 mg GSE/g) teljes virágzásban történt. Mind a fenofázisok, mind az évek között szignifikáns különbség volt kimutatható (fenofázisok: $F(4;30)=112,356$; $p\leq0,001$; évek: $F(1;30)=190,982$; $p\leq0,001$).



26. ábra: Az összfenol-tartalom alakulása a virágzás folyamán a vizsgált fenofázisokban, Soroksáron 2012-14 között. A kis betűk a fenofázisok közötti szignifikáns eltérést, míg a nagy betűk a kísérleti évek közti szignifikáns eltérést jelölik.

4.3. A termesztési feltételek optimalizálása –a környezeti tényezők hatása

4.3.1. A környezeti tényezők hatása a fenológiai és morfológiai jellemzőkre

A kísérlet kezdetén vegetatív állapotban levő növények a klímakamrákba való elhelyezést követően mintegy tíz nap után már elkezdtek hajtani mindkét beállított kezelés esetén. A fejlődés a „meleg" („M") kezelésben már a kezdetektől fogva intenzívebb volt. A „meleg" kezelésben az első szárak a növények 80%-án már bő három hét után megjelentek, míg a „hideg" kezelésben ez csupán a 7. hét után történt meg. A növényeken az első virágzati bimbók hetedik hét után jelentek meg a „meleg" kezelésben, míg a „hideg" kezelés esetén a bimbók megjelenése is 4 héttel kitolódott, a kísérlet 11. hetéig. A „meleg" kezelést kapott növények teljes virágzásba a 10. hétre borultak, míg a „hideg" kezelést kapott növények virágzása 9 héttel később volt. A virágzás teljes lefolyása (első virágok nyílásától a teljes virágzásban végzett mintavételig) 6-7 hétig tartott.

A virágzáskor elvégzett felvételezés alapján a különböző környezeti tényezőket modellező kezelések igazolt hatással voltak a mezei cickafark morfológiai jellemzőire. A növényekre üde sötétzöld levélszín, a talajfelszín felett elágazó, bokros habitus, a szárlevelek finom szeldeltsége, enyhe levélfonáki szőrözöttség, a szárak alsó részén antociános foltok jelenléte volt jellemző. Némelyik tő a többitől eltérő, szabálytalanul bokros, vagy kompakt bokros habitusú volt. A „hideg" kezelés megváltoztatta a növényekre jellemző habitust (**27. ábra**): megnyúlt szárakkal rendelkező, nagyobb méretű, kis szilárdságú, lelógó levelek fejlődtek.

27. ábra: A különböző kezelést kapott növények fejlettsége és habitusa a kísérlet 10. hetében (balra: „hideg” kezelést kapott növények, jobbra: „meleg” kezelést kapott növények).

A növények magassága a „meleg” kezelésben 54,42±7,88 cm volt, míg a „hideg” kezelés hatására, mintegy 50%-kal megnőtt, 81,95±10,37 cm volt átlagosan, az értékek 62-90 cm között változtak (**20. táblázat)**. A kezelés hatása szignifikánsnak bizonyult (táblázat), csakúgy, mint a levélhosszúság tekintetében. A tőlevelek hossza „meleg” kezelés esetén átlagosan 16,90 ± 6,77 cm volt, míg a „hideg” kezelésben részesült növényeknél, 20 cm-nél hosszabb tőlevelek fejlődtek (22,90±6,34 cm). Kisebb, de még így is szignifikáns mértékben megnőtt a szárlevelek hossza is: 7,10±1,91 cm-ről 8,50±1,59 cm-re a „hideg” kezelés hatására. (**20. táblázat**). A tőlevelek szélessége közel azonos volt a „meleg” és „hideg” kezelésben (2,4±0,88 cm és 2,2±0,44 cm), statisztikailag nem volt eltérés a kezelések között. A szárlevelek szélessége esetén mást tapasztaltunk: a „hideg” kezelésben a növények szárlevele számottevően szélesebb volt (2,0±0,32 cm), közel akkora, mint a tőlevelek szélessége. A növények generatív szerveire nem volt hatással a kezelés: a virágzatok száma a növényeken közel azonos volt a kezelésekben, 13,00±5,07, illetve 12,50±4,50 db. A virágzati szárakon található elágazások száma, ami meghatározza a virágzatok számát is, átlagosan 10,30±4,76 db volt a „meleg” kezelésben, ami meghaladta a „hideg” kezelésben mért értéket (8,9±1,52 db), de nem szignifikánsan (**20. táblázat**).

20. táblázat: A kezelések hatása a mezei cickafark morfológiai jellemzőire

	Kezelések		
Vizsgált paraméterek	**"Meleg" kezelés**	**"Hideg" kezelés**	**SL**
Növénymagasság (cm)	54,4 ± 7,9	82,0 ± 10,4	***
Levélhosszúság tőlevélrózsán (cm)	16,9 ± 6,8	22,9 ± 6,3	+
Levélhosszúság szárakon (cm)	7,1 ± 1,9	8,5 ± 1,6	*
Levélszélesség a tőleveleken (cm)	2,4 ± 0,9	2,2 ± 0,4	ns
Levélszélesség a szárleveleken (cm)	1,7 ± 0,6	2,0 ± 0,3	**
Virágzatok száma a növényen (db)	13,0 ± 5,1	12,5 ± 4,5	ns
Elágazások száma (db)	10,3 ± 4,86	8,9 ± 1,5	ns

Magyarázat: szignifikancia szint: + p<0,1 * p<0,05 ** p< 0,01 *** p< 0,001 ns: nem szign

4.3.2. A környezeti tényezők hatása a produkciós jellemzőkre

A kezelések hatása a mezei cickafark produkciós jellemzőire is markánsan jelentkezett (**21. táblázat**). A „hideg” kezelés során tapasztalt morfológiai eltérések, melyek magasabb és nagyobb levélzettel rendelkező növényeket eredményeztek, közvetetten a növények friss- és drogtömegére is hatottak. Míg a „meleg” kezelés növényei a jellegzetes növekedés mellett átlagosan 81,1 g-os friss zöldtömeget és 16,0 g-os drogtömeget produkáltak, a „hideg” körülmények alatt a friss tömeg közel 40%-kal, a drogtömeg pedig 63%-kal megnőtt (117,2 g/növény, illetve 26,2 g/növény volt). Mindkettő szignifikáns különbség. Meg kell azonban jegyezni, hogy a megnövekedett növénytömeggel nem nő azonos arányban a drogtömeg, mivel a megfelelő drogminőség érdekében a virágzó hajtások nem kerülhetnek hosszabb szárral betakarításra, mint 30-40 cm.

A szervi arányok változása követte a produkció alakulását. Míg a „meleg” kezelést kapott növényeknél a hatóanyagot tartalmazó szervek (virágzat és levél) tömege csupán 9,9 g/növény volt, addig a „hideg” kezelésben 17%-kal több volt (11,6 g/növény), ami statisztikailag szignifikáns különbség. A hasznos szervek aránya azonban nemcsak önmagában, hanem a teljes száraz tömeghez viszonyítva is érdekes. Míg a „meleg” kezelésben, a hatóanyag-tartalom szempontjából hasznos szervek aránya a teljes száraz növénytömeghez képest 61,9%, addig a „hideg” kezelés magasabb értéke (11,6 g/növény) a teljes száraz tömeghez viszonyítva, annak csupán 44,2%-át teszi ki.

21. táblázat: A kezelések hatása a mezei cickafark produkciójára

	Kezelések		
Vizsgált paraméterek	**"Meleg" kezelés**	**Hideg" kezelés**	**SL**
Friss tömeg (g/növény)	81,1 ± 23,6	117,2 ± 20,0	**
Drogtömeg (g/növény)	16,0 ± 4,0	26,2 ± 4,8	***
Hasznos szervek tömege (g/növény)	9,9 ± 2,2	11,5 ± 0,4	*

Magyarázat: szignifikancia szint: * p<0,05 ** p< 0,01 *** p< 0,001

Megvizsgálva a drogban a növényi szervek tömegarány szerinti százalékos lebontását, láthatjuk, hogy a kezelések közti eltérés honnan ered (**22. táblázat**). Míg a „hideg" kezelésben a drog kevesebb virágzatot (14,8%) és több szárat (42,5%) tartalmazott, a levél frakció aránya (42,7%) gyakorlatilag nem változott a „meleg" kezeléshez képest (44,2%). Tehát összességében, arányait tekintve a „meleg" kezelés szervi arányai kedvezőbbek a drogminőség tekintetében.

22. táblázat: A kezelések hatása a növényi szervek tömegarányára

	Szervarányok		
	Virágzat (%)	**Levél (%)**	**Szár (%)**
"Meleg" kezelés	20,4 ± 5,8	44,2 ± 7,0	35,4 ± 4,4
"Hideg" kezelés	14,8 ± 4,0	42,7 ± 3,9	42,5 ± 2,0

4.3.3. A környezeti tényezők hatása a beltartalomra

Az eredmények alapján a környezeti tényezők kevéssé befolyásolták a mezei cickafark beltartalmát, mint a fentebb tárgyalt jellemzőket (**23. táblázat**). A két kezelés illóolaj-tartalma (0,160 g/100 g a "meleg" és 0,159 ml/100 g a "hideg" kezelésben) nagyon hasonlóan alakult. Ez mindenesetre inkább a klímakamrákban beállított természetes élőhelytől nagyban különböző kísérleti körülményeknek tudható be, mint a növényanyag rossz minőségének. Mérsékeltebb, de statisztikailag még így sem kimutatható különbség volt a különböző kezelések illóolajának proazulén-tartalmában. Az átlagértékek magasabbnak bizonyultak a „hideg" kezelésben (0,106%), mint a "meleg" környezetben (0,071%).

A minták összfenol-tartalma alapján a hőmérséklet és fény hatása nem érvényesült sem a vizes, sem pedig az alkoholos kivonatokban. A vizes kivonatokban mért értékek a 76,20 mg GSE/g és 113,79 mg GSE/g között alakultak a két kezelésben, valamivel magasabb átlagértéket elérve a "hideg" körülmények között nevelt növényeknél (96,52 mg GSE/g). Az alkoholos kivonatok összfenol-tartalma alacsonyabb, nagyjából fele akkora volt mindkét kezelés esetén, és köztük elhanyagolható a különbség (Meleg: 45,75 mg GSE/g; Hideg:45,05 mg GSE/g).

23. táblázat: A kezelések hatása a mezei cickafark beltartalmára

	Kezelések		
Vizsgált paraméterek	**"Meleg" kezelés**	**Hideg" kezelés**	**SL**
Illóolaj-tartalom (g/100 g)	0,160 ± 0,023	0,159 ± 0,032	ns
Proazulén-tartalom (%)	0,071 ± 0,010	0,106 ± 0,062	ns
Összfenol-tartalom, vizes kivonat (mg GSE/g)	91,62 ± 9,65	96,52 ± 10,93	ns
Összfenol-tartalom, alkoholos kivonat (mg GSE/g)	45,75 ± 6,50	45,05 ± 5,94	ns

Magyarázat: ns: nem szign.

4.4. A termesztési feltételek optimalizálása – az interspecifikus növényi kompetícó szabályozása

4.4.1. A vegyszeres gyomirtási kísérlet eredményei 2012-ben

4.4.1.1.Gyomborítottság, gyomspektrum

Soroksáron 2012-ben július 4-én végeztük el a gyomfelvételezést, ekkora a területen már jelentős gyomosodás volt tapasztalható, a kultúrnövény pedig betakarítás közeli állapotba került. A soroksári kezelések gyomborításának és gyomspektrumának alakulása látható a **24. táblázatban.**

Soroksáron a gyomborítottság százalékos értéke a parcellákban 45 és 100% között alakult, az átlag érték közel 90% volt. A legalacsonyabb gyomosodás a kapált kontroll parcellában volt mérhető, csupán 45%. A kezelések 4 esetben hatástalannak bizonyultak és a terület teljesen (100%-ban) elgyomosodott: a Pledge, Galigan, Benefex, valamint a Pendigan parcelláin is. A legjobb eredményt e szempontból az egyik egyszikű irtó herbicid, a Leopard, produkálta (70%).

A gyomfelvételezés eredményei alapján, Soroksáron leginkább néhány országszerte súlyos problémákat okozó gyomfaj jelenléte bizonyult meghatározónak. A kétszikű károsítók nagyobb fajszámmal voltak jelen a területen (8 faj): *A. artemisifolia, A. blitoides, A. retroflexus, C. bursa-pastoris, C. album, C. arvense, H. niger, P. oleracea*, míg egyszikűek egyetlen, de annál veszélyesebb fajjal (*E. crus-galli*) képviseltették magukat. A kezelt terület legelterjedtebb károsító gyomnövénye a kétszikű kövér porcsin volt. 13 parcellából 11-en feljegyeztük a jelenlétét, átlagos borítása 33% körüli volt. Hat parcellán 40% feletti, a Pulsar kezelés esetén pedig még a 70%-ot is meghaladta teljes borítása. Erre a fajra a kezelések közül több-kevesebb hatékonyságot a Pledge, Galigan és a Dual Gold mutattak. Jelentős problémát okozott a terület közönséges kakaslábfűvel való nagyfokú szennyezettsége, 13 parcellából 9-en megtaláltuk a növényt. Átlagos borítása a parcellákban 33%, 3 kezelésben (Pulsar, U-46, Pendigan) közepesen sok, 5 kezelésben (Pledge, Benefex, Starane, Devrinol, Dual Gold) sok és 1 kezelésben (Galigan) tömegesen volt jelen. Az általunk alkalmazott egyszikűirtók (Fusilade,

Leopard, Agil) 100%-osan hatásosnak bizonyultak ellene. Az *Amaranthus* fajok közül a szőrös disznóparéj volt jelentős a területen: 7 kezelésben 10%-nál nagyobb arányú borítást tapasztaltunk. A Galigan, Benefex, Pulsar kezelések teljesen visszaszorították a növény jelenlétét, és érdekes módon a Leopard, Agil, U-46 kezelések hatására is átlag alatti arányban volt jelen a területen a szőrös disznóparéj. Vélhetően előbbi két kezelés esetén, inkább a terület foltszerű kisebb szennyezettségéről van szó, mint a gyomirtó hatásról, mivel a Leopard és az Agil speciálisan egyszikűirtó herbicidek. A területen megtalálható további gyomok közül –feltehetően a gyengébb kompetíciós viszonyok miatt- a pásztortáska az egyszikű irtókkal kezelt (Fusilade, Leopard, Agil) területeken tudott számottevő borítottságot (10-15%) elérni. Ez a rövid életű gyomnövény rendszerint a betakarítás idején már csak a területen található elszáradt növényi részeivel okoz gondot a termesztés során. A területre jellemző gyomflórához tartozó ürömlevelű parlagfű, labodás disznóparéj, fehér libatop, mezei aszat és bolondító beléndek alacsony egyedszámmal (1-2 tő) jelentek meg a kezelt parcellákon, így nem okoztak jelentős károsítást.

24. táblázat: A gyomborítottság és a gyomspektrum alakulása Soroksáron, 2012-ben.

		1.	**2.**	**3.**	**4.**	**5.**	**6.**	**7.**	**8.**	**9.**	**10.**	**11.**	**12.**	**13.**
Gyomborítottság (%)		100	100	100	95	90	70	95	90	90	95	100	90	45
Gyomspektrum (%)	*Ambrosia artemisifolia*	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Amaranthus blitoides	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
	Amaranthus retroflexus	3	0	0	0	3	2	1	2	3	3	3	3	3
	Capsella bursa-pastoris	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	1	1	0
	Chenopodium album	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0
	Cirsium arvense	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Echinochloa crus-gali	4	5	4	3	0	0	0	3	4	4	3	4	2
	Hyosciamus niger	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	Portulaca oleracea	0	0	3	5	4	4	4	4	3	4	3	2	3
Gyomok mérete (cm)		85	105	100	65-70	85	70	55	50-55	70-75	70	75	35-75	50-60

Magyarázat:

Kezelések: 1.POST Pledge (0,2 kg/ha); 2.POST Galigan (1 l/ha); 3.POST Benefex (8 l/ha); 4. POST Pulsar (1,2 l/ha); 5. POST Fusilade (1l/ha); 6. POST Leopard (2,5 l/ha); 7. POST Agil (1,2 l/ha); 8. POST U-46 (0,8 l/ha); 9. POST Starane (1 l/ha); 10. POST Devrinol (5/ l/ha); 11. POST Pendigan (6 l/ha); 12. POST Dual Gold (3 l/ha); 13. –. Értékekés: 0 – nem forduló elő; 1 - 1-2 db található a területen; 2 - kevés, aránya 10% alatti; 3 - közepes, aránya 10-39% között alakul; 4 - sok, aránya 40-69% között alakul; 5 – tömeges, aránya 70% feletti.

A területen előforduló gyomnövények kifejezetten fejlettek voltak, magasságuk 35 és 105 cm között alakult. A parcellákon elsősorban a kakaslábfű és szőrös disznóparéj fejlődése korlátozta a kultúrnövényét, ezen fajok nőttek igen magasra és kerültek magérés közeli állapotba a gyomfelvételezés idejére. A herbicidek kijuttatását követő hetekben

erőteljes károsodás volt látható az említett gyomnövényeken: a levelek sárgulása-barnulása, melyet a gyomfelvételezés idejére azonban nagyjából kinőttek. Csupán Pledge és Benefex kezelések nyomán maradtak kisebb fehér foltok.

A Kálon beállított vegyszeres gyomirtási kezelések gyomborítottságát és gyomspektrumát szemlélteti a **25. táblázat.**

25. táblázat: A gyomborítottság és a gyomspektrum alakulása Kálban, 2012-ben.

		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
Gyomborítottság (%)		100	100	95	85	90	90	90	90	70	90	70	60	90
Gyomspektrum (%)	*Abutilon theophrasti*	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	0	3	3
	Ambrosia artemisifolia	3	2	3	3	4	4	4	3	0	3	3	3	3
	Amaranthus retroflexus	1	1	1	0	1	2	2	2	2	2	2	3	2
	Chenopodium album	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1
	Cynodon dactylon	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
	Echinochloa crus-gali	5	5	4	4	1	1	1	3	4	3	3	3	3
	Erigeron canadensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	Polygonum aviculare	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Portulaca oleracea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Gyomok mérete (cm)		50-65	65-80	10-75	50-75	30-70	30-50	35	30-55	50	20-70	30-50	50	30-60

Magyarázat:
Kezelések: 1.POST Pledge (0,2 kg/ha); 2.POST Galigan (1 l/ha); 3.POST Benefex (8 l/ha); 4. POST Pulsar (1,2 l/ha); 5. POST Fusilade (1l/ha); 6. POST Leopard (2,5 l/ha); 7. POST Agil (1,2 l/ha); 8. POST U-46 (0,8 l/ha); 9. POST Starane (1 l/ha); 10. POST Devrinol (5/ l/ha); 11. POST Pendigan (6 l/ha); 12. POST Dual Gold (3 l/ha); 13. –. Értékelés: 0 – nem forduló elő; 1 - 1-2 db található a területen; 2 - kevés, aránya 10% alatti; 3 - közepes, aránya 10-39% között alakul; 4 - sok, aránya 40-69% között alakul; 5 – tömeges, aránya 70% feletti.

Kálon 2012-ben az összes kísérleti parcella számottevő gyomosodást mutatott a gyomfelvételezés időpontjában, mely pár nappal korábban történt, mint Soroksáron. Ekkorra a palánták kiültetésétől hozzávetőlegesen 2 hónap telt el, a növényállomány lassan betakarításra alkalmas állapotba került, a gyomnövény flóra pedig teljesen kifejlődhetett. Dacára a beállított kezeléseknek, valamint a kontroll parcellában 4 alkalommal alkalmazott mechanikai védekezésnek (kapálás), valamennyi kezelés erősen elgyomosodott. A gyomborítottság mértéke 60% és 100% között változott a kezelésekben, átlagosan 85% körül alakult. Két esetben, a Pledge és Galigan kezelésekben, elérte a 100%-ot, azaz a teljes kezelt parcellát beborították a gyomok. A gyomok növekedését, fejlődését mérsékelten csökkentették a Starane, Pendigan és Dual Gold kezelések, ezeken a gyomborítottság „csupán” 60-70% körül alakult. Ezek az értékek természetesen így is magasnak tekinthetők, üzemi növénytermesztés esetén a kultúrnövény fejlődése és a megfelelő hozamok produkálása miatt is elfogadhatatlan az ilyen mértékű gyomosodás.

A területen megtalálható fajok legtöbbje jellemzően már a felvételezéshez képest egy hónappal korábban is megfigyelhető volt a területen, ugyanakkor arányuk az összesített gyomflórához képest alacsonyabb volt. A területen később megjelent faj volt a

C. dactylon, az *E. canadensis* és a *P. aviculare*, a kezeléskor megfigyelt lósóska fajt később a gyomfelvételezés elvégzésekor már nem találtuk meg a területen, a szórványosan előforduló növények valószínűsíthetően a kezelések hatására elpusztultak. A területen egyértelműen két jelentős szántóföldi gyom, a közönséges kakaslábfű és az ürömlevelű parlagfű okozta a legjelentősebb problémát, melyek egyetlen kezelés kivételével minden esetben megtalálhatóak voltak eltérő arányban. A közönséges kakaslábfű volt jelen legnagyobb mennyiségben, aránya a kezelésekben nem egyszer meghaladta a 70%-ot (Pledge, Galigan). Egyedül a kifejezetten egyszikű irtó herbicidek (Fusilade, Leopard és Agil) tudták számottevően visszaszorítani a területen. A parlagfű aránya a kezelt parcellákon 0 és 55% között változott, egyedül a Starane kezelés esetén nem találkoztunk vele egyáltalán. Legnagyobb arányban (50% felett) a Fusilade, Leopard és Agil egyszikűirtó szerek kezeléseiben volt mérhető a jelenléte. Az előzetes gyomfelvételezés során az egyik leggyakoribb gyomnak talált sárga selyemmályva, közepesen nagy jelentőségű károsítónak bizonyult, borítása a parcellákban 0% és 26,7% között változott. Egyedül a Pendigan kezelés után nem tapasztaltuk jelenlétét. A szőrös disznóparéjt a Pulsar kezelés kivételével minden esetben megtaláltuk, azonban borítása sosem volt magasabb 10,9%-nál (Dual Gold). A fehér libatop csupán a parcellák 60%-ában, szórványosan fordult elő. Az egyszikű csillagpázsit maximális borítása 1,7-11,1%-os volt, a parcellákon jellemzően foltszerűen volt elterjedve. A betyárkóró, madárkeserűfű és porcsin fajok csak 1-1 parcellán, alacsony egyedszámban voltak jelen, ezzel komoly növényvédelmi problémát nem okoztak. A felvételezés idején a gyomnövények mérete 10-80 cm között változott. Jellemzően a közönséges kakaslábfű, a szőrös disznóparéj és az ürömlevelű parlagfű fejlődtek gyorsan és intenzíven, egyes kezelésekben, oly mértékben, hogy magát a kultúrnövényt is túlnőtték (Pledge, Galigan) és jelentősen akadályozták annak fejlődését. A Fusilade, Leopard, Agil, Pendigan, valamint Dual Gold kezelésekben a gyomok fejlődését lassító hatást tudtuk megfigyelni. A gyomnövényeken látható károsodást egyedül a Pulsar kezelésben jegyeztünk fel, a parlagfű levelén teratómák formájában.

2012-ben a két kísérleti helyszín eredményei alapján a Leopard, Starane, Pendigan és Dual Gold (6, 9, 10, 11.) kezelések nyomán születtek perspektivikus eredmények a gyomflóra szabályozásában. Ugyanakkor az eredmények tükrözik, hogy a tesztelt növényvédő szerek alkalmazási módja és ideje a gyomok szempontjából nem volt optimális és termőhely tekintetében is különbséget mutattak.

4.4.1.2. A cickafark tőmegmaradása, fejlettsége és produkciója

A soroksári *Achillea* állomány felmérésének eredményei a **26. táblázatban** láthatóak.

Felvételezéskor a növények egy része már generatív fázisba lépett, a parcellákon virágzás kezdetén és virágzásban levő egyedek is voltak. A növények fejlettségben alulmaradtak a 4, 8. és 10. kezelésekben (Pulsar, U-46, Devrinol), a 12. kezelés nyomán (Dual Gold) a fejlődése kissé elhúzódott, a növények heterogének voltak, a 9. kezelésben (Starane) pedig csökkent növekedést és kényszervirágzást figyeltünk meg. Számottevő károsodást a 4, 8, 9, 10. kezelésekben (Pulsar, U-46, Starane, Devrinol) tapasztaltunk, deformált, csavarodott, gyenge növényekkel és erőteljes pusztulással. A mezei cickafark tőszáma az 5, 6, 7, 11. kezelésekben (Fusilade, Leopard, Agil, Pendigan) és a kontroll parcellán maradt 100%-os, a többi kezelés eltérő arányban, de tőhiányt okozott az

állományokban. Alacsony, 5-10%-os hiányt jegyeztünk fel az 1, 2, 3, 8 és 12. kezelésekben (Pledge, Galigan, Benefex, U-44 és Dual Gold), míg kifejezetten magas tőhiányt a 4, 9. és 10. kezelésekben (Pulsar, Starane, Devrinol), ahol a tőmegmaradás 30-60% között változott.

26. táblázat: A mezei cickafark állomány tőmegmaradása, fejlettsége és növekedési erélye Soroksáron, 2012-ben.

	Achillea tőmegmaradás (%)	Achillea fejlettségi állapot	Növekedési erély	Károsodás
1.	90	szárbaindult-teljes virágzás	erős	-
2.	90	zöldbimbós-virágzás eleje	közepes	-
3.	90	fehérbimbós-virágzás eleje	közepes	-
4.	60	tőleveles-zöldbimbós	gyenge	+
5.	100	zöldbimbós-virágzó	erős	-
6.	100	zöldbimbós-virágzó	erős	-
7.	100	zöldbimbós-virágzó	erős	-
8.	90	tőleveles- virágzás eleje	gyenge	+
9.	30	bimbós-virágzó	gyenge	+
10.	50	tőleveles-virágzás eleje	gyenge	+
11.	100	szárbaindult-virágzó	erős	-
12.	95	tőleveles-virágzás eleje	közepes	-
13.	100	zöldbimbós-virágzás eleje	erős	-

Magyarázat: 1.POST Pledge (0,2 kg/ha); 2.POST Galigan (1 l/ha); 3.POST Benefex (8 l/ha); 4. POST Pulsar (1,2 l/ha); 5. POST Fusilade (1l/ha); 6. POST Leopard (2,5 l/ha); 7. POST Agil (1,2 l/ha); 8. POST U-46 (0,8 l/ha); 9. POST Starane (1 l/ha); 10. POST Devrinol (5/ l/ha); 11. POST Pendigan (6 l/ha); 12. POST Dual Gold (3 l/ha); 13. –.

A mezei cickafark tőmegmaradása, fejlettsége és növekedési erélye a káli felvételezés idején a **27. táblázatban** láthatóak.

Az egyes kezelések a növények fejlettségét kis mértékben befolyásolták. Ezt tapasztaltuk az 1, 4, 5, 8, 9, 10. és 12. kezelésekben (Pledge, Pulsar, Fusilade, U-46, Starane, Devrinol és Dual Gold) is, ahol a növény vegetatívtól virágzás elején levő, virágzó állapotig változó volt, azaz fejlődése jobban elhúzódott. Károsodásra utaló jeleket (erőteljes sárgulás, száradás a leveleken, súlyosabb esetben pusztulás) három kezelésben tapasztaltunk a kultúrnövényen: a Pulsar és a Starane kezelésekben a mezei cickafark lényegében elhalt a parcellákon, a Fusilade kezelés esetén a károsodás látható volt, de a növény később kinőtte azt. Az alkalmazott herbicidek a cickafark tőmegmaradására is hatással voltak. A tőszám csupán a kezelések felében nem csökkent: 100%-os tőmegmaradást tapasztaltunk az 1, 3, 7, 8, 11. és 12. kezelésekben (Pledge, Benefex, Agil, U-46, Pendigan és Dual Gold), enyhe tőhiányt, 90-95%-os tőmegmaradást a 6 és 10. kezelésekben (Leopard és Devrinol). Azokban a kezelésekben, ahol károsodást jegyeztünk fel, jellemzően a kezelés erőteljes csökkenést okozott a tőszámban is: a Pulsar (4. kezelés) és a Starane (9. kezelés) 40%-ra, a Fusilade (5. kezelés) 85%-ra csökkentette azt. Említést érdemel még, hogy a Galigan (2. kezelés) is számottevően, 70%-ra, csökkentette az *Achillea* tőmegmaradását, bár látható tünetet nem tapasztaltunk.

27. táblázat: A mezei cickafark állomány tőmegmaradása, fejlettsége és növekedési erélye Kálon, 2012-ben.

	Achillea tőmegmaradása (%)	Achillea fejlettségi állapota	Növekedési erély	Károsodás
1.	100	tőleveles-virágzás eleje	gyenge	-
2.	70	bimbós-virágzó	erős	-
3.	100	bimbós-virágzó	erős	-
4.	40	bimbós-virágzó	gyenge	+
5.	85	tőleveles-virágzó	gyenge	+
6.	95	tőleveles-virágzó	közepes	-
7.	100	bimbós-virágzó	erős	-
8.	100	tőleveles-virágzó	gyenge	-
9.	40	tőleveles-virágzás eleje	gyenge	+
10.	95	tőleveles-virágzó	gyenge	-
11.	100	bimbós-virágzó	erős	-
12.	100	tőleveles-virágzó	közepes	-
13.	90	bimbós-virágzó	erős	-

Magyarázat: 1.POST Pledge (0,2 kg/ha); 2.POST Galigan (1 l/ha); 3.POST Benefex (8 l/ha); 4. POST Pulsar (1,2 l/ha); 5. POST Fusilade (1l/ha); 6. POST Leopard (2,5 l/ha); 7. POST Agil (1,2 l/ha); 8. POST U-46 (0,8 l/ha); 9. POST Starane (1 l/ha); 10. POST Devrinol (5/ l/ha); 11. POST Pendigan (6 l/ha); 12. POST Dual Gold (3 l/ha); 13. –.

A vegyszeres gyomirtási kísérlet két helyszínén mért produkció alakulása a **28. táblázatban** látható.

28. táblázat: A vegyszeres gyomirtási kezelésekben mért drogtömeg alakulása 2012-ben.

	Drogtömeg (g/tő)	
	Soroksár	**Kál**
1.	8,5	11,5
2.	6,4	13,6
3.	9,2	11,8
4.	7,5	11,1
5.	13,7	10,0
6.	22,7	11,0
7.	17,4	16,2
8.	14,3	12,2
9.	6,8	11,1
10.	4,6	15,7
11.	8,2	19,4
12.	10,8	15,9
13.	23,5	32,4

Kezelések: 1.POST Pledge (0,2 kg/ha); 2.POST Galigan (1 l/ha); 3.POST Benefex (8 l/ha); 4. POST Pulsar (1,2 l/ha); 5. POST Fusilade (1l/ha); 6. POST Leopard (2,5 l/ha); 7. POST Agil (1,2 l/ha); 8. POST U-46 (0,8 l/ha); 9. POST Starane (1 l/ha); 10. POST Devrinol (5/ l/ha); 11. POST Pendigan (6 l/ha); 12. POST Dual Gold (3 l/ha); 13. –.

A soroksári és káli eredmények között jelentős eltéréseket tapasztaltunk. A tesztelt parcellákon a drogtömeg Soroksáron 4,6 g/tő és 23,5 g/tő között, míg Kálon 10,0

g/tő és 32,4 g/tő között alakult. A legmagasabb hozamot mindkét helyszínen a kontroll területen mértük: 23,5 g/tő, illetve 32,4 g/tő értékeket. Soroksáron a 6. kezelés (Leopard) a kontrollhoz közeli (22,7 g/tő) magas hozamot adott, míg Kálon a gyomirtószeres kezelések körül egyik sem érte el a 20 g/tő hozamot sem. Itt a tesztelt gyomirtószerek nagy része gyenge hozamot produkált, a legmagasabbak a 7. (Agil), a 10. (Devrinol), valamint a Pendigan és Dual Gold eredményei (maximum 19,4 g/tő). Soroksáron a 6. és 7. (Leopard és Agil) eredményezett jobb hozamokat (22,7 g/tő és 17,4 g/tő).

4.4.1.3. A cickafark beltartalmi értékei

A vegyszeres gyomirtási kezelések beltartalmi mutatóinak alakulását a **29. táblázatban** látjuk. Az illóolaj-tartalom 0,188 g/100 g és 0,447 g/100 g között alakult a kezelésekben a két helyszínen. A kezelések között szignifikáns különbséget detektáltunk mindkét helyszínen (Soroksár: $F(12;26)=20,162$; $p\leq0,001$; Kál: $F(12;26)=9,956$; $p\leq0,001$). Soroksáron 0,35 g/100 g feletti volt a Pulsar, Fusilade, Agil és a Dual Gold illóolaj-tartalma. A legmagasabb, 0,3 g/100 g feletti, értékeket Kálon az 5, 7, 10, 11 (Fusilade, Agil, Devrinol, Pendigan) és a kontroll kezelésben mértük. A többinél jelentősen alacsonyabb illóolaj-tartalommal bíró 8, 9. soroksári és 3. káli kezelések negatívan befolyásolták a beltartalmat. Soroksáron az illóolaj-tartalom átlagosan magasabb értékeket ért el (0,308±0,067 g/100 g), mint Kálon, ahol 0,285±0,038 g /100 g volt. A termőhelyek között egyes kezelésekben szignifikánsan eltérést tapasztaltunk: így a 3. kezelésben ($F(1;4)=14,092$; $p\leq0,001$), 4. kezelésben ($F(1;4)=126,695$; $p\leq0,001$), a 6. kezelésben ($F(1;4)=230,081$; $p\leq0,001$), a 8. kezelésben ($F(1;4)=16,809$; $p\leq0,001$), a 9. kezelésben ($F(1;4)=22,986$; $p\leq0,001$) és a 12. kezelésben ($F(1;4)=30,863$; $p\leq0,001$).

A vegyszeres gyomirtási parcellákon mért proazulén-tartalom **29. táblázatban** látható. A proazulén értékek 0,060% és 0,211% közötti változtak, a kezelések nagy részében magasabb értékeket mértünk (0,151±0,040%) a soroksári mintákban, mint Kálon (0,135±0,019%). Szignifikáns eltérések jelentkeztek a kezelések között mindkét helyszínen (Soroksár: $F(12;26)=163,024$; $p\leq0,001$; Kál: $F(12;26)=82,253$; $p\leq0,001$). Legmagasabb értékeket (0,211%, illetve 0,170%) Soroksáron az 5. kezelés (Fusilade) mintáiban, illetve Kálon a 8. kezelésben (U-46) mértünk. A soroksári kezelések magas illóolaj-tartalmához magas proazulén-tartalom társult a 4, 5. és 7. kezelésekben (Pulsar, Fusilade, Agil), és az alacsony illóolaj-tartalomhoz a 8, 9. kezelésekben (U-46 és Starane) alacsony proazulén. A két termőhely között a kezelések proazulén-tartalmában detektált különbségek valamennyi kezelés esetén szignifikánsnak bizonyultak (1. kezelés: $F(1;4)=12,895$ $p\leq0,001$; 2. kezelés: $F(1;4)= 18,382$; $p\leq0,001$; 3. kezelés: $F(1;4)= 55,682$; $p\leq0,001$; 4. kezelés: $F(1;4)= 399,006$; $p\leq0,001$; 5. kezelés: $F(1;4)= 1058,000$; $p\leq0,001$; 6. kezelés: $F(1;4)= 1173,063$; $p\leq0,001$; 7. kezelés: $F(1;4)= 17,273$; $p\leq0,001$; 8. kezelés: $F(1;4)= 209,760$; $p\leq0,001$; 9. kezelés: $F(1;4)= 2662,000$; $p\leq0,001$; 10. kezelés: $F(1;4)= 191,118$; $p\leq0,001$; 11. kezelés: $F(1;4)= 105,063$; $p\leq0,001$; 12. kezelés: $F(1;4)= 305,636$; $p\leq0,001$; 13. kezelés: $F(1;4)= 40,960$; $p\leq0,001$).

29. táblázat: A vegyszeres gyomirtási kezelések illóolaj- és proazulén-tartalmára 2012-ben.

	Illóolaj-tartalom (átlag±szórás)		**Proazulén-tartalom (átlag±szórás)**	
	Soroksár	**Kál**	**Soroksár**	**Kál**
1	0,272±0,032 Abcd	0,270±0,010 Abc	0,150±0,006 Bd	0,139±0,001 Ae
2	0,261±0,036 Aabc	0,299±0,021 Abcd	0,123±0,012 Abc	0,156±0,005 Afg
3	0,276±0,030 Bbcde	0,210±0,005Aa	0,127±0,005 Bc	0,104±0,001 Aa

4	0,366±0,002 Bf	0,273±0,014Abc	0,199±0,003 Bgh	0,110±0,007 Aab
5	0,390±0,050 Af	0,334±0,011 Ad	0,210±0,001 Bi	0,134±0,004 Ade
6	0,342±0,004 Bdef	0,246±0,010 Aab	0,171±0,002 Be	0,125±0,002 Acd
7	0,359±0,026 Af	0,302±0,025 Abcd	0,188±0,013 Bfg	0,157±0,002 Afg
8	0,207±0,005 Aab	0,282±0,032 Bbcd	0,106±0,002 Ab	0,165±0,007 Bg
9	0,192±0,004 Aa	0,286±0,009 Bbcd	0,061±0,002 Aa	0,142±0,002 Be
10	0,277±0,032 Abcdef	0,326±0,005 Acd	0,172±0,002 Bef	0,153±0,001 Af
11	0,323±0,016 Acdef	0,326±0,007 Acd	0,128±0,001 Bc	0,114±0,002 Aabc
12	0,387±0,017 Bf	0,250±0,039 Aab	0,173±0,004 Bef	0,118±0,004 Abc
13	0,348±0,013 Aef	0,304±0,026 Abcd	0,152±0,001 Bd	0,141±0,003 Ae

Magyarázat: Kezelések: 1.POST Pledge (0,2 kg/ha); 2.POST Galigan (1 l/ha); 3.POST Benefex (8 l/ha); 4. POST Pulsar (1,2 l/ha); 5. POST Fusilade (1l/ha); 6. POST Leopard (2,5 l/ha); 7. POST Agil (1,2 l/ha); 8. POST U-46 (0,8 l/ha); 9. POST Starane (1 l/ha); 10. POST Devrinol (5/ l/ha); 11. POST Pendigan (6 l/ha); 12. POST Dual Gold (3 l/ha); 13. –. Az eltérő kis betűk a szignifikánsan eltérő kezeléseket jelölik, míg az eltérő nagy betűk a kísérleti helyszínek közti szignifikáns eltérést.

A vegyszeres gyomirtási kísérlet első évének eredményei alapján az Agil és Pendigan (7. és 11.) kezelések bizonyultak ígéretesnek a mezei cickafarkra gyakorolt hatás tekintetében. 100%-os tőmegmaradást és megfelelő, erős növekedésű növényeket tapasztaltunk mindkét kísérleti helyen. Bár a kezeletlen kontrollhoz mérhető droghozamot nem közelítette meg, de kedvező drogtömeget kaptunk az Agil (7.) kezelésben mindkét kísérleti helyen és a Pendigan (11.) kezelésben Kálon. Az említett kezelések nem befolyásolták negatívan a mezei cickafark illóolaj- és proazulén-tartalmát sem.

4.4.2. A vegyszeres gyomirtási kísérlet eredményei 2013-ben

4.4.2.1. Gyomborítottság, gyomspektrum

Soroksáron a gyomfelvételezés és a gyomborítottság felmérése június 25-én történt 2013-ban, mintegy 1,5 hónappal a palánták telepítése után, a területen levő gyomnövények ekkor közepesen fejlett állapotban voltak. A soroksári vegyszeres gyomirtási kísérlet gyomborítottságának és gyomspektrumának alakulása a **30. táblázatban** látható.

A gyomborítottságot a kis parcellaméret miatt egész parcellákra viszonyítva tudtuk megadni. Kifejezetten alacsony, (10%-os) gyomborítottságot tapasztaltunk a 3. és 4. kezelésekben (Benefex+Pendigan, illetve Benefex+Pendigan+Galigan), a 6. kezelésben (POST Afalon+Pendigan), ahol 20%, valamint a 8. kezelésben (POST kijuttatott Pendigan+Galigan), ahol 22,5% volt a gyomborítás. A kezelések közül kettő, az 5. és 9. számú (POST Agil, illetve késői PPI Agil), a gyomokat nem semmisítette meg (**28. ábra**).

30. táblázat: A gyomborítottság és a gyomspektrum alakulása Soroksáron, 2013-ban.

		1.	**2.**	**3.**	**4.**	**5.**	**6.**	**7.**	**8.**	**9.**	**10.**	**11.**	**12.**	**13.**
Gyomborítás %		78	60	10	10	100	20	51	22,5	100	45	50	42,5	98
Gyomspektrum	*Acer campestre*	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Amaranthus blitoides	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
	Amaranthus	0	3	3	0	4	0	3	1	4	2	4	3	3

	retroflexus													
	Ambrosia artemisiifolia	0	1	1	0	0	1	1	2	1	2	1	1	0
	Atriplex tatarica	2	1	0	0	2	0	0	0	1	0	1	0	1
	Capsella bursa-pastoris	3	4	1	1	2	2	1	2	2	0	3	2	1
	Chenopodium album	1	1	1	0	1	0	0	0	2	0	1	0	2
	Cirsium arvense	0	1	2	2	0	0	2	2	0	2	2	0	0
	Convolvulus arvensis	2	2	1	1	0	0	1	1	0	0	2	0	0
	Cynodon dactylon	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Echinocloa crus-galli	3	1	2	2	1	2	3	2	4	2	3	3	3
	Erigeron canadensis	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	Euphorbia cyparissias	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0
	Foeniculum vulgare	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0
	Galinsoga parviflora	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Hyosciamus niger	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
	Lithrum salicaria	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Matricaria discoidea	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	Polygonum persicaria	2	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0
	Portulaca oleracea	3	3	0	0	4	0	0	0	4	1	2	2	5
	Senecio vulgaris	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0
	Setaria viridis	0	0	2	0	1	0	2	1	3	0	2	0	0
	Thlaspi arvense	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Verbena officinalis	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Gyomok mérete (cm)		3-40	3-50	5-50	3-30	5-30	10-40	5-50	5-30	2-40	2-50	3-60	2-40	1-30

Magyarázat: Kezelések: 1. PPI Benefex (8 l/ha); 2. PPI Benefex (8 l/ha)+POST Agil (1,2 l/ha); 3. PPI Benefex (8 l/ha)+POST Pendigan (6 l/ha); 4. PPI Benefex (8 l/ha)+POST Pendigan (4 l/ha)+POST Galigan (1 l/ha); 5. POST Agil (1,2 l/ha); 6. POST Afalon (1,5 l/ha)+POST Pendigan (4 l/ha); 7. POST Pendigan (6 l/ha); 8. POST Pendigan (4 l/ha)+POST Galigan (1 l/ha); 9. PPI Agil (1,2 l/ha); 10. PPI Afalon (1,5 l/ha)+PPI Pendigan (4 l/ha); 11. PPI Pendigan (6 l/ha); 12. PPI Pendigan (4 l/ha)+PPI Galigan (1 l/ha); 13. –. Értékelés: 0 - nem fordul elő; 1- szórványos, 1-2 db; 2 – kevés, $1<x<5$ db/m^2; 3- közepesen sok, $5<x<15$ db/m^2; 4- sok, $15<x<50$ db/m^2; 5- nagyon sok, $50<x$ db/m^2

A szőrös disznóparéj egyedszáma a kezelések közül háromban (5, 9. és 11. kezelés) 15-50 db/m^2, ötben (2, 3, 7, 12. kezelés és kontroll) 5-15 db/m^2 közötti volt. A kövér porcsin a kontroll parcellában tömegesen fordult elő (>50 db/m^2), két kezelésben (5. és 9. kezelés) 15-50 db/m^2, szintén két kezelésben (1. és 2. kezelés) pedig 5-15 db/m^2 között alakult az egyedszáma. A közönséges kakaslábfű és a pásztortáska valamennyi kezelésben károsított. Előbbi faj 15-50 db/m^2 közötti egyedszámot csak a 9. kezelésben (késői PPI Agil) ért el, azonban 5 kezelésben (1, 7, 11, 12. kezelés és kontroll) 5-15 db/m^2 egyedszámmal volt jelen. A pásztortáska gyakorisága csak 3 kezelésben haladta

meg az 5 db/m^2-t (1, 2. és 11. kezelés), azonban ekkor már kevésbé zavarta a kultúrnövényt. Az egyszikű fajok közül 6 kezelésben megtalálható volt a zöld muhar, de csak egyben (9. kezelés, preplanting Agil) jelentkezett nagy egyedszámmal (5-15 db/m^2). Az ürömlevelű parlagfű, a tatár laboda, a fehér libatop, a mezei aszat, az apró szulák és baracklevelű keserűfű 6-9 kezelésekben jelentek meg, 5 db/m^2-nél nem nagyobb egyedszámmal. A területen megtalálható többi gyomfaj (mezei juhar, labodás disznóparéj, csillagpázsit, betyárkóró, farkaskutyatej, édeskömény, kicsiny gombvirág, bolondító beléndek, réti füzény, sugártalan székfű, közönséges aggófű, tarsóka, közönséges vasfű) csak szórványosan fordult elő a parcellákban. A gyomspektrum összeségében a terület előzetes gyomfelvételezésekor tapasztaltak alapján alakult később is, egyedül a kis egyedszámmal megfigyelt *Rumex spp*. tűnt el a kezelések után a területről. A gyomfelvételezés időpontjában a gyomok állapota a fiatal pár leveles állapottól teljesen kifejlett állapotig változott, többségük 10-30 cm közötti volt.

28. ábra: Alacsony (balra) és erős (jobbra) gyomborítottság a kezelt parcellákon, Soroksáron 2013-ban

A gyomfelvételezés Kálon 2013-ban június 14-én történt, mintegy 40 nappal a telepítés után, és körülbelül 3 héttel a posztemergens kezelések kijuttatása után, ekkor a meghatározó gyomflóra már kialakult a területen. A 2013-as káli vegyszeres gyomirtási kísérlet gyomborítottsága és gyomspektruma a **31. táblázatban** látható.

A kezelt parcellákon az összes gyomborítottság meghatározása a nagy parcellaméret miatt nem volt lehetséges, ezért a gyomborítottságot arányaiban tól-ig értékekkel tudtuk leírni a felvételi négyzetek alapján (**29. ábra**). A legkisebb (0-50% közötti) gyomosodást a POST Pendigan+Galigan (8.) és késői PPI Pendigan (11.) kezelés produkált. Arányaiban körülbelül 10%-kal találtuk gyomokkal erősebben fertőzöttnek a területet a POST Pendigan kezelés hatására, míg a PPI kijutatott Pendigan+Galigan kezeléskombináció igen változékonyan teljesített: a gyomborítottság ezen kezelésnél 10-90% között alakult, valamennyi kezelés közül ez volt a leggyomosabb. A kapált kontroll területen a felvételezés időpontjában a talaj gyakorlatilag gyommentes volt.

31. táblázat: A gyomborítottság és a gyomspektrum alakulása Kálon, 2013-ban.

		7.	**8.**	**11.**	**12.**	**13.**
Gyomborítottság (%)		20-60	0-50	0-50	10-90	0
ktrum	*Amaranathus retroflexus*	1	0	1	0	0
	Ambrosia artemisifolia	3	2	3	3	0
	Atriplex tatarica	0	0	1	0	0

	Chenopodium album	2	0	2	1	0
	Cirsium arvense	0	0	1	0	0
	Cynodon dactylon	3	2	1	2	0
	Echinochloa crus-galli	4	4	3	3	0
	Equisetum arvense	2	0	1	0	0
	Malva verticellata	2	0	1	0	0
	Matricaria maritima subs. Inodora	0	0	1	0	0
	Polygonatum persicaria	0	0	1	0	0
	Portulaca olearacea	2	0	2	2	0
	Raphanus raphanistrum	1	0	1	2	0
	Vicia sp.	1	0	1	0	0
Gyomok mérete (cm)		2-40	2-20	1-60	1-30	-

Magyarázat:

Kezelések: 7. POST Pendigan (6 l/ha); 8. POST Pendigan (4 l/ha)+POST Galigan (1 l/ha); 11. PPI Pendigan (6 l/ha); 12. PPI Pendigan (4 l/ha)+PPI Galigan (1 l/ha); 13. -. Értékelés: 0 - nem fordul elő; 1- szórványos, 1-2 db; 2 – kevés, 1<x<5 db/m^2; 3- közepesen sok, 5<x<15 db/m^2; 4- sok, 15<x<50 db/m^2.

A terület egyik legjelentősebb gyomnövénye 2013-ban is a közönséges kakaslábfű volt, a telepítés után kijuttatott két kezelésben (7. és 8. kezelések) tömegesen fordult elő a területen, egyedszáma 15 és 50 db között volt m^2-enként. A késői PPI kezelések (11. és 12. kezelések) jobban megfékezték: 5-15 db volt megtalálható egy m^2-en. Az ürömlevelű parlagfű károsítása 2013-ban is szignifikáns volt a területen: a kontroll parcella kivételével kevés, 1-5 db/m^2 (8. kezelés) és közepesen sok, azaz 5-15 db/m^2 (7, 11. és 12. kezelés) egyedszámban volt jelen. A közönséges kakaslábfűn kívül, az egyszikű gyomok közül a csillagpázsit okozott problémát a területen: egyedszáma a kezelésekben 0-tól közepesen sokig változott. Előbbi a kontroll parcellában, utóbbi a POST Pendigannel kezelt területen (7. kezelés) volt tapasztalható. Ugyan alacsony egyedszámmal, kevés vagy szórványos gyakorisággal, de a vizsgálatba vont terület 60%-án megjelent a fehér libatop, a kövér porcsin és a rövidéletű repcsényretek. A kövér porcsint az előzetes gyomfelvételezéshez képest a kezelések visszaszorították, a szintén nagy egyedszámmal megfigyelt közönséges bakszakáll pedig teljesen eltűnt a területről. A mezei zsurló, a fodros mályva, a szőrös disznóparéj, a laboda, az aszat, az ebszékfű, a baracklevelű keserűfű és a bükköny csak szórványosan jelentek meg a kezelt területeken. A gyomfelvételezés idején a gyomnövények zöme jellemzően közepesen fejlett (10-20 cm) vagy egészen fiatal volt. Nagyobb méretű gyomok jellemzően a csillagpázsit, fehér libatop és ürömlevelű parlagfű fajok közül kerültek ki, és a késői PPI kezelést kapott parcellákon fordultak elő jelentősebb számban (11. és 12. kezelés). Károsodás csupán a POST Pendigan (7.) kezelés esetén volt látható: deformált, elszíneződött levelek.

29. ábra: Alacsony (balra) és közepes gyomborítottság (jobbra) a kezelt területeken, Kálon 2013-ban

A vegyszeres gyomirtási kísérlet második évében a telepítés utáni POST Pendigan+Galigan (8.) kezelést találtuk mindkét vizsgált termőhely adottságai mellett ígéretesnek gyomszabályozó hatása miatt. Az eredmények alapján a telepítés előtt talajherbicidként alkalmazott kezeléseknek, illetve ezek kombinációban történő alkalmazásának is jelentős gyomszabályozó hatása volt. Soroksáron a Benefex+Pendigan, Benefex+Pendigan+Galigan (3, 4.) kezelések rendkívül jó eredményeket adtak, míg a Pendigan (11.) kezelés indkét termőhelyen hasonlóan kedvezően szorította vissza a gyomok fejlődését.

4.4.2.2. A cickafark tőmegmaradása, fejlettsége és produkciója

Soroksáron a mezei cickafark a felmérés idején (**32. táblázat**) jellemzően bimbós állapotban volt, egyedül az 1. kezelésben (Benefex) volt számottevő a virágzó növények aránya. Megfelelően fejlett, erős növényeket az 1, 2, 3, 9, 11, 12. kezelésekben (Benefex, Benefex+Agil, Benefex+Pendigan, késői PPI Agil, Pendigan, Pendigan+Galigan) láttunk. Enyhe, vagy erősebb károsodást több esetben is tapasztaltunk: ez enyhébb esetben (2, 3, 12. kezelések) átmenetileg lassabb fejlődésben, erősebb károsodás esetén (4, 6, 8, 10. kezelések) gyenge, sárguló tövekben, tőhiányban jelentkezett (**30. ábra**). Erős károsodást jellemzően a kombinációkból álló kezelésekben észleltük, így a Benefex+Pendigan+Galigan, a POST Afalon+Pendigan és Pendigan+Galigan, valamint a késői PPI Afalon+Pendigan esetén. Egyidejűleg többféle herbicid együttes alkalmazása azonban nem feltétlenül jelentett erős károsodást: a 12. kezelés (késői PPI Pendigan+Galigan) csak átmeneti enyhe károsodást okozott a kultúrnövénynek. Komolyabb tőhiány (45-90% tőmegmaradás) ott jelentkezett, ahol a károsodás is jobban detektálható volt (4, 6, 8, 10 kezelések).

32. táblázat: A mezei cickafark állomány tőmegmaradása, fejlettsége és növekedési erélye alakulása Soroksáron, 2013-ban.

	Achillea tőmegmaradás (%)	Achillea fejlettség	Növekedési erély	Károsodás
1.	100	zöldbimbós-virágzó	erős	-
2.	100	zöldbimbós	közepes	+
3.	100	zöldbimbós	erős	+
4.	75	tőleveles-zöldbimbós	gyenge	++
5.	100	tőleveles-zöldbimbós	gyenge	-
6.	45	tőleveles-zöldbimbós	gyenge	++
7.	100	tőleveles-fehérbimbós	közepes	-
8.	90	tőleveles-zöldbimbós	gyenge	++
9.	100	tőleveles-fehérbimbós	erős	-
10.	50	tőleveles-zöldbimbós	gyenge	++
11.	100	tőleveles-bimbós	erős	-
12.	100	zöldbimbós	erős	+
13.	100	tőleveles-zöldbimbós	gyenge	-

Magyarázat: 1. PPI Benefex (8 l/ha); 2. PPI Benefex (8 l/ha)+POST Agil (1,2 l/ha); 3. PPI Benefex (8 l/ha)+POST Pendigan (6 l/ha); 4. PPI Benefex (8 l/ha)+POST Pendigan (4 l/ha)+POST Galigan (1 l/ha); 5. POST Agil (1,2 l/ha); 6. POST Afalon (1,5 l/ha)+POST Pendigan (4 l/ha); 7. POST Pendigan (6 l/ha); 8. POST Pendigan (4 l/ha)+POST Galigan (1 l/ha); 9. PPI Agil (1,2 l/ha); 10. PPI Afalon (1,5 l/ha)+PPI Pendigan (4 l/ha); 11. PPI Pendigan (6 l/ha); 12. PPI Pendigan (4 l/ha)+PPI Galigan (1 l/ha); 13. -

A vegyszeres gyomirtási kezelésben vizsgált káli mezei cickafark állomány tőmegmaradása, fejlettsége és növekedési erélyének alakulása **33. táblázatban** látható.

33. táblázat: A mezei cickafark állomány tőmegmaradása, fejlettsége és növekedési erélye alakulása Kálon, 2013-ban.

	Achillea tőmegmaradás (%)	Achillea fejlettség	Növekedési erély	Károsodás
7.	100	szárbaindult-virágzó	közepes	+
8.	80	szárbaindult-virágzó	közepes	++
11.	100	zöldbimbós-virágzó	erős	-
12.	100	zöldbimbós-virágzó	erős	-
13.	100	zöldbimbós-virágzó	erős	-

Magyarázat: 7. POST Pendigan (6 l/ha); 8. POST Pendigan (4 l/ha)+POST Galigan (1 l/ha); 11. PPI Pendigan (6 l/ha); 12. PPI Pendigan (4 l/ha)+PPI Galigan (1 l/ha); 13. –

Kálon a növények nagyrészt már generatív, zöldbimbós, virágzó állapotban voltak (11, 12. kezelések és kontroll). A kezelések közül kettő, 7. és 8. kezelések (POST alkalmazott Pendigan és Pendigan+Galigan) enyhe visszaesést okoztak a fejlődésben. Ezeken a parcellákon a fejlődésbeli elmaradáson kívül enyhe-erősebb károsodást is tapasztaltunk. A POST alkalmazott pendimetalin hatóanyag (7. kezelés) csupán enyhén vetette vissza a kultúrnövényt, ezek az egyedek kevéssé elágazóak, bokrosak voltak. A POST Pendigan+Galigan kezelés (8.) hatására a cickafark helyenként teljesen kipusztult, később azonban a júliusi mintavétel idején – ugyan alacsonyabbak maradtak -, de már a növények nagy része regenerálódott. Az állományok tőszáma a káli területen a kezelések hatására nagyrészt változatlan maradt (100%-os), csupán a 8. kezelés (POST Pendigan+Galigan) okozott kiesést (80%).

30. ábra. Erősen károsodott (balra) és egészséges, erős mezei cickafark tő (jobbra) Soroksáron

A növénymagasság alakulására (**34. táblázat**) mindkét kísérleti helyszínen szignifikáns hatással voltak az alkalmazott kezelések (Kál: $F(4;90)=28,786$; $p\leq0,001$; Soroksár: $F(12;234)=11,561$; $p\leq0,001$). Soroksáron kisebb eltéréseket tapasztaltunk csupán a kezelések között: az átlag növénymagasság 46, 9±9,1 cm körüli volt, az értékek 20,0 és 71,0 cm között változtak. Legmagasabb növényeket a 9. kezelés (késői PPI Agil) esetén mértünk: 52,7±7,4 cm. 40 cm-nél alacsonyabb növényekkel az erősen károsodott parcellákban, a 6, 8. kezelésekben találkoztunk. Bizonyos esetekben (2, 3, 10, 12. kezelések) az enyhe vagy erősebb károsodás magasságcsökkenésben nem jelentkezett. Kálon a legmagasabb (67,6±9,0 cm) növények a kezeletlen kontroll parcellán voltak mérhetőek, a kezelések közül valamennyi csökkentette a cickafark magasságát, legjelentősebben azok (7. és 8.), ahol a herbicid károsító hatását is feljegyeztük. A kísérlet két helyszínén mért eredmények között is szignifikáns eltérést detektáltunk, mégpedig a 8. ($F(1;36)=6,956$; $p\leq0,001$), 11. ($F(1;36)=13,857$; $p\leq0,001$), 12. ($F(1;36)=11,757$; $p\leq0,001$) és a kontroll kezelésekben ($F(1;36)=72,462$; $p\leq0,001$).

A vegyszeres gyomirtási kísérlet drogtömeg eredményei a **34. táblázatban** láthatóak. Az értékek 3,4 g/tő és 42,4 g/tő között alakultak, Kálon (33,2 g/tő) a soroksárihoz (8,2 g/tő) mérten körülbelül négyszer magasabb átlagos hozam eredményekkel. Legmagasabb hozameredményeket Soroksáron a 2. és 11. kezelések (Benefex+Agil, késői PPI Pendigan) produkáltak, ahol 14,2 g/tő és 13,6 g/tő száraz hozamot mértünk, míg Kálon a 11. és 12. (késői PPI Pendigan, Pendigan+Galigan) kezelések produkáltak: 40,8 g/tő és 42,4 g/tő értékekkel. Mindkét kísérleti helyszínen alacsony hozamot (4,5 g/tő, és 17,5 g/tő) kaptunk a 8. kezelésben (POST Pendigan+Galigan) és Soroksáron a 6. kezelés (POST Afalon+Pendigan), ennél is kevesebb hozamot (3,4 g/tő) adott.

34. táblázat: A mezei cickafark növénymagassága és drogtömege a vegyszeres gyomirtási kísérletben 2013-ban.

	Növénymagasság (cm)		Drogtömeg (g/tő)	
	Soroksár	**Kál**	**Soroksár**	**Kál**
1	47,9±7,0 b	-	9,5±1,1	-
2	46,6±7,8 b	-	14,2±1,8	-
3	48,3±7,9 b	-	10,3±0,4	-
4	46,6±7,8 b	-	5,2±6,9	-
5	48,4±5,7 b	-	5,8±1,1	-
6	33,7±7,0 a	-	3,4±0,9	-
7	49,9±7,6 Ab	54,3±8,1 Ab	9,3±3,3	32,9
8	36,1±6,7 Aa	42,0±7,2 Ba	4,5±0,1	17,5
9	52,7±7,4 b	-	6,0±3,0	-
10	49,9±8,8 b	-	7,5±0,4	-
11	51,9±6,6 Ab	59,9±6,6 Bbc	13,6±2,7	40,8
12	52,1±8,7 Ab	61,4±8,1 Bcd	10,1±1,3	42,4
13	45,4±6,9 Ab	67,6±9,0 Bd	7,6±0,1	31,8

Magyarázat: 1. PPI Benefex (8 l/ha); 2. PPI Benefex (8 l/ha)+POST Agil (1,2 l/ha); 3. PPI Benefex (8 l/ha)+POST Pendigan (6 l/ha); 4. PPI Benefex (8 l/ha)+POST Pendigan (4 l/ha)+POST Galigan (1 l/ha); 5. POST Agil (1,2 l/ha); 6. POST Afalon (1,5 l/ha)+POST Pendigan (4 l/ha); 7. POST Pendigan (6 l/ha); 8. POST Pendigan (4 l/ha)+POST Galigan (1 l/ha); 9. PPI Agil (1,2 l/ha); 10. PPI Afalon (1,5 l/ha)+PPI Pendigan (4 l/ha); 11. PPI Pendigan (6 l/ha); 12. PPI Pendigan (4 l/ha)+PPI Galigan (1 l/ha); 13. -. Az eltérő kis betűk a szignifikánsan eltérő kezeléseket jelölik, míg az eltérő nagy betűk a kísérleti helyszínek közti szignifikáns eltérést.

4.4.2.3. A cickafark beltartalmi értékei

A 2013-es vegyszeres gyomirtási kezelések beltartalmi mutatói a **35. táblázatban** láthatók. A kezelésekben az illóolaj-tartalom 0,187 g/100 g és 0,400 g/100 g között alakult, a legmagasabb és legalacsonyabb értékeket is a soroksári kezelésekben detektáltuk, szignifikáns eltéréssel ($F(12;26)=8,799$; $p\leq0,001$). Soroksáron a késői PPI Pendigan+Galigan kezelésben volt a legmagasabb az illóolaj-tartalom (0,374±0,023 g/100 g). A herbicid kezelések csak a 4. kezelésben (Benefex+Pendigan+Galigan) okoztak hatóanyag csökkenést (0,196±,008 g/100 g). A káli minták mindegyikében magas, 0,270 g/100 g feletti illóolaj-tartalmat mértünk, legmagasabb éppen a 8. kezelésben (POST Pendigan+Galigan) volt, 0,320±0,055 g/100 g, azonban szignifikáns különbséget nem mutattunk ki a kezelések között.

A proazulén-tartalom 0,090% és 0,202% között alakult, a soroksári mintákban valamivel magasabb volt (0,152±0,034%), mint a káli mintákban (0,132±0,017%), bár statisztikailag szignifikáns eltérést a termőhelyek között csak a 11. ($F(1;4)=53,360$; $p\leq0,001$) és a kontroll kezelés ($F(1;4)=1764, 046$; $p\leq0,001$) esetén tapasztaltunk. A proazulén-tartalom a kezelésekben az illóolaj-tartalomhoz hasonlóan alakult, Soroksáron legmagasabb értéket a 11. (késői PPI Pendigan) kezelésben (0,198±0,007%), Kálon pedig (0,141±0,024%) a 8. kezelésben (POST Pendigan+Galigan) kaptunk. A kezelések között statisztikailag jelentős eltéréseket az illóolaj-tartalomhoz hasonlóan Kálon nem, csupán Soroksáron találtunk ($F(12;26)=34,543$; $p\leq0,001$). A herbicid kezelések okozta károsodás

- az illóolaj-tartalomhoz hasonlóan-, a proazulén-tartalmat vizsgálva is csak a 4. kezelés (Benefex+Pendigan+Galigan) csökkent jelentősen (0,094±0,004%-ra).

35. táblázat: A vegyszeres gyomirtási kezelések illóolaj- és proazulén-tartalmának alakulása 2013-ban.

	Illóolaj-tartalom (g/100 g)		Proazulén-tartalom (%)	
	Soroksár	**Kál**	**Soroksár**	**Kál**
1	0,333±0,004 bcd	-	0,170±0,003 def	-
2	0,277±0,014 bcd	-	0,101±0,006 ab	-
3	0,254±0,008 ab	-	0,168±0,004 def	-
4	0,196±0,008 a	-	0,094±0,004 a	-
5	0,349±0,033 cd	-	0,180±0,006 ef	-
6	0,305±0,053 bcd	-	0,177±0,017 ef	-
7	0,281±0,023 Aabc	0,275±0,043 Aa	0,145±0,022 Acd	0,124±0,021 Aa
8	0,259±0,015 Aab	0,320±0,055 Aa	0,121±0,015 Aabc	0,141±0,024 Aa
9	0,325±0,007 bcd	-	0,144±0,004 cd	-
10	0,248±0,010 ab	-	0,157±0,011 de	-
11	0,292±0,063 Abcd	0,298±0,056 Aa	0,198±0,007 Bf	0,130±0,013 Aa
12	0,374±0,023 Ad	0,314±0,054 Aa	0,126±0,004 Abc	0,135±0,022 Aa
13	0,351±0,039 Acd	0,318±0,034 Aa	0,193±0,002 Bf	0,127±0,002 Aa

Magyarázat: 1. PPI Benefex (8 l/ha); 2. PPI Benefex (8 l/ha)+POST Agil (1,2 l/ha); 3. PPI Benefex (8 l/ha)+POST Pendigan (6 l/ha); 4. PPI Benefex (8 l/ha)+POST Pendigan (4 l/ha)+POST Galigan (1 l/ha); 5. POST Agil (1,2 l/ha); 6. POST Afalon (1,5 l/ha)+POST Pendigan (4 l/ha); 7. POST Pendigan (6 l/ha); 8. POST Pendigan (4 l/ha)+POST Galigan (1 l/ha); 9. PPI Agil (1,2 l/ha); 10. PPI Afalon (1,5 l/ha)+PPI Pendigan (4 l/ha); 11. PPI Pendigan (6 l/ha); 12. PPI Pendigan (4 l/ha)+PPI Galigan (1 l/ha); 13. - Az eltérő kis betűk a szignifikánsan eltérő kezeléseket jelölik, míg az eltérő nagy betűk a kísérleti helyszínek közti szignifikáns eltérést.

A két kísérleti helyszín eredményeit összevetve a PPI Pendigan és Pendigan+Galigan (11, 12.) kezelések bizonyultak a leginkább kíméletesnek és kedvezőnek a mezei cickafarkra gyakorolt hatás tekintetében, tőmegmaradás, növekedési erély, produkció és beltartalom szempontjából is. Igen perspektivikus volt továbbá a Soroksáron tesztelt Benefex+Pendigan (3.) kezeléskombináció is, amelynek eredményei ez előzőekhez nagyban hasonlóan alakultak.

4.4.3. A vegyszeres gyomirtási kísérlet eredményei 2014-ben

4.4.3.1. Gyomborítottság, gyomspektrum

Soroksáron a gyomfelvételezés és a gyomborítottság megállapítása mintegy 60 nappal a palánták telepítése után, bő egy hónappal a POST kezelések után történt. A gyomborítottság Soroksáron 15% és 90% között változott (**36. táblázat**).

Alacsony, 40%-os vagy az alatti, gyomborítottságot a kapált kontroll mellett hat kezelésben tapasztaltunk, melyek közé a PPI Racer-rel kezelt kombinációk (1, 2, 3, 4. kezelés), valamint a Stomp Super Afalonnal, illetve Boxerrel kiegészített kombinációi (9. és 11. kezelés) kerültek. Ezek közül a PPI kijuttatott Racer+Stomp Super kezelés (2.) fogta vissza legjobban a gyomosodást (27,5%), de nem sokkal haladta meg ezt az önálló Racer kezelés (1. kezelés), valamint a PPI Racer POST Stomp Super kezeléssel kiegészítve (3. kezelés), mindkettőben 30-30%-os gyomborítottságot tapasztaltunk. A

Racer+Leopard kezeléskombinációban 32,5%-os borítást tapasztaltunk. A Stomp Super és Afalon, illetve Stomp Super és Boxer kombinációk egymáshoz hasonlóan, 40-40%-os gyomborítást eredményeztek. Magasabb gyomborítást tapasztaltunk az Afalonnal PPI kezelt parcellák egy része, (60%-95%), közülük a legjobb eredményt azonban Soroksáron az Afalon+Stomp Super (6. kezelés) kezeléskombináció adta (60%). Ültetés előtt önállóan alkalmazva (5. kezelés) nagy gyomborítást (82,5%) mértünk, de a Stomp Super illetve Leopard POST kezelésekkel (7. és 9. kezelés) kiegészítve sem bizonyult jobbnak.

36. táblázat: A gyomborítottság és a gyomspektrum alakulása Soroksáron, 2014-ben.

		1.	**2.**	**3.**	**4.**	**5.**	**6.**	**7.**	**8.**	**9.**	**10.**	**11.**	**12.**
Gyomspektrum	**Gyomborítás (%)**	30	27,5	30	32,5	82,5	60	90	95	40	55	40	15
	Amaranthus blitoides	3	3	3	3	3	3	3	5	2	3	3	2
	Amaranthus retroflexus	3	3	3	3	4	3	3	4	2	3	2	2
	Ambrosia artemisiifolia	1	1	0	0	1	2	0	1	2	1	2	0
	Capsella bursa-pastoris	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1
	Chenopodium album	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
	Cirsium arvense	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	Convolvulus arvensis	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	Cynodon dacytlon	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Echinochloa crus-galli	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
	Euphorbia cyparissas	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0
	Hyoscimaus niger	0	1	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1
	Portulaca oleracea	1	1	1	1	3	2	4	3	1	1	2	1
	Polygonum aviculare	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	Setaria viridis	1	0	2	2	1	1	1	1	1	1	2	0
	Sonchus arvensis	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gyomok mérete (cm)		5-60	5-50	5-40	5-50	3-30	5-50	5-50	5-60	5-50	5-50	5-60	5-20

Magyarázat:

Kezelések: 1. PPI Racer (3 l/ha); 2. PPI Racer (2 l/ha)+PPI Stomp Super (4l/ha); 3. PPI Racer (3 l/ha)+POST Stomp Super (6 l/ha); 4. PPI Racer (3 l/ha)+POST Leopard (3 l/ha); 5. PPI Afalon (1,5 l/ha); 6. PPI Afalon (1,5 l/ha)+PPI Stomp Super (5 l/ha); 7. PPI Afalon (1,5 l/ha)+POST Stomp Super (6 l/ha); 8. PPI Afalon (1,5 l/ha)+POST Leopard (3 l/ha); 9. PPI Stomp Super (6 l/ha)+POST Afalon (1,5 l/ha); 10. PPI Stomp Super (6 l/ha)+POST Stomp Super (6 l/ha); 11. PPI Stomp Super (6 l/ha)+POST Boxer (2,5 l/ha); 12. –. Értékelés: 0 – nem fordul elő; 1 - 1-2 db található a területen; 2 - kevés, aránya 10% alatti; 3 - közepes, aránya 10-39% között alakul; 4 - sok, aránya 40-69% között alakul; 5 – tömeges, aránya 70 % feletti.

Soroksáron 2014-ben a legnagyobb problémát a területen korábbi években is tömegesen megjelenő, jellemző gyomfajok jelentették, melyek már az előzetes felvételezés idején és a későbbiekben is a területen voltak. Ezek közül három faj volt számottevő valamennyi parcellában. A labodás disznóparéj a kezelések 75%-ában 10-40% borítással volt jelen, a kontroll mellett csupán egy kezeléskombináció (9. kezelés) tudta azt 10% alá csökkenteni. Hasonlóan nagy arányban volt jelen a területen a szőrös disznóparéj: 10% alatt csupán két kezelés (9. és 11. kezelés) valamint a kontroll tudta tartani arányát. A kövér porcsin a beállított kezelések többségében csak szórványosan volt jelen. A kezelések több mint 50%-ában megjelent még az ürömlevelű parlagfű, a közönséges kakaslábfű, a bolondító beléndek és a zöld muhar, azonban borításuk 10%

alatt maradt. A kezelések kevesebb, mint felében találtuk meg a pásztortáskát, fehér libatopot, mezei aszatot, apró szulákot, csillagpázsitot, a madár keserűfüvet és mezei csorbókát. A területen található gyomok fejlettsége igen változó volt, a pár centistől egészen az 50-60 cm nagyságúig. Ez utóbbiak az ürömlevelű parlagfű, fehér libatop, szőrös és labodás disznóparéj és a zöld muhar közül kerültek ki. Károsodást, a leveleken látható sárgulást az 1, 2, 3, 5, 7. kezelések nyomán figyeltünk meg.

Kálon a gyomfelvételezést és a gyomborítottságot több mint 2 hónappal a telepítés és az első PPI kezelések, illetve hozzávetőleg 1,5 hónappal az állomány POST herbicides kezelése után végeztük el. Az eredményeket a **37. táblázat** szemlélteti.

37. táblázat: A gyomborítottság és a gyomspektrum alakulása Kálon, 2014-ben.

		1.	**2.**	**3.**	**4.**	**5.**	**6.**	**7.**	**8.**	**9.**	**10.**	**11.**	**12.**
Gyomborítottság (%)		40	30	35	25	85	35	40	65	80	80	70	95
Gyomspektrum	*Ambrosia artemisiifolia*	3	3	3	3	4	3	3	4	5	4	4	5
	Cynodon dactylon	2	1	0	0	3	2	3	2	2	3	0	2
	Chenopodium album	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Descurainia sophia	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
	Echinochloa crus-galli	1	2	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1
	Lolium perenne	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	Polygonum persicifolia	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1
	Polygonum aviculare	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	2
	Portulaca oleracea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Sinapis alba	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1
	Thlaspi arvense	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
	Tripleurospermum inodorum	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Viola arvensis	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gyomok mérete (cm)		10-100	10-100	30-100	10-100	15-100	15-100	15-60	5-80	20-60	20-120	5-80	5-80

Magyarázat:

Kezelések: 1. PPI Racer (3 l/ha); 2. PPI Racer (2 l/ha)+PPI Stomp Super (4l/ha); 3. PPI Racer (3 l/ha)+POST Stomp Super (6 l/ha); 4. PPI Racer (3 l/ha)+POST Leopard (3 l/ha); 5. PPI Afalon (1,5 l/ha); 6. PPI Afalon (1,5 l/ha)+PPI Stomp Super (5 l/ha); 7. PPI Afalon (1,5 l/ha)+POST Stomp Super (6 l/ha); 8. PPI Afalon (1,5 l/ha)+POST Leopard (3 l/ha); 9. PPI Stomp Super (6 l/ha)+POST Afalon (1,5 l/ha); 10. PPI Stomp Super (6 l/ha)+POST Stomp Super (6 l/ha); 11. PPI Stomp Super (6 l/ha)+POST Boxer (2,5 l/ha); 12. –. Értékelés: 0 – nem fordul elő; 1 - 1-2 db található a területen; 2 - kevés, aránya 10% alatti; 3 - közepes, aránya 10-39% között alakul; 4 - sok, aránya 40-69% között alakul; 5 – tömeges, aránya 70 % feletti.

A gyomborítottság a herbicidekkel kezelt parcellákon 25% és 95% között változott. Alacsonyabbnak mondható, 40%-os, illetve ez alatti gyomborítási értékeket az 1, 2, 3, 4, 6. és 7. parcellákban tapasztaltunk, melyek közül előbbi 4 a PPI Racer kezelésben, utóbbi kettő a PPI/POST Afalon és Stomp kezelésekben részesült. A legalacsonyabb (25%) gyomborítást a Racer+Leopard kezeléskombináció eredményezett

Kálon. Alacsony (30-35%) volt a gyomosodás a Racer és Stomp Super herbicidek különböző kombinációinál (2. és 3. kezelés), valamint az Afalon+Stomp Super (6. és 7. kezelések) nyomán (35-40%). Érdemes kiemelni, hogy a Racer-rel történt PPI kezelés már önmagában alkalmazva 40%-on tartotta a talaj gyomborítását. Ezzel szemben az Afalon PPI kezelésként (5. kezelés) alkalmazva nem mutatott jó hatásfokot a 85%-os gyomborítással. A Stomp Super herbicid PPI kombinációban alkalmazva sem ismételt kezeléssel (10. kezelés), sem az Afalon, illetve Boxer gyomirtószerekkel (9. illetve 11. kezelés) nem mutatott megbízható jó eredményeket.

A kísérleti területen a gyomflóra legmeghatározóbb faja 2014-ben az ürömlevelű parlagfű volt, aminek jelenléte már az előzetes gyomfelvételezéskor idején is meghatározónak bizonyult. A terület fertőzöttsége ezzel a fajjal 2014-ben különösen erős volt és az alkalmazott kezelések is csak korlátozottan tudták visszaszorítani. A kontroll mellett, a Stomp Super+Afalon kezelésben is 70% feletti borítást ért el, másik négy kezelésben (5, 8, 10, 11. kezelések) 40-70% közötti, a további hat kezelésben pedig 10-40% feletti borítást állapítottunk meg. A kezelt parcellák 75% -ában megjelent, így szintén jelentős károsító gyom volt Kálon a csillagpázsit, jóllehet borítása egyetlen esetben sem haladta meg a 40%-ot. Jelenlétét három kezelésben (3, 4. és 11, kezelés) nem dokumentáltuk. A közönséges kakaslábfű és a madárkeserűfű 8-8 kezelésben jelent meg, alacsony (10% alatti) borítással. Egy-egy parcellán csekély egyedszámmal (1-2 db/parcella) jelen volt még a fehér libatop, a sebforrasztó zsombor, az angolperje, a baracklevelű keserűfű, a mezei tarsóka, valamint a fehér mustár (elővetemény). Szórványosan 1-1 parcellán feljegyeztük a kövér porcsin, mezei árvácska és kaporlevelű ebszékfű jelenlétét is. A gyomfelvételezés idején a gyomok többsége nagy méretű (50-120 cm) volt.

2014-ben a vegyszeres gyomirtási kísérlet eredményei alapján a Racer szerrel telepítés előtt kezelt (1, 2, 3, 4.) kezelések bizonyultak ígéretesnek mindkét kísérleti területen a gyomszabályozó hatás tekintetében, mivel a gyomborítást kedvezően alacsonyan tartották. A herbicid önállóan, illetve eltérő kombinációkban történő alkalmazása csupán kisebb eltéréseket eredményezett, melyek a területre jellemző gyomspektrummal függenek össze.

4.4.3.2. A cickafark tőmegmaradása, fejlettsége és produkciója

Soroksáron a cickafark felmérését kb. 60 nappal a palánták telepítése után végeztük el. A mezei cickafarkra jellemző tőmegmaradás, fejlettség, növekedési erély alakulása a **38. táblázatban** láthatók.

A kezelések közül egyik sem csökkentette a mezei cickafark tőszámát, fejlettsége azonban a soroksári kísérlet parcelláiban változó volt. A növények többsége zöldbimbós-virágzó, vagy zöldbimbós-virágzás elején lévő stádiumban volt, de néhány kezelésben (10, 12. kezelések) még vegetatív fázisú növények is előfordultak. Megfelelően fejlett, erős növényeket csupán 4 kezelésben láttunk: Racer (1.), PPI Racer+Stomp Super (2.), Racer+Leopard (4.) és PPI alkalmazott Afalon+Stomp Super (6.) kezeléseknél. A kezelések nyomán a vegetációs idő alatt enyhe károsodást több kezelésben (1, 5, 7. és 9. kezelések) is megfigyeltünk, ezek zömmel múló, az alsó leveleken látható sárgulások, leszáradások voltak, melyeket a növények később „kinőttek”.

38. táblázat: A mezei cickafark állomány tőmegmaradása, fejlettsége, növekedési erélye Soroksáron, 2014-ben.

	Achillea tőmegmaradás (%)	Fejlettség	Növekedési erély	Károsodás
1.	100	zöldbimbós-virágzó	erős	+
2.	100	zöldbimbós-virágzó	erős	-
3.	100	zöldbimbós-virágzás eleje	gyenge	-
4.	100	zöldbimbós-virágzó	erős	-
5.	100	zöldbimbós-virágzás eleje	gyenge	+
6.	100	zöldbimbós-virágzó	erős	-
7.	100	zöldbimbós-virágzás eleje	gyenge	+
8.	100	zöldbimbós-virágzás eleje	gyenge	-
9.	100	zöldbimbós-virágzás eleje	gyenge	+
10.	100	szárbaindult-zöldbimbós	gyenge	-
11.	100	zöldbimbós-virágzás eleje	gyenge	-
12.	100	szárbaindult-virágzás eleje	gyenge	-

Magyarázat: 1. PPI Racer (3 l/ha); 2. PPI Racer (2 l/ha)+PPI Stomp Super (4l/ha); 3. PPI Racer (3 l/ha)+POST Stomp Super (6 l/ha); 4. PPI Racer (3 l/ha)+POST Leopard (3 l/ha); 5. PPI Afalon (1,5 l/ha); 6. PPI Afalon (1,5 l/ha)+PPI Stomp Super (5 l/ha); 7. PPI Afalon (1,5 l/ha)+POST Stomp Super (6 l/ha); 8. PPI Afalon (1,5 l/ha)+POST Leopard (3 l/ha); 9. PPI Stomp Super (6 l/ha)+POST Afalon (1,5 l/ha); 10. PPI Stomp Super (6 l/ha)+POST Stomp Super (6 l/ha); 11. PPI Stomp Super (6 l/ha)+POST Boxer (2,5 l/ha); 12. –

A mezei cickafark tőmegmaradása, fejlettsége és növekedési erélye Kálon **39. táblázatban** láthatók.

39. táblázat: A meze cickafark állomány tőmegmaradása, fejlettsége, növekedési erélye Kálon, 2014-ben.

	Achillea tőmegmaradás (%)	Fejlettség	Növekedési erély	Károsodás
1.	100	zöldbimbós-virágzó	erős	-
2.	100	zöldbimbós-virágzó	erős	-
3.	100	zöldbimbós-virágzó	közepes	-
4.	100	virágzás eleje	erős	-
5.	100	zöldbimbós-virágzó	gyenge	-
6.	100	zöldbimbós-virágzás eleje	gyenge	-
7.	100	szárbaindult-virágzás eleje	gyenge	-
8.	100	zöldbimbós-virágzó	közepes	-
9.	100	szárbaindult-virágzó	gyenge	-
10.	100	vegetatív-virágzó	gyenge	-
11.	100	szárbaindult-virágzó	gyenge	-
12.	90	vegetatív-virágzó	gyenge	-

Magyarázat: 1. PPI Racer (3 l/ha); 2. PPI Racer (2 l/ha)+PPI Stomp Super (4l/ha); 3. PPI Racer (3 l/ha)+POST Stomp Super (6 l/ha); 4. PPI Racer (3 l/ha)+POST Leopard (3 l/ha); 5. PPI Afalon (1,5 l/ha); 6. PPI Afalon (1,5 l/ha)+PPI Stomp Super (5 l/ha); 7. PPI Afalon (1,5 l/ha)+POST Stomp Super (6 l/ha); 8. PPI Afalon (1,5 l/ha)+POST Leopard (3 l/ha); 9. PPI Stomp Super (6 l/ha)+POST Afalon (1,5 l/ha); 10. PPI Stomp Super (6 l/ha)+POST Stomp Super (6 l/ha); 11. PPI Stomp Super (6 l/ha)+POST Boxer (2,5 l/ha); 12. –

A vegyszeres gyomirtási kísérletbe vett parcellák nagy részében a cickafark tőmegmaradása teljes volt. A kezelések többségében a növények elérték a generatív fázist: zöldbimbós- virágzó állapotot. Néhány parcellán korábbi stádiumok is jelen voltak (vegetatív, szárbaindult fejlődési fázisok), s az állományok fejlődése kissé elhúzódott. Bár a herbicides kezelés okozta károsodásra utaló jeleket (foltok, sárgulás, stb.) nem figyeltünk meg a cickafarkon egyik kezelés hatására sem, több esetben tapasztaltunk elmaradást a fejlődésben vagy fokozott heterogenitást. Zavartalan fejlődést és homogenitást az állomány az 1-4. (PPI Racer kezelések, kivéve Racer+Stomp Super), valamint a 8. kezelésben (Afalon+Leopard) mutatott. Valamennyi egyéb gyomirtószeres kezelés többé-kevésbé visszavetette a mezei cickafark fejlettségét és heterogén állományt eredményezett, a 10. kezelésben (Stomp Super+Stomp Super) a gyomok kifejezetten el is nyomták a kultúrnövényt.

A növénymagasságra vonatkozó adatokat a **40. táblázatban** foglaltuk össze.

40. táblázat: A mezei cickafark növénymagasságának és drogtömegének alakulása a vegyszeres gyomirtási kísérlet kezeléseiben 2014-ban.

	Növénymagasság (cm)		**Drogtömeg (g/tő)**	
	Soroksár	**Kál**	**Soroksár**	**Kál**
1	36,7±5,0 Aa	45,2±7,4 Ba	4,1±0,1	6,5
2	34,9±6,2 Aa	53,1±9,2 Ba	6,1±2,7	17,4
3	35,9±4,6 Aa	51,3±6,8 Ba	5,0±0,7	16,1
4	35,2±5,7 Aa	52,0±6,5 Ba	4,8±0,9	18,0
5	32,6±5,1 Aa	53,3±4,7 Ba	3,8±1,4	18,4
6	35,3±3,3 Aa	49,7±5,5 Ba	4,7±0,7	11,0
7	34,8±3,3 Aa	48,2±8,7 Ba	4,1±0,2	17,3
8	33,8±5,9 Aa	48,5±6,3 Ba	3,4±0,4	9,9
9	34,8±5,7 Aa	47,2±6,9 Ba	3,5±0,8	3,8
10	35,5±3,8 Aa	48,5±7,8 Ba	5,7±0,1	2,0
11	34,7±5,3 Aa	52,6±5,9 Ba	5,0±1,2	5,1
12	33,8±4,9 Aa	45,0±6,6 Ba	4,4±1,3	2,6

Magyarázat: 1. PPI Racer (3 l/ha); 2. PPI Racer (2 l/ha)+PPI Stomp Super (4l/ha); 3. PPI Racer (3 l/ha)+POST Stomp Super (6 l/ha); 4. PPI Racer (3 l/ha)+POST Leopard (3 l/ha); 5. PPI Afalon (1,5 l/ha); 6. PPI Afalon (1,5 l/ha)+PPI Stomp Super (5 l/ha); 7. PPI Afalon (1,5 l/ha)+POST Stomp Super (6 l/ha); 8. PPI Afalon (1,5 l/ha)+POST Leopard (3 l/ha); 9. PPI Stomp Super (6 l/ha)+POST Afalon (1,5 l/ha); 10. PPI Stomp Super (6 l/ha)+POST Stomp Super (6 l/ha); 11. PPI Stomp Super (6 l/ha)+POST Boxer (2,5 l/ha); 12. –. Az eltérő kis betűk a szignifikánsan eltérő kezeléseket jelölik, míg az eltérő nagy betűk a kísérleti helyszínek közti szignifikáns eltérést.

A növénymagasság átlagosan Kálon 49,6±7,2 cm volt, magasabb mint Soroksáron, ahol ez az érték csupán 34,8±5,0 cm volt. A kísérlet két helyszínén mért eredmények között minden kezelésben statisztikailag kimutatható különbséget mutattunk ki. (1. kezelés: $F(1;28)= 13,979$; $p\leq0,001$; 2. kezelés: $F(1;28)= 41,590$; $p\leq0,001$; 3. kezelés: $F(1;28)= 54,126$; $p\leq0,001$; 4. kezelés: $F(1;28)= 53,076$; $p\leq0,001$; 5. kezelés:

F(1;28)= 115,103; p≤0,001; 6. kezelés: F(1;28)= 81,566; p≤0,001; 7. kezelés: F(1;28)= 37,885; p≤0,001; 8. kezelés: F(1;28)= 39,884; p≤0,001; 9. kezelés: F(1;28)= 27,366; p≤0,001; 10. kezelés: F(1;28)= 38,234; p≤0,001; 11. kezelés: F(1;28)= 70,150; p≤0,001; 12. kezelés: F(1;28)= 26,573; p≤0,001). Ezzel szemben a kezelések között sem Kálon, sem Soroksáron nem volt szignifikáns eltérés.

A 2014-es kísérlet kezeléseinek produkciós eredményei **40. táblázatban** láthatóak. A két kísérleti helyszín eredményei között számottevő eltérést tapasztaltunk. A vegyszeres gyomirtási kezelésekben nyert drogtömeg 2,0 g/tő és 18,4 g/tő között változott. Ha az átlagértékeket tekintjük, a káli eredmények jelentősen magasabbak voltak (10,7 g/tő, szemben a soroksári 4,5 g/tő-vel), azonban azok sokkal nagyobb szórást (6,5) is mutattak a soroksári (0,8) értékekhez képest. Soroksáron a droghozam eredmények jelentősen alacsonyabbak, de ugyanakkor kiegyenlítettebbek voltak, mint Kálon, 3,4 és 6,1 g/tő között alakultak. Maximális értéket a 2. kezeléssel (Racer+Stomp Super) értünk el, a második legmagasabb értéket (5,7 g/tő) pedig a 10. kezelésben. A legalacsonyabb hozamot (3,4-3,5 g/tő) a 8. és 9. kezelések eredményezték (Afalon+Leopard, illetve Stomp Super+Afalon).

Kálon a droghozam 18,4 g/tő és 2,0 g/tő szélsőértékek között alakult, a kezelések közül az 5. kezelés (Afalon) 18,4 g/tő, a 4. kezelés (Racer+Leopard) 18,0 g/tő, 2. kezelés (Racer+Stomp Super) 17,4 g/tő és a 7. kezelés (Afalon+Stomp Super) 17,3 g/tő eredményei tekinthetők jónak. Kálon a legkisebb hozamokat a 10. kezelés (Stomp Super+Stomp Super) és a kontroll produkáltak, ahol 2,0, illetve 2,6 g/tő szárított tömeget mértünk.

4.4.3.3. A cickafark beltartalmi értékei

A vegyszeres gyomirtási kezelések mintáinak beltartalmi mutatóit láthatjuk **41. táblázatban**. Az illóolaj-tartalom 0,116 és 0,568 g/100 g között változott. A soroksári mintákban az illóolaj-tartalom átlagosan magasabb volt, mint Kálon, 0,329±089 g/100 g, az értékek 0,116 g/100 g és 0,568 g/100 g között változtak. A kezelések között kisebb eltéréseket tapasztaltunk, melyeket statisztikailag is sikerült bizonyítani (F(11;24)=2,956; p≤0,001). A legmagasabb, 0,400 g/100g feletti, illóolaj-tartalmakat (0,475±0,142 g/100g és 0,402±0,052 g/100 g) az 1. és 5. kezelésekben (PPI Racer, illetve Afalon) mértük, melyekben jellemzően telepítés előtt csak egy-egy gyomirtószer hatóanyagot juttattunk ki a talajra és POST kezelést nem kapott az állomány. Két kezelésben mértünk markánsan alacsonyabb illóolaj-tartalmat: a 6. kezelésben (PPI Afalon+Stomp Super) 0,245±0,067 g/100 g-ot, illetve a 9. kezelésben (Stomp Super+Afalon) 0,202±0,075 g/100 g-ot. Mivel a két gyomirtószer hatóanyag kombinációban történt alkalmazása nem minden esetben csökkentette az illóolaj-tartalmat (pl. 7. kezelés), ezért vélhetően az Afalon linuron hatóanyagának befolyásoló hatásáról lehet szó, ami más szerrel kombinációban alkalmazva és posztemergensen okozott a mezei cickafark illóolaj-tartalmában csökkenést.

Kálon a minták illóolaj-tartalma átlagosan 0,258±0,041g/100 g volt, legkedvezőbb (0,3 g/100 g feletti) illóolaj-tartalmat a 7-8. és 10. (preplanting Afalon+Stomp Super, Afalon+Leopard, Stomp Super+Stomp Super) kezelések produkáltak. A kezelések között szignifikáns eltérés volt kimutatható (F(11;24)=25,377; p≤0,001), közülük a 2. (Racer+Stomp Super), valamint a 4. kezelés (Racer+Leopard) negatívan befolyásolta az illóolaj-tartalmat. A termőhelyek közötti statisztikailag

szignifikáns eltérést találtunk a 1-5. és a kontroll kezelésekben (1. kezelés: F(1;4)=8,373; p≤0,001; 2. kezelés: F(1;4)=28,655; p≤0,001; 3. kezelés: F(1;4)=12,043; p≤0,001; 4. kezelés: F(1;4)=78,563; p≤0,001; 5. kezelés: F(1;4)=24,491; p≤0,001; 12. kezelés: F(1;4)=9,503; p≤0,001).

41. táblázat: A vegyszeres gyomirtási kezelések illóolaj- és proazulén-tartalma 2014-ben.

	Illóolaj-tartalom (g/100 g)		Proazulén-tartalom (%)	
	Soroksár	**Kál**	**Soroksár**	**Kál**
1	0,475±0,142 Bb	0,237±0,015 Aabcd	0,187±0,049 Aa	0,110±0,009 Aabc
2	0,336±0,004 Bab	0,210±0,041 Aab	0,146±0,001 Ba	0,096±0,015 Aab
3	0,367±0,050 Bab	0,265±0,011 Ade	0,158±0,080 Aa	0,089±0,013 Aa
4	0,337±0,027 Bab	0,198±0,006 Aa	0,143±0,034 Aa	0,096±0,002 Aab
5	0,402±0,052 Bab	0,253±0,003 Acd	0,146±0,020 Ba	0,111±0,008 Aabc
6	0,245±0,067 Aa	0,296±0,009 Aef	0,123±0,025 Aa	0,111±0,011 Aabc
7	0,309±0,118 Aab	0,309±0,006 Af	0,179±0,034 Aa	0,159±0,008 Ae
8	0,330±0,045 Aab	0,308±0,009 Af	0,099±0,016 Aa	0,153±0,006 Bde
9	0,202±0,075 Aa	0,236±0,003 Aabcd	0,109±0,012 Aa	0,128±0,006 Acd
10	0,320±0,014 Aab	0,309±0,001 Af	0,117±0,086 Aa	0,134±0,009 Acde
11	0,293±0,051 Aab	0,250±0,004 Abcd	0,131±0,021 Aa	0,119±0,006 Abc
12	0,335±0,066 Bab	0,218±0,006 Aabc	0,117±0,012 Aa	0,131±0,010 Acd

Magyarázat: 1. PPI Racer (3 l/ha); 2. PPI Racer (2 l/ha)+PPI Stomp Super (4l/ha); 3. PPI Racer (3 l/ha)+POST Stomp Super (6 l/ha); 4. PPI Racer (3 l/ha)+POST Leopard (3 l/ha); 5. PPI Afalon (1,5 l/ha); 6. PPI Afalon (1,5 l/ha)+PPI Stomp Super (5 l/ha); 7. PPI Afalon (1,5 l/ha)+POST Stomp Super (6 l/ha); 8. PPI Afalon (1,5 l/ha)+POST Leopard (3 l/ha); 9. PPI Stomp Super (6 l/ha)+POST Afalon (1,5 l/ha); 10. PPI Stomp Super (6 l/ha)+POST Stomp Super (6 l/ha); 11. PPI Stomp Super (6 l/ha)+POST Boxer (2,5 l/ha); 12. –. Az eltérő kis betűk a szignifikánsan eltérő kezeléseket jelölik, míg az eltérő nagy betűk a kísérleti helyszínek közti szignifikáns eltérést.

A proazulén-tartalom Soroksáron 0,138±0,043% átlagértéket ért el, míg Kálon valamivel alacsonyabb értékeket mértünk (0,120±0,023%). A két termőhelyen mért proazulén-tartalom három kezelésben bizonyult szignifikánsan különbözőnek (2. kezelés: F(1;4)=7,192; p≤0,001; 5. kezelés: F(1;4)=8,228; p≤0,001; 8. kezelés: F(1;4)=28,219; p≤0,001;). A kezelések között csak Kálon találtunk szignifikáns eltérést (F(11;24)=17,083; p≤0,001). Legmagasabb proazulén-tartalmat Kálon (0,159±0,008% és 0,153±0,006 %) a 7. és 8. kezelések (Afalon+ Stomp Super és Afalon+ Leopard), Soroksáron pedig (0,187±0,049 % és 0,179±0,034%) az 1. és 7. kezelések (Racer és Afalon+Stomp Super) eredményeztek.

A 2014-es kísérleti év eredményei alapján a Racer herbicid kombinációi bizonyultak leginkább perspektivikusnak és kíméletesnek a mezei cickafark fejlődésére. Önállóan alkalmazva, valamint kombinációban a Stomp Super és a Leopard szerekkel (1, 2, 4. kezelések) is 100%-os borítást és megfelelő, erős növekedési erélyt tapasztaltunk. Az említett kezelések közül leginkább kedvezően a 2. és 4. kezelésben alakult a produkció, a beltartalmi értékek alakulását feltehetően Kálon enyhén befolyásolták a kezelések.

4.5. Új tudományos eredmények

Munkánk során az alábbi új tudományos és a gyakorlat számára is hasznos eredményeket értük el:

1. A vizsgált morfológiai, produkciós és beltartalmi paraméterek átlagértékeit és amplitúdóját tekintve a nemesített fajták, a fajtamegjelölés nélküli termesztett, illetve a vadon termő származású anyagok nem különböznek egymástól markánsan, ugyanakkor homogenitásuk tulajdonságonként változó.

2. Kimutattuk, hogy a virágzási idő, a lombszín, a habitus, a virágzati horizont hossza, a drogtömeg, a szervi arányok, az illóolaj-, proazulén- és összflavonoid-tartalom elsősorban genetikailag rögzített, genotípus függő tulajdonságok, míg a taxonok összfenol-tartalma nem mutatott jól felismerhető taxonspecifikus mintázatot.

3. Kimutattuk, hogy az általunk vizsgált valamennyi mezei cickafark taxon kis mennyiségben illó komponenseket is tartalmazó olajat akkumulál a gyökerében, melynek felhalmozódási szintje taxonspecifikus sajátosság.

4. A mezei cickafark fajra jellemző univerzális sajátosságnak tekinthető a gyökérolajban a 7-heptadekanon, a 7-hexadekanon, az alizmol, a β-szeszkvifellandrén, a γ-humulén, a cisz-kadin-4-en-7-ol, a β-eudezmol és neril-izovalerát komponensek, a HS kivonatban a α- és β-pinén, az albén, a hexanal, és a neril-izovalerát jelenléte.

5. Összetételüket tekintve, a fajtákra a guaján váztípus nagyobb aránya, míg a vadon termő anyagokra az eudezmánok, bizabolánok, humulánok túlsúlya jellemző a gyökérolajban.

6. Többéves adatsorokkal bizonyítottuk, hogy a mezei cickafark illó és fenolos hatóanyagainak felhalmozódása jellegzetes dinamikát követ a generatív fázisok folyamán: az illóolaj-, proazulén- és összflavonoid-tartalom optimum görbe-szerűen alakul, míg az összfenol-tartalom a generatív fázis elején és virágzás után kétcsúcsú maximumot mutat.

7. Kimutattuk, hogy a környezeti körülmények a felhalmozódást eltérő mértékben befolyásolják: míg az illóolaj-, proazulén- és összfenol-tartalom esetén a hatóanyag felhalmozódási szintjét határozzák meg, valamint a hozzá kapcsolódó fejlettséget, addig az összflavonoid-tartalom nemcsak felhalmozódási szintjében, de a felhalmozódás dinamikájában is változhat.

8. Eredményeink alapján az optimális drogminőség a mezei cickafark virágzás kezdetén, illetve első felében, BBCH skála szerinti 61-65 fejlődési fázisokban történő betakarításával érhető el.

9. Kimutattuk, hogy a hűvös és borult klímát szimuláló körülmények között a mezei cickafark leveleinek mérete nagyobb lett, a növények magassága 50%-kal, friss- és drogtömegük 40-60%-kal nőtt.

10. Kimutattuk, hogy a folyamatos, 25 héten át tartó 2,5-5,0/0,5-2,5 °C hőmérsékleti és 8560 lux megvilágítási intenzitás eltérés az illóolaj- és proazulén-tartalmat csak csekély mértékben befolyásolja.

11. Eredményeink alapján a mezei cickafark vegyszeres gyomirtására ajánlott hatóanyagok, dózisuk és alkalmazásuk PPI módon: benefin hatóanyag (8 l/ha) a telepítés előtt 2-3 héttel a talaj felső 5-7 cm rétegébe bedolgozva; fluorkloridon (2 l/ha) és pendimetalin (4 l/ha) kombinációja a telepítés előtt közvetlenül a talaj felső 2-3 cm rétegébe bedolgozva; pendimetalin (6 l/ha) a telepítés előtt közvetlenül a talaj felső 2-3 cm rétegébe bedolgozva. POST kezelésre javasolható hatóanyagok: pendimetalin (6 l/ha) a gyomok 2-3 leveles állapotában; quizalofop-p-etil (3 l/ha) a gyomok 2-3 leveles állapotában.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Az *Achillea* nemzetség nagyfokú variabilitását, amit korábban több, a témával foglalkozó szerző leírt (Németh, 2005), a mezei cickafark produkcióját és hatóanyagait befolyásoló tényezőket feltáró vizsgálataink is alátámasztják. Az általunk vizsgált mezei cickafark faj intraspecifikus variabilitása, az egyedfejlődés, a környezeti tényezők és az interspecifikus kompetíció hatása jelentős és a növény termesztése során komplex módon határozza meg a növény morfológiai, produkciós és kémiai jellemzőit.

Azonos termőhelyi körülmények között végzett összehasonlító kísérletünk eredményei alátámasztják, hogy az *A. collina* jelentős fajon belüli variabilitással rendelkezik. A nemzetség fajainak és intraspecifikus taxonjainak morfológiai, produkciós és kémiai variabilitását több szerző is leírta már (Inotai et al., 2008; Rauchensteiner et al., 2002; Ŝpinarová et Petřiková, 2003; Zámboriné et al., 2007;), ugyanakkor az *A. collinára*, mint a legfontosabb gyógyszerkönyvi drogot adó fajra vonatkozóan, relatív kevés szisztematikus adat született idáig. A vizsgált mezei cickafark taxonok jelentős változékonyságot mutattak egyedfejlődésük ütemében: a késői virágzási idő taxonspecifikus jellegnek bizonyult az ’Azulenka’ és Gb22 taxonok esetén, a virágzási időben tapasztalt több hetes eltérés a többi taxontól a vizsgálat valamennyi évében megmaradt. Korábban hasonlót Inotai et al. (2008) is leírt a mezei cickafark különböző taxonjaiban. A taxonok makromorfológiai bélyegei egyetlen évben sem bizonyultak teljesen kiegyenlítettnek az állományok morfológiáját és fenológiai fejlettségét összességében vizsgálva, még a nemesített fajták esetében sem. Inotai et al. (2008) korábbi vizsgálataiban szintén leírta bizonyos mezei cickafark taxonok, így többek között az ’Alba’ fajta nagyfokú heterogenitását. Ez jelzi, hogy ennek a részben még ma is az introdukció fázisában lévő fajnak a nemesítésben eddig nem volt mód az állományok küllemi homogenitására fókuszálni. A tulajdonságok közül a levélszín és a habitus azok a kvalitatív tulajdonságok, amelyek jobban köthetők egy-egy genotípushoz. Speciális morfológiai bélyegekkel rendelkező taxonnak találtuk az ’Azulenka’, a ’Proa’ fajtákat és a Gb22 vadon termő anyagot. A makro- és mikromorfológiai bélyegek a cickafark nemzetség fajaiban változatosak és ezek alapján a fajok meghatározása sokszor nem is egyértelmű (Németh, 2005; Rauchensteiner et al., 2002; Zámboriné et al., 2007,). A morfológiai bélyegek nagy része nem stabil (Németh, 2005), fenokópiák alakulhatnak ki (Dabrowska, 1977). A fő jellegek még egy vegetációs idő alatt is gyakran változhatnak például visszavágás hatására (Saukel et Länger, 1992). Ugyanakkor a különböző termőhelyen eltérő típusok azonos termőhelyen esetleg már nem mutatnak jelentős morfológiai eltéréseket, azaz a változások egy része csak a környezeti hatás kiváltotta modifikáció (Agnihotri et al.,2005). Jellegzetes és stabil morfológiai bélyegekkel rendelkező fajták jelenléte szerencsés lehet a gyakorlati termesztés és nemesítés számára, hiszen karakterisztikus külső jellemzőkkel bíró állományokban az eltérő egyedek szelekciója sokkal könnyebb. Különösen fontos lehet ez a mezei cickafark esetén, mivel ismert, hogy a taxonok hibridizálódása könnyen végbemegy (Zámboriné et al., 2007) és ez hamar a beltartalmi mutatók leromlásához vezethet.

A mezei cickafark növénymagassága kiegyenlített volt szignifikáns magasság- és homogenitásbeli különbség nélkül a taxonok között. Megállapítottuk, hogy évelő fajokra jellemző módon, a teljes magasság (48,6-55,2 cm) az állományok másodéves korára

manifesztálódik csupán és a fajra jellemző bélyegnek tekinthető. Kisebb, -10 cm alatti-eltéréseket a már beállott másodéves taxonok magasságában tapasztaltunk, ahogy ezt korábban Inotai és mtsai (2008) is leírták, de a Galambosi et al. (2010) által leírt erőteljes különbségek a növekedési erélyben nem jelentkeztek. Az állományok második évben tapasztalt magasságbeli gyarapodása (5,7-13,9 cm) alulmaradt az említett irodalmakban szereplő értékekkel (69-77 cm, illetve 92-107 cm) szemben, amiben vélhetően a termőhely kedvezőtlen talajadottságai is közrejátszottak. Megállapítottuk, hogy virágzati horizontjuk hosszát (12,8-24,0 cm) tekintve a taxonok szignifikáns variabilitást mutattak. A virágzati horizont is megnőtt második évre és ekkor érte el a taxonra jellemző értéket. Mivel a növekedés tényét valamennyi állomány esetében megfigyeltük, ezért egyértelműen fajspecifikus bélyegnek tekinthetjük, ellentétben a virágzati horizont hosszával, ami jelentős genotípus hatást mutatott mindkét vizsgálati évben. A virágzati horizont a termesztési gyakorlat elvárásai alapján definiált tulajdonság –korábbi tudományos munkákban nem vizsgálták mindezidáig a mezei cickafark esetén- azonban az összetett virágzatok elhelyezkedésétől, elágazásainak számától, az egyes virágzatok, sőt virágok nagyságától függ, azaz szoros kapcsolatban áll a növény biológiai-morfológiai ismérveivel, mintegy komplexen jellemzi azokat. A rövid virágzati horizonttal rendelkező taxonok esetén, feltételezhetően a betakarított növényanyagban és megfelelő feldolgozás esetén a drogban is kisebb lesz a hatóanyag-tartalom szempontjából értéktelen szárrészek aránya, a két paraméter közötti pozitív irányú korreláció (r=0,325) is ezt bizonyítja. Eredményeinket vizsgálva a növénymagasság és a virágzati horizont hossza között erős pozitív irányú összefüggés volt (r=0,712). A magasabb növény alapvetően vonzó lehet a vélhetően nagyobb hozam eredmények miatt, de gyakran nagyobb szár arányt is jelent, ami magában hordozza a kedvezőtlenebb drogminőséget és beltartalmat. Azonban Giorgi és mtsai (2005) eredményei szerint, a nagyobb növénymagasság együtt jár a virágzatok számának növekedésével is, ami kompenzálhatja a növekvő szárarány tendenciáját.

A mezei cickafark taxonok produkciós eredményei nagyfokú fajon belüli variabilitásról árulkodtak: a taxonok nagy részében a drogtömeg második évre megnőtt, elérve a taxonra jellemző produkciót (19,3-55,9 g/tő). Ugyanakkor mivel nem minden taxonban tapasztaltuk, nem tekinthető faji sajátosságnak, hanem taxonspecifikus jellemzőnek. Ez vélhetően szintén adott taxonra jellemző produkcióbiológiai jellegzetesség, csakúgy, mint maga a biomassza termelő képesség. Drogtömegüket tekintve a csoportok homogenitásukban különböztek: a fajták és termesztett anyagok a vadon termőeknél kiegyenlítettebbek voltak. A magasság és a friss, valamint száraz tömeg eredmények között mindkét esetben közepesen erős pozitív irányú korrelációt találtunk, vagyis a magasabb növényekről nagyobb biomasszát és drogtömeget is várhatunk. A friss hozam és növénymagasság közti kapcsolatot korábban Giorgi és mtsai (2005) már leírták. Természetesen önmagában a növénymagasság nem elégséges a hozambecsléshez, mivel a taxonok speciális növekedési jellemzőivel (pl. habitus) is tisztában kell lenni. Emellett az is fontos, hogy ha herba drog esetében megengedettnél (maximum 30-40 cm) hosszabb szárrésszel takarítjuk be a növényt, azzal a drogban hatóanyag-tartalombeli csökkenést okozunk. Ugyanakkor, a nagyobb magasság és növénytömeg nagyobb illóolaj hozamot is eredményez, amit Giorgi és mtsai (2005) bizonyítottak is.

A szervi arányok alakulásában is variabilitás mutatkozott az évek és a taxonok között is, bár mértéke nem minden esetben volt szignifikáns. A különböző növényi szervek eltérő hatóanyagtartalma (Gudaityte et Venskutonsis, 2002; Zámboriné et al., 2007) és összetétele (Jaimand et al., 2006; Usztozsjanin et al., 1989) jól ismert a cickafark fajok esetében, éppen ezért a drogban keveredő növényi szervek aránya nagyon meghatározó lehet a hatóanyag-tartalom szempontjából. A növények másodéves korában több szár-és levél kerülhet a drogba, a nagyobb növénymagasság és fokozott elágazódás miatt, csökkentve ezzel a virágzat arányát. A taxonok vizsgálati években mért eltérő szervi arányai és az évek közötti változásokból következtethetünk arra, hogy a növényi szervek arányának alakulása a drogban szintén fajtaspecifikus jelleget hordoz.

A vizsgált mezei cickafark taxonok beltartalmi mutatóit tekintve mennyiségi variabilitást tapasztalhattunk. Valamennyi taxon azulénes, kék színű illóolajat produkált, ami az *A. collina* fajra jellemző kemotaxonómiai bélyeg (Héthelyi et al., 1989; Rauchensteiner et al., 2002). Az illóolaj felhalmozódás mértékét vizsgálva szembetűnőek voltak a taxonok eltérő paraméterei (0,147-0,401 g/100 g), a közülük nem mindegyik volt képes a soroksári termőhelyi feltételek között gyógyszerkönyvi minőségű drog előállítására. A Gb9 taxon esetén vélhetően genetikai meghatározottság miatt nem érte el a gyógyszerkönyvi minimumértéket (2 ml/kg) az illóolaj-tartalom. De a jó drogminőségű anyagként ismert, szelektált fajták (’Alba’, ’Proa’, ’Spak’) sem mindig váltották be a hozzájuk fűzött reményeket és érték el az irodalmakban közölt értékeket (Berghold et al.; 2006; Galambosi et al., 2010). Egy korábbi, szintén Soroksáron végzett vizsgálatban Inotai és mtsai (2008) a ’Proa’ esetén 0,22%-os, míg az ’Alba’ esetén 0,13%-os illóolaj-tartalmat írt le, míg más klimatikus tényezők és termőhelyi feltételek között a ’Proa’ 0,322-0,439% (Berghold et al., 2006), illetve 0,57% (Galambosi et al., 2010), az ’Alba’ 0,37%, a ’Spak’ pedig 0,45% illóolaj-tartalmat mutatott (Galambosi et al., 2010). Ezek alapján, az említett fajták esetén a környezeti tényezők kemoszindrómákra gyakorolt erős hatása nyilvánult meg. Az eredmények hangsúlyozzák az adott éghajlati tényezők alá célzottan végzett fajta-előállítás jelentőségét. Ugyanakkor figyelemre méltó magas potenciál van számos, köztük vadon termő eredetű anyagban, mint a Gb22 és Gb47, és a tanszéken szelektált ’Azulenka’ fajtában, melyek minden vizsgálati évben megfelelően magas illóolaj-tartalmat produkáltak. Taxonómiai szintenként vizsgálva az anyagokat, az is kiderül, hogy bár valamennyi csoportban vannak illóolaj-tartalom szempontjából kifejezetten kiemelkedő, illetve kevésbé jó adottságokkal bíró taxonok, azonban homogenitásukat tekintve a vadon termő eredetű anyagok felülmúlhatják a fajtákat és köztermesztésben álló anyagokat. A kedvező genetikai potenciáljuk abból is adódik, hogy korábbi élőhelyük vélhetően olyan jól behatárolt terület lehetett, ahol az egyéb előforduló taxonokkal való keveredés okozta beltartalmi leromlásra a területi szeparáció miatt nem volt mód. A környezeti tényezők és a növény korának illóolaj-tartalomra gyakorolt hatását nehéz szétválasztani, eredményeink alapján előbbi bizonyult számottevőnek. A kísérlet második évében a legtöbb taxon alacsonyabb illóolaj-tartalmat produkált, a csökkenés vélhetően a 2013-ban uralkodó kifejezetten meleg és száraz időjárás miatt történt, a taxonok pedig a környezeti tényezők irányába mutatott érzékenységük szerint válaszoltak erre. Erre utalnak a 2014-ben mért adatok is, amikor az illóolaj-tartalom átlagosan ismét magasabb volt, ugyanakkor nem kizárólagosan mindegyik taxonban. A 2014-es tenyész év középhőmérséklete az időszakra jellemzően, szélsőségektől mentesen

alakult, azonban az érintett időszakban rendkívül nagy volt a lehulló természetes csapadék.

Valamennyi taxon kék színű illóolajat produkált, amiből már közvetve is az olaj magas proazulén koncentrációjára következtethettünk (Ŝpinarová et Petřiková, 2003), s ezt a proazulén-tartalom mérés eredményei alátámasztották: mindegyik minta meghaladta a gyógyszerkönyvben meghatározott határértéket (0,02%). Proazulén-tartalmuk tekintetében a nemesített fajták egymáshoz igen hasonló potenciállal rendelkeztek és meglehetősen homogének voltak, szemben a vadon termő anyagokkal, melyek bár szintén egységesek voltak, de azuléntartalmuk változó. A köztermesztésből származó anyagok e tekintetben kifejezetten heterogének és potenciáljuk csekély. Az illóolaj-tartalomhoz hasonlóan a proazulén-tartalom is változott a kísérleti években, ami elsősorban a környezeti tényezők alakulásával magyarázható. Ez ellentmond annak, amit több szerző is leírt korábban, miszerint a környezeti tényezők alakulása leginkább az illóolaj akkumulációt érinti, az olaj összetételére, proazulén-tartalmára csupán kisebb hatással van (Hofmann et Fritz; 1993; Németh, 2005). Ugyanakkor Tyihák és mtsai (1963) szerint az ökológiai tényezők nem a komponens jelenlétét, hanem mennyiségi alakulását határozzák meg, ami esetünkben is jellemzően megnyilvánult. A rendelkezésre álló szakirodalmakban sokat foglalkoztak *Achillea* fajok, állományok kamazulén-tartalmával. Bár a hatóanyag meghatározása jellemzően GC-MS módszerrel történt, ami az általunk nyert eredményekkel kevéssé összevethető, ugyanakkor képet ad a kamazulén-tartalom variabilitásáról. Galambosi és mtsai (2010) az ’Alba’ olajában 38,5%, a ’Proa’ mintáiban 41,2% kamazulén-tartalmat mért, míg a legmagasabb értéket a ’Spak’ esetén detektálta (48,2%). Németh és mtsai (2007b) különböző Kárpát-medencéből származó állományok virágzatának olajában átlagosan 51,3%-os, levelolajában pedig 52,0%-os kamazulén-tartalmat mért, jelentős eltérésekkel az anyagok között. A taxonok közötti proazulén-tartalombeli (0,043-0,173%) eltérések alapján jelentős genotípustól függő jellegre következtethetünk mi is. A szervarányok, valamint a drog illóolaj- és proazulén-tartalma közti kapcsolatot a paraméterek között fennálló összefüggéssel sikerült igazolnunk: a virágzattal mindkét jellemző pozitív irányú korrelációt, míg a szárarannyal negatív irányú kapcsolatot mutatott.

A vizsgált taxonok összflavonoid-tartalma szignifikánsan eltért egymástól és számottevő változást mutatott a vizsgálati években is. Az értékek (0,540-2,379%) taxonhatást mutattak, bár a vizsgált anyagok közti eltérések nem jelentkeztek olyan markánsan, mint az illóolaj- és proazulén-tartalomban. Az évjárathatás a legtöbb állományban megmutatkozott, magasabb értékeket döntően 2013-ban mértünk - ellentétben az illóolaj- és proazulén-tartalom változásával,- a kifejezetten meleg és száraz időjárás hatására. Az általunk detektált összflavonoid értékek nagyságrendileg megegyeznek a szakirodalomban ismert adatokkal. Ŝpinarová és Petřiková (2003) 1,93-2,90% közötti értékeket mért vadon termő eredetű anyagoknál, míg Karlová és Petřiková (2005) az ’Alba esetében teljes virágzáskor 3% körüli értéket állapított meg egymást követő 3 kísérleti évben is. Ez az érték és a stabilnak tűnő flavonoid-tartalom ellentmondásban van az általunk kapott eredményekkel, ugyanakkor az eltérő mérési metodika miatt nem is vethetőek össze azokkal közvetlenül.

Az összfenol-tartalom számottevő variabilitást mutatott a vizsgálatainkban, ugyanakkor a genotípus hatása az értékek alakulására nem mutatkozott egyértelműen. A

környezeti tényezők, illetve az évjárat hatása szignifikánsan jelentkezett, ám az évek közötti eltérés mértéke nagyon különböző volt genotípusonként, s az összflavonoid-tartalomhoz képest éppen ellentétesen alakult: 2012-ben a hűvösebb, csapadékosabb évben mértünk magasabb értékeket. Az általunk mért összfenol-tartalom értékek a szakirodalomból ismertekhez képest nagyságrendileg magasabbak voltak, mind a vizes (133,872-220,042 mg GSE/g), mind az alkoholos oldatokban (30,193-122,813 mg GSE/g), ugyanakkor az eltérő mérési módszer miatt az eredmények csak fenntartással vethetők össze. Giorgi és mtsai (2010) 31,39-49,36 mg GSE/g, míg Benetis és mtsai (2008) litvániai populációkban 13,290-26,946 mg/g közötti összfenol-tartalmat mértek. Dokhani és mtsai (2005) több cickafark fajban is vizsgálta az eltérő szervek fenol-tartalmát, eredményei alapján az értékek és egymáshoz viszonyított arányuk inter- és intraspecifikus variabilitást is mutat. Így az *A. millefolium* fajban a virágzat és levelek összfenol-tartalma közel azonos volt, ellentétben az *A. tenuifolia,* ill. *A. eriophora* fajokkal, ahol szignifikánsan magasabb értéket mértek a levelekben, míg egy másik faj, az *A. wilhelmsii* több populációját vizsgálva, azonos és jelentősen eltérő értékeket is tapasztaltak a különböző szervekben. Kísérletünkben mi ugyan nem tértünk ki a minták fenol-tartalmának szervenkénti összehasonlítására, de nyilvánvalóan ez a tényező is szerepet játszott az eredmények alakulásában. Erre utal a virágzat aránya és a vizes kivonat összfenol-tartalma között fennálló gyenge pozitív korreláció. A különböző kivonat típusok közül minden esetben nagyobb értékeket mértünk a mezei cickafark taxonok vizes kivonatában. A vizes és alkoholos kivonatok összfenol-tartalma között erős pozitív korrelációt (r=0,757) találtunk. A mezei cickafark legfontosabb fenolos komponensei az irodalmakból ismertek (Giorgi et al., 2010, Karlová, 2006), melyek közül a főbb fenolos savak (kávésav, klorogénsav, DCQA származékok) vízben és alkoholban oldódnak, míg a flavonoidok (apigenin, apigenin-7-O-glikozid, luteolin, luteolin-7-O-glikozid) vízben nem, vagy csak mérsékelten, alkoholban pedig mérsékelten jól oldódnak. Esetünkben a konkrét komponenseket és arányukat nem ismerjük, valószínűsíthető azonban, hogy a vizes kivonatokban a fenolsavak, valamint származékaik jól, a flavonoid aglikonok egyáltalán nem, míg glikozidjaik kis mértékben oldódtak. Ezzel szemben az alkoholos kivonatokban a fenolsavak és származékaik oldódása a vizes kivonatokban mérthez képest csupán mérsékelt volt, ahogy azt Giorgi et al. (2010) korábban leírta, viszont a flavonoidok, aglikon és glikozidos formában is oldódni tudtak.

A vizsgált beltartalmi mutatók között szignifikáns korrelációt mutattunk ki az illóolaj-és a proazulén-, a vizes és alkoholos kivonatok összfenol-tartalma, az illóolaj- és az összfenol-, valamint a proazulén- és az összfenol-tartalom között, azonban az összefüggések jellemzően közvetettek. Az illóolaj- és proazulén-tartalom összefüggése részben a kivonási módszerből adódhat, részben az említett hatóanyagok környezeti tényezők alakulásával kapcsolatos hasonló érzékenységéből. Az illóolaj- és összfenol-, valamint a proazulén- és az összfenol-tartalom összefüggése mögött hasonló okok játszhatnak szerepet, így bár az összefüggés csak közvetett, a gyakorlatban a sokat elárul a drogminőségről. A vizes és alkoholos kivonatok összfenol-tartalma közötti kapcsolat pedig szintén a kivonási módszerből ered és feltételezhetően a különböző kivonatokban oldódott komponensek részleges egyezéséből adódik.

Bár korábban az általános vélekedés az volt, hogy a cickafark fajok nem tartalmaznak illóolajat a föld alatti szerveikben (Tillyaev et al., 1973; Verzar-Petri et Shalaby, 1977), valójában a növényeken nem csak illóolajtartó mirigyszőrök találhatóak, hanem illóolajtartó járataik is vannak, melyek előfordulása lehetséges a gyökerekben is (Lourenco et al., 1991). Az általunk detektált alacsony illóolaj-tartalom (0,021-0,052 ml/100 g) a mezei cickafark taxonok gyökerében, összhangban van egyes korábban más *Achillea* fajok esetében publikált eredményekkel. Kimutatták, hogy az *A. millefolium* és az *A. tenuifolia* nagyon alacsony vagy nyomnyi illóolajat akkumulálnak a gyökerekben (Lourenco et al., 1991; Manayi et al., 2014). A föld feletti virágzó hajtások és földalatti részek illóolaj tartalmának egymáshoz viszonyított aránya a mezei cickafarkban hasonlóan alakult, mint az *A. distans* és *A. millefolium* fajok esetén, ahol a gyökerek illóolaj-tartalma jelentősen alacsonyabb volt (körülbelül feleannyi), mint a virágzó hajtásoké (Lazerević et al., 2010, Lourenco et al., 1991). A gyökerek alacsonyabb illóolaj akkumulációja azonban nem minden *Achillea* fajra jellemző (Jovanović et al., 2010). A témával foglalkozó irodalmak alapján a cickafark fajok illóolaj felhalmozódása a gyökerekben, illetve a felhalmozódás mértéke vélhetően fajspecifikus tulajdonság a nemzetségben. A taxonok gyökerében mért eltérő értékek és a virágzó hajtások illóolaj-tartalmával kimutatott enyhe pozitív korreláció alapján, kis mértékű intraspecifikus variabilitás feltételezhető az *A. collina* fajon belül is.

Az általunk vizsgált, különböző módon készült mezei cickafark gyökér kivonatok igen eltérő összetételűek voltak és jelentős intraspecifikus variabilitást mutattak. A eltérő kivonási módszerek eredményezte eltérő összetétel a cickafark fajok föld fölötti részeiben ismert (Barghamadi et al., 2009; Bocevska et Sovova, 2007; Muselli et al; 2009; Németh, 2005; Tuberoso et al; 2009;), azonban a gyökér esetén még nem vizsgálta senki. Megállapítható, hogy a gyökérből desztillált olaj összetétele a föld feletti részektől jelentősen eltérő. Igaz ez az olajban azonosított oxidált nyílt láncú szénhidrogénekre és zsírsav származékokra, melyek jelenlétét más fajok gyökerében is leírták korábban (Jovanović et al., 2010; Lazarević et al., 2010), azonban a föld feletti részekben kevés kivételtől eltekintve nem voltak jellemzőek. A mezei cickafarkban fő komponensként azonosított 7-heptadekanon-en, - melyet sem a föld feletti részekben, sem más cickafark fajokban nem azonosították korábban,- nagy aránya a gyökérolajban az *A. collina* fajra jellemző tulajdonságnak tűnik. Korábban Sokolov (1977) a *Desmana moschata* kisemlős fajban írta le ezen hatóanyagot, amit a hím és nőstény egyedek feltehetően egymás azonosítására használnak. Hasonlót Jovanovic és mtsai. (2010) írtak le az *A. lingulata* fajban, a növény gyökerében azonosított γ-pentadekalakton jellemzően az emlősök exokrin szekréciójára jellemző vegyület. A gyökérolajra jellemző kis monoterpén hányad (0,2-13,8%), is a föld feletti részektől való jelentős különbözőséget bizonyítja, korábban több szerző leírta, hogy a virágzó hajtásra jellemző a monoterpén összetevők dominanciája (Bozin et al., 2008; Németh, 2005). A monoterpén észterek jelenléte a gyökérolajban szintén nemzetségre jellemző bélyegnek tűnik: az *A. collina*-hoz hasonlóan leírták a neril-izovalerát jelenlétét az *A. distans*, az *A. millefolium* és az *A. lingulata* gyökér olaj összetevőjeként, esetenként más monoterpén észterekkel, mint a neril-tiglát, neril-2-metilbutanoát keveredve (Jovanović et al., 2010; Lazarević et al., 2010; Lourenço et al., 1991). A gyökérolajban tapasztalt szeszkviterpén túlsúlyt (32,6-52,5%) az *Achillea* nemzetség más fajaiban is említik (Jovanović et al., 2010; Lazarević

et al., 2010; Lourenço et al., 1991; Manayi et al., 2014), azonban jelentős spektrális eltéréssel. Az *A. millefolium* olajában az epi-kubenol (Lourenço et al.,1991), míg az *A. distans* és az *A. lingulata* olajában τ-kadinol volt a fő szeszkviterpén vegyület (Jovanović et al., 2010; Lazarević et al., 2010). A föld feletti részek összetételével nem mutat hasonlóságot és újdonságnak tekinthető a mezei cickafark gyökérolajában az alkilamid frakció jelenléte, mely hatóanyagok számottevő felhalmozódása vélhetően összefügg a származással: a nyugat-európai származású fajták olajában ('Proa', 'Spak') detektáltuk, intraspecifikus taxon jellemzőnek tűnik. Ez a hatóanyag csoport az *Asteraceae* családban (Molina-Torres et al., 2004; Ndom et al., 2010; Woelkart et al., 2007) és az *Achillea* nemzetségben is gyakran előfordul. Korábban izobutil alkamidokat, pellitorint és dehidropellitorint írtak le az *A. ptarmica* gyökér olajában (Kuropka et al., 1991). Lazarević kutatásai során (Lazarević et al., 2010) öt különböző amidot detektált az *A. distans subsp. distans* gyökerében. Az *A. millefolium* és közeli rokon fajainak az alkamid mintázatára pedig a piperideid tartalmú olefin C10 sav csoportok jelenléte jellemző. Bár a cickafark fajokban előforduló alkilamidok élettani vagy ökológiai szerepét még nem vizsgálták, de vélhetően a növény a más fajokkal szembeni kompetíció során használja ezeket az anyagokat. Ramírez-Chavez et al. (2004) bizonyították, hogy egyes alkamidok auxinhoz hasonló hatást gyakorolnak a növények növekedésére és a gyökérfejlődésre, az általuk tesztelt affinin nagy koncentrációban gátolta az elsődleges gyökérnövekedést.

HS összetételüket tekintve jelentős variabilitást tapasztaltunk a taxonokban. Ez az univerzálisan előforduló összetevők (albén, pinének, hexanal) változó arányán és a specifikusan előforduló komponensek (kamfén, szabinén, α-izokomén, *trans*-kariofillén, γ-humulén, β-szeszkvifellandrén) jelenlétén is megmutatkozott. Bár valamennyi taxon HS kivonatában a terpenoid komponensek voltak túlsúlyban, a mono- és szeszkviterpének egymáshoz képesti aránya taxonspecifikus mintát mutatott, ugyanakkor a taxonok nemesítettségi szintjével nem tapasztaltunk összefüggést. A gyökerek HS kivonatának összetétele nehezen összehasonlítható szakirodalmi adatokkal, mivel *Achillea* gyökér HS vizsgálata korábban nem került publikálásra, és a föld feletti részek analízisére is igen kevés példa volt. A gyökerek és föld feletti részek összetétele között csak részleges hasonlóságot tapasztaltunk: a föld feletti részek jellemző HS komponensei közül csak néhány (α- és β-pinének, 1,8-cineol, (*E*)-β-farnezén) volt jelen a gyökérben is (Giorgi et al., 2009). A virágos hajtások esetén leírták, hogy az illó komponenseknek feltehetően igen fontos szerepe van a növény-környezet interakciókban, így a vegetáció típusa, a növény növekedési közege, a növénytársulás és a talaj mikrofaunája is mind-mind befolyásolja bioszintézisüket. Vélhetően a gyökérből kiválasztott vegyületeknek is hasonló szerepe van a növény kompetíciójában és védelmi reakciójában. Az általunk is azonosított (*E*)-β-farnezén fontos levéltetű riasztó feromon (Su et al., 2006), a neril-2-metilbutanoát a *Frankliniella occidentalis* Pergande feromonja (Hamilton et al., 2006), a guaiol (Liu et al., 2013) és intermedeol (Chen et al., 2008) komponenseknek pedig inszekticid hatása van.

A mezei cickafark gyökér diklórmetán kivonataiban azonosítottuk a legtöbb komponenst és a legtöbb különböző hatóanyagtípust. A kivonatok fő összetevői között zsírsav származékokat (7-heptadekanon-en, linolénsav), egy alkamidot (2,4,6-dekatrién sav piperidid), szterol vegyületeket és egy triterpén összetevőt is detektáltunk. A gyökér extraktok alacsony intraspecifikus variabilitást mutattak a desztillált olajok és HS

kivonatokhoz képest, a variabilitás jellemzően az összetevők arányában jelentkezett és nem azok jelenlétében, ill. hiányában. Az egyéb kivonat típusokhoz képesti különbség a diklórmetán kivonatokban tapasztalt szterol túlsúlyban (19,1-34,7%) és a mono- és szeszkviterpén frakció (4,3-9,9%) relatív kis arányában is megmutatkozott. Kevés információ volt elérhető az *Achillea* gyökér kivonatok kémiai összetételéről is ez idáig. Greger korábban vizsgálta jó néhány cickafark petrol-dietiléter kivonatát, és meghatározta a nemzetségre jellemző alkalmid mintázatot (Greger et al., 1981, 1982a, 1982b, 1984; Greger et Hofer, 1989; Greger et Werner, 1990). Először írta le továbbá a szeszkviterpén kumarin éterek jelenlétét az *A. ochroleuca* fajban (Greger et al., 1982b), az általa azonosított izofraxidin az általunk vizsgált *A. collina* mintákban is előfordult. Ugyanakkor a korábban azonosított hidroxi fahéjsav származékok és a sikimisav-fenilpropanoid bioszintézis úton képződő metabolitok, melyek nem voltak jelen az általunk vizsgált gyökér kivonatokban (Manayi et al., 2014). A gyökerekhez képest jóval gyakrabban vizsgálták a cickafark fajok föld feletti részeinek kivonatait, melyekben proazulének, 3-oxa-guajanolidok (Kubelka et al., 1999), germakranolid és eudezmanolid laktonok jelenléte jellemző (Mustakerova et al., 2002). Egyes szeszkviterpén komponensek (β-szeszkvifellandrén, alizmol) a gyökérben is fontos összetevők, ámbár összetételük és jelentőségük minden bizonnyal eltérő a virágzó hajtásokéhoz képest. Eredményeink és szakirodalmi adatok alapján valószínűsíthető, hogy egyes komponenseknek (például alkilamidoknak) a jelentősége a gyökérben taxonómiai szempontból is releváns, míg más komponensek (mono- és szeszkviterpének) szintézise inkább az ökológiai adaptáció részeként értékelhető. A komponensek pontos szerepe és bioszintézisük menete a gyökérben azonban még további kutatásokat igényel.

Vizsgálatainkkal sikerlült bizonyítani, hogy az ontogenezis során jelentős változások zajlanak le mind a szervi differenciálódás, mind a hatóanyagok felhalmozódása tekintetében a mezei cickafarkban. Ismert, hogy az *Achillea* fajok különböző növényi szerveinek illóolaj-tartalma eltérő: a fészkesvirágzatúakra jellemző mirigyszőrök ugyanis legnagyobb mennyiségben a virágzatokon helyezkednek el, azonban a levelek illóolaj-tartalma is jelentős (Zámboriné et al., 2007.; Gudaityte et Venskutonsis, 2007). Ezért nagy szerepe van annak, hogy a hajtásban az egyes növényi szervek milyen arányban vannak jelen. Az egyedfejlődés során a hatóanyag-tartalom szempontjából hasznos növényi szervek aránya a drogban jelentősen változott: a generatív fázis alatt folyamatosan nőtt. Ezen belül a virágzat erősen emelkedő, a levél csökkenő tendenciát mutatott (Kindlovits et al., 2015), a szár hányada a drogban ezzel párhuzamosan csökkent. Jellemzően ezek a változások a zöldbimbós (BBCH 55) fázis és teljes virágzás után (BBCH 65) váltak intenzívebbé: zöldbimbós fázis után a virágzatok mérete gyorsan növekszik, a cickafark sátorozó bugavirágzatai kiterülnek, a sziromlevelek teljesen kifejlődnek és nyílni kezdenek, a növekedés pedig még a virágzatok elnyílása után is folytatódik (Kindlovits et al., 2015). A szervi arányok változását a virágzás alatt Carron és mtsi (2012) is leírták.

Kísérleteinkben a hatóanyag-tartalom alakulása nem követte egyértelműen a virágzati részek differenciálódását és növekedését. A mezei cickafark illóolaj-tartalma optimum görbéhez hasonlóan alakult, a maximumot (átl. 316 g/100g) eltérő fejlettségi fázisban érte el: fehérbimbós (BBCH 59), illetve virágzás eleji (BBCH 61) fázisokban, ugyanakkor a különböző termőhelyeken a három év alatt csak egyetlen esetben volt a

különbség szignifikáns a maximumot megelőző, illetve követő fenofázisokhoz képest. Ez alapján megállapítható, hogy a maximális illóolaj-tartalom nem köthető egyetlen jól meghatározható fejlődési fázishoz, a maximumot a virágnyílás kezdetekor, illetve azt megelőzően éri el a növény. Eredményeink elsősorban Weber et Stahl (1953), Carron et al. (2012), Karlová et Petřiková (2005), valamint Ruminska (1970) közlését erősítik meg, akik a virágzási periódus első időszakát jelölték meg optimálisnak, ugyanakkor ellentmond Bergold et al. (2006) eredményének, akik későbbi időpontban mértek maximális illóolaj-tartalmat.

A proazulén-tartalom a virágzás során részben követte az illóolaj-tartalom alakulását. A proazulén-tartalom legmagasabb értékei (átl. 0,160%) a virágzás során zöldbimbós (BBCH 59), fehérbimbós (BBCH 61) és teljes virágzás fázisában (BBCH 65) jelentkeztek. Ez elsősorban Ruminska (1970) adatait támasztja alá. A fenofázisok között mért változás azonban csupán egyszer volt igazolható statisztikailag, ami megerősítheti Carron et al. (2012) eredményeit is, aki az illóolaj kamazulén-tartalmában nem detektált szignifikáns eltérést a fázisok között. A virágzatok arányának jelentős feldúsulása a drogban azok magasabb illóolajtermelő potenciálja miatt első pillantásra ellentmondásban áll az illóolaj- és proazulén-tartalom csekélyebb módosulásával. Ebből a szempontból azonban azt is figyelembe kell vennünk, hogy a virágzatokon belül az illóolajat kiválasztó és raktározó speciális mirigysejtek fejlődése nem maguknak a virágzati szerveknek a fejlődésével párhuzamosan megy végbe. Bár az erre vonatkozó eredmény kevés, Ruminska (1968) vizsgálatai alapján a csöves és a nyelves virágok felszínén e mirigyek már a zöldbimbós állapotra kialakulnak, röviddel ezután illóolajjal telítődnek, majd számuk már a teljes virágzástól csökken. A mirigyek száma és eloszlása egy virágzaton belül is nagyon változó lehet. E jelenség magyarázatot adhat arra, hogy a makromorfológiailag definiált egyedfejlődési fázisok nem jelentik az illóolaj felhalmozódás pontosan meghatározható állomásait, hanem egy folyamat részét alkotják. Mindemellett az egyedfejlődést és az említett folyamatokat nyilvánvalóan további, elsősorban környezeti tényezők is befolyásolják. Jelen kísérletünk adatai alapján nem állapítható meg, hogy az évjáratok közötti eltérés a növényállományok korából adódik-e vagy az illóolaj felhalmozódását az időjárási tényezők is befolyásolták-e. Az erre vonatkozó csekély számú irodalmi adat többsége szerint a növény korának hatása azonban feltehetően elhanyagolható (Grahle, 1952; Kucera, 1956; Karlová et Petriková, 2005).

Az összflavonoid felhalmozódása a vizsgálati években mind értékében, mind tendenciában jelentős eltéréseket mutatott. A maximumot (átl. 2,428%) 2013-ban és 2014-ben virágzás elején (BBCH 61) detektáltuk a fenofázisok között szignifikáns különbséggel, míg 2012-ben (0,900%) zöldbimbós (BBCH 55) fázisban mértük, ebben az évben a flavonoid-tartalom alakulása elvirágzott fázisig folyamatosan csökkenő tendenciát mutatott. Az általunk tapasztalt tendenciák a korábbi szakirodalmi adatokkal az eltérő mérési metodika alkalmazása miatt csak részben támaszthatóak alá: Karlová et Petřiková (2005) vegetatív fázistól egészen termésérésig folyamatos, enyhe csökkenést tapasztalt az *A. collina* 'Alba' fajta összflavonoid-tartalmában. Ŝpinarová et Petřiková (2003), akik virágzás elejétől elvirágzott fázisokig mérték a flavonoid-tartalmat és a mi adatainkhoz hasonló, virágzás elejétől fokozatosan csökkenő tendenciát tapasztaltak. Az általuk mért virágzás eleji maximum (2,31-2,61%) nagyságrendileg hasonló az általunk

mértekhez (2,02-2,83%), azonban kevesebb a Karlová et Petřiková (2005) által leírtakkal, akik a herbában 4%, a virágzatban 6% körüli maximumot mértek vegetatív fázisban. Az évjárat hatása igen erőteljesen érzékelhető volt az összflavonoid-tartalom alakulásán, markánsabban, mint az illóolaj- és proazulén-tartalom esetén. A kísérleti évek közötti szignifikáns különbségek alapján úgy tűnik, a mezei cickafark flavonoid akkumulációja igen érzékeny a külső, környezeti tényezőkre, ahogy az más gyógynövény fajokra is igaz, pl. a rokon kamillára (Gosztola et al., 2009). Az eltérés azonban eredhetett máshonnan is, a flavonoid frakció spektrális változásából. Karlová (2006) említi, hogy a különböző flavonoid komponensek akkumulációja, például a luteolin-7-O-glikozid, eltérő tendenciát mutat, mint más komponenseké.

Az összfenol-tartalom a vizsgált fenofázisokban két maximumot ért el, egyet zöldbimbós fázisban, majd egyet később virágzás második felében. Az első csúcs (179,987-233,410 mg GSE/g) valamennyi vizsgálati évben zöldbimbós fázisban volt (BBCH 55). A második csúcsot (170,857-258,455 mg GSE/g) teljes virágzás (BBCH 65) és elvirágzott (BBCH 69) fenofázisokban mértük. A fenofázisok és évek között szignifikáns különbségeket detektáltunk. Legmagasabb összfenol-tartalmakat az elvirágzott fázis kivételével 2013-ban mértünk, amikor kifejezetten száraz és meleg időjárás uralkodott. Korábban Giorgi et al. (2010) igazolta, hogy a különböző klimatikus feltételekről származó cickafark minták jelentős mennyiségi és minőségi különbözőséget mutattak fenolos komponenseik (kávésav, klorogénsav és származékaik) tekintetében. A mezei cickafark fenolos vegyületeinek és flavonoidjainak bioszintézisével foglalkozó, az azt molekuláris szinten befolyásoló tényezőkről jelen ideig nem található publikált adat. Ugyanakkor az abiotikus stressz, például a szárazság, hatása a növények fenolos vegyületeinek tartalmára számos egyéb fajban igazolást nyert már (pl. Gray et al., 2003). Bár mindezidáig nincs elérhető szakirodalom, azonban vélhetően szorosan kötődnek a környezeti tényezők alakulásához. Ahogy azt az illóolaj és proazulén esetén láttuk, a fenolos vegyületek felhalmozódására is igaz, hogy az nincs teljesen összhangban a szervi arányok változásával a növényben. Ugyanakkor megfigyelhető, hogy az összfenol-tartalom csökkenése szinkronban van a drog levél arányának csökkenésével a generatív fázisok elején (Kindlovits et al., 2015). Mondolot et al., (2006) a kávé növénynél írta le, hogy a növényben található kávésav származékok a levél fejlődés korai stádiumában szintetizálódnak, majd raktározódnak, míg a di-O-kaffeoil-kínasav származékok a levélérés során lebomlanak vagy transzportálódnak.

Bár jelen kísérletnek nem volt tárgya, de ismert, hogy az egyedfejlődés során jelentős produkciós változások is lejátszódnak a növényekben: a növényi tömeg az egyedfejlődéssel párhuzamosan emelkedik, maximumot teljes virágzás fázisában érve el (Carron et al., 2012). A droghozam pedig a hatóanyagok (a jelenleg előírt illóolaj és proazulén) hozamát is befolyásolja (Berghold et al., 2006), így a gyakorlatban, mint a közvetlen árbevétel alapvető tényezője, ezt is figyelembe kell venni. Összességében a hatóanyag-tartalom alakulása, a környezeti tényezők, az évjárathatás befolyásoló hatását figyelembe véve a hazai klimatikus tényezők között a mezei cickafark számára a termesztés első évében az optimális vágási időpont a virágzás kezdete, illetve első fele, a BBCH skála szerinti 61-65 fejlődési fázisokban van.

A klímakamrás kísérletben az általunk vizsgált különböző hőmérsékleti és fényintenzitás beállítások jelentős változásokat eredményeztek a mezei cickafark

fenológiai, morfológiai és produkciós jellemzőiben. A tesztelt paraméterek között ezek főként a vegetatív jellemzőket érintették, a generatív tulajdonságokat kevésbé. A „hideg” kezelés jelentősen elnyújtotta a növények virágzását, megváltoztatta a mezei cickafarkra jellemző habitust, az alacsony fényintenzitás hatására (Salisbury et Ross, 1992) szignifikánsan nagyobb tő- (22,9 cm) és szárlevelek (8,5 cm), valamint hosszabb szárak (82,0cm) fejlődtek. A generatív jellemzők – virágzatok és elágazások száma- nem változott az eltérő hőmérséklet és fényellátottság hatására. A morfológiai jellemzőkben tapasztalt változás manifesztálódott a mezei cickafark produkciójában is. A „hideg” kezelésben nagyobb biomasszát (117,2 g/tő) és drogtömeget (26,2 g/tő) eredményezett, illetve e kezelés hatása jelentkezett az alacsonyabb virágzat- és nagyobb szárarányban is. A cickafark fajok közismerten nagyon könnyen akklimatizálódnak különböző környezeti feltételekhez, és ez a növény habitusának, morfológiai jellemzőinek változását okozhatja. Ezt több szerző leírta már korábban, Dabrowska (1977) mind az *A. millefolium*, mind az *A. collina* esetében említ jellegzetes fenotipikus változásokat különböző vízellátottság hatására. Gurevitch (1988) a tengerszint feletti magasság hatásáról számol be, ami az *A. millefolium* levéllemezének tagoltságára hat. Giorgi et al. (2005) a tengerszint feletti magasság hatására a generatív jellemzőkben, így a virágok számában és a friss hozamban tapasztalt szignifikáns különbséget.

Az illóolaj felhalmozódás mértéke eredményeink szerint (átl. 0,160 g/100 g) nem változott szignifikánsan a beállított környezeti feltételek hatására, ahogy azt más szerzők is leírták. Magyarázat lehet erre, hogy a virágzatok és levelek együttes aránya megnőtt a „hideg” kezelésben, közben a virágzat és szár részek aránya a „meleg” kezelésben bizonyult kedvezőbbnek. Nyilvánvaló azonban, hogy a hajtások illóolaj-tartalma egyéb tényezőktől is függ, úgymint az illóolaj mirigyek száma és/vagy az illóolaj összetevők bioszintézise során jelentkező enzimatikus reakciók esetleges változásai. Eredményeink összhangban vannak Giorgi et al. (2010), valamint Hofmann et Fritz (1993) eredményeivel, akik szintén nem találtak szignifikáns változásokat a környezeti tényezők módosulásának hatására. A növények környezeti tényezőkre adott válaszreakciójában mindemellett az egyedfejlődéssel való kölcsönhatással is számolnunk kell. Ruminska (1968) tapasztalatai szerint a korai fenofázisokban végzett árnyékolás csökkentette a virágzatok tömegét és az illóolaj felhalmozódást, míg későbbi fejlődési fázisokban pozitív hatása mutatkozott. Kísérletünkben az illóolaj-tartalomhoz hasonlóan a proazulén-tartalomban (átl. 0,088%) sem találtunk szignifikáns változást a kezelések hatására. Ez összhangban van Hofmann és Fritz (1993) eredményeivel, akik leírták, hogy a ’Proa’ fajta azulén-tartalmát nem befolyásolta a hőmérséklet, a megvilágítás hossza és intenzitása. Ismert, hogy a fenolos anyagoknak szerepe lehet a növények stressz elleni védelmében (Gray et al., 2003; Heimler et al., 2009). Esetünkben az összfenol-tartalom stabil értékéből (vizes kivonatokban átl 94,07 mg GSE/g, alkoholos kivonatokban 45,40 mg GSE/g) arra következtethetünk, hogy a beállított környezeti paraméterek még a növény tolerancia tartományában helyezkedtek el. A kísérlet speciális beállítási körülményei miatt fontos megjegyezni, hogy az in vitro kísérleti körülmények bizonyos szempontból eltérnek a szabadföldön tapasztalható időjárási folyamatoktól. A beállított kezelések mellett a növényeket érő szélsőséges hatások nem jelentkeznek, a hőmérséklet változása folyamatos, rendszeres vízellátás mellett, amihez feltehetőleg könnyebben tudnak alkalmazkodni is. Ilyen módon a modellkísérletünk eredményei alapvetően nem a

kontinentális klíma változó időjárási helyzeteire értelmezendők, hanem eltérő klímaviszonyok (termőhelyek) közötti termesztést szimuláltak.

Az interspecifikus növényi kompetíció csökkentésének vizsgálata során a beállított kísérletekben a herbicid kezelések változó hatékonyságát tapasztaltuk. A kezelések relatíve alacsony hatását, amit 2012-ben tapasztaltunk, több, egymással össze nem függő tényező (gyomok fejlettsége, kijuttatás módja) okozta. 2013-ban és 2014-ben a kezelések optimalizálása jobb hatékonyságot eredményezett, aminek következtében a növényi kompetíció kisebb mértékben jelentkezett. Eredményeink alapján a pendimetalin hatóanyag (Pendigan, Stomp Super) gyomirtó hatása PPI módon jobban érvényesült a magról kelő gyomokkal szemben. A pendimetalin és oxifluorfen (Pendigan és Galigan) hatóanyagkombináció POST alkalmazása perspektivikus volt: az alacsonyabb pendimetalin dózist ellensúlyozta az oxifluorfen hatóanyag, ami a talaj felszínén filmszerűen megmaradt. A hatóanyagkombináció PPI alkalmazása éppen ezen jellegéből adódóan eredményezett rosszabb gyomirtó hatást: a pendimetalin alacsonyabb dózisa miatt enyhébb gyomirtó hatással bírt, a talaj felszínén kialakuló oxifluorfen filmréteg pedig a talajba dolgozás miatt sérült, s így a gyomirtó hatás csökkent. A Soroksáron tesztelt benefin (Benefex) hatóanyag PPI alkalmazásával is jó eredményt kaptunk: az első gyomcsírázási hullámot képes volt lassítani, de alkalmazása mindenképpen kiegészítésre szorul egy későbbi posztemergens kezeléssel, a második gyomosodási hullám idején, májusban. A fluorkloridon hatóanyag már önmagában alkalmazva is kifejezetten hatékonynak tűnt, de a jellemző gyomspektrum figyelembevételével megállapított utókezeléssel a gyomirtó hatása javult, tekintetbe véve a gyomflóra alakulását, a legjobban egyszikűirtó kezelés tudta kiegészíteni. Termőhely okozta hatásbeli eltérés a PPI linuron (Afalon) hatóanyag alkalmazása esetén jelentkezett 2014-ben. Feltehetően a kísérleti terület talaj adottságai miatt a hatóanyag nem tudott megfelelő gyomirtó hatást produkálni: a hatóanyag használata ugyanis a talaj megfelelő humusztartalmára kifejezetten érzékeny, a soroksári kísérleti területen – ahol több évtizedes tapasztalat alapján jellemző a különböző minőségű talajfoltok jelenléte- az alacsony dózis miatt nem tudott megfelelő gyomirtó hatást produkálni. A kísérleti területek gyomflóráját tekintve, mindkét helyszínen a legfontosabb szántóföldi gyomok jelenléte volt jellemző, de a kísérleti helyszíneken és években változó mértékben, mely a kezelések hatását szintén meghatározta. A herbicid kezelések termőhelyek közötti eltérő hatása bizonyos esetekben (2012. Pendigan, Dual, 2014. PPI Afalon-POST Stomp Super, PPI Stomp Super -POST Afalon, PPI Stomp Super-POST Boxer kezelések) a jellemző gyomflóra faji összetételében és kezeléskori állapotában keresendő.

A kezelések mezei cickafarkra gyakorolt hatásában jelentős különbségeket tapasztaltunk valamennyi kísérleti helyen és évben. Enyhe, közepesen erős és erős károsítást is megfigyelhettünk a növényen, melyek közül előbbi kettőt a növények betakarításig jellemzően kinőtték, míg az erős károsodás esetén a gyenge növekedési erély végig megmaradt, és a jelentős tőhiánnyal (60% feletti) együtt komoly produkcióbeli kiesést okozott. Az alkalmazott gyomirtószeres kezelések kisebb-nagyobb mértékben szelektívnek bizonyultak a mezei cickafarkra nézve. A PPI módon alkalmazott hatóanyagok esetén ez helyzeti szelektivitásból fakad: a talajba bedolgozott hatóanyagok, például a linuron, a növény gyökerével nem egy szintben helyezkedtek el. A benefin és a pendimetalin hatóanyagok talajherbicidként alkalmazva a csírázó növényekre hatnak,

azok szövetében akadályozzák a sejtosztódást, a tubulin átrendeződés gátlásával (Hunyadi et Béres, 2000), a fluorkloridon szintén a csírázó magokra hat. A kísérleteinkben alkalmazott quizalofop-p-etil és propaquizafop (Leopard és Agil) hatóanyagok az összes kétszikű növényre fejlődési állapottól függetlenül szelektív, egyszikűirtó hatóanyagok. Mindemellett a mezei cickafark erősen szeldelt és szőrözött levelén a herbicidek valószínűleg nehezen tapadnak meg és/vagy szívódnak fel, így a hatóanyag felvétel nagyságrendileg kisebb lehet (Hunyadi, 2000). A termőhelyek közötti különbség a mezei cickafarkra gyakorolt hatás tekintetében is megmutatkozott. 2012-ben ez a Devrinol és Fusilade kezelések okozta jelentősen eltérő károsodásban és tőhiányban jelentkezett a két kísérleti helyen, s vélhetően a termőhelyek adottságaira, a cickafark eltérő kezeléskori állapotára vezethető vissza. 2014-ben pedig a Soroksáron a beállított kezelések hatására a mezei cickafark a Kálon tapasztaltakhoz nem hasonlítható mértékben károsodott. A jelenség oka a 2014-ben Soroksáron lehulló extrémen nagy természetes csapadékban keresendő: a PPI kezeléseket követő 2 hétben összesen több mint 80 mm csapadék hullott, a betakarításig pedig kb. 280 mm. A lehullott nagy mennyiségű csapadék vélhetően elősegítette a herbicid hatóanyagok talajbeli mozgását és az a kultúrnövény gyökérzónájába került. Ez a megfigyelésünk igazolja a cickafark esetében is a gyakorlati tapasztalatokat, miszerint extrém időjárási feltételek között még a megfelelő hatóanyag és optimális dózis esetén sem kizárt a kultúrnövény károsodása.

A mezei cickafark növénymagasságában tükröződött a herbicid kezelések okozta variabilitás, ugyanakkor a kezelések közti eltérések nem minden esetben bizonyultak szignifikánsnak. A növénymagasságban tapasztalt különbségek egyértelműen az egyes hatóanyagok okozta erősebb károsodásból adódtak mindkét helyszínen. Kálon tapasztaltuk ezen túlmenően azt is, hogy a herbiciddel nem kezelt kontroll parcellán voltak a növények a legmagasabbak, amiből kiderül, hogy még a látható tüneti károsodást nem mutató kezelések is szignifikáns hatást gyakorolhatnak a mezei cickafark növekedésére. 2014-ben a gyomirtószeres kezelések növénymagasságra gyakorolt hatása nem jelentkezett, a kezelések között szignifikáns különbséget nem detektáltunk egyik termőhelyen sem, a beállított kezelések egyike sem károsította olyan mértékben a cickafarkot, hogy az a növénymagasságot visszavetette volna. Ugyanakkor a termőhely hatása 2013-ban és 2014-ben is szignifikánsnak bizonyult: Kálon átlagosan több mint 10 cm-rel nagyobb növénymagasságot mértünk, ami jelzi a termőhely növénymagasságra gyakorolt jelentős hatását.

A vegyszeres gyomirtási kezelések a mezei cickafark beltartalmát szignifikánsan befolyásolták, különbségek mind az illóolaj-, mind a proazulén-tartalomban jelentkeztek, de nem mindegyik kísérleti évben és helyen. Az alacsonyabb hatóanyagtartalom legtöbb esetben a mezei cickafark károsodásából adódott, ugyanakkor eredményeink alapján nem feltétlenül csökkent a beltartalom enyhe vagy közepes károsodás hatására (pl. 2013. POST Pendigan+Galigan) és olyan kezelésekben is detektáltunk átlag alatti hatóanyagtartalmat, ahol szemmel látható károsodást nem tapasztaltunk a növényen (2014. Racer+Leopard). Ez a kezelt növények fejlettségétől, termőhelyi hatástól és a herbicid hatóanyagok bioszintézis utat befolyásoló hatásából is adódhat, az okok feltárása mindenesetre további kutatásokat igényel. A termőhely hatását valamennyi kísérleti évben megtapasztaltuk, bár nem minden kezelésben tudtuk kimutatni és nem is következetesen jelentkezett, szignifikánsan magasabb értékeket Soroksáron és Kálon is

mértünk, amit vélhetően a kezelések és a termőhely együttes befolyásoló hatása okozott. A korábbi irodalmakban kevés eredmény van a különböző herbicid hatóanyagok gyógynövények beltartalmára kifejtett hatásáról. Lydon et Juke (1988) szerint a herbicid hatóanyagok nagy része a nem specifikus mechanizmusokon keresztül csökkenti a másodlagos anyagcsere termékek szintjét, míg kevés hatóanyagról bizonyították, hogy kifejezetten bizonyos bioszintetikus lépésekre lenne hatása. Így például az alaklór a flavonoidok képződését a bioszintézis utolsó lépéseiben képes csökkenteni, míg a glifozát hatóanyag az enol piruvil-sikiminsav-3-foszfát (EPSP) szintáz enzim gátlásán keresztül blokkolja a fahéjsav származékok szintézisét, s egyben más vegyületek fokozott felhalmozódásához vezet. A difeniléterek a terpenoid típusú stressz metabolitok szintjét emelhetik meg drasztikusan. El-Keltawi et Croteau (1987) az orvosi zsályában vizsgálta levél herbicidek hatását kontrollált körülmények között, és az illóolaj produkció és a növekedés között egyértelmű kapcsolatot mutatott ki, valamint mennyiségi változásokat detektált az olaj fő monoterpén összetevőiben. Következtetéseik szerint a kezeléseknek közvetlen hatása volt a terpén metabolizmusra, függetlenül a növény növekedésétől. A hatóanyag-tartalom és növekedési paraméterek egymástól független változását magunk is tapasztaltuk a cickafark vegyszeres gyomirtási kísérleteiben.

Eredményeink alapján, figyelembe véve a mezei cickafark termesztéstechnológiáját, valamint a herbicid hatóanyagok alkalmazásának növekedésre, produkcióra gyakorolt hatását, a PPI módon, korai vagy késői kijuttatással alkalmazható hatóanyagok használata ajánlható, mind munkaszervezési okokból, mind a kultúrnövény növekedését és produkcióját kevéssé befolyásoló hatásuk miatt. Ezek a hatóanyagok a palánták telepítését követő időszakban biztosítani tudják a kelő gyomok elleni védelmet, hatásuk azonban később egyszeri POST kezeléssel, vagy mechanikai gyomirtással kiegészítendő. PPI kezelésre javasolt hatóanyagok, dózisuk és alkalmazásuk: benefin hatóanyag (8 l/ha) a telepítés előtt 2-3 héttel a talaj felső 5-7 cm rétegébe bedolgozva; fluorkloridon (2 l/ha) és pendimetalin (4 l/ha) kombinációja a telepítés előtt közvetlenül a talaj felső 2-3 cm rétegébe bedolgozva; pendimetalin (6 l/ha) a telepítés előtt közvetlenül a talaj felső 2-3 cm rétegébe bedolgozva. POST kezelésre javasolható hatóanyagok a gyomflóra figyelembe vételével: pendimetalin (6 l/ha) a gyomok 2-3 leveles állapotában; quizalofop-p-etil (3 l/ha) a gyomok 2-3 leveles állapotában.

Kutatási eredményeinknek számos, a gyakorlatban is hasznosítható vetülete van. A termesztésben több, eltérő virágzási idejű mezei cickafark taxon egyidejű termesztésével a betakarítás okozta munkacsúcs elnyújtható, így nagyobb eséllyel biztosítható a megfelelő időpontban elvégzett betakarítás a növényanyag minőségbeli romlása nélkül. A jellegzetes és stabil morfológiai bélyegekkel rendelkező fajták/taxonok előállítása nemcsak a termesztés, de a nemesítés számára is hasznos lehet, hiszen karakterisztikus külső jellemzőkkel bíró állományokban az eltérő egyedek szelekciója sokkal könnyebb. Az optimális drogminőség érdekében a termesztőknek jó beltartalmi mutatókkal rendelkező és rövid, egységes virágzati horizontú fajták választása ajánlott, melyekkel nagy biztonsággal kedvező szervarányú és beltartalmú drog állítható elő. A vizsgált taxonok között több perspektivikus genotípus is van, melyek ezen kívül produkció és hatóanyag-tartalom tekintetében is kiemelkedőek. Eredményeink alapján hazai klimatikus feltételek mellett termesztésre javasolható az ’Azulenka’ fajta, illetve a Gb22 vadontermő származású anyag is. A rendkívül magas illóolaj-tartalmú Gb47 a

jövőben nemesítési alapanyagként kifejezetten értékes lehet. A mezei cickafark fejlődésbeli sajátságainak ismerete, - miszerint egyes tulajdonságok már egyéves korban (makromorfológiai bélyegek, beltartalmi mutatók), míg mások (növénymagasság, virágzati horizont hossza, produkció) csak másodéves korban manifesztálódnak,- pedig a fajtavizsgálatoknál, a DUS vizsgálat elvégzéséhez nyújtanak gyakorlati támpontot. A hatóanyagok felhalmozódási dinamikájának feltárásával a korábbi, rosszabb drogminőséget eredményező termesztési gyakorlattal szemben, a virágzás első felében történő betakarítással jobb minőség érhető el, és a konkrét hatóanyagok maximalizására optimalizált betakarítás is lehetségessé vált. A mezei cickfark kompetíciós képeségeinek és gyomirtószer-toleranciájának vizsgálatából számazó eredményeinknek pedig a növény vegyszeres gyomirtásában és ezzel a termesztés kézimunkaigényének csökkentésében van jelentősége. Ezek alapján elmondható, hogy eredményeink összeségében nagyban hozzájárulnak ahhoz, hogy mezei cickafark termesztése a jövőben valóban megbízhatóbbá válik és gazdaságossága javul.

6. ÖSSZEFOGLALÁS / SUMMARY

A mezei cickafark egyike legfontosabb gyógynövényeinknek, melyet a népi gyógyászat és a modern fitoterápia egyaránt használ. A faj jelentőségéből az utóbbi évtizedekben mit sem vesztett, s a felvásárlók nagy mennyiségű és állandó minőségű növényi drog iránti egyre növekvő igénye új kihívások elé állítja a drogelőállításban dolgozókat. A gyűjtésről termesztésre való átállásnak sok gyakorlati nehézsége van és gazdaságossága is kérdéses az értékes genetikai alapanyagok hiánya, az elavult és hiányos termesztéstechnológia, valamint a hatóanyagtartalmat befolyásoló tényezők felszínes ismerete miatt.

Munkánk célja volt éppen ezért, a mezei cickafark intraspecifikus variabilitásának feltérképezése a morfológiai, produkciós és kémiai jellemzőik vonatkozásában, a faj ismert kemoszindróma sorának bővítése a gyökér hatóanyag összetételével, az ontogenetikai tényezők hatásának megismerése a hatóanyag felhalmozódásra, a környezeti tényezők hatásának meghatározása a morfológiai, produkciós, kémiai jellemzőire, valamint a termesztés fejlesztésének megalapozása a faj kompetíciós képességének és vegyszer toleranciájának vizsgálatával. Továbbá, hogy gyakorlati eredményeinkkel hozzájáruljunk a mezei cickafark fajtanemesítéséhez, a céltudatos fajtahasználathoz, a hatóanyagra optimalizált betakarítási időpont meghatározásához és a korszerű, integrált szemléletű vegyszeres gyomirtási technológia bevezetéséhez.

Kísérleteinket 2012 és 2014 között, három tenyészidőszakban végeztük szabadföldön, két termőhelyen kis- és üzemi méretű parcellákon, valamint klímakamrás kísérletek keretében. A mezei cickafark intraspecifikus variabilitásának megismerésére irányuló vizsgálatokban 11 különböző eredetű taxon (fajta, köztermesztési és vadon termő eredetű anyagok) szisztematikus, azonos termőhelyi körülmények között végzett felmérését végeztük el a Gyógy- és Aromanövények Tanszék soroksári kísérleti telepén. Felmértük a taxonok fenológiai jellemzőit, homogenitását, makromorfológiai bélyegeiket, növénymagasságukat, virágzati horizontjuk hosszát, szervi arányaik, droghozamukat, illóolaj-, proazulén-, összflavonoid- és összfenol-tartalmuk alakulását. 2014-ben a 11 taxon földalatti részeinek hatóanyag tartalmát és -összetételét GC-MS és GC-FID módszerekkel hasonlítottuk össze a gyökerekből desztillált olaj, HS és diklór-metán kivonatokban. Az ontogenetikai tényezők hatását két termőhelyen vizsgáltuk, kezelésként a virágzás során 5, a nemzetközi BBCH skála-szerinti fenológiai fázisban szedve mintát, majd mérve azokban a szervi arányok és a beltartalmi mutatók - illóolaj-, proazulén-, összflavonoid-, és összfenol-tartalom- alakulását. Az abiotikus tényezők (hőmérséklet és fény) hatását klímakamrás kísérletben vizsgáltuk a mezei cickafark morfológiai, produkciós és kémiai jellemzőire, kezelésként „meleg” és „hideg” időjárási körülményeket szimulálva. Mértük és összehasonlítottuk a növények magasságát, a tő- és szárlevelek hosszát és szélességét, a virágzatok és elágazások számát, a friss- és drogtömeget, a szervi arányokat, az illóolaj-, proazulén- és összfenol-tartalmat. A termesztés fejlesztésének lehetőségét vizsgálva pedig két termőhelyen szabadföldi vegyszeres gyomirtási kísérletet állítottunk be különböző PPI és POST kezelések hatását tesztelve a növényi kompetíció visszaszorítására és a mezei cickafark vegyszer toleranciájára, fejlődésére, produkciós és kémiai mutatóira. A növényi kompetíciót a gyomborítottság és a gyomspektrum felmérésével adtuk meg, továbbá vizsgáltuk a mezei

cickafark tőmegmaradását, fejlődését, mértük a növénymagasságot, drogtömeget és a minták hatóanyagtartalmát (illóolaj, proazulén).

Az *A. collina* intraspecikfikus variabilitása a vizsgált paraméterek jelentős részében megmutatkozott. Egyedfejlődésük ütemében eltértek a taxonok: a korai és a késői virágzás, mint taxonjelleg jelentkezett. Makromorfológiai bélyegeik közül a levélszín és a habitus bizonyultak genotípushoz jobban köthető tulajdonságnak, több speciális, morfológiai bélyegekkel rendelkező taxont azonosítottunk ('Azulenka', 'Proa' fajta és Gb22 vadon termő anyag). A fajra jellemző átl. 51,0 cm-es növénymagasságot valamennyi taxon másodéves korában érte el, hasonlóan a virágzati horizont hossza is ekkor érte el a taxonokra jellemző értéket. A legrövidebb, egyben legkedvezőbb virágzati horizonttal (15,8 cm) a Gb22 taxon rendelkezett. A taxonok produkciója, valamint a drogtömeg intraspecifikus variabilitása szintén másodéves korban realizálódott. A legnagyobb droghozamot 2012-ben (25,1 g/tő) és 2013-ban (55,9 g/tő) is az 'Azulenka' fajtában mértük. A szervi arányok alakulása az évek során változott: a virágzat aránya elsőéves korban volt a legnagyobb, értéke taxonfüggő, 35,2-51,2% közötti. A levél arányban csak másodéves korban voltak különbségek, míg a szár aránya ekkor állandósult átlagosan 38,4%-on. Valamennyi taxon azulénes, kék színű illóolajat produkált, a felhalmozódási szint 0,157 g/100g és 0,381 g/100 g között változott. A legmagasabb illóolaj-tartalmat (átlagosan 0,348 g/100 g-ot) mindhárom vizsgálati évben a génbanki származású, vadontermő eredetű Gb47 taxonban mértünk. Az illóolaj-tartalom néhány taxonban nem érte el a gyógyszerkönyvi előiratban szereplő értéket (2 ml/kg), melynek oka a genetikai meghatározottság (Gb9), máskor a környezeti tényezők befolyásoló hatása volt ('Proa', 'Alba', 'Spak'). Eredményeink megerősítették, hogy a mezei cickafarkban az illóolaj proazulén-tartalma számottevő koncentrációjú, faji jellegnek tekinthető: a taxonokban mért értékek 0,043-0,174% között alakultak, a gyógyszerkönyvi határértéket (0,02%) meghaladták. Legmagasabb proazulén-tartalmat a szintén vadon termő eredetű Gb22 (átl. 0,142%) és Gb47 (átl. 0,113%) anyagokba mértünk. Az összflavonoid-tartalom is jelentős intraspecifikus variabilitást mutatott. Magas, 2% feletti flavonoid-tartalommal a Gb47, 'Spak' és Gb22 anyagok jellemezhetőek. A vizes és alkoholos kivonatokban mért összfenol-tartalom esetében a genotípus hatása nem mutatkozott következetesen. A vizes kivonatokban 133,872-220,042 mg GSE/g, az alkoholos kivonatokban 30,193-122,183 mg GSE/g értéket mértünk.

Eredményeink alapján az egyes *A. collina* taxonokban rejlő potenciál igen eltérő lehet, ugyanakkor taxonómiai csoportokként tekintve rájuk, a fajták, termesztett és vadon termő anyagok nem különböztek egymástól markánsan. Valamennyi csoportban vannak kifejezetten perspektivikus, jó paraméterekkel rendelkező taxonok, de homogenitásukban jelentős eltérések lehetnek. Kimutattuk, hogy a virágzási idő, a lombszín, a habitus, a virágzati horizont hossza, a friss- és drogtömeg, a szervi arányok, az illóolaj-, proazulén- és összflavonoid-tartalom elsősorban genetikailag rögzített tulajdonságok, melyekben taxonjelleg érvényesül, alakulásukat a környezeti tényezők és az évjárathatás kis mértékben befolyásolták, míg az összfenol-tartalom az időjárási tényezőkre, illetve az évjárathatásra érzékenyebb. A vizsgált paraméterek között számos összefüggést sikerült igazolnunk, amelyek a mezei cickafark produkciójával és beltartalmi mutatóival kapcsolatos ismereteinket bővítik. Így pozitív irányú összefüggést mutattunk ki a

növénymagasság és virágzati horizont hossza, a magasság és a produkció, a virágzati horizont és a drog száraránya között, valamint a virágzat aránya és a drog illóolaj-, proazulén-, összfenol-tartalma, az illóolaj- és a proazulén-, az illóolaj- és összfenol-, az azulén és az összfenoltartalom, valamint a vizes és alkoholos kivonatok összfenol-tartalma között is.

A gyökér illóolaj-tartalma genotípusonként eltérő volt (0,021-0,052 ml/100 g) és a virágzó hajtások illóolaj-tartalmával pozitív irányú korrelációban állt. Az általunk vizsgált különböző gyökér kivonatok összetételükben jelentősen eltértek és intraspecifikus variabilitást mutattak. A gyökérből desztillált olaj összetétele a föld feletti részektől jelentősen eltérőnek bizonyult, fő komponensei a 7-heptadekanon-en (41,8-58,1%), az alizmol (3,1-18,9%), a β-szeszkvifellandrén (0,5-9,8%) és a neril-izovalerát (0,2-10,5%) voltak. Az olajra a szeszkviterpén komponensek nagy aránya (32,9-49,9%) volt jellemző. Univerzális összetevőnek bizonyult a mezei cickafark fajra nézve az alizmol, a β-szeszkvifellandrén, a neril-izovalerát, a γ-humulén, a cisz-kadin-4-én-7-ol és a β-eudezmol, míg a 4-hidroxi-4-metil-2-pentanon, a δ-elemén, a modef-2-én, a guaiol, a bulnezol csak néhány specifikus taxon olajában jelentek meg. A szelektált fajtákban ('Azulenka', 'Alba', 'Proa', 'Spak') a guaján vázú komponensek aránya magasabb volt, míg a vad eredetű populációknál (Gb9, Gb10, Gb22, Gb47) más váztípusok voltak hangsúlyosak. A gyökerek HS kivonatára a terpenoidok dominanciája volt jellemző valamennyi taxonban. A kivonatok fő összetevője az albén (20,8-52,1%) és a β-pinén (8,3-47,1%) volt, de fajra jellemző, univerzálisan előforduló komponensnek bizonyult a hexanal (1,0-8,4%), az α-pinén (1,4-8,1%) és a neril-izovalerát (0,4-2,7%) is, míg taxonspecifikusan mutattuk ki a kamfén, a szabinén, az α-izokomén, a *transz*-kariofillén, a γ-humulén és a β-szeszkvifellandrén komponenseket. A gyökérből készült diklórmetán kivonatokban detektáltuk ki a legtöbb különféle hatóanyagtípust: szeszkviterpéneket, alkamidokat, szterolokat, triterpéneket, zsírsav származékokat. A fő összetevők a 7-heptadekanon-en, a linolénsav, egy alkamid (2,4,6-dekatrién sav piperidid), három szterol, valamint egy triterpén összetevő voltak és az extraktok 34,4-61,7%-át adták ki. A kisebb jelentőségű komponensek között terpenoidokat, egy kumarint, és lignán típusú vegyületet is azonosítottunk. A legtöbb taxonban a szterolok bizonyultak a legfontosabb komponenseknek (19,1-34,7%), de további triterpén összetevők (4,7-14,1%), alkamidok (2,3-16,6%) is jelentős koncentrációt értek el, a mono- és szeszkviterpének aránya azonban ebben a kivonattípusban alacsonyabb (4,3-9,9%) volt. A desztillált olajhoz és a HS kivonatokhoz képest az extraktok alacsony intraspecifikus variabilitást mutattak.

Az egyedfejlődés során a virágzat és levél együttes aránya a drogban a generatív fázis alatt folyamatosan nőtt, míg a szár hányada a drogban ezzel párhuzamosan csökkent. Eredményeink alapján azonban a hatóanyag-tartalom alakulása nem követte egyértelműen a növényi szervek differenciálódását és növekedését. A mezei cickafark illóolaj-tartalma optimum görbéhez hasonlóan alakult, a maximumot (átl. 0,315 g/100 g) a virágnyílás kezdetekor, illetve azt megelőzően érte el: BBCH 59-61 fázisokban. A proazulén-tartalom legmagasabb értékei (átl. 0,159%) sem voltak köthetők egyetlen fenológiai fejlettséghez, a virágzás során zöldbimbós, fehérbimbós és teljes virágzás fázisában (BBCH 59-61, ill. 65) detektáltuk. Az összflavonoid felhalmozódása a vizsgálati években mind értékében, mind tendenciában jelentős eltéréseket mutatott: a maximumot 2013-ban (2,837%) és 2014-ben (2,108%) virágzás elején (BBCH 61)

állapítottuk meg, míg 2012-ben (0,900%) zöldbimbós (BBCH 55) fázisban mértük. Az összfenol-tartalom a vizsgált fenofázisokban két maximumot ért el, az elsőt (átl. 207,182 g mGSE/g) zöldbimbós fázisban (BBCH 55), majd egy másikat (átl. 214,494 mg GSE/g) virágzás második felében, teljes virágzás (BBCH 65), illetve elvirágzott (BBCH 69) fenofázisokban. Az illóolaj- és proazulén-tartalom alakulásában számottevő termőhelyi hatást detektáltunk. Eredményeink alapján a hazai klimatikus tényezők között a mezei cickafark számára a termesztés első évében az optimális vágási időpontként virágzás kezdetét, illetve virágzás első felét, azaz a BBCH skála szerinti 61-65 fejlődési fázisokat tudjuk meghatározni.

Az általunk vizsgált különböző hőmérsékleti és fény beállítások jelentős változásokat eredményeztek a mezei cickafark fenológiai, morfológiai és produkciós jellemzőiben. A „hideg" kezelés (12,5/7,5 °C-ról 27,0/14,0 °C-ra fokozatosan emelkedő hőmérsklet és 5700 lux megvilágítás) elnyújtotta a növények virágzását, az alacsony fényintenzitás hatására 35%-kal nagyobb levelek és 50%-kal hosszabb szárak fejlődtek, a generatív jellemzőket kevésbé érintette. A „hideg' kezelés okozta növekedésbeli változás a produkciót is befolyásolta: 40%-kal nagyobb biomassza produkciót és 60%-kal nagyobb drogtömeget eredményezett, a kezelések közti különbségek pedig jelentkeztek a drog szervi arányaiban is. Az illóolaj felhalmozódás mértéke eredményeink szerint nem változott szignifikánsan a beállított környezeti feltételek hatására, hasonlóan proazulén-tartalomban sem találtunk változást. Esetünkben az összfenol-tartalom stabil értékéből arra következtethetünk, hogy a beállított környezeti paraméterek még a növény tolerancia tartományában helyezkedtek el.

Mezei cickafark termesztésében a növényi kompetíció csökkentésére a mechanikai gyomirtás mellett a korai és késői PPI kezelések, valamint azok POST kezelésekkel kiegészítve (pendimetalin, fluorkloridon benefin-pendimetalin, benefin-pendimetalin-oxifluorfen, linuron-pendimetalin, fluorkloridon-pendimetalin, fluorkloridon-quizalofop-P-etil), továbbá bizonyos POST alkalmazott hatóanyag kombinációk (linuron-pendimetalin, pendimetalin-oxifluorfen) bizonyultak leghatásosabbnak. A vizsgált hatóanyagok mezei cickafarkra gyakorolt hatás tekintetében jelentősen eltértek. A cickafark fejlődését, növekedését közepesen vagy erősen károsító, tőborítottságát csökkentő kezelések a növénymagasságot és drogtömeget is negatívan befolyásolták (POST napropamid, linuron-pendimetalin, pendimetalin-oxifluorfen), illetve az illó- proazulén-tartalom csökkenését okozták (POST fluroxipir, PPI benefin-POST pendimetalin-oxifluorfen). Eredményeink alapján ugyanakkor a mezei cickafark bizonyos kezeléseket (PPI pendimetalin, pendimetalin-oxifluorfen, benefin, fluorkloridon, POST fluazifop-p-butil, propaquizafop, quizalofop-P-etil, pendimetalin) jól tolerált, ezek a növényt minimálisan vagy egyáltalán nem károsították, így a növekedésben, produkcióban, beltartalmomban sem okoztak csökkenést. Eredményeink alapján a mezei cickafark vegyszeres gyomirtására, munkaszervezési okokból és a növény növekedését, produkcióját kevéssé befolyásoló hatásuk miatt, a PPI módon alkalmazható hatóanyagok (benefin (8/l/ha), fluorkloridon-pendimetalin (2 l/ha – 4 l/ha), pendimetalin (6 l/ha)) ajánlhatóak. Ezek hatása szükség esetén – erős gyomfertőzéskor-kiegészíthető egyszeri POST kezeléssel (pendimetalin (6 l/ha), quizalofop-p-etil (3 l/ha)), vagy mechanikai gyomirtással.

Common yarrow is one of the most important medicinal plants of Europe used in traditional medicine and modern phytotherapy. The relevance of this plant is still growing and the demand on large quantities and standard quality drug poses a challenge on drug production. Cultivation, which is ongoing instead of wild collection, has several practical difficulties and economical problems, because of the lack of valuable genetic resources, out-of-date, insufficient technologies and superficial knowledge of affective factors of active agent content.

Therefore our aim was to explore the intraspecific variability of common yarrow in respect of its morphological, productional and chemical traits, to broaden the knowledge on chemosyndrome of this species with the composition of roots, to learn more about the effect of ontogenesis on accumulation of active substances, to define the effect of environmental factors on the morphology, production and chemism of this plant and to establish the technological development of cultivation with the examination of the competitive capacity and herbicide tolerance of yarrow. Furthermore, with our results we wanted to contribute to the breeding and utilization of varieties, to the active agent content optimized harvest date and to the introduction of an up-to-date, integrated chemical weed control technology in yarrow cultivation.

Our research work lasted for three consecutive vegetations periods, between 2012 and 2014. The experiments were set at two open-field experimental sites in small and bigger field plots and in climatic chambers. For the exploration of yarrow's intraspecific variability the systematic investigation of 11 taxa gathered from different origin (varieties, cultivated and wild growing stocks) was performed at the experimental field of Department of Medicinal and Aromatic Plants, in Soroksár. We measured the phenological, macromorphological traits, plant heights, length of flowering horizon, ratio of plant parts, drug mass, essential oil, proazulene, total flavonoid and total phenolic content of the taxas. In 2014 the content and constitution of active compounds of underground parts were determined and compared by GC-MS and GC-FID in the distilled roots oils, HS and dichlormethane extracts. Effects of ontogenesis were investigated in two experimental sites, Soroksár and Kál, by harvesting the plants in 5 phenological phases during flowering, according to international BBCH scale. The ratio of plant organs, essential oil, proazulene, total flavonoid and total phenolic content were measured. To explore the impact of biotic factors, we investigated the effect of temperature and light on morphology, production and chemical features of yarrow under controlled environment in climatic chambers simulating 'warm' and 'cold' circumstances. Plant height, leaf size, number of inflorescences and branches, fresh plant and drug mass, ratio of plant parts, essential oil, proazulene and total phenolic content was measured. For development of yarrow cultivation, we investigated the possibilities of chemical weed control under open-field circumstances in Soroksár and Kál, with different PPI and POST treatments. We measured the plant competition by weed cover and weed spectra, and the herbicide tolerance of yarrow by cover, growth, plant height, drug mass and active agent content.

High intraspecific variability of *A. collina* was detected in most of the examined parameters. The taxa showed significant differences in their development, early and late flowering time proved to be taxa dependent. Among macromorphological features leaf colour and habitus showed genotype dependence. Taxa with special morphological

features were found (varieties ’Azulenka’, ’Proa’ and wild growing Gb22). The plants reached the plant height specific to common yarrow – 51.0 cm on average- after first year. Similarly, the flowering horizons were reached their final, taxa specific length in the second year. We measured the shortest and most favourable length (15.8 cm) in taxon Gb22. Production and variability of drug mass were realized in second year. Highest drug mass (25.1 g/plant and 55.9 g/plant) were detected in variety ’Azulenka’ in both years. Ratio of plant parts showed specific pattern during years: ratio of inflorescences was highest in one-year-old plants with taxa specific values (35.2-51.2%). Differences in leaf ratio were found only in the second year, while ratio of stems reached a permanent value (38.4%) only in this age. All of the investigated taxa produced azulenic blue essential oil in variable amounts (from 0.157 g/100g to 0.381 g/100 g). Highest content (0.348 g/100 g on average) was measured in taxon Gb47 every year. In some taxa the essential oil content didn’t reach the standards of Ph. Eur. (2 ml/kg), which can be explained by the genetic determination (Gb9), and effect of environmental factors (’Proa’, ’Alba’, ’Spak’). Our results confirmed the significant proazulene content of *A. collina* essential oil. The proazulene content reached the pharmacopoeia standards (0.02%) in every taxa (0.043-0.174%), the highest values were detected in Gb22 (0.142%) and Gb47 (0.113%). Total flavonoid content showed high intraspecific variability and taxon dependence as well. We found that’ Gb47’, ’Spak’ and Gb22 are high flavonoid (<2%) containing taxa. The variability of total phenolic content in both aqueous and alcoholic extracts were demonstrated, however the effect of taxa is not clear. In aqueous extracts 133.872-220.042 mg GAE/g, while in alcoholic extracts 30.193-122.183 mg GAE/g was detected. According to our results the potential of exact *A. collina* taxa can be very variable, however, considering them as taxonomic groups the varieties, cultivated and wild growing taxa do not differ from each other significantly. Perspective taxa with favourable parameters can be found in each group, however their homogeneity can be variable. We proved that flowering time, leaf colour, length of flowering horizon, fresh plant and drug mass, essential oil, proazulene and total flavonoid content are primarily taxa specific features slightly affected by environmental features and year effect, while total phenolic content is more sensitive to these factors. Among the examined parameters some correlations were proved which adds new information on productional and chemical features of common yarrow. Positive connection between plant height and length of flowering horizon, plant height and production, length of flowering horizon and ratio of stems, ratio of inflorescences and essential oil, proazulene, total phenolic content, essential oil and proazulene, essential oil and total phenolic, proazulene and total phenolic content, and between total phenolic content of aqueous and alcoholic extracts were revealed.

We detected essential oil in the roots of all the 11 *A. collina* taxa in variable amounts (0.021-0.052 ml/100 g). Positive correlation between the essential oil of above and underground parts was observed. The investigated root extracts showed significant difference in their composition and demonstrated high intraspecific variability. The root essential oil spectrum was considerably different from the composition of the flowering shoots with 7-heptadecanone-en (41.8-58.1%), alismol (3.1-18.9%), β-sesquiphellandrene (0.5-9.8%) and neryl isovalerate (0.2-10.5%) as main constituents. The sesquiterpenic fraction (32,9-49,9%) was characteristically highly represented in each hydrodistilled root

oil. Some compounds were universally present in ever *A. collina* taxa, like alismol, β-sesquiphellandrene, γ-humulene, cis-cadin-4-en-7-ol and β-eudesmol. To the contrary, some other constituents, such as 4-hydroxi-4-methyl-2-pentanone, δ-elemene, modheph-2-ene, guaiol, bulnesol, appeared only in some specific taxa. The ratio of guaiane type sesquiterpenes was higher in the selected cultivars ('Azulenka', 'Alba', 'Proa', 'Spak'), while in wild originating populations (Gb9, Gb10, Gb22, Gb47) concentration of other terpenoids were high. In the HS extracts we demonstrated the predominance of terpene constituents. Main constituents were albene (20.8-52.1%) and β-pinene (8.3-47.1%), while hexanal (1.0-8.4%), α-pinene (1.4-8.1%) and neryl isovalerate (0.4-2.7%) were also universally present in the extracts, on contrary to some taxa specific constituents, like camphene, sabinene, α-isocomene, trans-caryophyllene, γ-humulene and β-sesquiphellandrene. Most type of constituents was detected in dichloromethane extracts: sesquiterpenes, alkamides, sterols, triterpenes, fatty acid derivatives. The main constituents in each taxa were 7-heptadecanone-en, linoleic acid, 2,4,6-decatrienoic acid piperideide, sterols and a triterpene compound, together amounted 34.4-61.7% of the extracts. Among the minor constituents, terpenes, a coumarin and a lignan were identified. Sterols were the main components in most of the taxa (19.1-34.7%), but other triterpene (4.7- 14.1%) and alkamides type compounds (2.3-16.6%) reached significant concentrations too, while mono- and sesquiterpenes were determined only in lower concentrations (4.3-9.9%). The composition of the dichloromethane extracts showed the lowest intraspecific qualitative variability among the examined extracts.

Our results confirmed that during ontogenesis the ratio of valuable plant organs in yarrow drug is significantly changing. During generative phase it increased continuously, while ratio of stems decreased meanwhile in the drug. The changes of chemical characteristics, however, followed these tendencies just partially. Accumulation level of essential oil followed an optimum curve, the maximum (0.315 g/100 g) was reached in white bud stage and at the beginning of flowering, in BBCH 59-61 phases. The highest content of proazulene (0.159%) is not connected to one exact phenological phase, maximum content of proazulenes were detected in green bud, white bud stages and in full flowering (BBCH 59-61 and 65). The flavonoid content of yarrow during flowering is presumably more variable than other active compounds; in 2012 it reached its maximum (0,900%) in green bud (BBCH 55), in 2012 and 2013 (2,837% and 2,108%) in early flowering phase (BBCH 61). Total phenolic content showed two peaks: the first (207,181 mg GAE/g) in green bud stage (BBCH 55) and another one (214,494 mg GAE/g on average) in overblown phenophase (BBCH 69). In essential oil and proazulene content of yarrow the significant effect of growing site was observed. Based on our results, under Hungary's climatic conditions, optimal drug quality of yarrow in the first year of production could be achieved by harvesting the plant in the first half of flowering (BBCH 61-65).

The investigated temperature and light setting resulted in significant changes of phenology, morphology and production of *A. collina*. 'Cold' environment (slowly increasing temperatures from 12.5/7.5 °C till 27.0/14.0 °C and 5700 lux illumination) prolonged the flowering of plants, bigger leaves (35%) and longer stems (approximately by 50 %) were developed because of the lower light intensity, while the generative features were only slightly affected. The change of growth influenced the production also

in the ‘cold’ treatment: 40% higher fresh plant mass, 60% higher drug mass and changes in plant part ratios were observed. Level of essential oil, proazulene and total phenolic content in the drug didn’t change significantly under the experimental conditions. Their stable level support the conclusion that the installed environmental parameters were still in the tolerance range of *A. collina*.

Beside mechanical clearing, early and late PPI treatment together with POST complement (pendimetalin, fluorkloridon benefin-pendimetalin, benefin-pendimetalin-oxifluorfen, linuron-pendimetalin, fluorkloridon-pendimetalin, fluorkloridon-quizalofop-P-etil), some POST combinations (linuron-pendimetalin, pendimetalin-oxifluorfen) of chemical weed control showed the highest efficiency in lowering the plant competition in common yarrow plantations. The tested herbicide ingredients demonstrated different effect on common yarrow. The treatments which caused moderate and strong damage on yarrow’s development and growth reduced the plant number, plant height and drug mass (POST napromprami d, linuron-pendimetalin, pendimetalin-oxifluorfen), while some of them caused lower essential oil and proazulene content (POST fluroxypyr, PPIbenefin-POST pendimetalin-oxifluorfen). On the contrary, yarrow showed high tolerance against some treatments, like POST fluazifop-p-butil, propaquizafop, quizalofop-P-etil, pendimetalin, PPI pendimetalin, pendimetalin-oxifluorfen, benefin, fluorkloridon, which not or only mildly damaged yarrow and not influenced growth, production and active agent content of the plant. Based on our results, for the chemical weed control of common yarrow application of some PPI treatments (benefin (8/l/ha), fluorkloridon-pendimetalin (2 l/ha – 4 l/ha), pendimetalin (6 l/ha)), which affect less growth and production of the plant and has advantages in work organization as well, can be advised. In case of strong weed infection the PPI treatment can possibly integrated with one single POST treatment (pendimetalin (6 l/ha), quizalofop-p-etil (3 l/ha)) or mechanical clearing.

MELLÉKLETEK

M1. Irodalomjegyzék

1. AGNIHOTRI, V.K., LATOO, S.K., THAPPA, R.K., KAUL, P., QAZI, G.N., DHAR, A.K., SARAF, A., KAPAHI, B.K., SAXENA, R.K., AGARWAL, S.G. (2005): Chemical variability in the essential oil components of *Achillea millefolium* Agg. from different Himalayan habitats (India). *Planta medica*, 71 (3), 280-283.
2. AKYALCIN, H., ARABACI, T., YILDIZ, B. (2011): Pollen morphology of six *Achillea* L. *sect. Achillea (Asteraceae)* species in Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 35 (2), 183-201.
3. ALEXANDRU, V., BALAN, M., GASPAR, A., CRACIUNESCU, O., MOLDOVAN, L. (2007): Studies on the antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Romanian medicinal plants used for wound healing. *Romanian Biotechnological Letters*, 12 (6), 1-6.
4. AMIN, G., SOURMAGHI, M.H.S., AZIZZADEH, M., YASSA, N., ASGARI, T. (2008): Seasonal variation of the essential oil composition of cultivated yarrow in Tehran-Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 11 (6), 628-633.
5. AZARNIVAND, H., ARABANI, M. G., SEFIDKON, F., TAVILI, A. (2010): The effect of ecological characteristics on quality and quantity of the essential oils of *Achillea millefolium* L. *subsp. millefolium*. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 25 (4), 556-571.
6. AZIZ, E.E. (2004): Comparative study on the effect of ammonium nitrate and ammonium sulphate through the application of poultry manure on the productivity of *Achillea millefolium* L. plants. *Arab Universities Journal of Agricultural Sciences*, 12 (1), 371-389.
7. AZIZI, M., CHIZZOLA, R., GHANI, A., OROOJALIAN, F. (2010): Composition at different developement stages of the essential oil of four *Achillea* species grown in Iran. *Natural Product Communication*, 5 (2), 283-90.
8. BACH, T.J. (1995): Some new aspects of isoprenoid biosynthesis in plants –A review. *Lipids*, 30 (3), 191-202.
9. BARGHAMADI, A., MEHRDAD, M., SEFIDKON, F. (2009): Comparison of the volatiles of *Achillea millefolium* L. obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. *Journal of Essential Oil Research*, 21 (3), 259-263.
10. BENEDEK, B., KOPP, B. (2007): *Achillea millefolium* L. *s. l.* revisited: Recent findings confirm the traditional use. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, 157(13-14), 312-314.
11. BENEDEK, B., ROTHWANGL-WILTSCHNIGG, K., ROZEMA, E., GJONCAJ, N., REZNICEK, G., JURENITSCH, J., GLASL, S., KOPP, B. (2008): Pharmaceutical quality of yarrow (*Achillea millefolium* L. *s.l.*) – Investigation of 40 commercial drug samples by means of the bioactive compounds. *Pharmazie*, 63 (1), 23-26.

12. BENETIS, R., RADUSIENE, J., JANULIS, V. (2008): Variability of phenolic compounds in flowers of *Achillea millefolium* wild populations in Lithuania. *Medicina – Lithuania*, 44 (10), 775-781.
13. BERGHOLD, H., MANDL, M., BRANTNER, A.H., WAGNER, S., PRATTES, B., PELZMANN, H., BOECHZELT, H. 2006. Ätherischöl-Gehalt von Schafgarbe (*Achillea collina* Becker) in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium. *Zeitschrift für Arznei & Gewürzpflanzen*, 11 (1), 59-63.
14. BERNÁTH J. (2013): Vadontermő és termesztett gyógynövények. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 562-566.
15. BERNÁTH J., ZÁMBORINÉ-NÉMETH É. (2015): Gyógynövény kultúrák magyarországi növényvédelmének időszerű kérdései. *Növényvédelem*, 51 (1), 25-36.
16. BERZSENYI Z. (2000): A gyomszabályozás módszerei. In: HUNYADI K. (szerk.): Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 334-378.
17. BERZSENYI Z., GYŐRFFY B. (1995): Különböző növénytermesztési tényezők hatása a kukorica termésére és termésstabilitására. Növénytermelés, 44, 507-517.
18. BLUMENTHAL, M., GOLDBERG, A., BRINCKMANN, J. (2000): Herbal medicine-expanded commission E monographs. American Botanical Council, Newton, 419-421.
19. BOCEVSKA, M., SOVOVA, H. (2007): Supercritical CO2 extraction of essential oil from yarrow. *Journal of Supercritical Fluids*, 40 (3), 360-367.
20. BOURDOT, G. W., HURRELL, G. A. (1984): A seedling of herbicides for yarrow seedling control. In: Proceedings, New Zealand weed and pest controll conference, 10, 167-171.
21. BOZIN, B., MIMICA-DUKIC, N., BOGAVAC, M., SUVAJDZIC, L., SIMIN, N. SAMOJLIK, I. COULADIS, M. (2008): Chemical composition, antioxidant and antibacterial properties of *Achillea collina* Becker ex Heimerl *s.l.* and *A. pannonica* Scheele essential oils. *Molecules*, 13 (9), 2058-2068.
22. CANDAN, F., UNLU, M., TEPE, B., DAFERERA, D., POLISSIOU, M., SÖKMEN, A., AKPULAT, H.A. (2003): Antioxidant and antimicrobal activity of the essential oil and methanol extracts of *Achillea millefolium* subsp. *milllefolium* Afan. (*Asteraceae*). *Journal of Ethnopharmacology*, 87 (2-3), 215-220.
23. CARRON, C.A., LEBLEU, F., VOUILLAMOZ, J.F., BAROFFIO, C.A. (2012): *Achillea collina* 'Spak': Optimal harvesting stage. In: Proceedings of First International Symposium on Medicinal, Aromatic and Nutraceutical Plants from Mountainous Areas, Saas-Fee, Switzerland, July 6th-9th 2011, 321-324.
24. CASTLEMAN, M. (1994): Gyógynövényenciklopédia. Esély kiadó, Budapest, 97-99.
25. CERNAJ, P., GALAMBOSI B., HELEMIKOVÁ, A., MÁRTONFI P., SZEBENI-GALAMBOSI ZS. (1991): Effect of spacing and cultivation site on some biological and agricultural properties of *Achillea collina* Becker. *Herba Hungarica*, 30(3), 15-25.
26. CERNAJ, P., LIPTÁKOVÁ, H., MOHR, G., REPCÁK, M., HONCARIV, R. (1983): Variability of the content and composition of essential oil during ontogenesis of *Achillea collina. Herba Hungarica*, 22 (1), 21-27.
27. CHEN, J., CANTRELL, C. L., DUKE, S.O., ALLEN, M.L. (2008): Repellency of callicarpenal and intermedeol against workers of import- ed red fire ants (*Hymenoptera: Formicidae*). *Journal of Economic Entomology*, 101 (2), 265-271.

28. CRAFTS, A.S. (1975): Modern weed control. University of California Press Ltd., London, 41-52, 101-121, 161-177.
29. DABROWSKA, J. (1977): Effect of soil moisture on some morphological characters of *Achillea collina* Becker and *A. millefolium* L. ssp. *millefolium* and *A. pannonica* Scheele. *Ekologia Polska*, 25 (2), 275-288.
30. DANIHELKA, J., ROTREKLOVÁ, O. (2001): Chromosome numbers within the *Achillea millefolium* and the *A. distans* groups in the Czech Republic and Slovakia. *Folia Geobotanica*, 36, 163-191.
31. DÁNOS B. (1998): Farmakobotanika 3. Gyógynövényismeret. Semmelweis Kiadó, Budapest, 226-227.
32. DOKHANI, S., COTTRELL, T., KHAJEDDIN, J., MAZZA, G. (2005): Analyis of aroma and phenolic components of selected *Achillea* species. *Plant Foods for Human Nutrition*, 60, 55-62.
33. EHRENDORFER, F. (1963): Probleme, Methoden und Ergebnisse der experimentellen Systematik. *Planta Medica*, 3, 234-251.
34. EHRENDORFER, F., GUO, Y.P. (2006): Multidisciplinary studies on *Achillea sensu lato (Compositae-Anthemidae*): new data on systematics and phylogeography. *Willdenovia*, 36 (1), 69-87.
35. EL-KELTAWI, N.E., CROTEAU, R. (1987): Influence of herbicides and growth regulators on the growth and essential oil content of sage. *Phytochemistry*, 26 (3), 675–679.
36. ESCOP Monographs. (2009). Vol. 2. ESCOP, Thieme, 173-183.
37. European Medicines Agency (2011a): Community herbal monograph on *Achillea millefolium* L. herba. European Medicines Agency, London, 1-7.
38. European Medicines Agency (2011b): Assessment report on *Achillea millefolium* L. herba. European Medicines Agency, London, 1-23.
39. FILIPPINI, R., PIOVAN, A., BORSARINI, A., CANIATO, R., (2009): Study of dynamic accumulation of secondary metabolites in three subspecies of *Hypericum perforatum*. *Fitoterapia*, 81 (2), 115-119.
40. FÖLDESI D., SVÁB J. (1968): Szuperszelektív gyomirtószerek hatásának vizsgálata gyógy- és illóolajos növénykultúrákban. *Herba Hungarica*, 1 (1), 43-53.
41. GALAMBOSI, B., REY, C., VOUILLAMOZ, J.F. (2010): Sustainability of Swiss herb cultivars under Finnish climatic conditions. Proceedings of 4th IS on Breeding Research on Medicinal and Aromatic Plants. Acta Hort., 860, 173-180.
42. GHERASE, F., SPAC, A., DORNEANU, V., STANESCU, U., GRIGORESCU, E. (2003): Pharmacognostic research of some species of *Achillea*. Note 1. Volatile oils analysis. Revista Medico-Chirurgicala a Societatii de Medici Si Naturalisti Din Iasi. 107 (1), 188-91.
43. GIORGI, A., BONONI, M., TATEO, F., COCUCCI, M. (2005): Yarrow (*Achillea millefolium* L.) growth at different altitudes in Cenral Italian alps: biomass yield, oil content and quality. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*, 11 (3), 47-58.
44. GIORGI, A., MADEO, M., SPERANZA, G., COCUCCI, M. (2010): Influence of environmental factors on composition of phenolic antioxidants of *Achillea collina* Becker ex Rchb. *Natural Product Research.*, 24 (16), 1546-59.
45. GIORGI, A., MANZO, A., VAGGE, I., PANSERI, S. (2013): Effect of light environment on growth and phenylpropanoids of yarrow (*Achillea collina* cv SPAK) grown in the Alps. *Photochemistry and Photobiology*, 90 (1), 113-120.

46. GIORGI, A., MINGOZZI, M., MADEO, M., SPERANZA, G., COCUCCI, M. (2009): Effect of nitrogen starvation on the phenolic metabolism and antioxidant properties of yarrow (*Achillea collina* Becker ex Rchb.). *Food Chemistry*, 114, 204-211.
47. GIORGI, A., PANSERI, S., NANAYAKKARAWASAM MASACHCHIGE CHANDRIKA NANAYAKKARA, N., MADEO, M., MINGOZZI, M., MORLACCHI, P., CHIESA, L.M., BIONDI, P.A. (2009): HS-SPME-GC-MS method development of volatile constituents from *Achillea collina*. *Planta Medica* 75, 47.
48. GIORGI, A., PANSERI, S., NANAYAKKARAWASAM MASACHCHIGE CHANDRIKA NANAYAKKARA, N., CHIESA, L.M. (2012): HS-SPME-GC/MS analysis of the volatile compounds of *Achillea collina*: evaluation of the emissions fingerprint induced by *Myzus persicae* infestation. *Journal of Plant Biology*, 55 (3), 251-260.
49. GOUDARZI, T., SAHARKHIZ, M.J., ROWSHAN, V., (2015): Ontogenetic variation of essential oil content and constituents in tansy (*Tanacetum vulgare* L.). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2 (2), 48-53.
50. GRAHLE, A. (1952): Beobachtungen über die Verbreitung azulenhaltiger Schafgarbenpflanzen. *Zeitschrift für Naturforschung*, 7b, 326-327.
51. GRAY, D.E., PALLARDY, S.G., GARRETT, H.E., ROTTINGHAUS, G.E., (2003): Effect of acute drought stress and time of harvest on phytochemistry and dry weight of St. John's Wort leaves and flowers. *Planta Medica*, 69, 1024-1030.
52. GREGER, H. ZDERO, B., BOHLMANN, F. (1984): Pyrrolidine and piperidine amides from *Achillea*. *Phytochemistry*, 23 (7), 1503-1505.
53. GREGER, H., GRENZ, M., BOHLMANN, F. (1981): Amides from *Achillea* species and *Leucocyclus formosus*. *Phytochemistry*, 20 (11), 2579-2581.
54. GREGER, H., GRENZ, M., BOHLMANN, F. (1982a): Piperidides and other amides from *Achillea* species. *Phytochemistry*, 21 (5), 1071-1074.
55. GREGER, H., HOFER, O. (1989): Polyenoic acid piperideides and other alkamides from *Achillea millefolium*. *Phytochemistry*, 28 (9), 2363-2368.
56. GREGER, H., HOFER, O., NIKIFOROV, A. (1982b.) New sesquiterpene-coumarin ethers from *Achillea* and *Artemisia* species. *Journal of Natural Products*, 45 (4), 455-461.
57. GREGER, H., WERNER, A. (1990): Comparative HPLC analysis of alkamids within the *Achillea millefolium* group. *Planta Medica*, 56 (5),482-486.
58. GUDAITYTÉ, O. (2008): Evaluation of yarrow (*Achillea millefolium* L.) infraspecific diversity and selection of samples by phytochemical properties and morphological characters. Summary of doctoral dissertation, Vilnius.
59. GUDAITYTÉ, O., VENSKUTONIS, P.R. (2007): Chemotypes of *Achillea millefolium* transferred from 14 different locations in Lithuania to the controlled environment. *Biochemical Systematics and Ecology*, 35 (9), 582-592.
60. GUO, Y.P., VOGL, C., VAN LOO, M., EHRENDORFER, F. (2006): Hybrid origin and differentiation of two tetraploid *Achillea* species in East Asia: molecular, morphological and ecogeographical evidence. *Molecular Ecology*, 15, 133-144.
61. GUREVITCH, J. (1988): Variation in leaf dissection and leaf energy budgets among populations of *Achillea* from an altitudinal gradient. *American Journal of Botany*, 75 (9), 1298-1316.

62. HAMILTON, J.G.C., HALL, D.R., KIRK, W.D.J. (2006): Identification of a male-produced aggregation pheromone in the western flower thrips *Frankliniella occidentalis*. *Journal of Chemical Ecology*, 31 (6), 1369-1379.
63. HEGI, G. (1979): Illustrierte flora von Mittel Europa. Band 6. Teil 3. Verlag Paul Barey, Berlin-Hamburg, 310-346.
64. HEIMLER, D., ISOLANI, L., VIGNOLINI, P., ROMANI, A. (2009): Polyphenol content and antiradical activity of *Cichorium intybus* L. from biodynamic and conventional farming. *Food Chemistry*, 114 (3), 765-770.
65. HÉTHELYI, É., DÁNOS, B., TÉTÉNYI, P. (1989): Phytochemical studies on the essential oils of species belonging to the *Achillea* genus, by GC/MS. Biomedical & Environmental Mass Spectrometry, 18 (8), 629-636.
66. HOFMANN, L., FRITZ, D. (1993): Quality of the essential oil of different types of the *Achillea millefolium* 'Complex'. *Acta Horticulturae*, 330, 153-156.
67. HUNYADI K. (2000): Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 9-17, 441-451.
68. INOTAI K., NÉMETH É., PINTÉR I., JÄGER K., DOBOLYI K., SÁROSI SZ. (2008): Evaluation of some *Achillea* L. accessions based on morphological, cytological and chemical characteristics. *International Journal of Horticultural Science*, 14 (4), 69-74.
69. JAIMAND, K., REZAEE, M.B., MOZAFFARIAN, V. (2006): Chemical constituents of the leaf and flower oils from *Achillea millefolium ssp. elbursensis* Hub.-Mor. from Iran rich in chamazulene. *Journal of Essential Oil Research*, 18 (3), 293-295.
70. JOVANOVIĆ, O., RADULOVIĆ, N., PALIĆ, R., ZLATKOVIĆ, B. (2010): Root essential oil of *Achillea lingulata* Waldst. & Kit. (*Asteraceae*). *Journal of Essential Oil Research*. 22 (4), 336-339.
71. KANEVA, M., TRENDAFILOVA, A., VITKOVA, A., KEMILEV, S.T., SPASOV, H., TODOROVA, M. (2010): Comparative investigation of the composition and properties of extracts of different *Ahillea millefolium* taxa. Proceeding of the International Conference BIOATLAS 2010 Transilvania University of Brasov, Romania, 120-125.
72. KARLOVÁ, K., (2006): Accumulation of flavonoid compounds in flowering shoots of *Achillea collina* Becker ex. Rchb. Alba during flower development. *Horticultural Science (Prague)*, 33 (4), 158-162.
73. KARLOVÁ, K., PETŘIKOVÁ K. (2005): Variability of the content of active sunstances during *Achillea collina* Rchb. Alba ontogenesis. *Horticultural Science (Prague)*, 32 (1): 17-22.
74. KASTNER, U., GLASL, S., JURENITSCH, J., KUBELKA, W. (1992): Isolation and structure elucidation of the main proazulenes of the cultivar *Achillea collina* "Proa". *Planta medica*, 58 (7), 718.
75. KINDLOVITS S., NÉMETH É. (2012): Sources of variability of yarrow (*Achillea spp.*) essential oil. *Acta Alimentaria*, 41 (Suppl.), 93-104.
76. KINDLOVITS S., INOTAI K., KOVÁCS I., ZÁMBORINÉ NÉMETH É. (2015): Vágási idő hatása a mezei cickafark (*Achillea collina* Becker) drogminőségére. *Kertgazdaság*, 47 (2), 55-63.
77. KOCAK, A., BAGCI, E., BAKOGLU, A. (2010): Chemical composition of essential oils of *Achillea teretifolia* Willd. and *A. millefolium* L. subsp. *millefolium* growing in Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 22 (5), 3653-3658.

78. KRENN, L. (1998): Flavonoide verschieneder Schafgarben Taxa. In: Workshop *Achillea* – Botanik, Inhaltsstoffe, Analytik, und Wirkung in Drogenreport, 11, 29-34.
79. KUBELKA, W., KÄSTNER, U., GLASL, S., SAUKEL, J., JURENITSCH, J., 1999. Chemotaxonomic relevance of sesquiterpenes within the *Achillea millefolium* group. *Biochemical Systematics and Ecology*. 27 (4), 437-444.
80. KUCERA, M. (1956): Pharmakognostische Untersuchungen an den prochamazulenogenhalten Pflanzen *Achillea millefolium* L. und *Artemisia absinthium* L. *Die Pharmazie*, 11, 604-609.
81. KUROPKA, G., NEUGEBAUER, M., GLOMBITZA, K.W. (1991): Essential oils of *Achillea ptarmica*. *Planta Medica*, 57 (5), 492-494.
82. LAKSHMI, T., GEETHA, R.V., ROY, A., ARAVIND, K.S.(2011): Yarrow (*Achillea millefolium* Linn.) a herbal medical plant with broad therapeutic use – a reiview. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. 9 (2), 136-141.
83. LAZAREVIĆ, J., RADULOVIĆ, N., ZLATKOVIĆ, B., PALIĆ, R. (2010): Composition of *Achillea distans* Willd. subsp. *distans* root essential oil. *Natural Product Research*, 24 (8), 718-731.
84. LIU, T., WANG, C.J., XIE, H.Q., MU, Q. (2013): Guaiol- a naturally occuring insecticidal sesquiterpene. *Natural Product Communications*, 8 (10), 1353-1354.
85. LOURENCO, P.M.L., FIGUEIREDO, A.C., BARROSO, J.G., PEDRO, L.G., OLIVEIRA, M.M., DEANS, S.G., SCHEFFER, J.J.C. (1991): Essential oils from hairy root cultures and from plant roots of *Achillea millefolium. Phytochemistry,* 51 (5), 637-642.
86. LYDON, J., DUKE, S.O. (1989): Pesticide effects of secondary metabolism of higher plants. *Pesticide Science*, 25, 361-373.
87. MA, J.X., LI, Y.N., VOGL, C., EHRENDORFER, F., GUO, Y.P. (2010): Allopolyploid speciation and ongoing backcrossing between diploid progenitor and tetraploid progeny lineages in the *Achillea millefolium* species complex: analyses of single-copy nuclear genes and genomic AFLP. BMC *Evolutionary Biology*, 10, 100.
88. Magyar Gyógyszerkönyv VII. kiadás, III, kötet (1986): *Achilleae herba*. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 1538-1541.
89. Magyar Gyógyszerkönyv VIII. kiadás, II. kötet (2004): *Crataegi folium cum flore*. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 1634-1635.
90. Magyar Gyógyszerkönyv VIII. kiadás, II. kötet (2004): *Millefolii herba*. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 2221-2223.
91. MANAYI, A., KUREPAZ-MAHMOODABADI, M., GOHARI, A.R., AJANI, Y., SAEIDNIA, S. (2014): Presence of phtalate derivatives in the essential oils of a medicinal plant *Achillea tenuifolia*. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 22 (1), 78.
92. MEHLFÜHRER, M., TROLL, K., JURENITSCH, J., AUER, H., KUBELKA, W. (1999): Betaines and free proline within the *Achillea millefolium* group. *Phytochemistry*, 44 (6), 1067-1069.
93. MICHLER, B., PREITSCHOPF, A., ARNOLD, C. (1989): *Achillea millefolium*: Occurrence, ploidal level, and proazulene variation. In: 37th Annual Congress on Medicinal Plant Research., Abstracts of short lecturs and poster presentations. Braunschweig 9, September 1989, 15.
94. MOLINA-TORRES, J., SALAZAR-CABRERA, C.J., ARMENTA-SALINAS, C., RAMÍREZ-CHÁVEZ, E. (2004): Fungistatic and bacteriostatic activities of

alkamides from *Heliopsis longipes* roots: affinin and reduced amides. *Journal of. Agricultural and Food Chemistry*, 52 (15), 4700-4704.
95. MUSELLI, A., PAU, M., DESJOBERT, J.M., FODDAI, M., USAI, M., COSTA, J. (2009): Volatile constituents of *Achillea ligustica* all. by HS-SPME/GC/GC-MS. Comparison with essential oils obtained by hydrodistillation from Corsica and Sardinia. *Cromatographia*, 69 (5-6), 575-585.
96. MUSTAKEROVA, E., TODOROVA, M., TSANKOVA, E., 2002. Sesquiterpene lactones from *Achillea collina* Becker. *Zeitschrift für Naturforschung*, 57 (7-8), 568-570.
97. NAGY F., FÖLDESI D., CSORBA K. (1984): A gyapjas gyűszűvirág (*Digitalis lanata* Ehrh.) vegyszeres gyomirtásának lehetőségei. *Herba Hungarica*, 23 (3), 83-97.
98. NAGY F., SZALAY P. (1977): A levendula korszerű vegyszeres gyomirtási technológiájának kidolgozása. *Herba Hungarica*, 16 (3), 59-75.
99. NAGY F., SZALAY P., FÖLDESI D. (1978): A római kamilla (*Anthemis nobilis* L.) herbicidrotáción alapuló vegyszeres gyomirtási technológiájának kidolgozása. *Herba Hungarica*, 17 (2), 67-81.
100. NAGY F., SZALAY, P. (1978): Korszerű vegyszeres gyomirtási módszer kidolgozása a tárkony nagyüzemi termesztése részére. *Herba Hungarica*, 17 (3), 49-63.
101. NDOM, J.C., MBAFOR, J.T., MEVA, L.M., KAKAM, Z., PHANUEL, A.S., NDONGO, E. HARWOOD, L.M., MPONDO, T.N. (2010): New alkamide and ent-kaurane diterpenoid derivatives from *Senecio erechtitoides* (*Asteraceae*). *Phytochemistry Letters*, 3 (4), 201-206.
102. NEDELCHEVA, A. (2008): Morphological study of *Achillea grandifolia (Compositae)* in Bulgaria. *Natura Montenegrina*, 7, 297-305.
103. NÉMETH É. (2000): *Achillea collina* Becker – Mezei cickafark. In: BERNÁTH, J. (szerk): Gyógy- és aromanövények. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 153-156.
104. NÉMETH É. (2013): *Achillea collina* Becker – Mezei cickafark. In: BERNÁTH, J. (szerk): Vadon termő és termesztett gyógynövények. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 147-150.
105. NÉMETH É., BERNÁTH J. (2008): Biological activities of yarrow species (*Achillea spp.*). *Current Pharmaceutical Design*, 14, 3151- 3167.
106. NÉMETH É., BERNÁTH J., SÁROSI S., RAJHÁRT P. (2007): Hazai cickafark (*Achillea spp.)* populációk drogminőségének vizsgálata. (Evaluation of the quality of drugs from Hungarian yarrow populations.) *Kertgazdasag – Horticulture*, 39 (1), 53-59.
107. NÉMETH, E. (2005): Essential oil composition of species in the genus *Achillea*. *Journal of Essential Oil Research*, 17 (5), 501-512.
108. NOWAK, K., OGONOWSKI, J., SZULC, K. (2010): Application and characteristics of *Achillea millefolium* and its oil. *Chemik*, 64 (2), 103-110.
109. ÖZGÜVEN, M., TANSI, S., 1998. Drug yield and essential oil of *Thymus vulgaris* L. as influenced by ecological and ontogenetical variation. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22, 537-542.
110. PAIN, S., NAKAJIMA, S., ALTOBELLI, C., BOHER, A., CITTADINI, L., FAVRE-MERCURET, M., SOHM, B., VOGELGESANG, B., ANDRE-FREI, V. (2013): *Achillea millefolium* extract: an innovative anti-aging neuro-cosmetic ingredient. *Journal of Dermatological Science*, 69 (2), 52.

111. PANK, F., ZYGMUNT, B., HAUSCHILD, J. (1983): Chemical weed control in medicinal plant crops. Part. 5. Yarrow (*Achillea millefolium*). *Pharmazie*, 38 (11), 755-758.
112. RAAL, A., ORAV, A., ARAK, E. (2011): Essential oil content and composition in commercial *Achillea millefolium* L. herbs from different countries. *Journal of Essential Oil bearing Plants*, 15 (1), 22-31.
113. RÁCZ-KOTILLA, E., RÁCZ, G. (1969): Considérations nouvelles sur le contenu en huile volatile et en azulènes de *Achillea millefolium* L. *Revue Roumaine de Biologie Botanique*, 14 (5), 345-348.
114. RADULOVIĆ, N., ZLATKOVIĆ, B., PALIĆ, R., STOJANOVIĆ, G. (2007): Chemotaxonomic significance of the balkan *Achillea* volatiles. *Natural Product Communications*, 2.(4), 453-474.
115. RAMÍREZ-CHAVEZ, E., LÓPEZ-BUCIO, J., HERRERA-ESTRELLA, L., MOLINA-TORRES, J. (2004): Alkamides isolated from plants promote growth and alter root development in *Arabidopsis*. Plant Physiology, 134 (3), 1058-1068.
116. RÁPÓTI J., ROMVÁRY, V. (1987): Gyógyító növények. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 101-102.
117. RAUCHENSTEINER, F., NEJATI, S., WERNER, I., GLASL, S., SAUKEL, J., JURENITSCH, J., KUBELKA, W. (2002): Determination of taxa of the *Achillea millefolium* group and *Achillea crithmifolia* by morphological and phytochemical methods I. characterisation of Central European taxa. *Scientia Pharmaceutica*, 70, 199-230.
118. REHUŜ, L., NEUGEBAUEROVÁ, J. (2011): The comparison of the content of essential oil and flavonoids in selected species of genus *Achillea millefolium* agg. cultivated in conventional and organic way. *Acta fytotechnica et zootechnica*, 14, pp. 33-35.
119. ROBERTS, H.A., CHANCELLOR, R.J., HILL, T.A. (1982): The biology of weeds. In: ROBERTS, H.A. (szerk): Weed Control Handbook: Principles. 7th ed. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburgh, 1-35.
120. RUMINSKA, A. (1968): Der Einfluss periodischer Beschattung der Schafgarbe (*Achillea millefolium* L.) auf ihre morpologischen und physiologischen Eigenschaften mit besonderer Berücksichtigung des Gehaltes am ätherischem Öl und Azulen. *Acta Agrobotanica*, 23, 53-71.
121. RUMINSKA, A, (1970): Abhängigkeit zwischen der Entwicklungsphase und dem Öl- und Azulengehalt als auch dem Ernteertrag der Schafgarbe (*Achillea millefolium* L.). *Acta Agrobotanica*, 23, 53-71.
122. SALISBURY, F.B., ROSS, C.W. (1992): Plant physiology. Ed. 4th, Wadsworth Publishing Company, Belmont, 249-267.
123. SAUKEL, J., LÄNGER, R. (1991): *Achillea pratensis* Saukel and langer spec. nova eine tetraploide Sippe der *A. millefolium* Gruppe. *Phyton (Horn, Austria)*, 32 (1). 159-172.
124. SELLAMI, I.H., MAAMOURIB, E., CHAHEDA, T., WANNESA, W.A., KCHOUKA, M.E., MARZOUKA, B. (2009): Effect of growth stage on the content and composition of the essential oil and phenolic fraction of sweet marjoram (*Origanum majorana* L.). *Industrial Crops and Products*, 30 (1), 395-402.
125. SIMON T. (1992): A magyarországi edényes flóra határozója harasztok-virágos növények. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 521-524.

126. SINGH, M.K., SAINI, S.S. (2008): Planting date, mulch and herbicide rate effects on the growth, yield and physicochemical properties of menthol mint (*Mentha Arvensis*). *Weed Technology*, 22 (4), 691-698.
127. SINGLETON, V.L., ROSSI, J.A. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdicphosphotungistic acid reagents. *American Journal of Enology Viticulture*, 161, 144–158.
128. SOKOLOV, V.E. (1977): Mammal skin. Berkeley, Los Angeles, University of California Press, 622-623.
129. SOÓ R. (1970): A magyar flóra és vegetáció rendszertani növényföldrajzi kézikönyve IV. Akadémiai Kiadó, Budapest, 70-72.
130. ŜPINAROVÁ, Ŝ., PETŘIKOVÁ, K. (2003): Variability of the content and quality of some active substances within *Achillea millefolium* complex. *Horticultural Sciences (Prague*), 30 (1), 7-13.
131. STEINHOFF, B. (2016): Assessment of potential contaminationof herbal medicinal products with PA: Activities of the German industry. In: BREEDMAP 6, Quedlinburg, Germany, June 19-23, 2016, 98.
132. SU, J., ZHU, S., ZHANG, Z., GE, F. (2006): Effect of synthetic aphid alarm pheromone (E) -beta-farnesene on development and reproduction of *Aphis gossypii (Homoptera: Aphididae). Journal of Ecological Entomology*, 99 (5), 1636-1640.
133. TELCI, I., DEMIRTAS, I., SAHIN, A. (2009): Variation in plant properties and essential oil composition of sweet fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) fruits during stages of maturity. *Industrial Crops and Products*, 30 (1), 126-130.
134. TILLYAEV, K.S., KHALMATOV, KH.KH., PRIMUKHAMEDOV, I., TALIPOVA, M.A., 1973. Chemical characterization of *Achillea millefolium* growing in Uzbekistan. *Rasztitelnije Resursi*. 9, 58-62.
135. TRENDAFILOVA, A., TODOROVA, M., MIKHOVA, B., DUDDECK, H. (2007): Flavonoids in flower heads of three *Achillea* species belonging to *Achillea millefolium* group. *Chemistry of Natural Compounds*, 43 (2), 212-213.
136. TRUMBECKAITE, S., BENETIS, R., BUMBLAUSKIENE, L., BURDULIS, D., JANULIS, V., TOLEIKIS, A., VIŜKELIS, P., JAKŜTAS, V. (2011): *Achillea millefolium* s. l. herb extract: Antioxidant activity and effect on the rat herat mitochondrial functions. *Food Chemistry*, 127 (4), 1540-1548.
137. TUBEROSO, C.I.G., KOWALCZYK, A. (2009): Chemical composition of the essential oil of *Achillea millefolium* L. isolated by different distillation methods. *Journal of Essential Oil Research*, 21 (2), 108-111.
138. TYIHÁK E., MÁTHÉ I., SVÁB J., TÉTÉNYI P. (1963): Untersuchungen über die Azulenverbindungen der Achillea Arten. *Die Pharmacie*, 17, 563-571.
139. UDVARDY L. (2006): A kertészeti növénytan növényismereti kompendiuma. A Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Kara és a Mezőgazda Kiadó közös kiadása, Budapest, 76.
140. UJVÁROSI M. (1957): Gyomnövények, gyomirtás. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 15-21.
141. USZTOJZSANIN, A.A., KONOVALOV, D.A., SRETER, A.I., KONOVALOVA, O.A., RIBALKO, K.S. (1989): Az *Achillea millefolium* L. *s.l.* kamazuléntartalma a Szovjetúnió európai részein (orosz nyelven). *Rasztitelnije Resursi*, 3, 424-429.

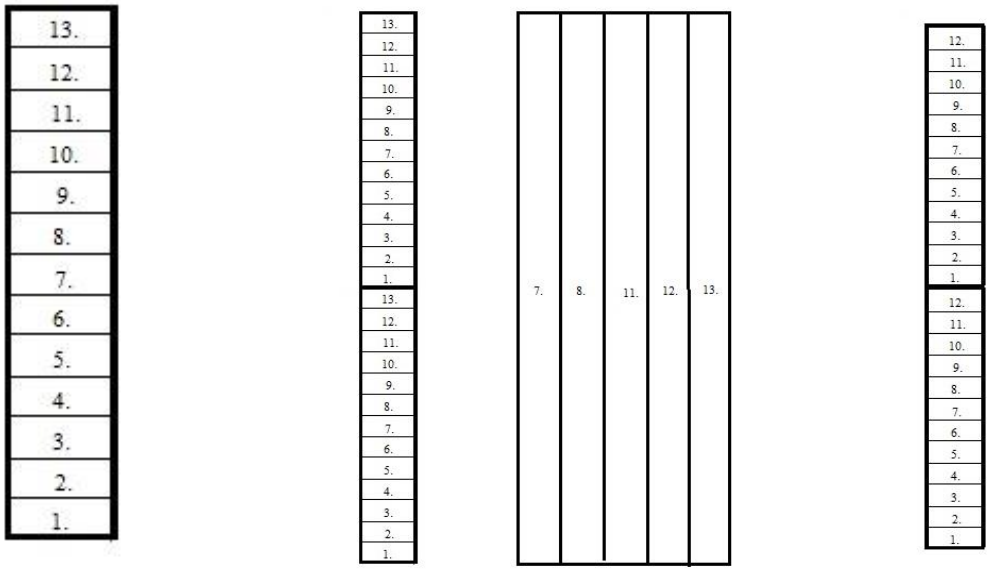
142. VACULÍK, A. (2008): Influence of preemergently applied herbicids ont he yield and quality of caraway achenes (*Carum carvi* L.). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 56 (2), 255-266.
143. VALANT-VETSCHERA, K.M. (1984): Laubblattflavonoide der *Achillea millefolium* Gruppe I: Infraspecifische Variabilität bei *A. setacea* W&K. und verwandte Arten. *Scientia Pharmaceutica*, 52, 307-311.
144. VAN DEN DOOL, H., KRATZ, P., (1963): A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography* A, 11, 463–471.
145. VERZÁRNÉ P.G. (1979): Drogatlasz. Medicina Könyvkiadó, Budapest, 266-268.
146. VERZAR-PETRI, G., SHALABY, A.S. (1977): Volatile oil production and formation in *Achillea millefolium ssp. collina* Becker (*A. collina* Becker). *Acta Agronomica Academiae Scientiarum Hungaricae.* 26, 337-342.
147. VETTER, S., LAMBROU, M., FRANZ, CH., EHRENDORFER, F. (1996): Cytogenetics of experimental hybrids within the *Achillea millefolium* polyploid complex (yarrow). Caryologia, 49 (1), 1-12.
148. VITALINI, S., BERETTA, G., IRITI, M., ORSENIGO, S., BASILICO, N., DALL'ACQUA, S., LORIZZI, M., FICO, G., (2011): Phenolic compounds from *Achillea millefolium* L. and their bioactivity. *Acta Biochimica Polonica*, 58 (2), 203-209.
149. WEBER, U., STAHL, E. (1953): Das Proazulen und ätherische Öl im Entwicklungsverlauf der Schafgarbe (*Achillea millefolium* L.). *Archiv der Pharmazie*, 286 (58), 110-116
150. WERNER, I., GLASL, S., REZNICEK, G. (2006): Infrared spectroscopy as a tool for chemotaxonomic investigations within the *Achillea millefolium* group. *Chemistry and Biodiversity*, 3 (1), 27-33.
151. WHO monographs on selected medicinal plants (2009): Vol. 4. World Health Organization Press, Geneva 179-191.
152. WICHTL, M. (1997): Teedrogen und Phytopharmaka, Wissenschaftliche Verlagsgemeinschaft mbH, 395-399.
153. WOELKART, K., BAUER, R. (2007): The role of alkamides as an active principle of *Echinacea*. Planta Medica, 73 (7), 615-623.
154. YOUSEFI, A.R., RAHIMI, M.R. (2014): Integration of soil-applied herbicides at the reduced rates with physical control for weed management in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *Crop Protection*, 63, 107-112.
155. ZHALNOV, I., ZHELJAKOV, V.D. (2016): Potential herbicides for weed control in clary sage (*Salvia sclarea*). In: ZHELJAKOV, V.D., CANTRELL, C.L. (szerk): Medicinal and Aromatic Crops: Production, Phytochemistry, and Utilization. American Chemical Society, Washington, 91–102.
156. ZHELJAZKOV, V.D., ZHALNOV, I., NEDKOV, N.K. (2006) Herbicides for Weed Control in Blessed Thistle (*Silybum Marianum*). *Weed Technology*, 20 (4), 1030-1034. BOX, G.E.P., COX, D.R. (1964): An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society*, Series B 26 (2): 211–252.

M2. A mezei cickafark intraspecifikus variabilitását vizsgáló kísérlet növényállományának parcella elrendezése.

11.	4.	8.
10.	3.	7.
9.	2.	6.
8.	1.	5.
7.	11.	4.
6.	10.	3.
5.	9.	2.
4.	8.	1.
3.	7.	11.
2.	6.	10.
1.	5.	9.

Magyarázat: 1. 'Azulenka', 2. 'Alba', 3. 'Proa', 4. 'Spak', 5. Földes, 6. Gyula, 7. Kál, 8. Gb9, 9. Gb10, 10. Gb22, 11. Gb47.

M3. A növényi kompetíciót vizsgáló kísérletek parcella elrendezése a. 2012-ben, b. 2013-ban Soroksáron (bal) és Kálon (jobb), c. 2014-ben



a. b. c.

M4. A vízgőzdesztillációval előállított gyökér olaj összetétele a vizsgált taxonokban

RIe	RI	Összetevő	Besorolás	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11
838	844	4-hidroxi-4-metil-2-pentanon (szin.tiranton)	M	0,8	0,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,0	1,2	0,4	0,0	0,2
1160	1163	albén	SP	1,6	3,4	1,5	2,9	1,8	1,0	1,2	1,0	0,4	3,3	6,0
1342	1335	δ-elemén	SE	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	1,2	0,3	0,1	0,0	0,3
1388	1388	modef-2-én	ST	0,0	0,4	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1	0,4	1,1
1394	1387	α-izokomén	ST	0,8	1,5	1,4	1,0	1,6	1,4	1,4	0,7	0,4	1,6	5,0
1402	1403	petaszitén	SP	0,8	1,1	0,4	0,8	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5	0,8	1,4
1415	1407	β-izokomén	ST	0,3	0,6	0,6	0,4	0,7	0,6	0,6	0,4	0,2	0,7	1,8
1426	1416	α-szantalén	SS	1,1	1,9	1,2	1,5	0,8	0,8	1,3	0,7	0,7	1,3	2,3
1428	1417	transz-kariofillén	SC	0,5	1,9	2,3	0,9	1,7	0,8	1,8	1,3	1,0	1,3	5,1
1453	1445	epi-β-szantalén	SS	1,4	1,4	0,7	1,5	1,0	0,7	0,6	0,8	0,8	1,6	1,7
1459	1454	(E)-β-farnezén	SAC	2,3	3,0	1,1	1,7	3,3	1,6	1,4	1,9	1,2	2,3	2,9
1491	1481	γ-humulén	SH	2,4	3,2	1,6	4,2	3,5	4,1	1,1	3,0	3,0	4,0	6,8
1503	1498	β-alaszkén	SA	0,6	0,9	0,4	0,8	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	1,0
1513	1505	β-bizabolén	SBB	1,0	1,2	0,6	1,2	0,9	0,6	0,6	0,6	0,6	1,2	1,0
1529	1521	β-szeszkvifellandrén	SBB	3,8	1,5	0,5	4,6	9,8	4,2	0,7	7,3	4,3	8,2	3,3
1579	1580	neril-2-metil-butanoát	ME	1,5	0,9	0,4	0,7	3,4	3,3	0,0	1,7	1,5	1,3	2,1
1586	1582	neril-izovalerát	ME	7,6	5,3	2,0	4,4	7,8	10,5	0,2	5,9	7,3	5,7	7,3
1593	1582	kariofillén oxid	SC	0,7	1,3	1,9	0,7	1,3	1,1	1,2	0,7	1,3	0,8	1,5
1613	1600	guaiol	SGU	0,0	0,0	0,2	1,0	1,0	1,7	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0
1641	1642	alizmol	SGU	15,4	15,1	18,9	10,5	4,6	10,1	32,0	7,1	3,1	6,2	3,2
1645	1635	cisz-kadin-4-en-7-ol	SCC	1,5	1,5	7,4	1,4	0,7	0,6	0,4	5,6	1,2	0,6	0,4
1661	1649	β-eudezmol	SEE	2,5	2,5	1,7	1,3	1,1	1,6	0,2	7,3	6,6	1,0	0,4
1665	1671	intermedeol	SEE	1,3	1,3	1,1	1,6	1,0	1,9	0,8	1,4	0,9	1,8	0,8
1675	1670	bulnezol	SGU	0,5	1,8	0,0	1,0	0,6	1,0	1,0	0,9	1,2	0,8	0,2
1697	-	ismeretlen[1]		0,0	0,0	0,0	0,5	1,9	0,8	0,0	0,8	1,7	0,9	0,1

1718	-	ismeretlen[2]		1,3	2,6	2,6	2,7	0,9	2,5	2,4	4,6	3,5	1,7	0,0
1723	1722	14-hidroxi-α-humulén	SH	2,9	1,9	2,9	4,2	2,2	1,4	3,4	4,1	4,3	2,8	2,3
1769	-	7-hexadekanon-en*	E	1,1	0,2	1,4	0,9	1,1	0,5	1,2	0,4	1,5	0,7	0,2
1839	-	ciklokolorenon származék***	SGU	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,2	0,5	0,0	0,0	0,2	0,0
1874	-	7-heptadekanon-en*	E	43,0	36,8	28,9	39,1	39,4	40,6	33,3	33,0	37,2	38,8	29,2
1910	-	ismeretlen[3]		0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
1936	1936	N-izobutil-2,4-dekadién amid (szin. pellitorin)	A	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0
1968	1959	hexadekánsav	E	1,6	0,0	4,7	0,4	0,0	0,0	1,6	0,0	1,1	0,0	0,0
2005	-	ismeretlen[4]		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
2138	-	ismeretlen[5]		0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
2145	2144	2,4-dekadién sav piperidid[1]**	A	0,0	0,0	0,5	0,2	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0
2159	2158	2,4-deakdién sav piperidid[2]**	A	0,0	0,0	0,8	0,3	0,2	0,0	0,7	0,0	0,2	0,0	0,0
2224	2221	2,4,6-dekatrién sav piperidid[3]**	A	0,0	0,0	0,6	1,5	0,6	0,0	0,5	0,0	0,2	0,2	0,0
2242	-	2,4,6-dekatrién sav piperidid[4]**	A	0,0	0,0	0,4	0,5	0,2	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0
		összes azonosított összetevő (%)		98,3	93,2	93,3	95,3	94,5	94,6	93,1	93,9	87,9	90,9	87,6
		összetevők száma		26,0	25,0	35,0	33,0	31,0	28,0	31,0	28,0	38,0	29,0	27,0
		terpének		51,3	53,6	52,5	49,2	50,2	50,2	52,7	55,1	41,8	48,5	58,1
		monoterpének (M+ME)		9,9	6,2	2,6	5,7	11,4	13,8	0,2	8,8	9,2	7,0	9,6
		monoterpén szénhidrogének (M)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		oxidált monoterpének (M)		0,8	0,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,0	1,2	0,4	0,0	0,2
		monoterpén észterek (ME)		9,1	6,2	2,4	5,1	11,2	13,8	0,2	7,6	8,8	7,0	9,4
		szeszkviterpének		41,4	47,4	49,9	43,5	38,8	36,4	52,5	46,3	32,6	41,5	48,5
		szeszkviterpén szénhidrogének		16,6	22,0	13,2	21,8	26,3	16,8	13,0	19,2	13,7	27,3	39,7
		oxidált szeszkviterpének		24,8	25,4	36,7	21,7	12,5	19,6	39,5	27,1	18,9	14,2	8,8
		aromadendrán (SA)		0,6	0,9	0,4	0,8	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	1,0
		aciklikus-farnezán (SAC)		2,3	3,0	1,1	1,7	3,3	1,6	1,4	1,9	1,2	2,3	2,9

		bizabolán (SBB)		4,8	2,7	1,1	5,8	10,7	4,8	1,3	7,9	4,9	9,4	4,3
		kadinén (SCC)		1,5	1,5	7,4	1,4	0,7	0,6	0,4	5,6	1,2	0,6	0,4
		kariofillán		1,2	3,2	4,2	1,6	3,0	1,9	3,0	2,0	2,3	2,1	6,6
		elemán (SE)		0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	1,2	0,3	0,1	0,0	0,3
		eudezmán (SEE)		3,8	3,8	2,8	2,9	2,1	3,5	1,0	8,7	7,5	2,8	1,2
		guaián (SGU)		15,9	16,9	21,7	12,5	6,2	13,0	33,5	8,0	4,6	7,2	3,4
		humulán (SH)		5,3	5,1	4,5	8,4	5,7	5,5	4,5	7,1	7,3	6,8	9,1
		petaszitán (SP)		2,4	4,5	1,9	3,7	2,3	1,3	1,6	1,5	0,9	4,1	7,4
		szantalán (SS)		2,5	3,3	1,9	3,0	1,8	1,5	1,9	1,5	1,5	2,9	4,0
		triquinán (ST)		1,1	2,5	2,3	1,7	2,5	2,3	2,3	1,4	0,7	2,7	7,9
		egyéb (E)		45,7	37,0	35,0	40,4	40,5	41,1	36,1	33,4	39,8	39,5	29,4
		alkamidok (ALK)		0,0	0,0	2,3	2,5	1,0	0,0	1,9	0,0	0,8	0,3	0,0
		ismeretlen		1,30	2,60	3,50	3,20	2,80	3,30	2,40	5,40	5,50	2,60	0,10

Magyarázat: T1 - ’Azulenka’, T2 - ’Alba’, T3 - ’Proa’, T4 – ’Spak’, T5 – Földes, T6 – Gyula, T7 – Kál, T8 – Gb9, T9 – Gb10, T10 – Gb22, T11-Gb47.

M5. A vizsgált mezei cickafark taxonok gyökereiből nyert HS kivonatok összetétele

RI	RIe	Összetevő	Besorolás	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T8	T9	T10	T11
801	801	hexanal	AA	4,8	1,9	2,0	1,2	8,6	1,2	1,0	4,8	3,1	1,0
-	871	[5.2.0]-biciklonon-1-én	M	1,0	2,2	1,7	2,6	0,4	0,2	0,0	2,6	2,9	4,4
932	934	α-pinén	M	5,3	4,1	1,4	1,7	3,9	1,4	1,9	2,2	8,1	3,7
946	949	kamfén	M	2,1	15,4	0,0	0,0	0,0	8,9	0,0	1,2	0,4	0,2
969	974	szabinén	M	0,0	0,2	4,5	0,0	1,9	18,1	0,0	15,2	0,0	0,0
974	977	β-pinén	M	44,1	31,0	8,3	12,7	47,1	21,6	13,5	12,5	40,3	23,5
984	991	2-pentil furán	M	0,5	0,0	0,0	0,0	1,0	1,4	0,0	0,6	0,6	0,0
1024		limonén	M	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1026	1033	1,8-cineol	M	0,0	0,0	0,6	0,0	2,4	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0
1163*	1158	albén	SP	30,8	27,9	46,0	52,1	20,8	29,6	37,3	41,4	33,5	35,1
-***	1378	izolongifolén	SL	3,6	2,2	2,8	2,0	2,2	2,8	0,0	3,6	2,8	4,4
1387	1392	α-izokomén	ST	0,2	1,6	4,8	4,1	2,2	2,1	1,0	0,0	0,0	7,2
1403*	1400	petaszitén	SP	0,0	1,3	1,5	1,6	0,0	0,2	2,1	0,4	0,0	0,8
1398	1405	ciperén	SPA	0,0	0,6	1,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,5
1407	1413	β-izokomén	ST	0,0	0,3	1,1	1,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	1,3
1417	1425	transz-kariofillén	SC	0,3	2,6	9,4	0,0	1,2	0,2	10,2	1,7	0,0	4,1
1445	1451	epi-β-szantalén	SS	0,0	0,9	1,0	1,4	0,0	0,0	2,5	0,2	0,0	0,2
1454	1457	(E)-β-farnezén	SAL	0,3	0,5	1,6	1,2	0,5	0,2	6,7	0,2	0,0	0,4
1457	1464	β-szantalén	SS	0,0	0,6	1,8	0,9	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0
1481**	1488	γ-humulén	SH	0,4	1,4	2,3	7,6	0,8	0,2	6,6	2,0	0,0	3,6
1498	1500	β-alaszkén	SA	0,0	0,3	0,6	1,1	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,2
1505	1511	β-bizabolén	SBB	0,0	0,4	0,3	0,9	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0
1521	1529	β-szeszkvifellandrén	SBB	2,4	0,8	0,0	2,9	2,1	0,7	7,1	2,0	0,2	0,6

1582	1584	neril izovalerát	ME	0,5	0,9	0,8	0,4	1,5	0,9	0,7	2,5	1,2	2,7
1642*	1640	alizmol	SGU	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
		összes azonosított összetevő (%)		96,3	97,1	96,3	95,4	98,0	92,5	96,9	93,1	93,1	93,9
		összetevők száma		14	21	21	17	16	18	17	16	10	18
		monoterpén (M+ME)		53,5	53,8	17,3	17,4	59,6	54,9	16,1	36,8	53,5	34,5
		monoterpén szénhidrogén		52,5	52,9	15,9	17,0	54,7	50,2	15,4	33,7	51,7	31,8
		oxidált monoterpén		1,5	2,2	2,3	2,6	3,8	4,0	0,0	3,2	3,5	4,4
		monoterpén észter		0,5	0,9	0,8	0,4	1,5	0,9	0,7	2,5	1,2	2,7
		szeszkviterpén		38,0	41,4	74,2	76,8	29,8	36,0	79,8	51,5	36,5	58,4
		szeszkviterpén szénhidrogén		38,0	41,4	71,4	76,8	29,8	35,6	79,8	51,5	36,5	58,4
		oxidált szeszkviterpén		0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
		aciklikus-farnezán (SAC)		0,3	0,5	1,6	1,2	0,5	0,2	6,7	0,2	0,0	0,4
		alaszkén (SA)		0,0	0,3	0,6	1,1	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,2
		bizabolén (SBB)		2,4	1,2	0,3	3,8	2,1	0,7	8,3	2,0	0,2	0,6
		kariofillán (SC)		0,3	2,6	9,4	0,0	1,2	0,2	10,2	1,7	0,0	4,1
		humulén (SH)		0,4	1,4	2,3	7,6	0,8	0,2	6,6	2,0	0,0	3,6
		guaián (SGU)		0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
		longifolén (SL)		3,6	2,2	2,8	2,0	2,2	2,8	0,0	3,6	2,8	4,4
		patchulán (SPA)		0,0	0,6	1,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	0,5
		petaszitén (SP)		30,8	29,2	47,5	53,7	20,8	29,8	39,4	41,8	33,5	35,9
		szantalén (SS)		0,0	0,9	1,0	1,4	0,0	0,0	2,5	0,2	0,0	0,2
		triquinán (ST)		0,2	1,6	4,8	4,1	2,2	2,1	1,0	0,0	0,0	7,2
		alkil aldehid (AA)		4,8	1,9	2,0	1,2	8,6	1,2	1,0	4,8	3,1	1,0

Magyarázat: T1 - ’Azulenka’, T2 - ’Alba’, T3 - ’Proa’, T4 – ’Spak’, T5 – Földes, T6 – Gyula, T8 – Gb9, T9 – Gb10, T10 – Gb22, T11- Gb47.

M6. A gyökerek diklórmetán kivonatának összetétele.

RI	RIe	Összetevő	Besorolás	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T8	T9	T10	T11
1454	1459	(E)-β-farnezén	SAC	0,3	1,3	0,1	0,6	0,8	0,5	0,5	0,3	0,1	0,5
1521	1530	β-szeszkvifellandrén	SBB	1,1	0,7	0,1	2,1	2,1	1,6	1,4	0,4	0,7	0,9
1580r2	1585	neril-2-metil-butanoát	ME	0,9	0,5	0,3	0,8	1,4	1,0	0,5	0,4	0,5	0,5
1642 r2	1639	alizmol	SGU	2,0	1,2	4,1	2,7	1,7	1,5	1,1	0,5	0,4	1,2
1635	1645	cisz-kadin-4-en-7-ol	SCC	0,1	0,2	2,6	0,3	1,0	0,2	0,3	0,0	0,1	0,1
1649	1663	β-eudezmol	SEE	0,1	0,2	0,3	0,1	0,5	0,6	0,2	0,8	0,5	0,1
1670	1677	bulnezol	SGU	0,1	0,2	0,2	0,4	0,0	0,3	0,3	0,2	0,7	0,0
1689	1693	2,3-dihidrofarnezol	SAC	2,8	0,4	0,2	0,4	0,2	1,0	0,4	0,4	2,3	0,5
-	1720	6-izopropenil-4,8a-dimetil-1,2,3,5,6,7,8,8a-oktahidro-nafthalen-2-ol	SN	0,3	0,7	0,5	0,7	0,6	0,3	2,6	0,5	1,3	0,2
-	1726	tridenzenon	SA	0,5	0,7	1,5	1,6	0,6	0,1	1,0	0,8	2,6	0,6
-	1871	7-heptadecanone-en*: m/z 113(100%), 58(72%), 55(71%), 85(67%), 71(64%), 43(52%), 83(45%), 69(39%), 81(35%), 67(34%)	E	12,9	12,9	10,9	13,3	17,8	10,8	8,4	5,3	7,1	17,7
1936r2	1936	N-izbutil-2,4-dekadién amid** (pellitorin)	ALK	0,0	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,2	0,1	0,1	0,4
1959	1963	n-hexadekán sav	E	1,5	5,0	2,9	1,0	1,5	1,5	5,1	3,5	4,2	4,7
2085r1	2097	izofraxidin	C	0,3	0,4	1,3	0,3	0,2	0,2	3,4	0,7	0,5	1,1
-	2120	ismeretlen[1]: m/z 162(100%), 60(92%), 131(85%), 85(65%), 147(64%), 91(54%), 57(54%), 264(54%), 119(44), 180(39%)		4,8	1,5	2,4	2,1	1,8	1,3	0,7	2,5	3,0	4,1
2132	2139	linolén sav	E	3,0	12,0	2,0	0,3	0,6	0,6	9,7	3,8	4,9	7,5
2144 r2	2148	2,4-deckadién sav piperidid**	ALK	0,0	0,0	0,6	0,5	0,3	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0
2158 r2	2162	2,4-decadién sav piperidid**	ALK	0,1	0,3	0,7	0,5	0,6	0,1	0,6	0,2	0,1	1,2
2221 r2	2227	2,4,6-dekatrién sav piperidid**	ALK	3,2	8,8	1,4	14,4	9,1	3,0	4,8	1,6	1,8	8,3
-	2245	2,4,6-dekatrién sav piperidid**	ALK	0,5	1,0	0,6	1,1	0,7	0,4	0,8	0,4	0,3	1,1

-	2271	citroflex A	E	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,1	0,0	0,0
-	2666	griszeofulvin	E	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
-	2832	szkvalén	T	1,3	0,8	0,4	0,6	0,5	0,5	0,6	0,8	1,9	0,5
2900	2897	nonakozán	E	0,3	0,4	0,3	1,3	0,4	1,0	0,5	0,4	0,2	0,6
-	2924	triterpén[1]: m/z 109(100%), 95(76%), 205(54%), 135(45%), 69(42%), 81(38%), 107(34%), 55(32%), 93(32%), 121(26%)	T	1,1	0,4	0,6	1,1	2,2	1,8	0,4	1,0	0,8	0,3
	3169	azarinin	L	0,7	2,3	1,4	4,5	1,6	1,9	2,0	0,7	0,4	2,8
-	3246	szterol[1]: m/z 81(100%), 145(95%), 105(83%), 107(82%), 95(80%), 400(78%), 91(69%), 147(69%), 93(62%), 213(61%)	S	2,7	2,0	1,3	1,6	1,9	2,0	1,5	1,9	2,1	1,2
-	3280	szterol[2]: m/z 83(100%), 55(86%), 81(85%), 255(77%), 69(66%), 159(55%), 133(52%), 145(52%), 97(46%), 394(46%)	S	7,6	6,6	5,3	7,5	6,2	6,4	5,6	7,7	7,5	5,9
-	3338	szterol[3]: m/z 145(100%), 81(93%), 147(81%), 107(80%), 105(75%), 95(74%), 255(68%), 213(67%), 57(66%), 159(62%)	S	10,1	8,0	5,7	5,9	7,4	11,8	5,3	7,3	7,3	4,2
-	3360	szterol[4]: m/z 204(100%), 135(43%), 133(36%), 189(36%), 121(34%), 302(33%), 205(33%), 107(31%), 95(31%), 287(31%)	S	13,0	8,2	6,2	6,0	8,2	8,0	5,3	10,0	8,8	3,7
-	3380	β-Amyrin	T	0,8	0,5	0,8	0,2	0,7	2,2	0,9	1,3	1,3	0,7
-	3382	szterol[5]: 55(100%), 314(88%), 97(67%), 296(64%), 69(63%), 124(62%), 229(54%), 81(46%), 95(41%), 145(40%)	S	2,9	1,8	0,4	1,9	1,7	1,8	1,7	4,0	4,0	1,5
-	3413	szterol[6]: m/z 55(100%), 271(76%), 69(69%), 269(66%), 83(62%), 81(62%), 97(56%), 95(56%), 298(49%), 123(49%)	S	0,9	0,1	1,1	0,0	0,2	0,4	0,4	1,1	1,2	2,3
-	3456	triterpén[2]: m/z 204(100%), 189(37%), 135(36%), 133(35%), 121(34%), 205(34%), 95(31%),	T	8,5	5,2	2,9	3,9	8,2	7,6	2,8	5,6	4,6	2,4

		107(31%), 69(29%), 344(28%)											
-	3471	szterol[7]: m/z 124(100%), 229(41%), 289(21%), 147(19%), 288(18%), 95(17%), 135(17%), 55(16%), 121(15%), 123(15%)	S	0,2	0,1	1,3	0,2	0,4	1,8	0,9	2,2	1,7	0,3
-	3496	triterpén[3]: m/z 247(100%), 229(65%), 95(29%), 109(26%), 123(25%), 69(20%), 81(18%), 135(19%), 107(18%), 248(18%)	T	0,7	0,8	0,4	0,2	0,1	2,0	1,6	1,7	0,9	0,8
-	3586	ismeretlen[2] (3590): m/z 229(100%), 289(69%), 95(50%), 109(45%), 123(40%), 69(37%), 119(35%), 107(33%), 81(32%), 133 (27%)		0,1	1,0	0,0	0,0	0,0	3,3	1,5	2,4	1,2	0,0
-	3591	ismeretlen[3] (3495): m/z 247(100%), 229(82%), 95(45%), 109(40%), 123(39%), 69(36%), 81(31%), 107(30%), 119(27%), 121(26%)		0,2	1,0	0,4	0,2	0,2	2,7	1,6	2,5	0,4	0,7
		Összes azonosított összetevő (%)		85,7	87,4	62,6	78,4	81,7	80,2	75,5	75,1	75,5	78,6
		Összetevők száma		35,0	36,0	36,0	34,0	34,0	34,0	38,0	35,0	35,0	34,0
		Monoterpének (M+ME)		0,9	0,5	0,3	0,8	1,4	1,0	0,5	0,4	0,5	0,5
		monoterpén szénhidrogén (M)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		oxidált monoterpén (M)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		monoterpén észter (ME)		0,9	0,5	0,3	0,8	1,4	1,0	0,5	0,4	0,5	0,5
		Szeszkviterpének		7,3	5,6	9,6	8,9	7,5	6,1	7,8	3,9	8,7	4,1
		szeszkviterpén szénhidrogén		1,4	2,0	0,2	2,7	2,9	2,1	1,9	0,7	0,8	1,4
		oxidált szénhidrogén		5,9	3,6	9,4	6,2	4,6	4,0	5,9	3,2	7,9	2,7
		aromadendrán (SA)		0,5	0,7	1,5	1,6	0,6	0,1	1,0	0,8	2,6	0,6
		aciklikus-farnezán (SAC)		3,1	1,7	0,3	1,0	1,0	1,5	0,9	0,7	2,4	1,0
		bizabolán (SBB)		1,1	0,7	0,1	2,1	2,1	1,6	1,4	0,4	0,7	0,9
		kadinán (SCC)		0,1	0,2	2,6	0,3	1,0	0,2	0,3	0,0	0,1	0,1
		eudezmán (SEE)		0,1	0,2	0,3	0,1	0,5	0,6	0,2	0,8	0,5	0,1

		guaián (SGU)		2,1	1,4	4,3	3,1	1,7	1,8	1,4	0,7	1,1	1,2
		naftalén származék (SN)		0,3	0,7	0,5	0,7	0,6	0,3	2,6	0,5	1,3	0,2
		triterpének (T)		12,4	7,7	5,1	6,0	11,7	14,1	6,3	10,4	9,5	4,7
		szterolok (ST)		37,4	26,8	21,3	23,1	26,0	32,2	20,7	34,2	32,6	19,1
		alkalmidok (ALK)		3,8	10,2	3,4	16,6	11,0	3,5	7,0	2,3	2,3	11,0
		kumarinok (C)		0,3	0,4	1,3	0,3	0,2	0,2	3,4	0,7	0,5	1,1
		lignánok (L)		0,7	2,3	1,4	4,5	1,6	1,9	2,0	0,7	0,4	2,8
		egyéb (E)		17,8	29,9	15,8	14,6	19,9	12,9	23,2	12,6	16,2	29,9
		ismeretlen		5,1	3,5	2,8	2,3	2,0	7,3	3,8	7,4	4,6	4,8

Magyarázat: T1 - ’Azulenka’, T2 - ’Alba’, T3 - ’Proa’, T4 – ’Spak’, T5 – Földes, T6 – Gyula, T8 – Gb9, T9 – Gb10, T10 – Gb22, T11- Gb4

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Mindenekelőtt szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Zámboriné Dr. Németh Évának, a Szent István Egyetem Kertészettudományi Kar Gyógy- és Aromanövények Tanszék egyetemi tanárának és tanszékvezetőjének, aki széleskörű szakmai tudásával, észrevételeivel mindvégig támogatta munkámat és tanszékvezetőként ideális feltételeket biztosított kutatásaimhoz.

Hálával tartozom a Soroksári Kísérleti Üzem és Tangazdaság Gyógynövénytermesztési Telep vezetőjének, Rajhárt Péternek, aki biztosította a szabadföldi kísérletek megvalósítását, Erdei Ferencnek, a Soroksári Kísérleti Üzem és Tangazdaság Gyógynövénytermesztési Telep dolgozójának és László Miklósnak, akik a szabadföldi kísérletek kivitelezésében nyújtottak szakmai segítséget.

Köszönettel tartozom Kovács Imre gyógynövénytermesztőnek, aki 2012 és 2014 között területet és növényanyagot biztosított szabadföldi kísérleteimhez, ezzel nagyban hozzájárulva a gyakorlati eredmények eléréséhez.

Köszönet illeti Ruttner Klárát, a Szent István Egyetem Kertészettudományi Kar Gyógy- és Aromanövények Tanszékének laborvezetőjét, dr. Cserháti Beatrixot, a Szent István Egyetem Kertészettudományi Kar Gyógy- és Aromanövények Tanszékének laboratóriumi munkatársát, akik a hatóanyagtartalmi vizsgálatokban nyújtottak nélkülözhetetlen segítséget, valamint Dr. Tavaszi-Sárosi Szilviát, a Szent István Egyetem Kertészettudományi Kar Gyógy- és Aromanövények Tanszékének adjunktusát, aki a gyökérolaj-összetétel meghatározásában nyújtott segítséget.

Köszönettel tartozom továbbá Dr. Gordana Stojanovicnak, a Nisi Egyetem Kémia Tanszékének egyetemi tanárának és tanszékvezetőjének, valamint Dr. Goran Petrovicnak, a Nisi Egyetem Kémia Tanszékének docensének, akik a gyökér kivonatok elkészítésében és analízisében nyújtottak segítséget.

Köszönetet mondanék Dr. Ladányi Mártának, a Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar Biometria és Agrárinformatika tanszékének vezetőjének, egyetemi docensnek, akinek statisztika és biometria kurzusai nagy segítséget jelentettek az eredmények értékelésében.

Köszönettel tartozom Gáspár Tamásnak, a korábbi Budapesti Corvinus Egyetem, Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszékének doktoranduszának, aki a talajminták analízisében nyújtott segítséget.

Továbbá köszönetet mondanék a Szent István Egyetem Kertészettudományi Kar Gyógy- és Aromanövények Tanszék valamennyi jelenlegi és korábbi dolgozójának, kiemelten dr. Radácsi Péternek és dr. Inotai Katalinnak, akikhez bármikor fordulhattam szakmai kérdéseimmel, mindvégig önzetlenül segítettek.

Végül, de nem utolsó sorban hálával tartozom szüleimnek, testvéreimnek, családtagjaimnak és barátaimnak, akik mindvégig támogattak munkámban.