



Doktori értekezés tézisei

**A MEZEI ZSURLÓ (*Equisetum arvense* L.) TERMESZTÉSBE VONÁSÁNAK
MEGALAPOZÁSA**

Kozak Anita

Budapest
2006

A doktori iskola

- megnevezése:** Interdiszciplináris (1. Természettudományok /1.5. Biológiai tudományok/, 4. Agrártudományok /4.1. Növénytermesztési és kertészeti tudományok) Doktori Iskola
- tudományága:** Növénytermesztési és kertészeti tudományok
- vezetője:** Dr. Papp János
egyetemi tanár, DSc
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Gyümölcsstermő Növények Tanszék
- témavezető:** Dr. Bernáth Jenő
egyetemi tanár, DSc
Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar,
Gyógy- és Aromanövények Tanszék

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.

.....
Dr. Papp János
iskolavezető jóváhagyása

.....
Dr. Bernáth Jenő
témavezető jóváhagyása

1. CÉLKITŰZÉSEK

Míg a nyugat-európai országokra elsősorban az ellenőrzött agrárrendszerekben termelt növényi alapanyag előállítása a jellemző, addig Délkelet-Európában - így Magyarországon is, tradicionálisan elsősorban gyűjtésből származó gyógynövények kerülnek a kereskedelmi forgalomba. A mai napig számos, nagy mennyiségben forgalmazott gyógynövény, mint pl. az orbáncfű (*Hypericum perforatum*) és a csalán (*Urtica spp.*) tartozik a nemrégiben termesztésbe vont gyógynövények közé, melyeknek a kereskedelmi drogja nagyrészt gyűjtésből származik (Franz, 2000). Mára a mezei zsurló (*Equisetum arvense* L.) is ezen növények közé sorolható, hiszen drogja mind a magyar, mind pedig a nemzetközi gyógynövény kereskedelemben a tíz legnagyobb mennyiségben forgalmazott növényi drog között szerepel. A Magyarországon előállított évi 300 tonna drogmennyiség egyharmada exportra kerül (Németh és Bernáth, 2001).

A modern fitoterapeutikumok alapanyagául szolgáló gyógynövényekkel szemben azonban egyre magasabbak a minőségi elvárások, melyeknek a gyűjtésből származó drog egyre kevésbé felel meg. Ezért a hazai gyógynövény ágazat versenyképességének megőrzése érdekében elkerülhetetlen a nemzetközi kereskedelemben versenyképes, azonban még nem termesztett gyógynövények agrárrendszerbe történő bevonása (Gimpl és Bernáth, 2003).

A mezei zsurló termesztésbe vonását szintén az egyre növekvő igény, a gyűjtött drog igen magas export aránya és a rendszeresen előforduló minőségi hiányosságok indokolják. Bár a mezei zsurló Magyarországon általánosan elterjedt, sok mezőgazdasági kultúrában gyomnövényként jelenlévő faj, termesztése ez idáig nem megoldott. Az a tény azonban, hogy a mezei zsurló esetében egy ökológiailag igen alkalmazkodóképes, ellenálló fajról van szó, mindenképpen kedvező kiindulópontot jelentett a termesztésbe vonási kísérletek során.

A rendelkezésre álló szakirodalom első áttanulmányozása során számos helytelen leírással és ábrázolással szembesültünk, ezért a konkrét kísérletek megtervezése előtt a mezei zsurló termesztésbe vonására irányuló első lépést az említett szakirodalom alapos és kritikus szemlélettel történő tanulmányozása jelentette.

A továbbiakban a mezei zsurló termesztésbe vonására irányuló kísérletek során az alábbi kutatási célokat fogalmztuk meg:

- A különböző magyarországi termőhelyekről gyűjtött növényanyag produkciós paramétereinek tanulmányozásával, illetve a növények analitikai vizsgálatával kívántuk a különböző eredetű anyagokat jellemezni, illetve a produkció szempontjából perspektivikus anyagokat kiemelni.
- A termesztésbe vonás első lépéseként különböző szaporítási módokat vizsgáltuk meg szabadföldi és laboratóriumi körülmények között, illetve az állománylétesítés optimalizálása érdekében tanulmányoztuk a különböző módszerekkel telepített állományok fejlődését és produkcióját.
- Az optimális termesztéstechnológia kialakítása érdekében meg kívántuk határozni a vízellátás hatását az állományok növekedésére és produkciójára.
- A kísérleti állományban három éven keresztül folyamatos hozam- és drogminőség-vizsgálatokkal kívántuk meghatározni a droghozam és hatóanyag-tartalom szempontjából legmegfelelőbb betakarítási időpontot.
- Kísérleti eredményeink összesítéséül provizórikus termesztési modell felállítását tűztük ki célul, amely meghatározza a mezei zsurló sikeres termesztéséhez szükséges legfontosabb paramétereket.

2. A KÍSÉRLETEK SORÁN ALKALMAZOTT ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

2.1. Szabadszíri kísérletek

A kísérleteket a Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Karán, a Gyógy- és Aromanövények Tanszék telepén, a Soroksári Kísérleti Üzem és Tangazdaságban végeztük 2003-2006 között.

2.1.1. Természetes populációkból származó klónok összehasonlítása

A magyarországi zsurlópopulációk diverzitásának vizsgálatára 2003-2005 között 9 gyűjtési területéről, összesen 15 termőhelyről gyűjtöttünk be növényanyagot. A Dunántúl és a Belső Somogy területéről 4, az Északi – középhegységéből 2, az Alföld északkeleti részéről ugyancsak 2, végül az ELTE Botanikus Kertjéből és a Budapesti Corvinus Egyetem soroksári kísérleti üzemének területéről gyűjtöttünk szaporítóanyagot. Az összesen 22 helyről származó, különböző fenológiai állapotban lévő növényeket közvetlenül a gyűjtés után ültettük el 15 cm-es ültetési mélységgel és 20x50 cm térállással. A növények vízellátását csepegtető öntözőrendszerrel biztosítottuk. A vegetációs periódus során rögzítettük a hajtásszámot/0,25 m², a hajtáshosszt és a droghozamot. A VIII. Magyar Gyógyszerkönyv előírásai szerint minden populáció esetében elvégeztük a vékonyréteg-kromatográfiás tisztaságvizsgálatot, továbbá megállapítottuk a drog hamu/-, homok-, illetve összflavonoid-tartalmát.

2.1.2. A mezei zsurló szaporítására irányuló kísérletek

Az optimális szaporítási mód meghatározására vizsgáltuk a spórákkal történő generatív szaporítás, a mikroszaporítás és a rhizómadarabok általi tőosztás hatékonyságát (**1. ábra**). A továbbiakban a tőosztás általi sikeres kísérletsorozat érdemel részletes említést. Az eredményességét tekintve kiemelkedő hatékonyságúnak bizonyult tőosztást 2006 nyarán négytényezős kísérletben, 15 ismétléssel 1, 2, és 3 nóduszos, illetve 1-1 darab látható hajtáskezdeménnyel rendelkező rhizómadarabbal végeztük, melyeket - ültetési közegként barna kertészeti földet használva - közepes méretű műanyag poharakba ültettünk. 2006 őszén a zsurlónövényeket 10 cm-es egyedtávval és 50 cm-es sortávval 15 cm ültetési mélységre szabadszíri parcellákba telepítettük. 2007-ben az áttelelt növényeket egy alkalommal, 2007.06.02.-án mértük fel. Mindkét évben figyelemmel kísértük a rhizómákból fejlődő hajtások számát és hosszát.

2.1.3. Az állománylétesítési paraméterek optimalizálása

Az ültetési fenológiai állapot hatásának vizsgálatára 2004 őszén és 2005 tavaszán állítottuk be a kísérleteket. A növények egy része a gyűjtés és a telepítés időpontjában még nyugalmi-, a növények másik része ezzel szemben már generatív hajtásos állapotban volt. A vizsgálatokat szabadföldi körülmények között, kisparcellás kísérletekben végeztük a Soroksári Kísérleti Telepen.

Az őszi és a tavaszi telepítési időpont hatásának összehasonlítására ősszel és tavasszal azonos helyről származó növényeket telepítettünk a soroksári kísérleti parcellákba.

Mindkét kísérletsorozat esetében a növényeket a gyűjtés után egy nappal 20x50 cm-es térállásban és 15 cm-es ültetési mélységgel ültettük a kísérleti parcellákba. A parcellák vízellátását csepegtető öntözőrendszerrel biztosítottuk. A vegetációs periódus során figyelemmel kísértük a hajtásszám, a hajtáshossz és az összflavonoid-tartalom alakulását.

Az ültetési mélység hatásának vizsgálatához 2004 áprilisában két ültetési mélységet (15 cm és 30 cm) kombinálva Perkupáról származó, generatív hajtásokkal rendelkező rhizómákat telepítettünk. A növények vízellátását hetente kétszer 40 mm víz kijuttatásával biztosítottuk. A morfológiai mérések során három kísérleti évben (2004-2006) mértük fel egy 0,25 m²-t behatároló mérőkeret által a hajtások hosszát és számát. A telepítést követő két évben a tavasszal megjelenő generatív hajtások számát is megállapítottuk. A kísérleti állományban 2004-ben egy időpontban, 2005-ben 3 időpontban, 2006-ban 5 időpontban végeztünk hozamvizsgálatot.

2.1.4. Az állományfenntartási paraméterek optimalizálása

Az öntözési mód hatásának vizsgálatára Perkupáról származó töveket telepítettünk, melyek vízellátását hetente 40 mm csapadékmennyiséggel a kísérleti kombinációknak megfelelően esőztető, csepegtető és altalaj öntözéses rendszerrel biztosítottuk. Morfológiai és hozamméréseinket az ültetési mélység hatásának vizsgálatánál leírtakkal megegyező módon és azonos időpontokban végeztük.

A kijuttatott vízmennyiség hatását 2005-ben és 2006-ban vizsgáltuk háromtényezős kísérletben, csepegtető öntözőrendszerrel ellátott parcellákon. A generatív állapotban lévő növények telepítését 2005. április 29-én végeztük, a zsurlótöveket 20 cm-es egyedtavval csepegtető öntözőcső két oldalára ültettük. A kísérleti kombinációknak megfelelően az öntözetlen kontrollparcellák kivételével a növényeket hetente egyszer 20, 40 és 80 mm öntözővízzel láttuk el. A vegetációs periódus folyamán rögzítettük a növények hajtásszámát és hajtáshosszát. A

produkciós tulajdonságok meghatározására mindkét kísérleti évben egy alkalommal, 2005-ben szeptember 16-án ill. 2006-ban augusztus 19-én vágtuk le a zöld hajtásokat. A laboratóriumi vizsgálatok során meghatároztuk a zsurlódrog összflavonoid-, illetve hamu- és homoktartalmát.

2.1.5. A hozam- és a drogminőség optimalizálása

A legmegfelelőbb *betakarítási időpont meghatározását* az öntözési mód és az ültetési mélység vizsgálatára telepített állományokban végeztük. A viszonylag nagyméretű, homogén állományok lehetővé tették a gyakori mintavételt. A növények növekedésének modellezéséhez és az állomány átlagos produkciós tulajdonságainak megállapítására az ültetési mélység és az öntözési mód hatásának vizsgálatára beállított kísérlet összes eredményének átlagát számítottuk ki.

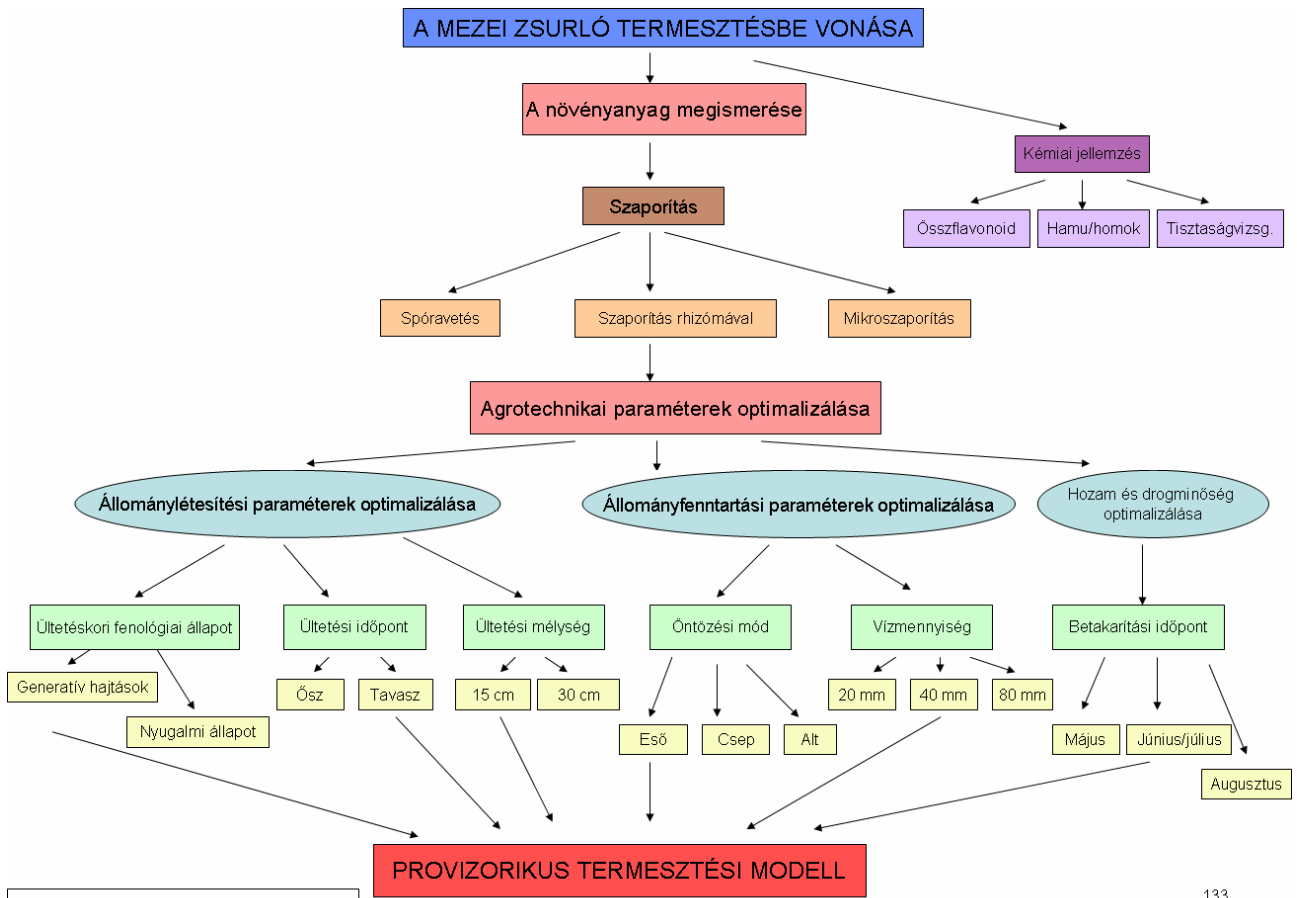
2.2. Laboratóriumi vizsgálatok

A laboratóriumi vizsgálatokat a Gyógy- és Aromanövények Tanszék laboratóriumában végeztük a VIII. Magyar Gyógyszerkönyv előírásai alapján.

A különböző magyarországi populációkból származó növényanyag *tisztaságvizsgálatát* vékonyréteg-kromatográfiás módszerrel végeztük, melynek során a mezei zsurlóra jellegzetes flavonoid spektrum alapján vizuálisan állapítottuk meg a drogminták tisztaságát és azonosságát.

A drogminőséget befolyásoló *hamu- és homoktartalom* meghatározását 3 ismétlésben végeztük.

A hatóanyag vizsgálatok során a drog *összflavonoid-tartalmát* fotometriás módszerrel határoztuk meg 425nm-en, SPECTRO UV-VIS DUAL BEAM (Split) típusú spektrofotométerrel.



132. ábra: a mezei zsurló termesztésbe vonása

3. EREDMÉNYEK

3.1. A természetes populációkból származó klónok értékelése

A különböző magyarországi populációkból származó klónokat összehasonlítva megállapítottuk, hogy a droghozam tekintetében a Pusztadobosról származó EA18-as (30,4 g/0,25 m²) és a Lengyeltótiról származó EA23-as (24,5 g/0,25 m²) populációk magas droghozamúnak tekinthetőek, míg az EA2, EA3, EA4 és az EA10-es populációkat a többiekhez képest alacsony droghozam jellemezte. A kísérlet második évében mindkét magas droghozamú klón droghozama jelentősen nagyobb volt, mint a harmadik évben. A különböző származási helyű sarjtelepek növényeit egymással összehasonlítva kiemelkedik az EA2, EA3 és az EA4-es növények 2004-es mintáinak hatóanyag-tartalma, mely mindhárom növényanyagnál 1 % körüli értéket mutatott. A hatóanyag-tartalmat a növények genotípusa mellett az állomány életkora és az évjárathatás is minden bizonnyal befolyásolja. A hajtások hatóanyag-tartalma – származási helytől függetlenül – évről évre csökken. Gyakorlatilag minden releváns klón a telepítés utáni első évben érte el a hatóanyag- maximumot, mely az ezt követő években folyamatosan csökkent. Az EA18-as és az EA23-as növények példája igazolni látszik azt, hogy általában nem a legmagasabb biomasszát képező zsurlónövények halmozzák fel a legtöbb hatóanyagot. Ez alól az EA11-es az egyetlen kivétel. Ezeknek a növényeknek az igen magas droghozam (19g/ 0,25 m²) mellett magas volt a hatóanyag-tartalmuk (0,9 %) is.

3.2. Az optimális szaporítási mód meghatározása

A különböző hosszúságú, nódusz-számú, illetve látható hajtáskezdeménnyel rendelkező rhizómadarabokból a szaporítást követően mind a négy kísérleti kombináció esetében életképes növények fejlődtek. A különböző állapotú rhizómadarabokból fejlődött növények hajtásszámát és hajtáshosszát összehasonlítva elmondható, hogy mindkét évben, valamennyi felvételezési időpontban a 3 nódusszal ültetett rhizóma darabokból kifejlődött egyedeken volt mérhető a legtöbb hajtás (2006-ban 32 db; 2007-ben 13 db). A legkevesebb hajtást pedig minden esetben az 1 nódusszal ültetett rhizómákból fejlődő növényeken mértük (2006-ban 11 db; 2007-ben 4 db).

3.3. Az ültetési fenológiai állapot hatása

A növények hajtásszámának alakulására a generatív hajtásos állapotban történő telepítés volt a kedvezőbb. A spóraszáras állapotban telepített növények esetében az 1. tenyészévben 25 db, a 2. tenyészévben 15 db volt a maximális hajtásszám, a nyugalmi állapotban telepített növények esetében mindkét tenyészévben maximálisan 15 db hajtást számoltunk. A növények hajtásszámának alakulását e mellett az állomány kora is befolyásolta. A telepítési fenológiai állapottól függetlenül az első tenyészévben mindig magasabb hajtásszámot állapítottunk meg.

A növények hajtáshosszának tekintetében mindkét előfordulási hely esetében – az ültetési fenológiai állapottól függetlenül - a második évben mértünk magasabb értékeket (nyugalmi állapotban telepített: 23 db, generatív hajtásokkal telepített 22 db hajtás).

A különböző fenológiai állapotban telepített tövek droghozamát összehasonlítva megállapítható, hogy a telepítéskor generatív hajtásokkal rendelkező növények hozama egyenletesebben alakult. A hozammaximumokat összehasonlítva a nyugalmi állapotban telepített növények droghozama az 1. tenyészévben $23 \text{ g}/0,25 \text{ m}^2$, a 2. tenyészévben $13 \text{ g}/0,25 \text{ m}^2$ volt, a generatív hajtásokkal telepített növények esetében az 1. tenyészévben $14 \text{ g}/0,25 \text{ m}^2$ és a 2. tenyészévben $17 \text{ g}/0,25 \text{ m}^2$ volt.

Az összflavonoid-tartalom tekintetében a nyugalmi állapotban telepített növények hatóanyagtartalma mindkét származási hely esetében (0,7%) meghaladta a generatív hajtásos állapotban telepített növényekét (0,5%).

3.4. A telepítési időpont hatása

Az ősszel ültetett tövek a származási helytől függetlenül erőteljesebben fejlődtek. Ugyanakkor a tavasszal telepített növényeknél magasabb hajtásszámot mértünk.

A hajtáshossz tekintetében mindkét származási hely esetében összetettebben alakult a növények fejlődése. A telepítési időpont hajtáshosszra gyakorolt hatása nem mutatható ki egyértelműen.

A tenyészidőszakok során mért hozamادات alapján a telepítés időpontja szintén nincs kimutatható hatással a növények drogprodukciónjára.

A drog összflavonoid-tartalma mindkét származási hely esetében a tavaszi telepítés (őszi telepítés: 0,5%; tavaszi telepítés: 0,7%) esetén volt magasabb.

3.5. Az ültetési mélység hatása

Mindhárom kísérleti évben a 15 cm mélyre ültetett növények esetében volt magasabb a hajtásszám. A 15 cm-re ültetett növények esetében a telepítés évében júliusban 60 hajtást számoltunk $0,25 \text{ m}^2$ -en, a második tenyészév májusában pedig már több mint 100 hajtásuk volt a sekélyebbre ültetett növényeknek.

A növények hajtáshossza a vizsgált tenyészévek során mindkét ültetési mélység esetében igen hasonlóan alakult.

A 15 cm-re ültetett tövek droghozama, egy időpont kivételével, minden vágás alkalmával magasabb volt, mint a 30 cm-re ültetett növényké.

A mezei zsurló összflavonoid-tartalmát az ültetési mélység nem befolyásolja igazolhatóan. A hatóanyag-tartalomra elsősorban a növények kora és a betakarítási időpont gyakorolt hatást. Az ültetési mélységtől függetlenül a második évben volt a legalacsonyabb a növények hatóanyag-tartalma. Egy vegetációs perióduson belül a tavasszal vágott drog esetében mértük a legmagasabb értékeket, a hatóanyag-tartalom ezt követően folyamatosan csökkenő tendenciát mutatott.

A három tenyészidőszakban betakarított drogminták hamu- és homoktartalmát összehasonlítva a drog hamu- és homoktartalma – az ültetési mélységtől függetlenül – a kései vágási időpontokban mindhárom évben minden esetben meghaladta a VIII. Magyar Gyógyszerkönyv által előírt 27 %-os határértéket. A vegetációs periódus során vett mintáknál az ültetési mélységtől függetlenül egyre magasabb hamu- és homoktartalmat mértünk.

3.6. Az öntözési mód hatása

Mindhárom tenyészévben a felszíni öntözés hatása bizonyult kedvezőbbnek. A három vegetációs periódus során a csepegtető, illetve az esőztető rendszerekkel vízellátott növények hajtásszáma megközelítőleg azonosan alakult.

A növények hajtáshossza mindhárom öntözési mód esetében - csekély különbségekkel - mindhárom évben igen egységesen alakult.

A telepítés évében mindhárom öntözési mód esetében nagyon alacsony droghozamot mértünk, a mérőkeret által határolt területről ($0,25 \text{ m}^2$) csupán 10-15 g drogot tudtuk nyerni.

Az altalaj-öntözéses parcella növényeinek hozama a harmadik tenyészévben minden vágási időpontban elmaradt az esőztető és a csepegtető öntözésű parcellák droghozamától.

A növények összflavonoid-tartalma - öntözési módtól függetlenül – az első évben volt a legmagasabb (0,9 %). A második és a harmadik évben a tavasszal, illetve a nyár elején levágott mintáknál mértük a legmagasabb hatóanyag-tartalmat. A növények összflavonoid-tartalma ezt követően a vegetációs periódus során folyamatosan csökkenő tendenciát mutatott.

Az öntözési mód hatását vizsgálva a csepegtető öntözéses parcellák növényeinek hamu- és homoktartalma igen magas volt, amely feltehetőleg a magasabb homoktartalomra (a hamu minden esetben homokot is tartalmaz) vezethető vissza. A csepegtető rendszernél a felverődő homok feltehetőleg – eső hiányában – jobban megragad a hajtásokon és így a drognak is magasabb a homoktartalma.

3.7. A kijuttatott vízmennyiség hatása

A telepítés évében (2005) érvényesült leginkább a nagyobb vízmennyiség hatása. Az öntözetlen kontrollparcella növényei ezzel szemben június elejétől sárgulni kezdtek, majd visszahúzódtak. A második tenyészévben (2006) a közepes (40 mm) vízmennyiséggel öntözött töveknek volt mindvégig a legtöbb hajtásuk (80 db/ parcella), a legkevesebb hajtást a hetente 20 mm vízzel öntözött parcellák növényeinél számoltuk (20 db/parcella). A második évben az öntözetlen kontrollparcellákon a növények nem fejlesztettek számottevő mértékben hajtásokat.

A kijuttatott vízmennyiség hajtáshosszra gyakorolt hatása leginkább a második tenyészévben jelentkezett. Az alacsony vízmennyiséggel ellátott növények hajtásai voltak a leghosszabbak (23 cm), a legrövidebb hajtásokat (20 cm) ezzel szemben a közepes vízmennyiséggel ellátott növények fejlesztették. Elmondható tehát, hogy alacsony csapadékmennyiséggel történő ellátás esetén kevés, de hosszú hajtások fejlődnek, míg közepes csapadékmennyiség kijuttatása esetén nagy számban fejlődnek alacsonyabb hajtások.

A növények droghozama – a kijuttatott vízmennyiségtől függetlenül – az első évben alig volt mérhető. A második tenyészévben azonban már bizonyíthatóan érvényesült a kijuttatott vízmennyiség hatása. A legmagasabb hozamot (57,0 g/parcella) a közepes vízmennyiséggel öntözött parcellákon mértük, a legalacsonyabb hozamot (20,8 g/parcella) ezzel szemben a legkisebb vízmennyiséggel öntözött növények adták.

A növények hatóanyag-tartalmát ebben az esetben is elsősorban a növények kora befolyásolta. A kijuttatott vízmennyiségtől függetlenül az első tenyészévben volt a legmagasabb a növények összflavonoid-tartalma (20 mm: 0,9%; 40 mm: 0,7%; 80 mm: 0,85%).

A hamu- és homoktartalom mindkét évben igen magas volt. Az első évben levágott, 40 mm vízmennyiséggel ellátott növények kivételével az összes minta meghaladta a VIII. Magyar Gyógyszerkönyv által előírt 27 %-os hamutartalmat.

3.8. Az optimális betakarítási időpont meghatározása

A szakirodalmi adatok szerint a mezei zsurlót július-augusztusban gyűjtik a természetes állományokból. A növényeknek a kísérleti termesztésben megfigyelt fejlődés- és hatóanyag-felhalmozási dinamikája nem igazolja ezt a gyűjtési időpontot. A vizsgálataink alapján telepített állományban a betakarítás optimális időpontja az évjárattól és az állomány korától függően más és más időpontra esik. Feltételezhető, hogy a mezei zsurló fejlődése a termesztés során biztosított, megközelítőleg ideális feltételek hatására határozottan megváltozik. A növények életciklusa a természetes állományok vegetációjához képest jelentősen felgyorsul és lerövidül, hiszen a kísérleti parcellákról július végén, augusztusban érdemleges mennyiségű és minőségű zsurlóhajtás betakarítása már nem volt lehetséges.

Kísérleteink során a zsurló többszöri vágása nem volt lehetséges. Az egyszer levágott hajtások helyén – függetlenül a vágás időpontjától – a későbbiekben csak nagyon kevés hajtás fejlődött, a növények a vegetációs periódus során számottevően már nem regenerálódtak.

3.9. Új tudományos eredmények

1. A mezei zsurló vonatkozásában elsőként tártuk fel a magyarországi populációk produkciós paramétereit, amelynek eredményeképpen elkülönítettük a kiemelkedően magas droghozammal rendelkező EA18-as (a 2. tenyészévben 58 g/0,25 m²) és EA23-as (a 2. tenyészévben 48,0 g/0,25 m²) populációkat, illetve magas hatóanyag-tartalmuknál fogva az EA10-es (0,96 %) és az EA 11-es (0,90 %) klónokat.
2. Eredményeink szerint a droghozam és a drog összflavonoid-tartalma negatív korrelációt mutat. A magas hozamú EA18-as és EA23-as klónokat alacsony hatóanyag-tartalom jellemezte, továbbá a magas összflavonoid-tartalmú populációk droghozama igen alacsony volt.
3. Rendszeres mintavételekkel elsőként bizonyítottuk, hogy a mezei zsurló összflavonoid-tartalma - származási helytől függetlenül - a telepítés utáni első évben a legmagasabb, majd a további tenyészévekben folyamatosan csökken.
4. Bizonyítottuk, hogy a mezei zsurló hatékony vegetatív szaporítása a három nóduszos rhizómadarabok felhasználásával oldható meg.
5. Megállapítottuk, hogy a termőhajtásokkal rendelkező rhizómadarabok telepítése kedvezőbben hat a növények későbbi fejlődésére, mint a nyugalmi állapotban történő ültetés.

6. Meghatároztuk az állománylétesítés optimális időszakát. Mind a termőterület optimális kihasználása, mind pedig a növények későbbi produkciója szempontjából a tavaszi telepítés javasolható.
7. Bizonyítottuk, hogy az állománylétesítés során a telepítési mélység és a továbbiakban az öntözési mód határozottan befolyásolja a növények produkcióját. Az ültetési mélység tekintetében a sekélyebb, 15 cm-re történő telepítés lényegesen kedvezőbben hatott a növények fejlődésére és droghozamára, mint a mélyebbre történő telepítés. A vizsgált öntözési módok közül az egyébként is könnyebben kivitelezhető esőztető öntözés volt a legcélravezetőbb.
8. Eredményeink igazolták a szakirodalom egy részében leírtakat, melyek szerint a mezei zsurló közepes vízigényű. A kísérleti termesztésben a közepes vízmennyiséggel (40 mm) ellátott parcellákon mértük a legmagasabb droghozamokat (57 g/0,25 m²).
9. Megállapítottuk, hogy termesztésben a mezei zsurló fejlődési ciklusa alapvetően megváltozik, lerövidül. A kísérleti termesztésben a nyárvégi gyűjtési gyakorlattal ellentétben a második tenyészévben júniusra tehető az optimális betakarítási időpont. A harmadik tenyészévben egy hónappal később, júliusban takarítható be a legnagyobb mennyiségű és legjobb minőségű zsurlóhajtás.
10. A kísérleti állomány folyamatos vizsgálata során arra a következtetésre jutottunk, hogy a mezei zsurló egy vegetációs perióduson belüli többszöri vágása nem lehetséges, mert a betakarítást követően a növények gyakorlatilag nem regenerálódnak.

4. PROVIZORIKUS TERMESZTÉSI MODELL

4.1. Állománylétesítés

Fenológiai állapot

Kísérleteink során még ki nem hajtott, nyugalmi állapotban telepített tövek fejlődését hasonlítottuk össze a generatív hajtásokkal ültetett növényekével. Mindkét vizsgált zsurlóeredet esetén a nyugalmi állapotban telepített növények fejlődtek jobban és összességében ezeknél mértük a magasabb droghozamokat is. A ki nem hajtott állapotban ültetett növények összflavonoid-tartalma is mindkét esetben magasabb volt, mint a generatív hajtásokkal telepített zsurlóké. Ezért tehát a kora tavaszi, még ki nem hajtott rhizómadarabok ültetése a legcélravezetőbb.

Telepítési időpont

Fenológiai állapottól függetlenül két különböző eredet esetében az őszi és a tavaszi zsurlótelepítés lehetőségeit is megvizsgáltuk. Bár az őszi telepítésű növények valamivel jobban fejlődtek, a növények droghozama mindkét telepítési időpont esetén igen hasonlóan alakult. A hozammaximumok tekintetében gyakorlatilag nem tapasztaltunk különbséget: a maximális droghozam mindkét esetben szinte azonosan alakult és a hozammaximum időpontja is azonos időben következett be. Ezért termesztéstechnológiai szempontból a tavaszi ültetés javasolható, mert a rövidebb fejlődési idő bizonyítottan nem hátráltatja a növények produkcióját.

Térállás és ültetési mélység

Termesztési kísérleteink során a zsurlótöveket 20 cm-es egyedtávval és 50 cm-es sortávval ültettük. Tapasztalataink szerint ez a térállás megfelelőnek bizonyult. A második évre az állományok már annyira besűrűsödtek, hogy az egyes növények már nem voltak megkülönböztethetőek, egy összefüggő állomány alakult ki. Ezért feltételezhető, hogy egy kisebb térállás, azaz sűrűbb telepítés alkalmazása esetén sem fejlődött volna több hajtás.

Az optimális ültetési mélység meghatározására a 15 cm és a 30 cm mélyre ültetett zsurlók növekedését és produkcióját hasonlítottuk össze. Egyértelműen bebizonyosodott, hogy a 15 cm-es, sekélyebb telepítés kedvez a leginkább a növények fejlődésének és droghozamának.

4.2. Állományfenntartás

Öntözési mód

A különböző öntözési módok összehasonlítása során a felszíni öntözés bizonyult sikeresnek. Összességében véve hasonló adatokat mértünk az esőztető és a csepegtető rendszerrel vízellátott parcellák növényeinél. Termesztéstechnológiai szempontból azonban az esőztető öntözés tűnik egyszerűbben kivitelezhetőbbnek és költségkímélőbbnek. Esőztető öntözés esetén kora tavasszal akadálytalanul valósulhat meg a parcellák kapálása. Továbbá a betakarítást sem akadályozzák a csepegtetőcsövek, hiszen a zsurlókat kísérleteink során igen alacsonyan, a talajfelszín felett 5 cm-es magasságban vágtuk le.

Víz mennyiség

A mezei zsurló termesztése során a növények megfelelő vízellátása az egyik legfontosabb tényező. Kísérleteink során megállapítottuk, hogy a mezei zsurló termesztése a kísérlet helyszínével azonos vagy ahhoz hasonló környezeti adottságú területeken öntözés nélkül nem valósítható meg. A mezei zsurlót a termesztés során mindenképpen öntözni kell, a növényeket a telepítés utáni években sem lehet sikeresen termesztetni öntözés nélkül.

A mezei zsurló az irodalmi adatoknak megfelelően közepes vízigényűnek bizonyult. Az adott körülmények között a heti egyszeri, 40 mm/m² mennyiségű csapadék-kiegészítő öntözés elégséges volt. A telepítés évében a fiatal növények megfelelő fejlődéséhez a közepes vízmennyiség is elegendő.

Egyéb ápolási munkák

A termesztési kísérletek során az ápolási munkák a kihajtás előtti, kora tavaszi kapálást, illetve az első évben a kézi gyomlálást jelentették. Az alkalmazott térállásnál csak az első évben volt lehetséges a sorok közötti kézi gyomlálás. A második évtől az állomány annyira besűrűsödött, hogy nem lehetett a zsurlóhajtások károsítása nélkül „bejárni”. Ezért a második évtől a kora tavaszi sekély kapálás volt az egyetlen kivitelezhető ápolási munka. Ebből kifolyólag termesztéstechnológiai szempontból a minél korábbi vágás a kedvező, mert a mechanikus gyomirtás a vegetációs periódus során gyakorlatilag nem megvalósítható. A viszonylag nagy mennyiségű víz kijuttatása miatt az állomány őszi teljesen elgyomosodik, ezért a betakarítást és a növények teljes visszahúzódását követően a területet sekély kapálással mindenképpen gyommentessé kell tenni. A kísérleti termesztés során a növényeken kártevőket, betegségeket nem észleltünk, ezért nem alkalmaztunk növényvédelmi kezeléseket az állományban.

4.3. Betakarítás

A kísérleti természetben a mezei zsurlónak egy vegetációs periódus során csak egyszeri vágása volt lehetséges, mert a növények a betakarítást követően szinte alig regenerálódtak, újabb hajtások csak nagyon kis számban jelentek meg. Ebből adódóan a megfelelő droghozam és drogminőség biztosítása érdekében döntő fontosságú az ideális betakarítási időpont megtalálása. A mezei zsurló hatóanyag-tartalma az első, azaz a telepítés évében messze a legmagasabb, azonban az elsőéves növényeknek nincs számottevő droghozamuk. A másodéves növényeknél mértük a legmagasabb droghozamot, emellett ezek összflavonoid-tartalma is megfelelő volt. A harmadik évben összességében mind a droghozam, mind pedig a hatóanyag-tartalom még elfogadható mértékben alakult. A másodéves növények júniusban érték el a hozammaximumot. A harmadik évben a legnagyobb droghozamot egy hónappal később, júliusban mértük. A drogminőséget szintén meghatározó hamu- és homoktartalom igen erősen korrelál a betakarítási időponttal: minél korábbi a betakarítás időpontja, annál kedvezőbben alakul a drog hamu- és homoktartalma. A természet során tehát a második év bizonyult a legsikeresebbnek. A kétéves növények érték el a leghamarabb a hozammaximumot illetve ugyanezeknél volt a legmagasabb a droghozam, valamint a hatóanyag-tartalom is megfelelően alakult.

5. AZ ÖSSZEÁLLÍTÁSBAN IDÉZETT IRODALMAK

1. FRANZ CH. (2000): Züchtung und Anbau von Arzneipflanzen In: K. Hiller, M.F. Melzig: Lexikon der Arzneipflanzen und Drogen. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. 422-427.p.
2. GIMPL A., BERNÁTH J. (2003): Mezei zsurló: Gyűjtés vagy termesztés? Kertgazdaság 35(4): 61-68.p.
3. NÉMETH É., BERNÁTH J. (2001): Anbau und Markt von Arznei- und Gewürzpflanzen in Ungarn. Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzenbau 6:103-108.p.

6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

6.1. Folyóiratban megjelent közlemények

6.1.1. Nem IF-os folyóiratban megjelent közlemények

Gimpl A., Bernáth J. (2003): Mezei zsurló: gyűjtés vagy termesztés?
Kertgazdaság, 35(4): 61-68.

Kozak A., Bernáth J. (2006): Einfluss von Pflanztiefe und Bewässerung auf Wachstum und Drogenertrag des Ackerschachtelhams (*Equisetum arvense* L.). Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen, 11(1): 35-40.

Kozak A., Bernáth J. (2006): A termesztésbevonás hatása a mezei zsurló (*Equisetum arvense* L.) növekedésére és droghozamára. Kertgazdaság, 38(2): 61-69.

6.2. Konferencia kiadványok

6.2.1. Magyar nyelvű konferencia kiadványokban megjelent közlemények (összefoglaló)

Kozak A., Bernáth J. (2005): Az ültetési mélység és az öntözési mód hatása a mezei zsurló (*Equisetum arvense* L.) produkciójára. Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak. Gyógynövénytudományi Szekció. Budapest, 2005. okt. 19-21. Összefoglalók p. 124-125.

Kozak A., Bernáth J., Gosztola B. (2007): Az őszi és a tavaszi telepítés hatása a mezei zsurló (*Equisetum arvense* L.) produkciójára. Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak. Gyógynövénytudományi Szekció. Budapest, 2007. nov. 7-8.

6.2.2. Nemzetközi konferencia kiadványokban megjelent közlemények (full paper)

Gimpl A., Bernáth J., Bodor Zs. (2004): Influence of Planting Depth and Irrigation System on the Development of the Field Horsetail (*Equisetum arvense* L.). International Conference on Horticulture Post-graduate (PhD.) Study System and Conditions in Europe. Lednice, 17-19. 11. 2004 Proceedings of Papers p. 65.

6.2.3. Nemzetközi konferencia kiadványokban megjelent közlemények (abstract)

Gimpl A. (2004): The Field Horsetail (*Equisetum arvense* L.): Portrait, Collection and Cultivation of a Traditional Healing Plant. Medicinal Herbs in Condition of the European Union. Stara Lubovna, 16-18. 06. 2004 Book of Abstracts p. 12.

Kozak A., Bernáth J., Bodor Zs. (2005): Erste Anbauversuche zur Inkulturnahme von *Equisetum arvense* L. in Ungarn. 15. Bernburger Winterseminar zu Fragen der Arznei- und Gewürzpflanzenproduktion. Bernburg, 22-23. 02. 2005 Kurzfassung der Referate und Poster Teilnehmerliste p. 34.

Kozak A., Bernáth J. (2006): Inkulturnahme von Ackerschachtelhalm (*Equisetum arvense* L.). 16. Bernburger Winterseminar zu Fragen der Arznei- und Gewürzpflanzenproduktion. Bernburg, 21-23. 02. 2006 Kurzfassung der Referate und Poster Teilnehmerliste p. 29-30.