NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR
MOSONMAGYARÓVÁR

Környezettudományi Intézet

„Precíziós növénytermesztési módszerek” alkalmazott Növénytudományi Doktori Iskola

Doktori Iskola vezető:
Prof. Dr. Neményi Miklós
egyetemi tanár, az MTA levelező tagja

Készült a „Növényvédelmi módszerek és növénykezelések precíziós termelésorientált integrálása” program keretében

Programvezető:
Prof. Dr. Reisinger Péter, CSc
egyetemi tanár

Témavezető:
Prof. Dr. Máthé Ákos, DSc
egyetemi tanár

AZ INDIÁN DOHÁNY (*LOBELIA INFLATA* L.) PRODUKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A NÖVÉNY HAZAI TERMESZTHETŐSÉGÉRE

Készítette:
Vojnich Viktor József

Mosonmagyaróvár
2014

AZ INDIÁN DOHÁNY (*LOBELIA INFLATA* L.) PRODUKCIÓJÁNAK VIZSGÁLATA, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A NÖVÉNY HAZAI TERMESZTHETŐSÉGÉRE

Írta: Vojnich Viktor József

Készült a Nyugat-magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Precíziós növénytermesztési módszerek alkalmazott Növénytudományi Doktori Iskola, Növényvédelmi módszerek és növénykezelések precíziós termelésorientált integrálása program keretében

Témavezető: Prof. Dr. Máthé Ákos, DSc

Elfogadásra javaslom (igen / nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton……...% -ot ért el,
Mosonmagyaróvár,…….

a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen /nem)

Bíráló neve: Dr. ……. ……. igen /nem

(aláírás)

Bíráló neve: Dr. ……. ……. igen /nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján…….....% - ot ért el
Mosonmagyaróvár,…….

a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése…….....

Az EDT elnöke

KIVONAT

A környezetkímélő gazdálkodási módszerek, köztük az ökológiai gazdálkodás egyre nagyobb térnyerésével párhuzamosan növekvő érdeklődés övezi az alternatív növényeket, melyek termesztése nemcsak új piaci lehetőségeket kínál, hanem a megfelelő növény vetésforgóba illesztésével a fenntartható gazdálkodási rendszerek vetésváltási követelményeinek betartását is hatékonyan elősegítik (GONDOLA, 2010). Ilyen tekintetben is fontos szerepet tölthetnek be a speciális anyagcsere termékeket szintetizáló növények, melyek a gyógyszer- és élelmiszeripar nélkülözhetetlen alapanyagai.

Disszertációm az Észak-Amerikában honos indián dohány (*Lobelia inflata* L.), gyógynövény *in vitro* és *in vivo* kutatási eredményeit foglalja össze.

A növényfajt először *Matthias de L'Obel*, flamand orvos-botanikus írta le a XVI. században. Fő alkaloidja a lobelin, amit légzésfokozó hatása miatt alkalmazták. Újabban a központi idegrendszerre, kábítószer abúzusra, valamint a multi drog rezisztenciára irányuló kutatások miatt került az érdeklődés előterébe.
Célkitűzésem, hogy a *Lobelia inflata*-val kutatásaimmal hozzájáruljak e faj tápanyagigényének, növekedési- fejlődési sajátosságainak, valamint hatóanyag-produkciója növelési lehetőségeinek megismeréséhez. Kísérleteimben a hagyományos magvetéssel és a korszerű *in vitro* mikroszaporítással előállított növényeket vizsgáltam, összehasonlítva e biológiai szempontból eltérő két szaporítási módszer hatását a növények növekedésére, fejlődésére, alkaloid produkciójára, és végső soron hazai termeszthetőségére.

ABSTRACT

Parallel to the spreading of environmentally friendly farming methods including ecological farming there's an increasing interest in alternative plants of which the production does not only enable new market opportunities but with the insertion of the right plant into the crop rotation they also facilitate the compliance with the standards of crop switching of sustainable farming systems (GONDOLA, 2010). Plants synthesizing special metabolic substances are indispensable raw materials of the pharmaceutical and the food industries.

My dissertation summarizes experiments related to the research of the production *in vitro* and *in vivo* of the Indian tobacco (*Lobelia inflata L.*) – an annual herb that is native to North-America.

The plant was first described by the Flemish doctor and botanist *Matthias de L'Obel* in the 16th century. The main alkaloid lobeline has been used as a respiratory stimulant. Recently, it has been come into the limelight due to research on CNS, drug abuse and multidrug resistance.

My aim is to contribute to the knowledge of the nutrient supply needs, the specificities of growth and development and to explore the possibilities of the increase of agent production by conducting experimental work with the *Lobelia inflata*. During my experiments I monitored plants grown from seed as well as others produced with the modern *in vitro* micro-cultivation method and I compared the effects of these two biologically distinct propagation methods on the growth, development, alkaloid production and cultivation possibilities in Hungary of these plants.

TARTALOMJEGYZÉK

1. **BEVEZETÉS** 8
2. **SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS** 11
2.1. *L. inflata* botanikai jellemzése 11
2.2. *Lobelia. inflata* L. rendszertani besorolása 14
2.3. *Lobelia inflata* elterjedése 15
2.4. *L. inflata* ökológiai igénye 17
2.5. *Lobelia inflata* hatóanyagai, kémiai jellemzése 21
2.6. *Lobelia inflata* szaporítása 25
2.6.1. *In vitro* szaporítás 25
2.6.2. *In vivo* szaporítás 26
2.7. *Lobelia inflata* felhasználása 27
3. **ANYAG ÉS MÓDSZER** 31
3.1. A kísérleti terület talaja 32
3.2. A kísérleti terület meteorológiai adatai 34
3.3. A kísérletek növényanyaga 36
3.3.1. Magvetett növények üvegházi palántanevelése 37
3.3.2. *In vitro* szaporított növények üvegházi akklimatizálása 39
3.3.3. Palánták kiültetése 40
3.3.4. Növényápolási munkák 42
3.4. Áttelelt *L. inflata* növények 43
3.5. Árvakelésből származó *L. inflata* növények 45
3.6. *Lobelia erinus* (törpe lobélia) 46
3.6.1. A növényanyag szaporítása és üvegházi palántanevelése 46
3.6.2. A palánták kiültetése 47
3.6.3. Növényápolási munkák 48
3.7. Kísérleti elrendezések 48

3.7.1. Szabadföldi kísérletek 48
3.7.2. *In vitro* mikroszaporítási kísérletek 50
3.8. Hatóanyag tartalmi vizsgálatok 54
3.8.1. Mintaelőkészítés és extrakció 54
3.8.2. Összalkaloid tartalom mérés 55
3.8.3. Lobelin tartalom meghatározása 57
3.9. Az eredmények biometriai értékelési módszerei 60
4. **EREDMÉNYEK** 61
4.1. A tápanyagellátás hatása a *L. inflata* növekedésére 61
4.1.1. A tápanyagellátás hatása a növények magasságára 61
4.1.2. Tápanyagellátás hatása a tőlevél méretére 64
4.2. *L. inflata* biomassza-produkciójának vizsgálata 67
4.2.1. Magvetett és az *in vitro* szaporított *L. inflata* herba növények száraz tömegének összehasonlítása 69
4.2.2. Magvetett és az *in vitro* szaporított *L. inflata* gyökerének száraz tömeg összehasonlítása 71
4.3. Tápanyagellátás hatása a *L. inflata* hatóanyag-tartalmára 72
4.3.1. Magvetett és az *in vitro* szaporított *L. inflata* herba összalkaloid tartalmának összehasonlítása 74
4.3.2. A magvetett és az *in vitro* szaporított *L. inflata* gyökér összalkaloid tartalmának összehasonlítása 76
4.3.3. Magvetett és az *in vitro* szaporított *L. inflata* herba lobelin tartalmának összehasonlítása 79
4.3.4. Magvetett és *in vitro* szaporított *L. inflata* gyökér lobelin tartalmának összehasonlítása 81
4.4. Áttelelt *L. inflata* megfigyelése 82
4.5. Árvakelésből fejlődő *L. inflata* megfigyelése 85
4.6. Tőlevélrózsa (rozetta) állapotban maradt *L. inflata* vizsgálata 86
4.7. Gyomviszonyok a kísérleti területen 89

4.8. A törpe lobélia (*Lobelia erinus* L.) vizsgálata 90

4.9. *In vitro* tápanyag-ellátási kísérletek 91

4.9.1. $MgSO_4$-, az NH_4NO_3 és a KNO_3 kezelések hatása a *L. inflata* herba összalkaloid tartalmára 93

4.9.2. $MgSO_4$ -, az NH_4NO_3 és a KNO_3 kezelések hatása a *L. inflata* gyökér összalkaloid tartalmára 96

4.9.3. $MgSO_4$-, az NH_4NO_3 és a KNO_3 kezelések hatása a *L. inflata* herba lobelin tartalmára 98

4.9.4. $MgSO_4$ -, az NH_4NO_3 és a KNO_3 kezelések hatása a *L. inflata* gyökér lobelin tartalmára 101

4.9.5. $MgSO_4$-, az NH_4NO_3 és a KNO_3 kezelések hatása a *L. inflata* herba száraz tömegére 103

4.9.6. $MgSO_4$-, az NH_4NO_3 és a KNO_3 kezelések hatása a *L. inflata* gyökér száraz tömegére 106

5. **KÖVETKEZTETÉSEK** 110

6. **ÖSSZEFOGLALÁS** 115

7. **ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK** 118

8. **KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS** 120

9. **IRODALOMJEGYZÉK** 121

10. **MELLÉKLETEK** 133

1. BEVEZETÉS

A *Lobelia inflata* Észak-Amerikában honos növényfaj (FELPIN és LEBRETON, 2004). Az őslakos indiánok szertartásokon és a gyógyászat széles körében használták, innen származtatható az „indián dohány” elnevezés (KINDSCHER és HURLBURT, 1998).

Az indián dohány farmakológiailag aktív, jelentős növény. Termesztésére az Egyesült Államokban, elsősorban a növény fő alkaloidja (lobelin) előállítása miatt folytak kísérletek a 1960-70-es években (KROCHMAL és WILKEN, 1970).

A Lobeliae herba-t a hagyományos gyógyászatban görcsgátló, antiasztmatikus, diaphoreticus, expektoráns, hánytató, nyálkaoldó, légzőszervi serkentő szedatív, illetve egyéb hatása miatt számos betegség kezelésére is alkalmazzák pl. asztma, szamárköhögés, csecsemőkori asphyxia, stb. (LEUNG és FOSTER, 1996; BÁLVÁNYOS, 2002). Újabban a központi idegrendszerre (MA és WINK, 2008; BECKMANN és mtsai, 2010; DWOSKIN és CROOKS, 2002), kábítószer abúzusra, valamint a multi drog rezisztenciára irányuló kutatások miatt került az érdeklődés előterébe (ANAND és mtsai, 2011; SZŐKE és mtsai, 2013). Dohányzás elleni készítményekben történő felhasználása is ismert (GLOVER és mtsai, 2010).

Magyarországon 3 millió dohányos él. Reprezentatív felmérés alapján a megkérdezettek közül minden harmadik dohányos szívesen leszokna a füst élvezetéről. Következésképpen 1 millió lakos érdeklődik, és vállalná azt a próbát, amely különösebb lelki és érzelmi

megpróbáltatás nélkül megszabadít e szenvedélytől. A dohányféleségek évi áruvásárlása meghaladja a 450 milliárd forintot (HAJDUNÉ, 2011, URL[1]).

Magyarországon a *L. inflata in vitro* kutatások a Semmelweis Egyetem, Farmakognózia Intézetben kezdődtek, az 1980-as években, Prof. Dr. Szőke Éva vezetésével. A vizsgálatok elsősorban az *in vitro* növények hatóanyagtermelésének, kiemelten a piperidin vázas alkaloidok és poliacetilének kimutatására, valamint a géntranszformált és nem transzformált *in vitro L. inflata* kultúrák növekedési sajátosságainak és speciális anyagcseréjének tanulmányozására irányultak a biomassza és a hatóanyagképzés fokozása céljából (SZŐKE és mtsai, 1998; BÁLVÁNYOS és mtsai, 2002). A növény hazai termesztési lehetőségeinek feltárására irányuló kísérletek (introdukció) Máthé Ákos professzor irányításával a Nyugat-magyarországi Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Növénytani Intézeti Tanszékén folytatódtak.

Doktori kutatásaim alapját is ez a 2003-2006 között végzett, az Európai Unió által támogatott GVOP projekt alapozta meg, melynek címe: „Hatóanyagok képződésének optimalizálása *Lobelia inflata* kultúrákban (*in vivo* és *in vitro*), dohányzás elleni készítmények előállítása céljából”.

A *L. inflata* hatóanyagainak bejuttatása „lobélia széna” útján a cigarettába, a pipadohányba arra irányul, hogy a dohányzás élvezete közben történjen meg a leszoktatás, lelki, érzelmi válság nélkül. A hazai dohányfogyasztást érintő műszaki fejlesztések 1986–2005 között látványos eredményeket ért el. A kátrányterhelés 74%-kal

csökkent, a nikotin „drognyomás” hasonlóan alakult (pl.: 1 cigarettában nem lehet több kátrány és szén-monoxid 10 mg-nál, 1 mg nikotin kíséretével). A dohányzók egészség kockázata jelentősen mérséklődött, a veszélyeztetettség az egész populációra nézve viszont nőtt, mert átrétegeződött a dohányosok korösszetétele. Jelentős a tizenéves dohányosok arányának növekedése. A „kísérleti készítményt” (lobéliás cigaretta) a gyógynövény készítmények közé szükséges sorolni, például ANTINIKOTEX találó névvel. Elterjesztése és a marketing szempontjából elengedhetetlen a „közegészségügyi” besorolás, mert a dohányféleségek jövedéki adózását ki kell kerülni társadalmi jelentősége kapcsán is (HAJDUNÉ, 2011).

Kutatómunkám célja, a korábbi kísérleti eredményekre alapozva:

- *L. inflata* hazai termesztésének, hatóanyag-termelésének optimalizálása -*in vivo* és *in vitro* feltételek között- elsősorban a tápanyagellátás (magnézium, nitrogén műtrágyakezelések) módosításával
- az *in vivo* és az *in vitro* feltételek között szaporított, szabadföldi feltételek között nevelt növények
  - biomassza produkciójának összehasonlító értékelése
  - hatóanyag és ezen belül összalkaloid és lobelin produkciójának összehasonlító értékelése
- a Magyarországon még nem vizsgált *L. erinus* hazai termeszthetőségének és hatóanyag-termelésének vizsgálata.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. *L. inflata* botanikai jellemzése

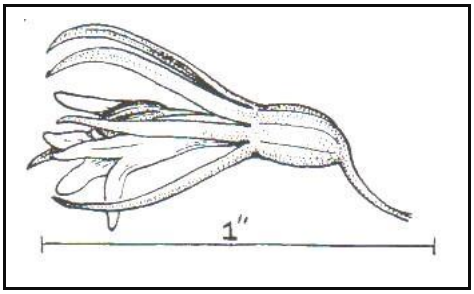
A *Lobelia inflata* L. (1. ábra) egynyári, lágyszárú változó növény, de kétnyári populációi is előfordulnak (KELLY, 1992; SZABÓ, 2009; BOWDEN, 1959). A növény 15-100 cm magasságra nőhet meg, szélessége 5-30 cm. A gyökérzete mellék- vagy bojtos gyökér rendszerű. A szára szögletes, durván szőrös, alsó része gyakran vöröses-ibolya színű, antocián tartalmú. A levélzet színe zöld. A levelek hosszúsága 2,5-7,6 cm között változik, a szélessége 1-4 cm (URL[2]; KROCHMAL és mtsai, 1970). Levelei szórt állásúak, tojásdad alakúak, nyélre keskenyedők, enyhén szőrösek. A felső levelek kisebbek, ülők. A növény magszárba indul, vagy tőrózsás (2. ábra) állapotban fejlődik. Világossárga tejnedvet termelő növény, melynek tejnedve WACKER (2009) szerint a bőrrel érintkezve viszketési ingert válthat ki.

Virágai kék, rózsaszín, bíbor (URL[2]), illetve fehér és halványkék színűek, mintegy 7-10 mm (3. ábra) hosszúak, 5 cimpájú pártával, alul összenőtt csészével. Kissé kétajkú, a felsőajak 2 cimpájú, mélyen tagolt alsó ajka 3 tagú, 5 porzója a pártatokokhoz nőtt. Termője alsóállású, kétüregű (PETRI, 1979; BLASCHEK és mtsai, 1998). A kifejtett toktermések felfújt zöld hólyagokra hasonlítanak, majd megbarnulnak, két kopáccsal nyílnak (KELLY, 1992). A magok (4. ábra) kicsik, barna színűek, felületük hálózatos (BLASCHEK és mtsai, 1998).

1. ábra. *L. inflata* (Mosonmagyaróvár)

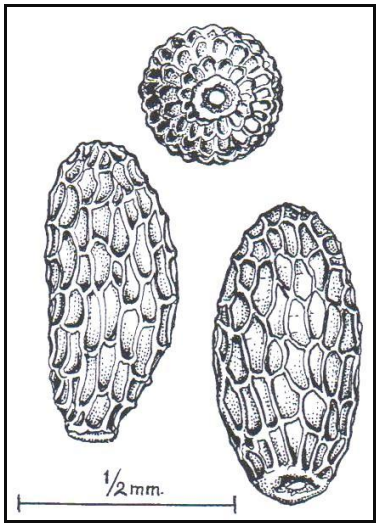
(Fotó: Vojnich, 2012)

2. ábra. Tőlevélrózsás *L. inflata* (Mosonmagyaróvár) **(Fotó: Vojnich, 2012)**



3. ábra. *L. inflata* virága

(Krochmal és Wilken, 1970)



4. ábra. *L. inflata* magja

(Krochmal és Wilken, 1970)

2.2. *Lobelia. inflata* L. rendszertani besorolása

A Lobelia genusban 360-400 fajt különböztetnek meg, melyből Európában két faj honos, nevezetesen a *Lobelia dortmanna* L. és a *Lobelia urens* L. (BORHIDI, 1995; HEGNAUER, 1966).

Rendszertan:

Ország	*Plantae* – Növények
Alország	*Tracheobionta* – Edénynyalábos növények
Főtörzs	*Spermatophyta* – Magvas növények
Törzs	*Magnoliophyta* – Zárvatermők
Osztály	*Magnoliopsida* – Kétszikűek
Alosztály	*Asteridae* –
Főrend	*Asteranae*
Rend	*Campanulales* –
Család	*Campanulaceae* – Harangvirágfélék
Nemzetség	*Lobelia* – Lobeliafélék
Faj	*Lobelia inflata* L. – Indián dohány

(BORHIDI, 1995)

Jelenlegi rendszertani besorolás szerint a *L. inflata* a Harangvirágfélék (*Campanulaceae*) családjába, a Lobeliafélék (*Lobelia* L.) nemzetségbe tartozik. BREMER és munkatársai (2009) szerint azonban, a faj rendszertani besorolása az idő során változott. Voltak, akik a *Lobeliaceae* családba sorolták, más botanikusok pedig a *Campanulaceae* családon belül külön a *Lobelioideae* alcsaládba

(SCHÖNLAND, 1889; PHILLIPS, 1926). A lobelia félék (porhonrojtfüvek) főként trópusi lágyszárú növények, de észak-amerikai, kelet-ázsiai és dél-afrikai származásúak is megtalálhatók köztük. Egyes fajai fatermetűek (pl. *Lobelia deckenii*, *Lobelia telekii*), hatalmas méretűre is megnőnek (DANERT és mtsai, 1976; HORTOBÁGYI, 1979; EVERETT, 1981; DÁNOS, 1997).

Farmakológiailag aktív lobelin tartalma miatt a *L. inflata* és a *L. erinus* került a kutatások előterébe.

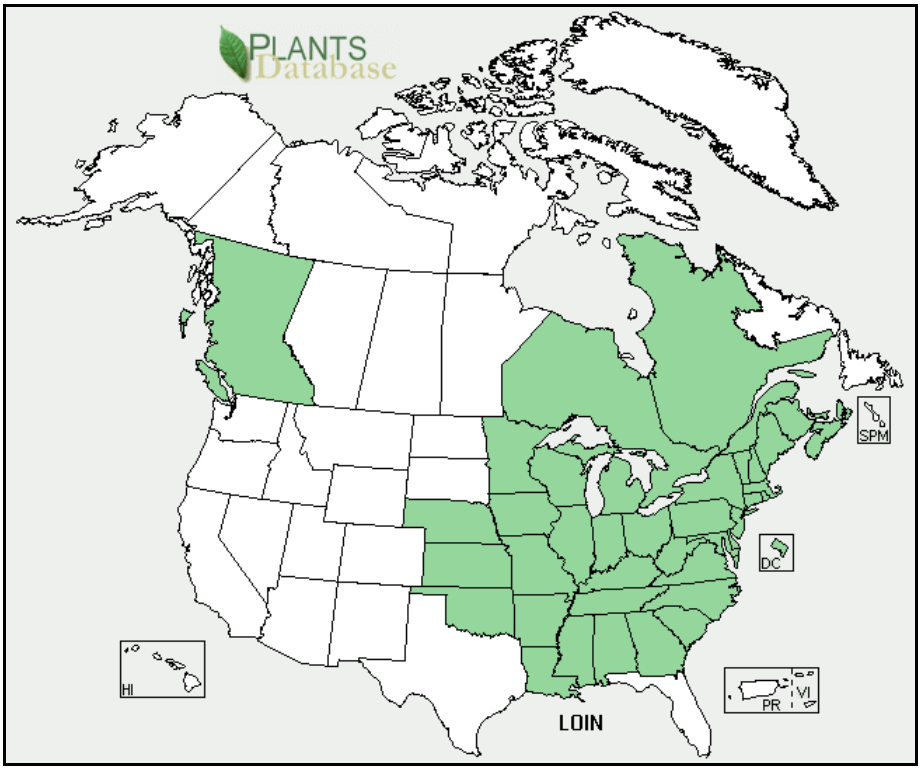
2.3. *Lobelia inflata* elterjedése

Az indián dohány főként az Amerikai Egyesült Államok és Kanada keleti területein (URL[3]) vadon élő növény. Észak-Amerika nyugati részén, a kanadai Brit-Kolumbia kivételével nem fordul elő. Oroszországban, a Kamcsatka- félszigeten is előfordul (URL[4]) a lobélia. Környezeti igénye alapján a mérsékelt éghajlati övezet (nedves-, illetve száraz kontinentális öv) növényei közé sorolható.

Az indián dohány elterjedési területe az észak-amerikai kontinensen (5. ábra):

1. *Kanadában (6 állam)*: British Columbia, New Brunswick, Nova Scotia, Ontario, Prince Edward Island, Québec
2. *Amerikai Egyesült Államokban (34 állam)*: Alabama, Arkansas, Connecticut, Delaware, Georgia, Illinois, Indiana, Iowa, Kansas, Kentucky, Louisiana, Maine, Maryland, Massachusetts, Michigan, Minnesota, Mississippi, Missouri,

Nebraska, New Hampshire, New Jersey, New York, NorthCarolina, Ohio, Oklahoma, Pennsylvania, Rhode Island, South Carolina, Tennessee, Vermont, Virginia, Washington D.C, West-Virginia, Wisconsin



5. ábra. Az indián dohány elterjedési területe (zöld színnel) az észak-amerikai államokban (URL[3])

2.4. *L. inflata* ökológiai igénye

A *Lobelia inflata* ökológiai igényét jellemzik a növény előfordulásának helyei: útszéli területek, erdők, részlegesen árnyékos területek. A *L. inflata* tűrőképessége: a száraz és a nedves területekig, a lejtős kitettséget kedveli. Virágzási időszaka: kora nyártól (július) ősz közepéig (október) (URL[5]).

Fény

Az árnyékostól a teljes napsütéses területig terjed (teljes napsütéses terület: 6 óráig vagy annál több közvetlen napsütéses óra éri a növényt) (URL[2]).

Talaj

A lobélia termesztésében nagy jelentőséggel bíró tényező a talaj pH, melynek ideális értéke 4,1-5,8 pH (KROCHMAL és WILKEN, 1970), illetve a 4,5-7,5 pH érték közé tehető (URL[2]), azaz inkább a savanyú talajt kedvelő, acidofil növény. Talaj típust tekintve elsősorban a homokos vályog, agyagos vályog talajokat részesíti előnyben. A műtrágyázás hatását tekintve azonban némileg ellentmondóak az eredmények. Más vizsgálatok szerint (MAKU, 1929), viszont a növényi vegetativ szervek tömege foszfor és ammónium-szulfát műtrágyázás hatására nő meg. Ennek látszanak ellentmondani MASCRE és GENOT (1932) kísérletei, különböző nitrogén, foszfor és kálium formák kijuttatásával. Megállapításaik szerint a műtrágyázással csupán a növények friss tömege növelhető, s

a műtrágyázás hatására az alkaloidtartalom, akár 2,5-szeres csökkenést is mutatott. Egyes kutatók szerint (BARNER, 1941) a K_2O ellátásnak volt alkaloid termelést fokozó hatása. HOFFMAN (1949) szerint a magas nitrogén és P_2O_5 dózisok hatására megnövekedett az alkaloidtartalom. FLUCK (1954) szerint az alkaloidtartalom alakulására jelentős hatással van a talaj tápanyaggal való ellátottsága. TAKÁCS-HÁJOS és munkatársainak (2007) a kísérletei alapján a növény friss tömege és összalkaloid tartalma is növekedett a $MgSO_4$ kezelés hatásával.

Speciális igények a csírázás során

A *L. inflata* magok csírázásához szükséges a fény (MUENSCHER, 1936; BASKIN és BASKIN, 1992; SIMONS és JOHNSTON, 2006). MUENSCHER (1936) megállapította, hogy a csírázáshoz szükséges fényigényt hosszú időn keresztül megőrzi. A *L. inflata* magok raktározva (5 évig száraz körülmények között) sem veszítették el fényigényüket a csírázásra. Egy másik kísérletben (BASKIN és BASKIN, 1992) azt vizsgálták, hogy a talajban megőrzi-e a mag hosszabb időre az életképességét. Különböző ideig (0–28 hónap) vízzel nedvesített, majd földbe temetve különböző hőmérsékleti periódus között tartott *L. inflata* magvak csírázását vizsgálták a földfelszínre hozatalukat követő 14 órás megvilágítást követően. A 15 napos földbeli inkubáció után a megvilágítás hatására a magok 2–15%-a csírázott, 4 hónap után a magok 68–100%-a csírázott ki. Sötétben a magok nem csíráztak, függetlenül, hogy mennyi ideig voltak a földben. Következésképpen a lobélia magvak a

földben maradva képesek hosszabb ideig megőrizni csírázási képességüket és a kedvező évszakban fény hatására kicsírázni. KELLY (1992) az üvegházban nevelt növényeknél megállapította, hogy a többször öntözött növények nagyobbra nőttek, mint a kevésbé öntözött példányok. A termések- és a magok mérete között viszont nem találtak szignifikáns korrelációt. SIMONS és JOHNSTON (2000) szerint a csírázási idő befolyásolja a mag életképességét. A mag méretével a növény végső mérete, illetve az őszig történt túlélés valószínűsége szignifikáns összefüggésben állt. Megállapították, hogy a disztális helyzetű termésekben nagyobb, de kevesebb mag képződött.

Tekintettel a rendelkezésre álló szakirodalmi leírások szűkösségére, érdemes áttekinteni a rokon, egyéb lobélia fajok ökológiai igényét is.

Törpe lobélia (*Lobelia erinus*)

A kék lobélia (6. ábra), évelő faj, csüngő és álló változattal, nem nő nagyra, magassága nem haladja meg a 25 centimétert. Májustól-októberig virágzik. Dél-Afrikában (Malawi, Namíbia, Dél-afrikai Köztársaság) őshonos, ahol fagymentesen tudják teleltetni. Általában egynyári virágként nevelik (URL[6]).

A *L. erinus* hatóanyag tartalmát TANAKA és mtsai (1996), illetve ISHIMARU (1997), a kallusz és sejtszuszpenziós kultúrák poliacetilén (lobetiol, lobetiolin, lobetiolinin) termelését vizsgálták.

6. ábra. *L. erinus* palántanevelés (Mosonmagyaróvár)

(Fotó: Vojnich, 2011)

Fényigény, hőigény

Eredeti élőhelye Dél-Afrika, ezért nálunk is jól viseli a meleget, a nyári napsütést és a hőséget. A lobélia kedveli a napfényt, de félárnyékos hellyel is megelégszik.

Vízigény

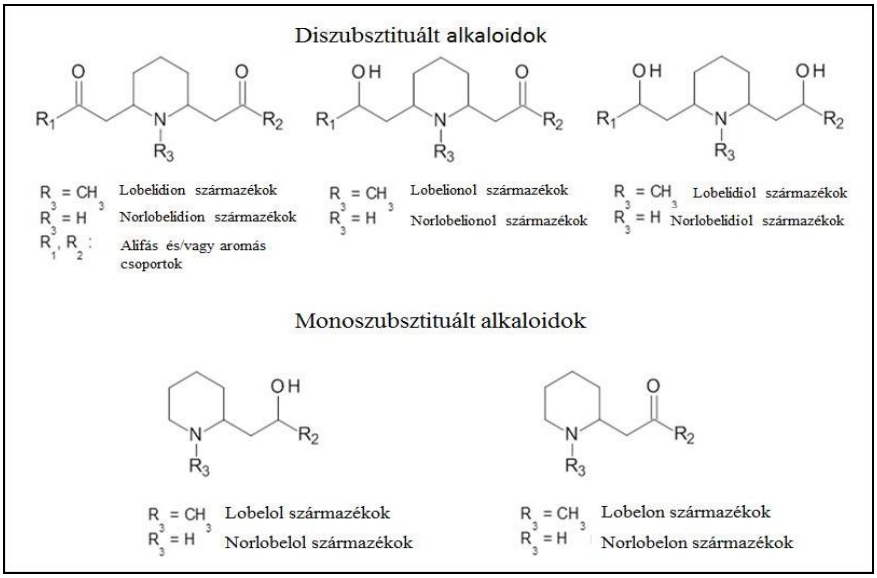
Az átmeneti szárazságot még elviseli, de ilyenkor gyakran elfonnyadnak a hajtáscsúcsai, viszont egy alapos öntözés után ismét életre kel (regenerálódik) a növény. Rendszeres öntözést igényel, ha lehet, a földje mindig legyen nedves.

Csírázás

A csírázás 18 °C-on, körülbelül 7-14 napot vesz igénybe. A magok fényen csíráznak, ezért a vetést nem takarják be földdel. Fokozottan ügyelni kell a vetőközeg nedvesen tartására (URL[6]).

2.5. *Lobelia inflata* hatóanyagai, kémiai jellemzése

Az indián dohány számos piperidin vázas alkaloidot tartalmaz. Szerkezetük szerint megkülönböztetünk monoszubsztituált- és diszubsztituált származékokat (7. ábra) (SCHÖPF és mtsai, 1957; FELPIN és LEBRETON, 2004; KURSINSZKI és mtsai, 2008). A monoszubsztituáltak lobelol, illetve lobelon alapvázúak. A diszubsztituáltak lobelionol, lobelidion és lobelidiol alapvázúak (HEGNAUER, 1966; TEUSCHER, 1979; BLASCHEK és mtsai, 1998). A vegyületek ciszizomeráció vagy transzizomeráció a piperidin gyűrűhöz kapcsolódó szubsztituensek helyzetének megfelelően.



7. ábra. *L. inflata* alkaloidok szerkezetük szerint.

(Szőke és mtsai, 2013)

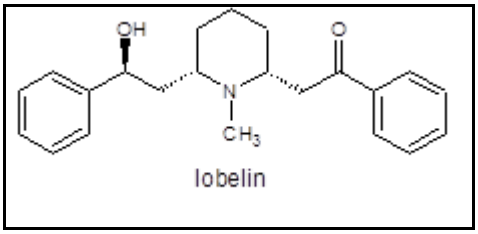
Monoszubsztituált szerkezetűek:

1. lobelol alapvázú: (-) allosedamin; (+) 8-etil-norlobelol
2. lobelon alapvázú:

Diszubsztituált szerkezetűek:

1. lobelionol alapvázú: lobelin (PAPP, 2011); lobelanin; 8-etil-10-fenil-norlobelidion; norlobelanin
2. lobelidion alapvázú: lobinin (transz); izolobinin (cisz)
3. lobelidiol alapvázú: 8-metil-10-etil-lobelidiol; 8,10-dietil-lobelidiol; (+) 8-metil-10-fenil-lobelidiol; lelobanidin I (cisz); lelobanidin II (transz); lobelanidin; lobinanidin; izolobinanidin (cisz); norlelobanidin; norlobelanidin (cisz).

A lobelin (8. ábra) összegképlete: $C_{22}H_{27}NO_2$ (HENRY, 1949), molekulatömege: 337,47 (MUHTADI, 1990). A lobelin térbeli szerkezetét Alchemy-III programmal számították ki az NMR adatok figyelembevételével (SZŐKE és mtsai, 1998).



8. ábra. A lobelin szerkezeti képlete.

(Felpin és Lebreton, 2004)

Hatóanyag vizsgálati módszerek áttekintése

Az összalkaloid tartalom meghatározását két csoportra lehet osztani: a titrimetriás és a spektrofotometriás (1. táblázat) módszerekre.

A titrimetriás módszerek leírásai szerepelnek a következő gyógyszerkönyvekben: Svájci Gyógyszerkönyv (1953), Csehszlovák Gyógyszerkönyv (1954), Osztrák Gyógyszerkönyv (1960), Lengyel Gyógyszerkönyv (1970), Francia Gyógyszerkönyv (1972), Angol Gyógyszerkönyv (1988).

1. táblázat. Összalkaloid tartalom mérési módszerek.

Módszer	Szerző(k)	Évszám
Spektrofotometriás módszerek	LUCKNER és mtsai	1968
	ELSAYED és mtsai	1978
	MAHMOUD és EL-MASRY	1980
	KRAJEWSKA	1986

A lobelin tartalom mérésére (2. táblázat) háromféle módszert lehet alkalmazni: titrimetriás; spektrofotometriás; HPLC.
Titrimetriás módszerek leírásai: LIST és HÖRHAMMER (1976), Osztrák Gyógyszerkönyv (1981).

2. táblázat. Lobelin tartalom mérési módszerek

Módszerek	Szerző(k)	Évszám
Spektrofotometriás módszerek	STEINEGGER és OCHSNER	1956
	KACZMAREK	1960
	KROCHMAL és mtsai	1972
	KRAJEWSKA	1986
HPLC (nagy teljesítményű folyadék kromatográfia) módszerek	YONEMITSU és mtsai	1990
	BÁLVÁNYOS és mtsai	2002
	KURSINSZKI és mtsai	2008

Tápanyagellátás hatása a hatóanyag-tartalomra

A hatóanyag-termelés optimalizálása (BÁLVÁNYOS, 2002; TAKÁCS-HÁJOS és mtsai, 2007), (*in vivo* és *in vitro* feltételek között) elsősorban a tápanyagellátás (magnézium, nitrogén műtrágyakezelések) módosításával valosítható meg.

2.6. *Lobelia inflata* szaporítása

2.6.1. *In vitro* szaporítás

Az indián dohány termesztése magvetéssel történő szaporítással és ezt követő palánta neveléssel történhet (URL[9]).

Magyarországon KRAJEWSKA és SZŐKE (1989) tanulmányozták a növekedési regulátorok és prekurzor aminosavak hatását a *L. inflata* organizált vegetatív típusú kultúrák növekedésére, illetve hatóanyagképzésére. Az indián dohány *in vitro* tenyésztését a Semmelweis Egyetem Farmakognózia Intézetében kezdték el (SZŐKE és mtsai, 1992). A sterilizált *Lobelia inflata* magok csíráztatását 12/12 óra világos/sötét fotoperiodust alkalmazva nevelték ½ makroelem töménységű MS táptalajon. A táptalaj makroelemeket (KNO_3, NH_4NO_3, $CaCl_2$, $MgSO_4$, KH_2PO_4), mikroelemeket ($MnSO_4$, $ZnSO_4$, H_3BO_3, KI, $CuSO_4$, Na_2MoO_4, $CoCl_2$, $FeSO_4$, Na_2EDTA) és vitaminokat (Inozit, Tiamin, Nikotinsav, Piridoxin) tartalmaz. A részletes leírást az *Anyag és módszer* fejezet 8. táblázata mutatja. A

kultúrák *in vitro* tenyésztésére az ½ makroelem töménységű MS és B5 szilárd táptalaj egyaránt alkalmasnak bizonyult.

Ezek a kísérletek alapul szolgálhatnak az *in vitro* szaporítás számára is. A kultúrák szaporítását magvetéssel és vegetatív módszerrel, a növények leveles szárának lemetszésével, majd szilárd táptalajra történő paszálásával hajtották végre.

Az *in vitro* körülmények között nevelt növényeknek kiültetés előtt akklimatizációra, adaptációra van szüksége. Ennek elősegítése érdekében a tápközeget kiegészítettük 0,5 mg/l IVS + 2 ml Wuxal elegyével. A kultúrák átültetését a táptalajra történt paszálástól számított 2,5 hetes korukban végezték. A növényeket műanyag poharakba helyezett földkeverékbe ültették át, s ezt követően a növények felett nylon hálót feszítettek ki, melyet a fényhez való adaptáció során fokozatosan távolítottak el. Az üvegházban a növényeket 30±10 ˚C hőmérsékleten 5-6 héten keresztül nevelték. A párásítás a hőmérséklet függvényében történt. Az üvegházi akklimatizációt követően a szabadföldbe ültették ki a palántákat (BÁLVÁNYOS, 2002).

2.6.2. *In vivo* szaporítás

Apró magja miatt a *Lobelia inflata* szabadföldi vetése több problémát okozhat, ezért a magot januárban vagy februárban vetik el üvegházban. A mag nagyon apró, ezért homokkal keverik. A palántákat május-június hónapban ültetik ki a szabadföldbe (URL[10]). A szakirodalom szerint (KROCHMAL és mtsai, 1971) a sortávolság

30,5 - 61 cm (1-2 láb). Egy angol holdra (4047 m^2) 21.780 darab palántát ültettek ki, így 1 hektárra 53.817 db palánta szükséges. A GVOP kutatási jegyzőkönyv alapján a palántákat 30 cm-es sortávra és 15 cm-es tőtávra vagy 45 cm-es sor- és 25 cm-es tőtávra ültették ki (SZŐKE és MÁTHÉ, 2007), ezáltal egy hektárra 120–180 ezer palánta került ki a szántóföldre. Az indián dohány eredményesen tud növekedni a napfényes helyeken, de árnyékos területeken is megél (URL[2]). Optimálisan fejlődik a nehéz agyagos talajon. Rendszeres öntözést igényel. Virágzási időszak júliustól szeptemberig tart (KROCHMAL és mtsai, 1970). A betakarítás ideális időpontja augusztus és szeptember között van, amikor a növény föld feletti része begyűjthető (URL[4]).

2.7. *Lobelia inflata* felhasználása

A *L. inflata* őshazája Észak-Amerika, az Appalache-hegység (KROCHMAL, 1968; KROCHMAL és mtsai, 1969), ahol az indiánok hánytatószerként használták a herbáját. Egy etnobotanikai feljegyzés szerint az indiánok szertartásaikon és gyógyászatban is alkalmazták, még a „fehér ember” megjelenése előtt. Az indián dohányt, szilfa háncsot, az amerikai vasfa háncsot és a ginseng gyökeret porrá törték és ennek a keverékét tubákolták (KINDSCHER és HURLBURT, 1998).

A botanikai szakirodalmban Matthias de L’Obel (1538-1616) flamand orvos-botanikus írta le először a növényt a XVI. század második felében (HEEGER, 1956). A modernkori botanika egyik

mérföldkövének számít az 1571-ben írt *Stirpium adversaria nova* című műve, melyben írt a *Lobelia inflata* növényről. A gyógyászati növényekről 1605-ben publikált művében, megemlíti az indián dohány gyógyhatásait (URL[7]).

A Lobelia nemzetséget Charles Plumier botanikus (1646-1706) nevezte el Matthias de L'Obel-ről (MOTTRAM, 2002). Az inflata fajnév pedig a növények hólyagosan felfújt tokterméseire utal (LUCKNER és mtsai, 1968).

Írásos feljegyzés van a porhonrojtfűről (lobéliáról), hogy a XIX. század második felében már fellelhető volt Magyarországon (WAGNER és mtsai, 1871).

CLARKE, 1986 leírása szerint a XVIII. században Dr. Cutler *allopata* orvos, saját magán alkalmazta a drogot és szemléletesen írja le a saját magán tapasztalt hatásait. A leírás szerint Cutler már tíz éve szenvedett asztmában és nagyon súlyos elhúzódó rohamai voltak. Egy roham közepén bevett egy evőkanál friss lobélia-tinktúrát, amitől három vagy négy perc múlva szabaddá vált a légzése. A növény nagy közkedveltségre tett szert, mint a légzőszervek görcsös panaszainak gyógyszere (SCHWARZ, 1990). A lobélia tincturát 8 gramm összevágott porhonrojtfűből készítették el. Európába először Samuel Thomson ajánlotta Londonban (1807), légzésstimuláló hatása miatt, asztma elleni terápiaként (RICHTER, 1939; FELPIN és LEBRETON, 2004). Az indián dohányt 1820-1830 között sorolták be az Egyesült Államok Gyógyszerkönyvébe (U.S.P., United States Pharmacopeial) (FLANNERY, 1998). Amerikában, kereskedelmi forgalomban két elnevezése ismert: leveleit „indian tobacco" néven forgalmazzák, mint

pipadohány, valamint „emetic herba”-ként, mint hánytatószer (LIST és HÖRHAMMER, 1976). A *L. inflata* korábbi magyar nevei voltak: lobélia, asztmagyom, indián dohány, hánytató gaz, okádó fű, hólyaghüvely, szemfényes (URL[8]). A lobelia alkaloidjait először Procter mutatta ki 1850-ben a magvak éteres kivonatából. A XX. század elején Wieland és Scheuing izolálták az első alkaloidokat az indián dohányból (BERGER, 1954).

A drogot szolgáltató herbát virágzáskor, vagy közvetlenül virágzás után gyűjtik és felaprítva hozzák forgalomba. Számos betegség kezelésére (pl. asztma, szamárköhögés) (HOFFMANN, 1991) is alkalmazzák. Nikotinszerű hatása miatt pedig dohányzásról leszoktató készítményekben is felhasználják (KROCHMAL és mtsai, 1971; PETRI és mtsai, 1989; GOTTFRIED, 2001; BÁLVÁNYOS, 2002).

Fontos megemlíteni, hogy a *Lobeliae herba*-t és a *Tinctura Lobeliae*-t több gyógyszerkönyv is hivatalossá tette pl. lengyel, svájci, francia, brit, olasz (PHARMACOPEA HELVETICA V. 1953 CIT.; FARMAKOPEA POLSKA IV. TOM II. 1970; PHARMACOPEE FRANCAISE IX. 1972 CIT.; FARMACOPOEA UFFICIALE DELLA REPUBLICA ITALIANA VIII. 1972; BRITISH PHARMACOPOEIA 1988).

KROCHMAL és munkatársai (1971) értékelése szerint Kentucky államban, 1970-ben, a *L. inflata* drogból nyert lobelin eladási ára: 0,25-0,80 $/font (1 font=0,453 kg) között változott. Különböző társaságok kiszámolták, hogy megközelítőleg egy évben mekkora mennyiségű indián dohány tablettát lehet készíteni (eltérő

államban), ha a tabletta 0,5-2,0 mg lobelin tartalmú. Az eredmények a következők:

- Észak-Karolina állam: 50-70 ezer font (22.680-34.020 kg/év)
- Minnesota állam: 300-400 font (136-181,4 kg/év)
- Virginia állam: 30 ezer font (13.608 kg/év) (KROCHMAL és mtsai, 1970)

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

A szabadföldi kísérleteimet mindhárom év vizsgálatát (2010, 2011, 2012) Mosonmagyaróváron, a Nyugat-magyarországi Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, botanikai tankertjében állítottam be (9. ábra).

9. ábra. *L. inflata* a botanikai tankertben (Mosonmagyaróvár)

(Fotó: Vojnich, 2010)

3.1. A kísérleti terület talaja

A tankert talajvizsgálati eredményei alapján megállapítást nyert, hogy a talaj semleges (pH: 7,12) (URL[11]). Az indián dohány termesztésére a savanyú és semleges talaj kedvező. Magyarország mezőgazdasági területének 25%-a savanyú talajjal rendelkezik. A foszfor vegyület általában alacsony pH esetén az oldódó Fe- és Al ionokkal, gyengén lúgos körülmények között pedig a Ca ionokkal alkotnak rosszul oldódó sókat. A foszfor oldhatósága számára ez a pH tartomány (pH 6,8-7,2) a legkedvezőbb, így könnyen felvehető tápanyagot jelent a növények számára. A botanikai tankert talaj humusztartalmának értéke közepesnek mondható (az átlag érték 2-5%). Az Arany féle kötöttségi szám (KA=42) alapján a talajtípusa vályog, agyagos vályog, mely a kötöttségi skálán közepes minőségű (SZŰCS és SZŰCS, 2008; STEFANOVICS és mtsai, 2008).

A talajvizsgálati eredmények alapján készült tápanyag-gazdálkodási terv szerint N:P:K=15:15:15 kg/ha hatóanyag tartalmú alapműtrágyát juttatam ki a területre. Az 5 kg-os NPK műtrágya tápanyag összetétele: összes N 15% (ammónia-nitrogén 10,7%; karbamid-nitrogén 4,3%); semleges ammónium-citrátban és vízben oldódó P_2O_5 15% (P 6,5%); vízben oldódó P_2O_5 14,3% (P 6,2%); vízben oldódó K_2O 15% (K 12,5%); vízben oldódó SO_3 20% (S 8%).

A kísérleti terület talaj analízisét (3. és 4. táblázat) a kiértékelését az UIS Ungarn Laboratory Kft. (Mosonmagyaróvár) végezte el.

3. táblázat. A kísérleti terület talajának jellemzői (2010)

Megnevezés	Mértékegység	Érték
pH_{KCL}	-	7,12
KA	-	42,0
Só%	m/m%	0,02
Humusz%	m/m%	3,08
$CaCO_3$%	m/m%	10,7
P_2O_5	mg/kg	358
K_2O	mg/kg	518
Na	mg/kg	54,3
Mg	mg/kg	310
NO_2-NO_3-N	mg/kg	20,1
SO_4	mg/kg	8,75
Cu	mg/kg	4,21
Mn	mg/kg	20,4
Zn	mg/kg	18,5

4. táblázat. A kísérleti terület talajának jellemzői (2012)

Megnevezés	Mértékegység	Érték
pH_{KCL}	-	7,38
KA	-	40,8
Só%	m/m%	0,02
Humusz%	m/m%	1,70
$CaCO_3$%	m/m%	18,6
P_2O_5	mg/kg	344
K_2O	mg/kg	587
Na	mg/kg	72,8
Mg	mg/kg	177
NO_2-NO_3-N	mg/kg	12,3
SO_4	mg/kg	25,0
Cu	mg/kg	3,30
Mn	mg/kg	17,1
Zn	mg/kg	5,09

3.2. A kísérleti terület meteorológiai adatai

A 2010. évben mértem a legtöbb csapadékot, 2 hónap alatt (május, június) **250,3 mm** hullott. A 2011. évben a csapadék mennyiség eloszlása kevesebb (májusban és júniusban összesen 163,6 mm), mint amit 2010-ben mértem. A 2012. év volt a legszárazabb, mert 2 hónapon belül (május, június) csak 92,3 mm eső esett.

A napsütéses órák összes száma a 2010. évben 396 óra (május és június). A 2011. évben már **596,5 órát** mértem (május, június). A második éves kísérletben mértem a legtöbb napsütéses órát (májustól-augusztusig **1109,8**). A 2012-es évben az V. és a VI. hó összes napsütéses óráinak száma 498,7 óra volt.

Az átlag hőmérséklet (˚C) értékének az alakulása két hónapra lebontva (május, június) a következő: A 2010. évben mértem a legkevesebbet (16,85 ˚C); A 2011-es évben mért átlag hőmérséklet 17,9 ˚C; A 2012 kísérleti évben, a hőmérséklet értéke 18,95 ˚C. A 2012. évben tapasztaltam a legnagyobb átlag hőmérsékletet (20,47 ˚C). Három egymást követő hónapban (június, július, augusztus) **20,8-22,2 ˚C** között volt a havi átlag hőmérséklet. Ez idő alatt csapadék nem esett.

A kísérleti terület a következő meteorológiai adatokkal jellemezhető (5. táblázat):

5. táblázat. Meteorológiai adatok (Mosonmagyaróvár, 2010-2012)

Hó	Csapadék (mm)			Napsütéses órák száma (ó)			Hőmérséklet (˚C)		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
I.	39,5	16,5	52,5	41,0	57,5	93,5	-2,6	-0,1	2,0
II.	16,6	5,6	18,8	72,9	109,7	103,8	0,8	-0,2	-2,5
III.	15,5	37,4	6,2	164,2	183,4	207,8	6,3	6,2	8,3
IV.	72,4	18,9	25,0	228,2	225,6	221,3	10,8	12,8	11,6
V.	*150,3*	*31,9*	*37,0*	*153,3*	*329,9*	*251,3*	*14,8*	*15,9*	*17,1*
VI.	*100,0*	*131,7*	*55,3*	*242,7*	*266,6*	*247,4*	*18,9*	*19,9*	*20,8*
VII.	54,2	72,4	108,6	328,7	204,5	255,0	22,3	19,7	22,2
VIII.	107,5	52,1	13,4	245,5	308,8	295,3	19,8	21,2	21,8
IX.	83,9	17,2	28,1	155,2	240,4	180,6	14,1	18,2	17,5
X.	29,6	43,6	61,8	124,1	155,0	123,4	7,8	10,0	10,5
XI.	46,3	0,0	n.a.	67,8	78,4	n.a.	7,5	2,8	n.a.
XII.	31,4	19,0	n.a.	44,9	46,4	n.a.	-2,3	2,9	n.a.
Összes	**747,2**	**446,3**	**406,7**	**1869**	**2206**	**1979**	-	-	-
Átlag	-	-	-	-	-	-	**9,85**	**10,78**	**12,93**

A lobélia kezdeti növekedése szempontjából a május-júniusi időjárásnak van fokozott jelentősége. Ezeket az adatok az 5. táblázatban dőlt számokkal jelzem.

3.3. A kísérletek növényanyaga

Kísérletemhez klimatizált üvegházban, magvetéssel és *in vitro* mikroszaporítással előállított indián dohány palántákat használtam fel (10. és 11. ábra). A lobélia vetőmag a kanadai Richters cégtől (Kanada, Ontario állam) származott.

A kísérletek későbbi szakaszaiban a saját termesztésű növények terméseit és magjait gyűjtöttem be és használtam fel szaporításra.

Az *in vitro szaporított* növényeket a Semmelweis Egyetem, Farmakognózia Intézet biotechnológia laboratóriumában klónozással állítottuk elő.

10. ábra. Klímaszobában nevelt *in vitro L. inflata*. (Budapest, Semmelweis Egyetem) **(Fotó: Bányai, 2010)**

11. ábra. Üvegházban nevelt magvetett és *in vitro* szaporított lobélia palánták (Mosonmagyaróvár) **(Fotó: Vojnich, 2010)**

3.3.1. Magvetett növények üvegházi palántanevelése

A növények szaporítása generatív módon magvetéssel történt. A magvetést szaporítóládába, virágföldbe végeztem, klimatizált üvegházban. A magvetést minden év januárjában végeztem el a szaporítóládákban. A szaporítóládát üveglappal fedtem le, hogy magasabb hőmérsékletet biztosítsak, és a virágföld ne száradjon ki gyorsan. Fokozott figyelmet fordítottam a virágföld kiszáradásának megakadályozására. Két héttel a vetés után, a magok elkezdtek csírázni. Az üveglapokat a 3-4. héten távolítottam el. A 2010. és 2011.

évben a *Leier*-féle földet használtam fel. A *Leier* virágföld összetétele: 80% tőzeg (enyhén bomlott felláptőzeg, erősen bomlott fekete tőzeg); 15% kéreg és/vagy kertből és zöldterületekről származó komposzt; 2% agyag; 3% tápanyag kiegyenlítés ásványi műtrágyával (NPK műtrágya 1,5 kg/m^3). Tápanyag összetevők: 200-500 mg/l N; 200-500 mg/l P_2O_5; 300-600 mg/l K_2O; 5-7 pH; <3,0 g/l sótartalom; összes vízben oldható sótartalom (m/m%) száraz anyag legfeljebb 2,0; összes N tartalom (m/m%) száraz anyag legalább 0,5; összes P_2O_5 tartalom (m/m%) száraz anyag legalább 1,0; összes K_2O tartalom (m/m%) száraz anyag legalább 0,2.

A fejlődésnek indult palántákat Wuxal-lal permeteztem le két hetes periódusokban (keverési arány: 10 liter vízben 10 ml Wuxal). A Wuxal növekedés-szabályzó tápanyag összetétele:

➢ *Makroelemek*	*tömeg %*	*térfogat %*
N (nitrogén)	8	9,9
P_2O_5 (foszfor)	8	9,9
K_2O (kálium)	6	7,4

➢ *Mikroelemek*	*mg/kg*	*mg/l*
B (bór)	100	124
Cu^+ (réz)	40	49
Fe^+ (vas)	200	248
Mn^+ (mangán)	120	148
Mo (molibdén)	10	12
Zn^+ (cink)	40	49

A sűrűn csírázott növényeket április-májusban egy alkalommal pikiroztam (tűzdeltem), a kitültetés előtt. A magvetéstől a kiültetésig 3-4 hónap telt el. Az üvegházban hőmérséklete 20 – 30 ˚C között változott. A magas hőmérsékletet (35 ˚C felett) árnyékoló függönnyel és a kereszthuzattal csökkentettem. A szabadföldi kiültetésre a pikírozást követő 3.-5 héten került sor.

3.3.2. *In vitro* szaporított növények üvegházi akklimatizálása

Az *in vitro* mikroszaporításra a Semmelweis Egyetem, Gyógyszerésztudományi Kar Farmakognózia Intézet laboratóriumában történt. A sterilizált *L. inflata* magok csíráztatását 8 héten keresztül, 12/12 óra fény/sötét fotoperiodust alkalmazva 24+/-2 ˚C hőmérsékleten neveltem ½ makroelem tartalmú MS (MURASHIGE-SKOOG, 1962) szilárd táptalajon. A kultúrák szaporítását vegetatív módszerrel, a növények leveles szárának lemetszésével, majd szilárd táptalajra történő leoltásával hajtottam végre. A kultúrák *in vitro* tenyésztésére az ½ MS és B5 szilárd táptalaj egyaránt alkalmasnak bizonyult (BÁLVÁNYOS, 2002). A Semmelweis Egyetem laboratóriumában előállított *in vitro* lobélia „palánták”-at a NYME-MÉK Növénytani Tanszék üvegházaiban akklimatizáltam, Mosonmagyaróváron. Az üvegházi nevelés kezdete minden évben áprilisra esett. A palánták többsége már az üvegházi nevelés alatt magszárat fejlesztett.

A szabadföldi kiületés idejére a palánták jelentősen megerősödtek, s némely esetben a 20 cm magasságot is elérték.

Törekedtem arra, hogy szabadföldi kiültetésre a viszonylag azonos fejlettségű növénykék kerüljenek. Az *in vitro* kultúrákat a *Hahóti*-féle virágföldbe ültettük át. A virágföld összetétele: Hahóti tőzeg (90 térfogat %); Novabalt (10 térfogat %). EK műtrágya (1 kg/m^3). Az alkotórészek tartalma: térfogattömeg (kg/dm^3) legfeljebb 0,6; pH (10%-os szuszpenzióban) 5,9-7,0 ± 0,5; szárazanyag tartalom (m/m%) legalább 45,0; szervesanyag tartalom (m/m%) száraz anyag legalább 75,0; összes vízben oldható sótartalom (g/kg) legalább 2,0; szemcseösszetétel 20 mm alatt (m/m%) száraz anyag 100,0; összes N tartalom (m/m%) száraz anyag legalább 2,5; összes P_2O_5 tartalom (m/m%) száraz anyag legalább 0,2; összes K_2O tartalom (m/m%) száraz anyag legalább 0,3; As (asztácium) tartalom (mg/kg) száraz anyag legfeljebb 15,0. Az *in vitro* kísérleteim során nem alkalmaztam genetikailag transzformált növényeket. Az *in vitro* palánták 6 hetes akklimaticációs idő után ültettük ki az üvegházból a szabadföldbe.

3.3.3. Palánták kiültetése

Az indián dohány palánták, a palántanevelő sejttálcákból a virágfölddel együtt lettek kiültetve a kísérleti területre. A kézi ültető eszköz segítségével készítettem el a 9-10 cm mélységű lyukakat, amibe a földlabdás palántákat beültettem. A palántákat 30 cm sortávolságra, illetve 15 cm tőtávolságra ültetetem ki a kísérleti területen. A vetést megelőző napon történt a N-műtrágya (NH_4NO_3 34%) és a Mg-műtrágya ($MgSO_4$ 2%) kijuttatása a művelt talajba. A kezeléseket négy ismétlésben, random elhelyezésben végeztem el

(2010-ben 27 db -, 2011-ben 40 db -, míg 2012-ben 39 db növény volt ismétlésenként).

A növénypalántákon kvantitativ, morfologiai felvételezést végeztem, a különböző méréseket eltérő időpontokban készítettem (6. táblázat). A növénymagasságot (cm) 3-4 alkalommal mértem le, ezzel egyidejűleg a tőlevelek számát (db), a tőlevelek hosszirányú és keresztirányú szélességét (cm) is (6. táblázat). Ezen értékekből kiszámoltam a kezelésenkénti mért átlag növénymagasságot (cm), illetve az tőlevél felület értéket (cm^2).

6. táblázat. Adat felvételezési időpontok (2010-2012)

	2010	**2011**	**2012**
magvetés az üvegházban	2010.01.15.	2011.01.22.	2012.01.16-17.
***in vitro* palánták az üvegházba**	2010.04.28.	2011.04.12.	2012.04.24.
palánták áttűzdelése a sejtnevelő tálcákba	2010.05.01-05.	2011.04.27-05.02.	2012.05.14-16.
kiültetés a szabadföldbe	2010.06.15.	2011.05.26-27.	2012.06.04-05.
mérési időpontok	2010.07.08. 2010.07.17. 2010.07.24. 2010.08.01.	2011.07.22. 2011.07.29. 2011.08.07.	2012.07.31. 2012.08.15. 2012.08.22. 2012.08.30.
betakarítás ideje	2010.08.05-06.	2011.08.09-10.	2012.08.30.

3.3.4. Növényápolási munkák

I. Kártevők elleni védekezés

A *L. inflata* üvegházi nevelés ideje alatt nem találkoztam kórokozóval, illetve kártevővel. A 2010-es szabadföldi kísérlet során tapasztaltam meg, hogy a növény állományt károsítja a spanyol csupasz csiga (*Arion vulgaris*), és az éti csiga (*Helix pomatia*). A szakirodalom is utal arra, hogy a harangvirágfélék családjába tartozó növényeket károsítják a csigák (URL[12]). A kártétel mintegy 90%-át a spanyol csupasz csiga okozta (12. ábra), és a fennmaradó 10%-ot az éti csiga. A 2010-es esztendő nagyon csapadékos volt, ez is hozzájárult, hogy a kísérleti területen nagyon elszaporodtak a csigák. A kiültetést követő napokban (június 15-e után) hatalmas kárt okoztak a lobélia állományban, ezért csigaölő szert (Carakol-6) alkalmaztam. A csigák elleni védekezés sikeres volt. A Carakol-6 nevű csigaölő szer 6% metaldehid hatóanyagot tartalmaz, 6 kg/ha vagy 0,6 g/m^2 dózisban szükséges alkalmazni, vízi szervezetekre mérsékelten veszélyes.

12. ábra. Spanyol csupasz csiga (*Arion vulgaris*) kártétele (Mosonmagyaróvár) **(Fotó: Vojnich, 2010)**

II. Gyomirtás

A kutatási területen vegyszeres gyomirtást nem alkalmaztam, hanem csak mechanikai (kapálás) gyom elleni védekezést. Három hetes periódusonként kapáltam (13. ábra).

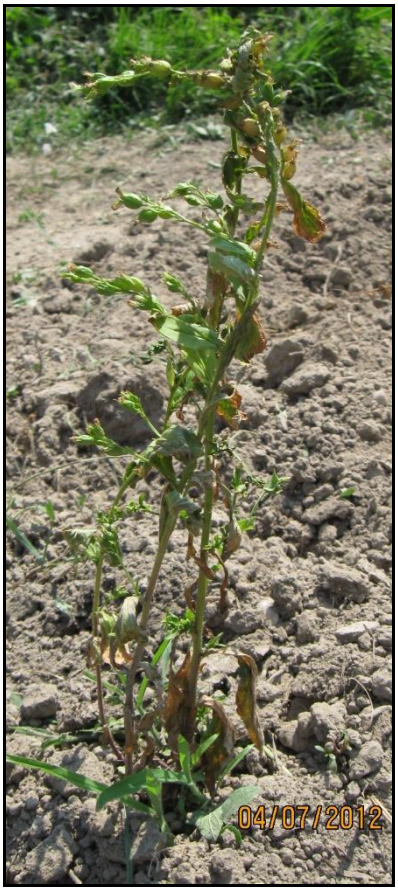
13. ábra. Gyomnövények a *L. inflata* kultúrában (Mosonmagyaróvár)

(Fotó: Vojnich, 2010)

3.4. Áttelelt *L. inflata* növények

2011. és 2012. kísérleti évben az áttelelt indián dohány (14. ábra) növényeket is kiültettem a szabadföldbe, a magvetett és az *in vitro* szaporított *L. inflata* palánták mellett. Az áttelelt növények a kísérleti területen teleltek át, ami annak köszönhető, hogy betakarításkor a földfelszín felett 3-5 centiméterrel vágtam le a herbát.

A 2011-es évben 12 darab, míg a 2012-es évben 6 darab növény telelt át. Az áttelelt *L. inflata* minden esetben tőlevélrózsás formában telelt át. Adatokat gyűjtöttem a kétéves növénytermesztés lehetőségéről. Megfigyeléseim a morfológiai és a beltartalmi értékekre irányultak. A növényi biomassza alakulása szempontjából egyik legjellemzőbb tényező a növények növekedése (SZABÓ és mtsai, 2001).



14. ábra. Áttelelt *L. inflata* (Mosonmagyaróvár)

(Fotó: Vojnich, 2012)

3.5. Árvakelésből származó *L. inflata* növények

A 2012. évben az árvakelésből származó *L. inflata* növényeket is kiültettem a kísérleti területre. Megfigyeléseim a morfológiai (15. ábra) és a beltartalmi értékekre irányultak. Az árvakelést a szabadföldön vettem észre. Az árvakelésből származó növények júniusban kezdtek fejlődni természetes körülmények között.

15. ábra. Árvakelésből származó *L. inflata* (Mosonmagyaróvár) **(Fotó: Vojnich, 2012)**

3.6. *Lobelia erinus* (törpe lobélia)

3.6.1. A növényanyag szaporítása és üvegházi palántanevelése

A törpe lobélia szaporítása magvetéssel történt. A csíráztatást a szaporítóládában, klimatizált üvegházban végeztem. Vetésre a Rédei Kertimag Zrt. (Komárom-Esztergom megye) által csomagolt *L. erinus* vetőmagot használtam fel. 2011. évben a *Leier*-féle virágföldet alkalmaztam. 1000 növény előállításához körülbelül 0,5 g mag szükséges. Hasonlóan a *Lobelia inflata* növényhez, a magvetéses módszer megegyezik. A szaporítóládát üveglappal fedtem le, hogy magasabb hőmérsékletet biztosítsak, illetve a virágföld ne száradjon ki. Magvetést követően fokozott figyelemmel kísértem, hogy a virágföld állandóan nedves állapotban legyen (URL[6]). Két héttel a vetés után, a magok elkezdtek csírázni. Az üveglapokat a 3-4. héten távolítottam el a szaporítóládákról. A virágföld minősége nagyban befolyásolja a mag, illetve később a palánta fejlődését. A fejlődésnek indult palántákat Wuxal-lal permeteztem le két hetes periódusokban (keverési arány: 10 l vízben 10 ml Wuxal). A magvetésből származó *L. erinus* palántákat az üvegházi nevelést követően ültettem ki a szabadföldbe.

3.6.2. A palánták kiültetése

A törpe lobélia palánták a palántanevelő sejttálcákból a földlabdával együtt ültettük ki a kísérleti területre. A kézi ültető eszköz segítségével készítettem el a 9-10 cm mélységű lyukakat, amibe a földlabdás palántákat ültettem ki. Sor- és tőtávolság: 30 x 15 cm. Az ültetést megelőző napon történt a N-műtrágya (NH_4NO_3 34%) és a Mg-műtrágya ($MgSO_4$ 2%) kijuttatása a művelt talajba.

A palánták szabadföldi kiültetésének ideje: május vége – június eleje. A kiültetett palántákat az első hónapban árnyékoltuk, a nap elleni védekezésként (16. ábra).

16. ábra. Kiültetett *L. erinus* palánták (Mosonmagyaróvár)

(Fotó: Vojnich, 2011)

3.6.3. Növényápolási munkák

I. Kártevők elleni védekezés

A *L. erinus* palántákat az üvegházi nevelés ideje alatt fungiciddel (Fundazol 50 WP) kezeltem a palántakori levélbetegségek ellen. A szabadföldbe való kiültetést követően nem kellett védekezni a kártevők ellen.

II. Gyomirtás

A kutatási területen vegyszeres gyomirtást nem, mechanikai (kapálás) gyom elleni védekezést alkalmaztam.

A leggyakrabban előforduló gyom fajok a következők voltak: pásztortáska (*Capsella bursa-pastoris*), fehér libatop (*Chenopodium album*), közönséges tarackbúza (*Elymus repens*), egynyári perje (*Poa annua*), apró szulák (*Convolvulus arvensis*), tyúkhúr (*Stellaria media*), perzsa veronika (*Veronica persica*).

3.7. Kísérleti elrendezések

3.7.1. Szabadföldi kísérletek

A kísérleti területet előkészítettem a palánták kiültetésére. A három éves szabadföldi kísérlet során alaptrágya kezeléseket alkalmaztam (N-műtrágyát és Mg-műtrágyát) a kezeletlen kontroll mellett. A kezeléseket a 7. táblázat szemlélteti.

7. táblázat. A kísérletben alkalmazott kezelések (2010-2012)

Év	**Kezelések**						
	Kontroll	**50 kg/ha N**	**100 kg/ha N**	**150 kg/ha N**	**50 kg/ha Mg**	**100 kg/ha Mg**	**150 kg/ha Mg**
2010	X	X	X	-	X	-	-
2011	X	X	X	-	X	X	-
2012	X	X	X	X	X	X	X

Kísérleti terület méretei: 2010-ben 47,16 m^2 (egy parcella 1,2 m^2); 2011-ben 47,52 m^2 (1,8 m^2 a parcella mérete); 2012-ben 53,55 m^2 (parcella mérete 1,8 m^2).

Kezelések száma: 2010-es 3 kezelést, 2011-ben 4 kezelést, 2012-ben 6 kezelést használtam a kontrollal párhuzamosan az előző évi tapasztalatok figyelembe vételével.

Parcellánkénti növényszám: 2010-ben 27 darab palánta (21 darab magvetett, 6 darab *in vitro* szaporított). 2011-ben 40 darab palánta (28 darab magvetett, 12 darab *in vitro* szaporított), 2012-ben 39 darab palánta (28 darab magvetett, 11 darab *in vitro* szaporított).

Ültetés előtt a parcellákat beöntöztem. Továbbiakban az időjárási viszonyoknak megfelelően öntöztem, a nagy hőségben naponta kétszer (reggel, este).

3.7.2. *In vitro* mikroszaporítási kísérletek

2012-ben a szabadföldi tápanyag kísérlet egy részének kivonását megismételtük *in vitro* körülmények között, a Semmelweis Egyetem Farmakognóziai Intézet laboratóriumában. A $MgSO_4$ kísérletet 2012. január 10-én, a táptalaj (MS) előkészítéssel (8. táblázat), főzéssel kezdtem. Hat kezelést alkalmaztam, kezelésenként 6 darab 300 ml Erlenmeyer lombikot használtam, lombikonkénti növényszám 5 darab volt. A táptalajba történő átoltás időpontja: január 16-17. (17. ábra). A növény magassága 1 cm, mikor a táptalajba paszáltuk, a kísérlet végére a 15 cm magasságot is elérte. A kezeléseket a 9. táblázatba foglaltam össze. A friss tömeg mérésre március 12.-én került sor.

17. ábra. Magnéziummal kezelt *in vitro L. inflata növények* (Budapest, Semmelweis Egyetem) **(Fotó: Vojnich, 2012)**

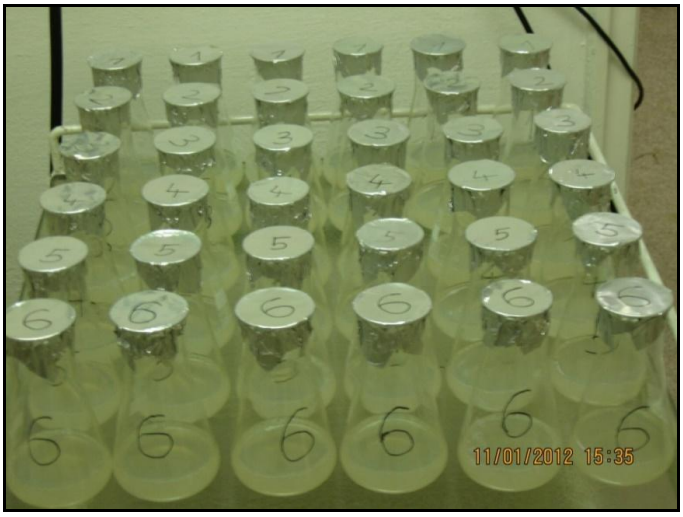
8. táblázat. Az MS (Murashige-Skoog) táptalaj összetétele.

Összetevők	**MS**
1. Makroelemek	*Koncentrációk (mg/l)*
KNO_3	1.900
NH_4NO_3	1.650
$CaCl_2$ $2H_2O$	440
$MgSO_4$ $7H_2O$	370
KH_2PO_4	170
2. Mikroelemek	*Koncentrációk (mg/l)*
$MnSO_4$ $4H_2O$	22.300
$ZnSO_4$ $7H_2O$	8.600
H_3BO_3	6.200
KI	830
$CuSO_4$ $5H_2O$	25
Na_2MoO_4 $2H_2O$	250
$CoCl_2$ $6H_2O$	25
$FeSO_4$ $7H_2O$	27.850
Na_2EDTA $2H_2O$	37.250
3. Vitaminok	*Koncentrációk (mg/l)*
Inozit	100 mg/l
Tiamin-HCL	100
Nikotinsav	500
Piridoxin-HCL	500

9. táblázat. A $MgSO_4$ mennyisége (mg/l) a különböző kezeléseknél. Semmelweis Egyetem, Laboratórium (2012)

1 kezelés	0 mg/l
2 kezelés	185 mg/l
3 kezelés	370 mg/l (kontroll)
4 kezelés	740 mg/l
5 kezelés	1.480 mg/l
6 kezelés	2.960 mg/l

A táptalaj összetevőket (makro-, mikroelemek és vitaminok) bidesztillált vízben oldottam fel, majd a táptalajba 3% szacharózt adagoltam. Szilárd táptalaj készítéséhez 8 g/l agart adagoltam. A táptalajok pH-ját (néhány csepp 1 M NaOH-dal) 5,7-5,8-ra állítotottuk be, majd autoklávban sterileztük Erlenmeyer lombikokban (18. ábra).



18. ábra. Táptalajok sterilizálás előtt (Budapest, Semmelweis Egyetem) **(Fotó: Vojnich, 2012)**

A nitrát kísérletet 2012. január 25-én, a táptalaj (MS) előkészítéssel, sterilezéssel kezdtem meg. Öt kezelést alkalmaztam, kezelésenként 6 darab 300 ml Erlenmeyer lombikot használtam, lombikonként 5 darab *in vitro* növényt ültettem a táptalajba. A szilárd táptalajba történő paszálás január 26. történt. A növények magassága 1-2 cm volt, mikor a táptalajra kerültek. A friss tömeg mérésre (8 héttel később) március 22-én történt. A kontroll (A1) és a felére csökkentett KNO_3 tartalmú kezelés (D1) esetén nött a legintenzívebben a *L. inflata* magassága, akár a 15 cm-t is elérte. A friss tömegmérést követően liofilizáltam a *L. inflata* levágott növényeket. A kezeléseket a 10. táblázat és 19. ábra tartalmazza.

10. táblázat. Az NH_4NO_3 és a KNO_3 táptalaj-komponensek kombinációi. Semmelweis Egyetem, Laboratórium (2012)

A_1 kezelés	NH_4NO_3 alap (990 mg) + KNO_3 alap (1.140 mg) (kontroll)
B_1 kezelés	NH_4NO_3 dupla (1.980 mg) + KNO_3 alap (1.140 mg)
C_1 kezelés	NH_4NO_3 alap (990 mg) + KNO_3 dupla (2.280 mg)
D_1 kezelés	NH_4NO_3 alap (990 mg) + KNO_3 fél (570 mg)
E_1 kezelés	NH_4NO_3 fél (495 mg) + KNO_3 alap (1.140 mg)

19. ábra. Nitrogénnel kezelt *in vitro L. inflata* (Budapest, Semmelweis Egyetem) (**Fotó: Vojnich, 2012)**

3.8. Hatóanyag tartalmi vizsgálatok

3.8.1. Mintaelőkészítés és extrakció

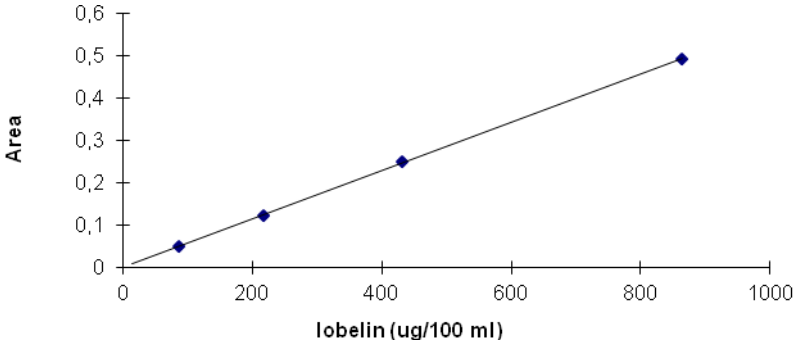
Az 1 g száraz és elporított *L. inflata* kimérését követően extrakciót végeztem. A kivonás Braun Labsonic U (Melsungen, Germany) ultrahangos készülékkel történt, kivonószerként 1x20 ml, majd 2x10 ml 0,1N HCl/metanol (1:1, v/v) arányú elegyét alkalmaztam. Minden kivonási művelet 10–10 percig tartott. Az egyes kivonásokat követően 6000 rpm fordulatszámon történő centrifugálás követte, ezután a leülepedett „szuszpenzió” tisztáját vattapamaton, üvegtölcsér segítségével 50 ml-es mérőlombikba szűrtem. A centrifuga csőben maradt anyagot újra kivontam a már említett

módszerrel. Végül az 50 ml-es mérőlombikban az egyesített folyadék fázisokat 50 ml-re egészítettem ki a kivonószerrel.

3.8.2. Összalkaloid tartalom mérés

Az összalkaloid tartalom meghatározására a MAHMUD és EL-MASRY (1980) által kidolgozott, majd KRAJEWSKA (1986) által módosított spektrofotometriás módszert alkalmaztam. A törzsoldat 5 ml-t 0,1N NaOH-dal semlegesítettem, majd hozzáadtam 10,0 ml 0,01%-os metil-narancs oldatot Mc-Ilvaine pufferben (3,69 g Na_2HPO_4 * 12 H_2O és 1,02 g citromsav-monohidrát 100 ml vízben oldva, pH = 5,0) (TODD, 1975). Az elegyet háromszor (20, 20, 20 ml) kloroformmal rázótölcsérben kiráztam, majd az egyesített kloroformos fázist rázótölcsérben 3x15 ml 5%-os NaCl-ot tartalmazó 0,1N HCl oldattal ráztam ki (20. ábra). Az egyesített vizes fázist mérőlombikban 5% NaCl-ot tartalmazó 0,1N HCl oldattal pontosan 50 ml-re egészítettem ki, majd az oldat abszorbanciáját 510 nanométeren mértem Hitachi U 1100 spektrofotométerben az 5% NaCl-ot tartalmazó 0,1N HCl oldattal szemben. Az összalkaloid tartalmat lobelin bázisra vonatkoztattuk. A számításhoz megmértem a lobelin bázis különböző koncentrációjú oldatainak abszorbancia értékeit (21. ábra). A kalibrációs egyenes egyenlete: $y=0,0013+0,00057x$, ahol y: az abszorbancia és x: a lobelin koncentrációja (µg/100 ml). A mérés korrelációs koefficiense: 0,9999 volt. Az összalkaloid tartalmat lobelinben kifejezve adjuk meg. A lobelin (0,1N HCl-ban felvett) UV spektrumának maximuma 249 nm (SZŐKE, 1994).

20. ábra. Összalkaloid tartalom mérés (Budapest, Semmelweis Egyetem) **(Fotó: Tóth, 2012)**



21. ábra. A lobelin kalibrációs egyenese spektrofotometriás meghatározáshoz (510 nm-en).

3.8.3. Lobelin tartalom meghatározása

Szilárdfázisú extrakció (SPE)

A *L. inflata* extraktum 10 ml-ét négy részletben (4 x 2,5 ml) vittem fel a SPE oszlopra (Supelclean LC-8, 3 ml), melyet előzetesen 2 x 2,5 ml metanollal és 2 x 2,5 ml vízzel aktiváltam. A mintafelvitelt követően az oszlopot 1x2,5 ml vízzel mostam, majd az oszlopról a vizet vákuummal leszívattam. Az alkaloid (lobelin) tartalmú frakciót 2 x 2,5 ml metanollal eluáltam. A metanol lepárlását követően a mintákat pontosan 2,00 ml metanolban oldottam HPLC vizsgálat céljára. A HPLC mérés alapján lobelin visszanyerése az SPE oszlopról: 102 ±5,3 % volt (n = 3).

Lobelin tartalom meghatározása HPLC módszerrel

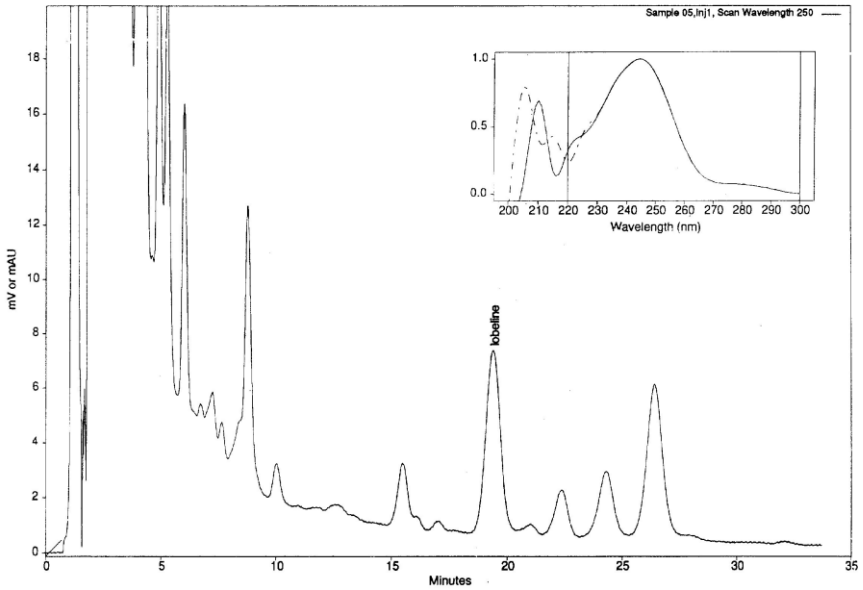
A lobelin tartalmat HPLC (nagynyomású folyadék kromatográfia) módszerrel, a BÁLVÁNYOS és mtsai (2001, 2002) által kidolgozott, majd a KURSINSZKI és mtsai (2008) által módosított módszerrel határoztuk meg.

Az alkaloidok analízisét Surveyor HPLC rendszeren (Thermo Finnigan, San Jose, CA, USA) végeztem, melynek fontosabb elemei egy kvaterner gradiens pumpa integrált vácuumos gázmentesítővel, diódasoros detektor, valamint automata mintaadagoló. Az adatok feldolgozása a Thermo Finnigan ChromQuest 4.0 szoftver segítségével történt. Az elválasztást Eurospher 100-C8 (5 m) fordított fázisú Vertex oszlopon (250 x 3 mm i.d.) végeztem, előtétoszlopot alkalmazva (5 x 3 mm i.d., Knauer). Az eluens

acetonitril: 0,1 % trifluorecetsav 30:70 (v/v) arányú elegye volt, az áramlási sebesség 1 ml/perc volt (22. ábra).

A minták kivonását, majd tisztítását (folyadék-folyadék extrakció vagy SPE) követően injektáltam a HPLC rendszerbe. A lobelin csúcs azonosítása standard addícióval (lobelin bázis¬; Sigma) és UV-spektrum analízissel történt (23. ábra).

22. ábra. A lobelin meghatározásához használt Surveyor HPLC készülék. (Budapest, Semmelweis Egyetem) **(Fotó: Vojnich, 2012)**



23. ábra. A lobelin HPLC analízise Lobeliae herba 0,1N HCl/MeOH (1/1; v/v) kivonatában, és a lobelin UV spektruma.

A lobelin kvantitatív meghatározását külső standard módszerrel végeztem, a kalibrációs egyenes felvételéhez a lobelin HCl 2,4 μg/ml, 4,8 μg/ml, 12 μg/ml és 20 μg/ml koncentrációjú 0,1N HCl-al készített oldatait alkalmaztuk. A lobelin tartalmat száraz súlyra vonatkoztatva adtuk meg.

3.9. Az eredmények biometriai értékelési módszerei

A szabadföldi kísérletek random blokkelrendezésben (RCB) kerültek beállításra. A variabilitásnak három forrása van az RCB elrendezésben: a kezelés, az ismétlés (vagy blokk), és a kísérleti hiba (SVÁB, 1981; BERZSENYI, 2007).

Az eredmények biometriai értékelését, a p-értéket (szignifikancia foka) Tukey-teszttel határoztam meg (HUZSVAI, 2004). A mérések adatainak kiértékelésénél Microsoft Excel 2007/2010 és az IBM SPSS v19 programokat használtam.

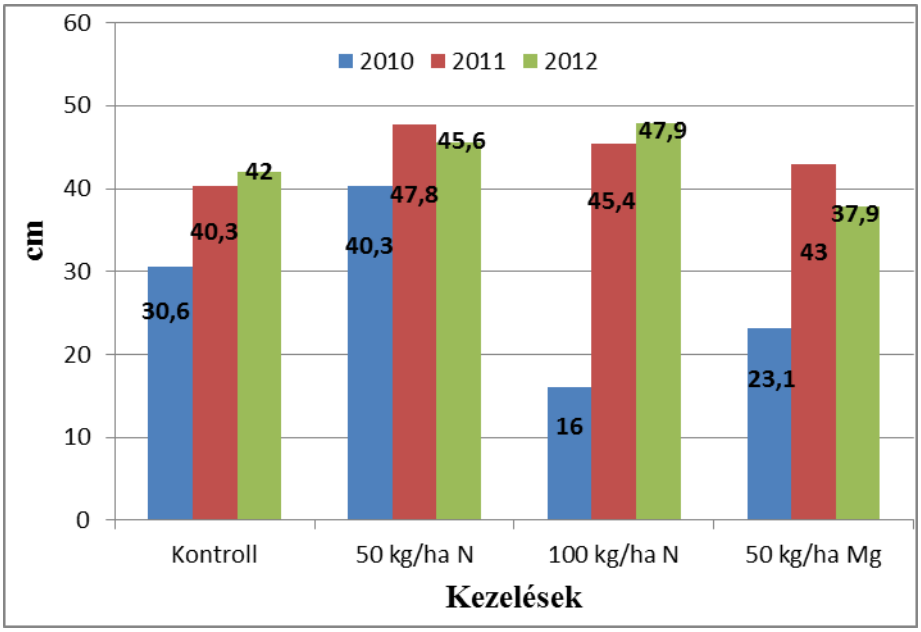
4. EREDMÉNYEK

4.1. A tápanyagellátás hatása a *L. inflata* növekedésére

A hatóanyagukért termesztett gyógynövények hasznosításánál a hatóanyagprodukció vizsgálata a cél. A hatóanyagprodukciót főként a növényi biomassza hozama, és az egységnyi biomasszában felhalmozott hatóanyag mennyiségével lehet jellemezni. Ezen szempontokra tekintettel termesztésbevonási célú vizsgálataim is e két tényező jellemzésére irányultak.

4.1.1. A tápanyagellátás hatása a növények magasságára

A növényi biomassza alakulása szempontjából egyik legjellemzőbb tényező a növények növekedése. Magról szaporított növények magasságát, figyelemmel a kezelésként kijuttatott 50 kg/ha N, 100 kg/ha N, 50 kg/ha Mg műtrágya hatására is, mindhárom kísérleti évben (2010, 2011, 2012) mértük (1. számú, 3. számú és az 5. számú melléklet). A herba betakarítása előtt mért adatokat, átlag növénymagasság formájában kifejezve a 24. ábra mutatja. A növénymagasságot évenkénti átlagként kifejezve a 2010-es évben mértük a legkisebb (16 cm) és 2012-ben a legnagyobb (47,9 cm) növénymagassági értékeket. Ez feltehetőleg a tenyészidőszak alatti csapadék viszonyokkal magyarázható (11. táblázat).

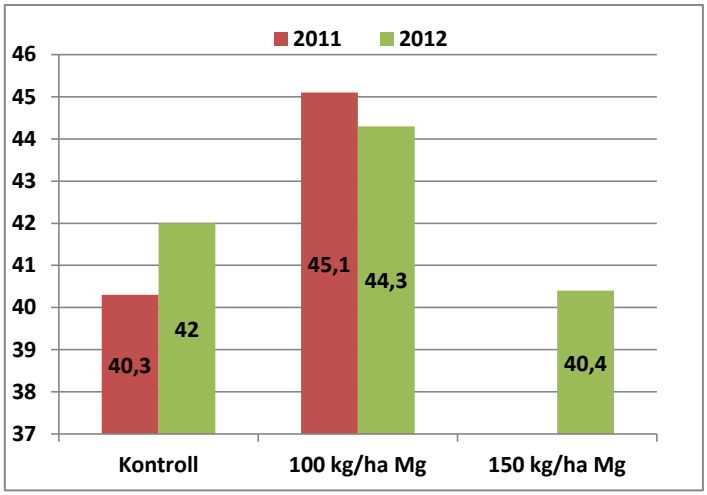


24. ábra. *L. inflata* átlag magasság (cm) értékei (2010-2012).

A műtrágya hatás érvényesülése szempontjából az 50 kg/ha N kezelés alkalmazására mértük a legnagyobb (31,7%) magassági növekedést (2010-ben) és a legkisebbet (8,6%) is (2012-ben). A magnézium magasabb dózisainak vizsgálatára 2011. és a 2012. kísérleti évben lehetőség nyílott (100 kg/ha Mg, 150 kg/ha Mg) (25. ábra). Az 50 kg/ha - és a 100 kg/ha magnézium kezelések hatása a növény magasság tekintetében nem volt szignifikáns különbség.

11. táblázat. Csapadék mennyiség (mm) alakulása 2010-2012. között.

Hónap	**2010**	**2011**	**2012**
Április	72,4	18,9	25,0
Május	150,3	31,9	37,0
Június	100,0	131,7	55,3
Július	54,2	72,4	108,6



25. ábra. *L. inflata*-nál alkalmazott Mg műtrágya kezelések értékei a magasságra (2011-2012).

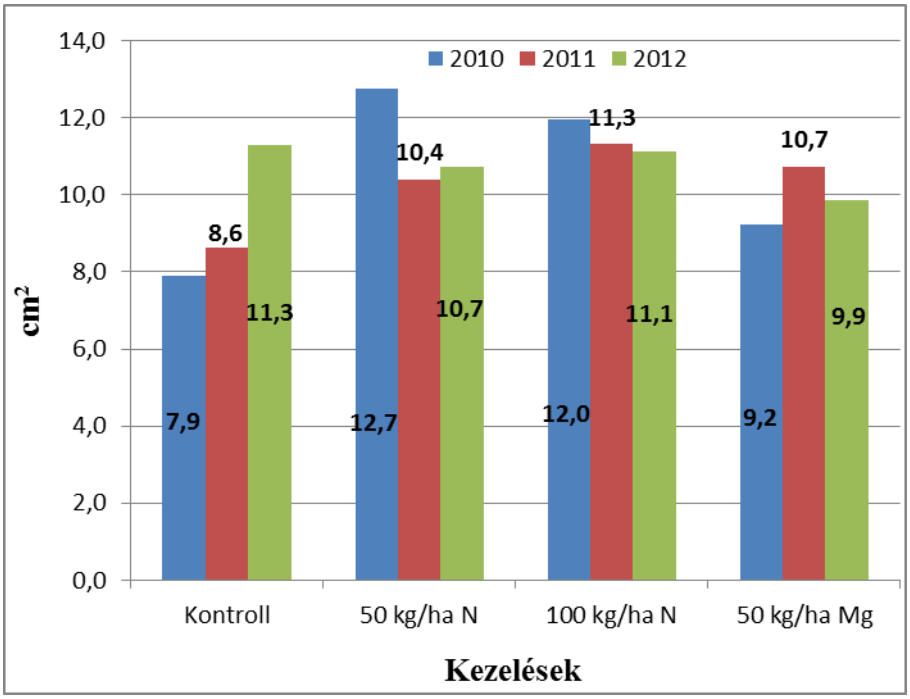
A 100 kg/ha Mg alaptrágya kezelés hatására 2011-ben 11,9% nőtt meg a növénymagasság (a kontrollhoz viszonyítva). 2012-ben a 100 kg/ha Mg műtrágya kezelés esetében 5,5%-os növekedést, a 150 kg/ha Mg kezelés alkalmazásában 3,8%-os csökkenést tapasztaltunk a növények magasságában.

Az eredmények statisztikai értékelését SPSS analízissel, Tukey-teszttel elvégezve 2010. évben az 50 kg/ha N - és a 100 kg/ha N műtrágya kezelés eredménye volt szignifikánsan magasabb. A 2011. és a 2012. évi kísérlet értékei nem eltérőek szignifikánsan. Az adatokat a 2. számú, a 4. számú és a 6. számú melléklet szemlélteti.

Összefoglalóan megállapítható a növény magasság vizsgálatakor, hogy a 2011. kísérleti évben a műtrágyák magasságnövelő hatása érvényesült, minden kezelés esetében magasabb adatot mértünk a kontrollnál. Ez feltehetőleg a május-június hónap csapadék viszonyaival is összefüggésbe hozható, ugyanis a 2010. év túlzottan csapadékos volt, míg a 2012. év nagyon száraz. 50 kg/ha N (mindhárom évben), addig a 100 kg/ha Mg műtrágyakezelés (2011. és 2012. évben) kedvező hatással volt a növekedésre, a növénymagasságok nagyobb értéket mutattak, mint a kontroll.

4.1.2. Tápanyagellátás hatása a tőlevél méretére

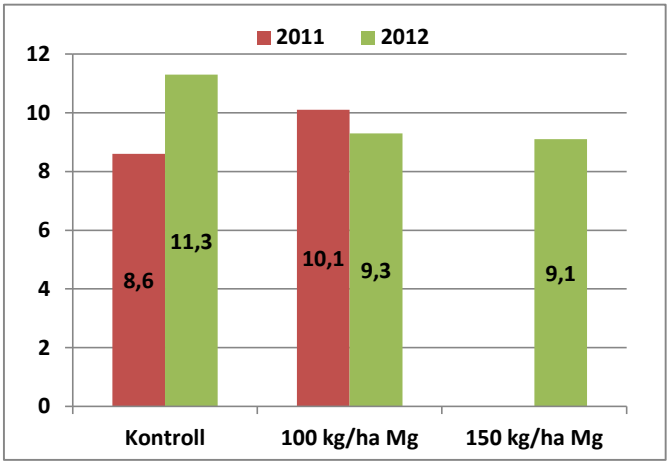
A növény növekedésének jellemzésére a tőlevél felületek növekedését is mértünk. A mérési adatokat a 26. ábra mutatja. A három kutatási évet figyelembe véve a kezeletlen növények tőleveleinek felülete 2010-ben volt a legkisebb (7,9 cm^2). Ez, egyben a három kísérleti évben mért növények legkisebb értéke is. Ugyanebben az évben mértük a legnagyobb levélfelület értéket is (12,7 cm^2), de ezt már az 50 kg/ha nitrogén műtrágya kezelés hatására. Betakarításkor a teljes növényt, a tőlevélrózsával együtt hasznosítottam a későbbi vizsgálatokra.



26. ábra. *L. inflata* átlag tőlevél felület (cm^2) értékei (2010-2012) a N és a Mg kezelés hatására.

A műtrágya hatás szempontjából az 50 kg/ha N kezelés mutatta a legkedvezőbb növekedést 2010-ben, míg kevésbé az 50 kg/ha Mg kezelés 2012-ben.

A nagyobb dózisú Mg műtrágya kezelések nem mutattak lényegesen kimagasló eredményeket (27. ábra). A 100 kg/ha Mg műtrágya kezelés hatására, 2011-ben 17,4%-os növekedést, míg 2012-ben 17,7% csökkenést tapasztaltunk a kontroll növényeihez képest. Figyelemre méltó, hogy a 150 kg/ha Mg műtrágya kezelés adatai 19,5%-kal kisebbek a kezeletlen kontrollnál.



27. ábra. Alkalmazott Mg kezelések hatása a *L. inflata* tőlevél méretére (cm^2) (2011-2012).

A Tukey-teszttel végzett statisztikai értékelés kimutatja, hogy az átlag tőlevél felület mérésekor a 2010. évben az 50 kg/ha N - és a 100 kg/ha N kezelés hatására értünk el szignifikáns külömbséget. Egy évvel később már csak a 100 kg/ha N kezelés mutatott szignifikanciát. A 2012. évben pedig egyik kezelés sem adott megbizható külömbséget. A tőlevél felület átlagok szignifikancia értékeit a 7. számú, a 8. számú és a 9. számú mellékletek mutatják be.

Vizsgálataink alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a 2010. és a 2011. év minden kezelése hatásosnak bizonyult, mivel a tőlevél felület átlagok meghaladták a kontroll növénynél mért értékeket. 2010-ben az 50 kg/ha N kezelés hatására 60,8%-os, míg a 100 kg/ha N hatására 51,8%-os növekedést értünk el.

4.2. *L. inflata* biomassza-produkciójának vizsgálata

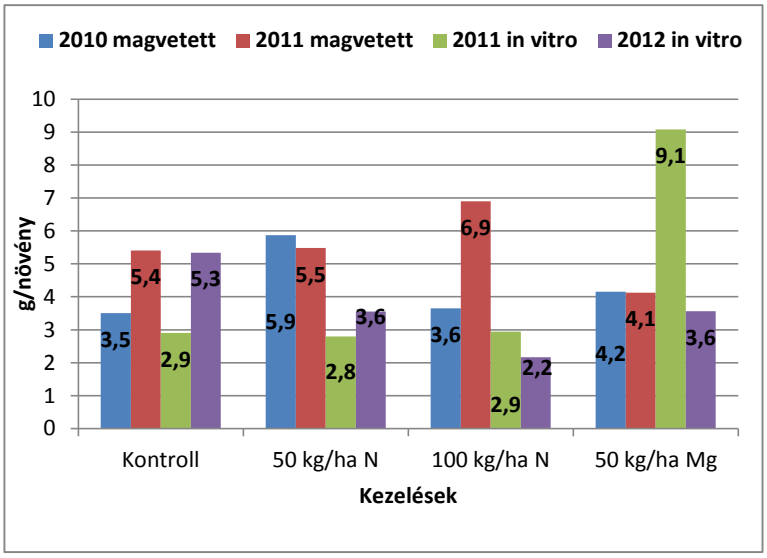
Magvetett *L. inflata* herba száraz tömeg produkciója

2010. és a 2011. évi kísérletben a magvetett indián dohány száraz tömegének alakulását vizsgáltuk a N- és Mg műtrágya kezelések hatására (28. ábra). A növényi szárazanyag-produkció növekedése volt megfigyelhető a 2010-es évben. A két év kutatási eredményeit összehasonlítva megállapítható, hogy a 2011. évben mértük a legnagyobb (100 kg/ha N kezelés=6,9 g) száraz tömeg értéket, és 2010-ben a legkisebb (kontroll=3,51 g) herba biomasszát.
A műtrágya hatását tekintve a 2010. évben az 50 kg/ha N kezelés hatása (67,2%) érvényesült a legjobban, míg 2011-ben az 50 kg/ha Mg kezelés hatására 23,7%-kal csökkent a száraz tömeg érték a kontrollhoz viszonyítva. 2011-ben, a nagyobb dozisú kezelés (100 kg/ha Mg) hatása is elmaradt, mert a kontrollhoz képest 26%-kal kevesebb biomassza értéket mutatott.

Összefoglalva megállapítható, hogy a magvetett lobéliánál a 2010. évben a kontrollnál mértük a legkisebb száraz tömeg értéket, míg egy évvel később a kontroll mutatta a második (az 50 kg/ha N kezeléssel együtt) legnagyobb eredményt. A műtrágya érvényesülése szempontjából az 50 kg/ha N kezelés hatására 67,2%-kal adott nagyobb értéket a kontrollnál 2010-ben. A 17. számú melléklet ismerteti a magvetett herba száraz tömeg értékét.

A nagyarányú száraz tömeg eltérés a 2010. és a 2011. kísérleti évek között több okkal magyarázható. Az első indok, hogy 2011-ben

minden kezelés átlag növénymagassági értéke magasabb a 2010-ben mért növényeknél. A másik indok a meteorológiai adatok, amely a 2011-ben elültetett palántáknak kedvezett. A csapadék mennyiség kevesebb, a napsütéses órák száma és az átlag hőmérséklet nagyobb volt 2011-ben, mint a 2010-es évben.



28. ábra. Magvetett és az *in vitro* szaporított *L. inflata* herba száraz tömeg értéke.

In vitro szaporított *L. inflata* herba száraz tömeg produkciója

A 2011. és a 2012. kutatási évben az *in vitro* szaporított lobélia herba biomassza értékét vizsgáltuk (28. ábra). A két év eredményeit

összehasonlítva megállapítható, hogy 2011-ben mértük a legnagyobb (9,08 g), és 2012. évben a legkisebb (2,17 g) száraz tömeg értéket. A 2011. évben az 50 kg/ha N kezelést leszámítva mindenhol emelkedett a száraz tömeg érték adatai. A nagyobb dózisú 100 kg/ha Mg kezelés hatására 283,5%-s produkció-növekedés tapasztalható a kontrollhoz képest. A 2012. kutatási évben a nagyobb dózisú kezeléseknél a 100 kg/ha Mg esetében 113,7%-s, a 150 kg/ha N kezelésnél 97,4%-s, és a 150 kg/ha Mg műtrágya hatására 91%-s produkció-növekedést mutatott. A magnézium kezelés kedvező hatással van az *in vitro* szaporított növény száraz tömeg értékére.

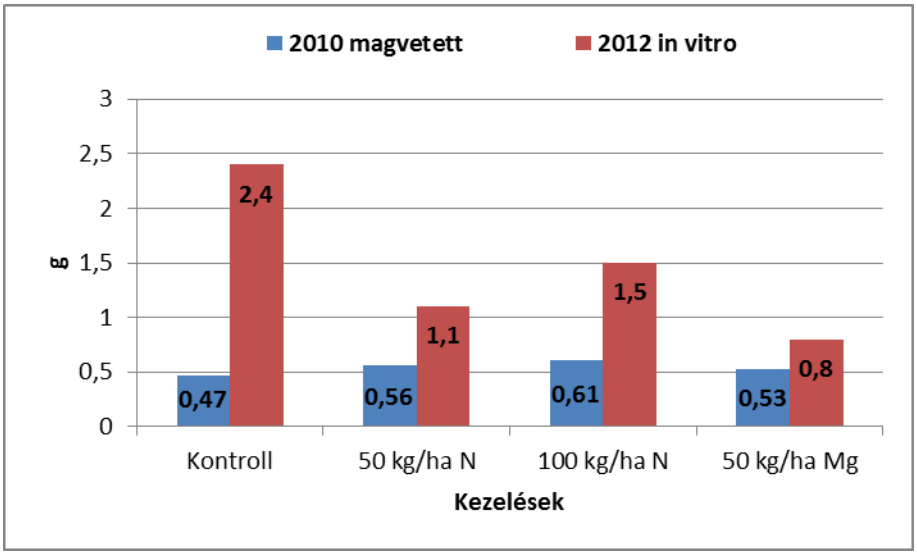
A 2011. évben az 50 kg/ha Mg kezelés száraz tömeg értéke háromszor nagyobb volt a kontrollnál, illetve az 50 kg/ha N- és a 100 kg/ha N kezelésnél. A 2012. évben az *in vitro* szaporított *L. inflata* száraz tömeg értékének alakulásakor azt tapasztaltuk, hogy a nagyobb dózisú kezelések hatására megduplázodtak a biomassza értékek. A 18. számú melléklet illusztrálja az adatokat.

4.2.1. Magvetett és az *in vitro* szaporított *L. inflata* herba növények száraz tömegének összehasonlítása

Összehasonlítva a 2011. évi magvetett és a 2011. évi *in vitro* lobélia herba száraz tömeg értéket megállapítható, hogy az *in vitro* szaporított *L. inflata* növény értéke az 50 kg/ha magnézium hatására 213,1%-kal, a 100 kg/ha Mg kezeléssel 283,5%-kal emelkedett a száraz tömeg. 2011-ben és 2012-ben a nitrogén nem érvényesült.

Magvetett *L. inflata* gyökerek száraz tömege

A 2010. évben a magvetett gyökér produkcióját vizsgáltuk meg (29. ábra), mert az is tartalmaz hatóanyagot. Azt tapasztaltuk, hogy a kontroll növénynek volt a legkisebb értéke (0,47 gramm). A műtrágya hatás érvényesülése szempontjából a 100 kg/ha N kezelés (29,8%) adta a legnagyobb értéket. Ezt követte az 50 kg/ha N műtrágya kezelés (19,1%), illetve az 50 kg/ha Mg kezelés (12,8%). Ebben a kísérleti évben nem alkalmaztunk nagyobb dózisú műtrágya kezeléseket.



29. ábra. Magvetett és *in vitro* szaporított *L. inflata* gyökér száraz tömeg értéke.

A 2010. évi magvetett gyökérnél a 100 kg/ha N kezelés hatására közel 30%-kal nőtt a produkció. Az 50 kg/ha Mg hatására volt a legkisebb növekedés (12,8%).

In vitro szaporított *L. inflata* gyökerek száraz tömege

A 2012. kutatási évben az *in vitro* szaporított indián dohány gyökér produkcióját vizsgáltuk meg (29. ábra). A kontrollnál mértük a legnagyobb értéket (2,4 gramm). Hasonló eredményt értünk el a 2012-es laboratóriumi kísérlet során (MS táptalajon *in vitro L. inflata*), ahol a szabadföldi tápanyag-ellátási kísérleteket kiegészítettük laboratóriumi körülmények között. Az 50 kg/ha Mg kezelés esetében találtuk a legkisebb értéket, ami 66,6%-kal kevesebb a kontrollnál. A nagyobb dózisú műtrágya kezeléseknél (100 kg/ha Mg-, 150 kg/ha N- és a 150 kg/ha Mg kezelés) minden esetben alacsonyabb értékeket mértünk, mint a kezeletlen kontroll.

Azt tapasztaltuk, hogy az *in vitro* szaporított *L. inflata* gyökér esetében a kontroll mutatta a legnagyobb száraz tömeg értéket (2,4 g). A műtrágya hatás érvényesülése szempontjából a 100 kg/ha Mg adta a legjobb eredményt a kezelések közül, de így is 25%-kal kevesebb a kontrollnál.

4.2.2. Magvetett és az *in vitro* szaporított *L. inflata* gyökerének száraz tömeg összehasonlítása

Összehasonlítva a 2010. évi magvetett és a 2012. évi *in vitro* szaporított *L. inflata* gyökérrész biomassza adatai alapján megállapítható, hogy mindenhol kevesebb a száraz tömeg értéke a magvetett gyökérnek. A 2012. évi kontroll növény eredménye ötszöröse a 2010. évi kontrollnak. A 19. számú melléklet ábrázolja a gyökérrész száraz tömeg értékeit.

4.3. Tápanyagellátás hatása a *L. inflata* hatóanyag-tartalmára

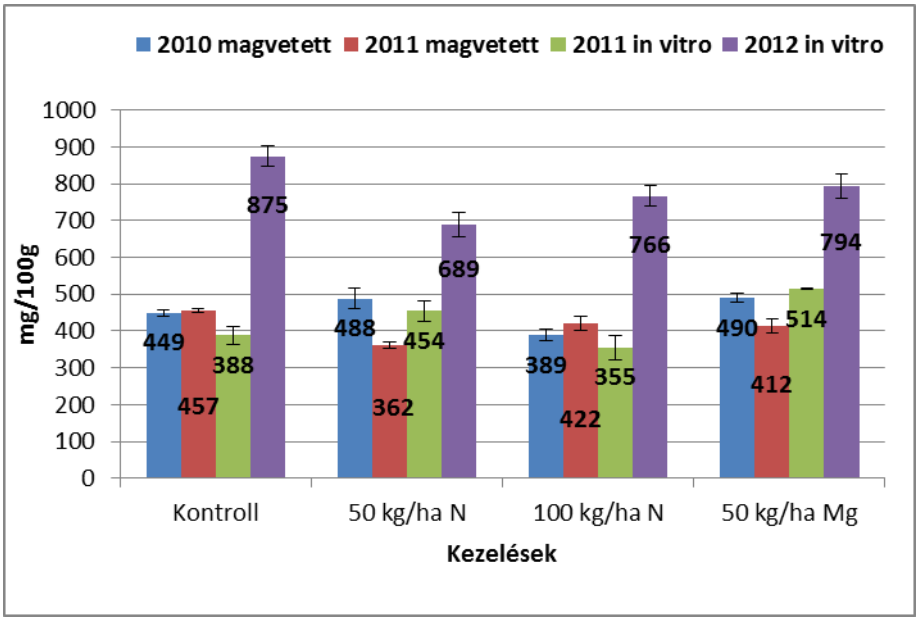
Magvetett *L. inflata* herba összalkaloid tartalma

2010. és a 2011. évben a magvetett *L. inflata* herbát vizsgáltuk a műtrágya kezelések (50 kg/ha N, 100 kg/ha N, 50 kg/ha Mg) hatására. A két kutatási évet figyelembe véve a 2010-es évben mértük a legnagyobb (490,2 mg/100g), míg a 2011-ben a legkisebb (362,2 mg/100g) összalkaloid tartalmat.

A magvetett herba összalkaloid tartalom (mg/100g) vizsgálatakor azt tapasztaltuk (30. ábra), hogy a 2010-es évben a100 kg/ha N alapkezelés mutatta a legkisebb, míg az 50 kg/ha kezelés a legnagyobb értéket. 2011-ben figyelemre méltó módon a kontroll növények termelték a legtöbb összalkaloidot, míg a műtrágya kezelés hatására szinte csökkenés állt be a hatóanyagtartalomban. Ennek magyarázatára a rendelkezésre álló kísérleti adatokból nem lehet következtetni. A 2010. és a 2011. évi összalkaloid tartalom értékeket a 11. számú melléklet mutatja be.

Az eredmények kiértékelése után azt a megállapítást tehetjük, hogy a 2010. évi kezelések hatásosnak bizonyultak (kivéve a 100 kg/ha N), de 2011-ben már nem, mert a kezeletlen kontroll értéke volt a legnagyobb.

A műtrágya hatás érvényesülése szempontjából az 50 kg/ha Mg kezelés hatására mértük a legnagyobb (8,9%) összalkaloid tartalmat (2010-ben), és az 50 kg/ha N hatására (2011-ben) a legkisebbet (20,7%).



30. ábra. Magvetett és az *in vitro* szaporított *L. inflata* herba összalkaloid tartalma.

In vitro szaporított *L. inflata* herba összalkaloid tartalma

A 2011. és a 2012. évben az *in vitro* szaporított *L. inflata* herbát vizsgáltuk virágzási stádiumban. 2011-ben az 50 kg/ha Mg műtrágya kezelés (32,7%), míg a 2012. évben a kontroll (874,8 mg/100g) adta a legnagyobb herba összalkaloid értéket (30. ábra). A 2012. évi eredmények kimagaslóan nagyok, mint a 2011-ben mért összalkaloid értékek. A 2012-es évben alkalmazott nagyobb dózisú műtrágya kezelések hatása elmaradt (100 kg/ha Mg 19,8%; 150 kg/ha Mg 14,3%). A kontrollhoz képest kisebb eredményt mutattak. Ez arra utal, hogy ezek a tápelemek a hatóanyagszintézis szempontjából kevésbé hasznosultak, s esetleg gátlólag hatottak.

A herba összalkaloid tartalom elemzése során azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a 2012. évi eredmények 151-225%-kal nagyobbak a 2011-ben mért értékeknél. A legkisebb adatot (688,5 mg/100g) az 50 kg/ha N hatására, míg a legnagyobb értéket (874,8 mg/100g) a kezeletlen kontrollnál mértünk. Ez utóbbi eredmény értelmezése a kevesebb csapadék és a magasabb napsütéses órák száma miatt lehetséges, vagy egyéb kísérleti körülmények által nem indokolt ok miatt. A 2011. és a 2012. évi *in vitro* szaporított *L. inflata* herba összalkaloid tartalmát a 12. számú melléklet ábrázolja.

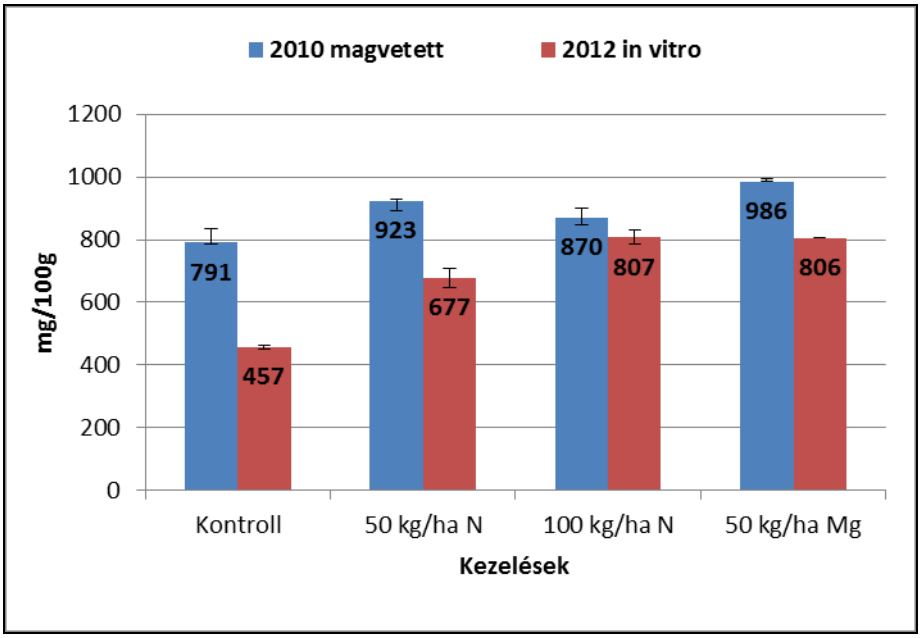
4.3.1. Magvetett és az *in vitro* szaporított *L. inflata* herba összalkaloid tartalmának összehasonlítása

A herba hatóanyag elemzése során azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a magvetett 2010. évi eredmények, illetve a 2011. évi *in vitro* szaporított növények adatai hasonlóak. A magvetett lobélia kísérletnél az 50 kg/ha Mg műtrágya-kezelés és az 50 kg/ha N kezelés hatására emelkedett meg a legjobban az összalkaloid tartalom, ugyanúgy, mint a 2011. évi *in vitro* szaporított *L. inflata* vizsgálatánál. A kontrollhoz viszonyítva az 50 kg/ha Mg kezelés hatására a 2010. évi magvetett kísérletnél 8,9%-os, míg a 2011. évi *in vitro* szaporított lobéliánál 32,7%-os nővekedést volt megfigyelhető.

A 2012. évi *in vitro* szaporított *L. inflata* eredmények adták a legmagasabb herba összalkaloid értékeket (688,5 mg/100g -874,8 mg/100g). A kontroll mutatta a legnagyobb értéket (874,8), akárcsak a 2011-es magvetett kísérletnél (456,7).

Magvetett *L. inflata* gyökerek összalkaloid tartalma

A magvetett *L. inflata* gyökér összalkaloid tartalmának vizsgálatára a 2010. évben került sor. A kezelések közül az 50 kg/ha Mg kezelés adta a legnagyobb értéket (24,7%), míg a kontrollnál mértük a legalacsonyabb tartalmat (791 mg/100g). A gyökér alkaloid tartalmi vizsgálati eredményeit a 31. ábra mutatja be. Megfigyelhető, hogy az 50 kg/ha N műtrágya kezelés során 16,7%-kal, a 100 kg/ha N kezelés esetén 9,9%-kal nagyobb értéket mutatott, összehasonlításban a kontrollal.



31. ábra. Magvetett és az *in vitro* szaporított *L. inflata* gyökér összalkaloid tartalma.

Azt tapasztaltuk a magvetett lobélia gyökér elemzésekor, hogy a műtrágyázás hatása eredményes volt (az 50 kg/ha Mg kezelés

alkalmazásával 24,7%-os növekedést értünk el, nem volt szignifikáns). A kontroll adta a legkisebb értéket (791,3 mg/ 100g). A 13. számú melléklet ismerteti a gyökérrész összalkaloid tartalom értékeit.

In vitro szaporított *L. inflata* gyökerek összalkaloid tartalma

A 2012. évben az *in vitro* szaporított *L. inflata* gyökérrész összalkaloid tartalmát elemeztük (31. ábra). A kontrollnál mértük a legalacsonyabb adatot (456,7 mg/ 100g). Az 50 kg/ha N műtrágya kezelés hatására 48,3%-kal nagyobb eredményt értünk el. A 100 kg/ha N kezelés és az 50 kg/ha Mg kezelés esetében szinte megegyező értékeket kaptunk.

Kimagaslóan magas eredményeket mutattak a nagyobb dózisú kezelések: a 100 kg/ha Mg műtrágya hatására 94%-kal, a 150 kg/ha N műtrágya hatására 176,5%-kal, a 150 kg/ha Mg kezelés hatására 222,9%-kal nagyobb összalkaloid értéket adott, mint a kontroll gyökér.

4.3.2. A magvetett és az *in vitro* szaporított *L. inflata* gyökér összalkaloid tartalmának összehasonlítása

A 2010. évi magvetett, illetve a 2012. évi *in vitro* szaporított lobélia gyökérrész összalkaloid tartalom elemzése során azt tapasztaltuk, hogy a magvetett *L. inflata* értéke minden esetben nagyobbak az *in vitro*-nál, kivéve a 2012. évi 150 kg/ha N kezelés (1263 mg/100g) és a 150 kg/ha Mg műtrágya kezelés (1475 mg/100g)

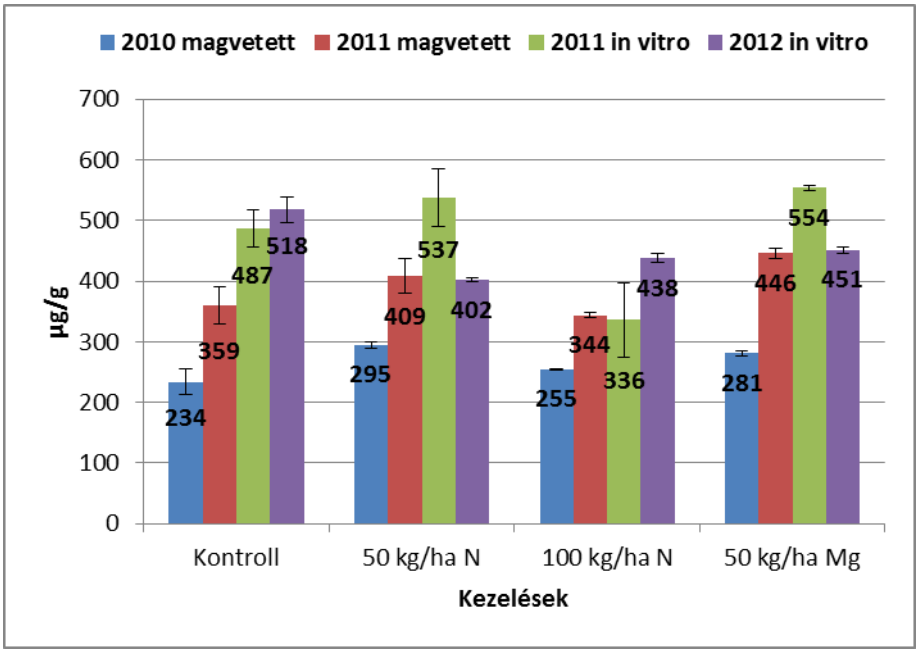
értékei. Az 50 kg/ha N - és Mg kezelések hatása nagyobb eredményeket mutatott, mint a kontroll.

Magvetett *L. inflata* herba lobelin tartalma

Az üvegházban nevelt, majd a szabadföldbe kiültetett magvetett *L. inflata* növények herba lobelin tartalmát a 2010. és a 2011. évben vizsgáltuk be (32. ábra). A két év kutatási eredményeit figyelembe véve a 2010. évben mértük a legkisebb (kontroll=234 µg/g), és a 2011-es évben a legnagyobb (50 kg/ha Mg kezelés=455,6 µg/g) herba lobelin értéket. A műtrágya hatás érvényesülése szempontjából az 50 kg/ha Mg kezelés hatására értük el a legnagyobb lobelin tartalmat (2011-ben), mely 26,8%-kal volt nagyobb a kontrollnál. A legkisebb lobelin értéket a100 kg/ha N hatására (2011-ben) mértük, amely 4,3%-kal mutatott kevesebb értéket a kontrollnál.

2011-ben a 100 kg/ha Mg kezelés esetében 14,3%-s növekedést mutatott a lobelin tartalom, a kontroll növényhez viszonyítva.

Mindkét évben azt tapasztaltuk a magvetett lobélia kultúránál, hogy a kontroll növény lobelin értéke a legalacsonyabb. A 2011. évben a 100 kg/ha Mg műtrágya kezelés (410,7 µg/g) lobelin tartalom hatása rosszabb, mint az 50 kg/ha Mg kezelésé. A hatóanyagszintézis szempontjából kevésbé hasznosultak, s esetleg gátlólag hatottak. A 14. számú melléklet ábrázolja a herba lobelin tartalom értékeket.



32. ábra. Magvetett és *in vitro* szaporított *L. inflata* herba lobelin tartalma.

In vitro szaporított *L. inflata* herba lobelin tartalma

2011. és a 2012. évben az *in vitro L. inflata* herba lobelin tartalmát (µg/g) vizsgáltuk meg. A kezeléseknél mért lobelin értékeket a 32. ábra szemlélteti. A két év kutatási eredményeit összehasonlítva megállapítható, hogy a 2011. évben mértük a legnagyobb (50 kg/ha Mg kezelés=553,9 µg/g), és a 2012-ben a legkisebb (50 kg/ha N kezelés=401,8 µg/g) lobelin értéket.

A műtrágya hatás érvényesülése szempontjából 2011-ben az 50 kg/ha Mg kezelés volt a legeredményesebb (13,7%), míg a

legrosszabb műtrágya hatást 2012-ben, az 50 kg/ha N kezelésnél mértük (24,4%). 2011-ben a nagyobb dózisú, 100 kg/ha Mg kezeléssel 30,3%-s növekedést értünk el. 2012. évben a 150 kg/ha N kezelés hatására 31,7% növekedést tapasztaltunk, míg a többi nagyobb dózisú kezeléseknél a lobelin tartalom csökkent.

A herba lobelin tartalom mérésekor azt tapasztaltuk, hogy a 2011. évben a kezelt növények értékei mind nagyobbak a kezeletlen kontrollnál (kivéve a 100 kg/ha N kezelés). A 2012. kísérleti évben a kontroll adta a legnagyobb értéket, amit csak a 150 kg/ha N kezelés múlt felül. A nagyobb dózisú kezeléseknél a 100 kg/ha Mg 17,7%-kal, a 150 kg/ha Mg 11,4%-kal volt kevesebb a kontrollnál. A 15. számú melléklet mutatja az *in vitro* szaporított *L. inflata* herba lobelin tartalmát.

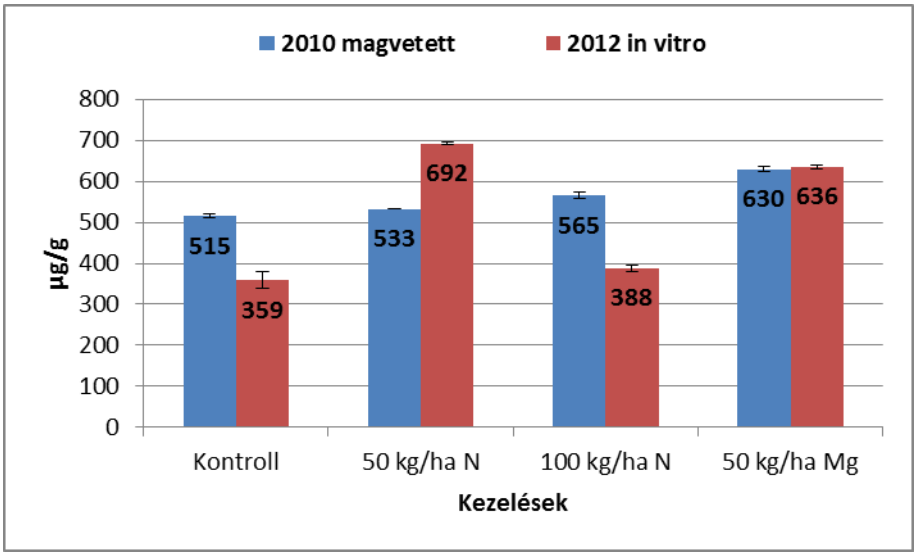
4.3.3. Magvetett és az *in vitro* szaporított *L. inflata* herba lobelin tartalmának összehasonlítása

Azt tapasztaltuk a 2010. és 2011. évi magvetett *L. inflata* herba lobelin tartalom, illetve a 2011. és 2012. évi *in vitro* adatok összehasonlításakor, hogy a magvetett lobéliáknak (kezelt, kezeletlen) az értékei mindkét évben kisebbek az *in vitro* szaporított *L. inflata* növényeknél. A 2011. évben mértük a legnagyobb lobelin eredményt (50 kg/ha Mg kezelés), mind a magvetett, mind az *in vitro* szaporított *L. inflata* növénynél.

Magvetett *L. inflata* gyökerek lobelin tartalma

A 2010. évben a magvetett lobélia gyökérrész került vizsgálatra. A kontrollnál mértük a legalacsonyabb adatot (33. ábra). A műtrágya kezelések közül az 50 kg/ha Mg hatása érvényesült a legjobban (629,5 µg/g). A 100 kg/ha N kezelés 6%-kal adott nagyobb értéket, mint az 50 kg/ha N műtrágya.

Azt tapasztaltuk a magvetett lobélia gyökér elemzésekor, hogy minden kezelés értéke nagyobb a kontroll növénynél. A legnagyobb értéket az 50 kg/ha Mg kezelés mutatta (22,2%) a kontrollhoz képest.



33. ábra. Magvetett és az *in vitro* szaporított *L. inflata* gyökér lobelin tartalma.

In vitro szaporított *L. inflata* gyökerek lobelin tartalma

A 2012. kutatási évben az *in vitro* szaporított lobélia gyökérrészét analízáltuk be (33. ábra). A lobelin tartalom mérésekor megállapítottuk, hogy a kontroll növény adta a legkisebb értéket (359,2 µg/g), míg a legjobban hasznosuló műtrágya az 50 kg/ha N kezelés (692,2 µg/g) volt. A nagyobb dózisú kezelések értékei: a 100 kg/ha Mg 38,7%-kal, a 150 kg/ha N 50,9%-kal, és a 150 kg/ha Mg 25%-kal kevesebb a kontrollal párhuzamot vonva.

Azt tapasztaltuk az *in vitro* lobélia gyökér lobelin tartalom elemzésekor, hogy a kezelésekhez (50 kg/ha N és - Mg, 100 kg/ha N) képest a kontroll értéke volt a legalacsonyabb. A nagyobb dózisú kezelések (100 kg/ha Mg, 150 kg/ha N és - Mg) gátlólag hatottak a gyökér lobelin tartalom fokozására. A 150 kg/ha N alapkezelés 50,9%-kal volt rosszabb a kontrollnál.

4.3.4. Magvetett és *in vitro* szaporított *L. inflata* gyökér lobelin tartalmának összehasonlítása

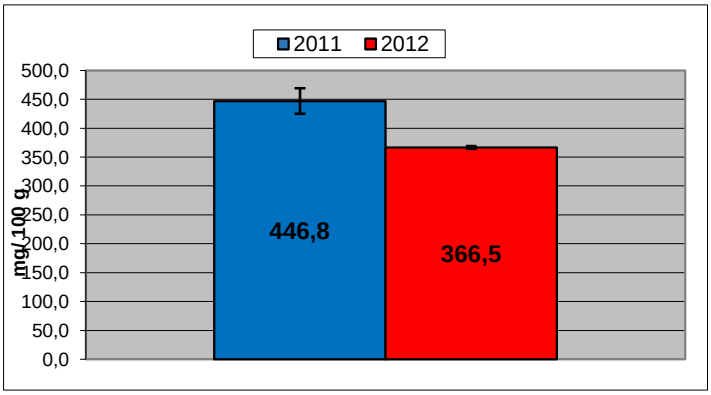
A 2010. évi magvetett és a 2012. évi *in vitro* szaporított *L. inflata* gyökérrész lobelin tartalmat összehasonlítva megállapítottuk, hogy a kontrollok mutatták a legkisebb értékeket. A magvetett állományban az 50 kg/ha Mg kezelés, míg az *in vitro* szaporított lobéliánál az 50 kg/ha N kezelés hatása mutatta a legnagyobb lobelin tartalmat. 2010-ben az 50 kg/ha N, illetve 2011-ben a 100 kg/ha N mutatta a legkisebb értéket a kezelések közül. Az értékeket a 16. számú melléklet ábrázolja.

4.4. Áttelelt *L. inflata* megfigyelése

Irodalmi adatok szerint a *L. inflata* kétévesként is termeszthető, ezért ennek vizsgálatára kísérletet végeztem szabadföldben átteleltetett növényekkel, 2010. és 2011.ben. A növény szárát a földfelszín fölött néhány centiméterrel kell levágni, ezáltal sikeresen át tud telelni, illetve jövő tavasszal fejlődésnek tud indulni. Esetünkben mindkét évben csak a magvetett növények teleltek át (34. ábra). A teljes növényállományból 2011-ben 12 darab, azaz 1,5%-a, míg 2012-ben 6 darab növény, azaz 0,5%-a telelt át. A tőlevélrózsás állapotban áttelelt növények analitikai vizsgálatának nincsen jelentősége, mert a hatóanyag-tartalmi értékek kisebbek, mint a nem áttelelt *L. inflata* növényeké. A növénymagasság (cm) és a száraztömeg (g) értékek tekintetében, általánosságban megállapíthatjuk, hogy az áttelelt növények közel azonos értékeket mutattak a magvetéssel szaporított és évközben kiültetett *L. inflata* növényekkel.

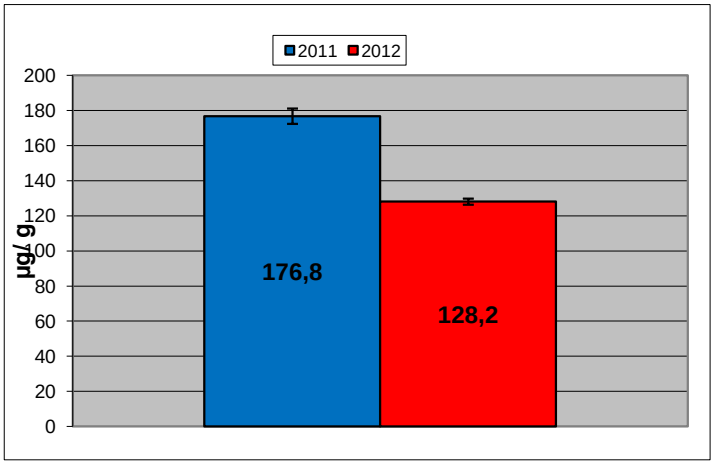
34. ábra. Áttelelt magvetett *L. inflata*.
(Mosonmagyaróvár) **(Fotó: Vojnich, 2012)**

A herba beltartalmi értékeket bevizsgáltuk (összalkaloid- és lobelin tartalom). A 2011. és a 2012. évi áttelelt lobéliák összalkaloid tartalmát a 35. ábra szemlélteti. A 2011-ben mért összalkaloid tartalom 14,1%-kal nagyobb, mint a 2012-ben mért érték (366,5 mg/100g).



35. ábra. Összalkaloid tartalom (mg/100g) az áttelelt magvetett *L. inflata* herbában. (2011-2012)

Az áttelelt növények lobelin tartalmának alakulását a 36. ábra mutatja. A 2011-es évben 39,3%-kal volt nagyobb a lobelin tartalom, mint a 2012. évben.



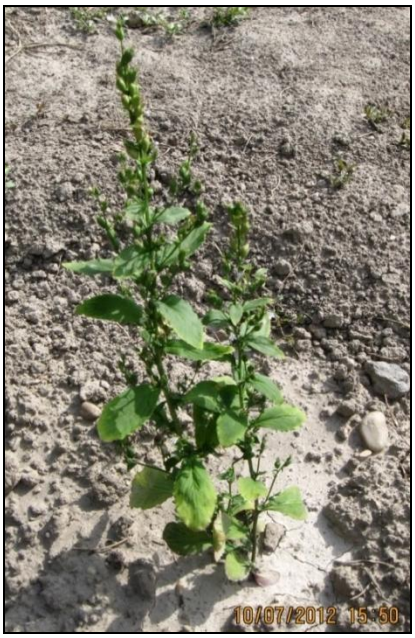
36. ábra. Lobelin tartalom (µg/g) az áttelelt magvetett *L. inflata* herbában. (2011-2012)

A száraz tömeg érték alakulása a következőképpen történt: a 2011. évben 12 darab áttelelt magvetett *L. inflata* növénynek az átlag biomassza értéke 8,6 grammot mutatott, míg a 2012. évben a 4 darab áttelelt növénynek az átlag száraz tömeg értéke 2,08 gramm volt.

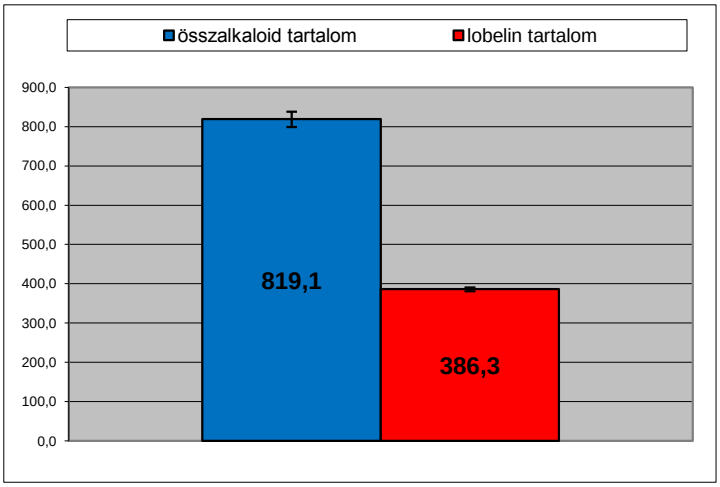
Azt a következtetést vonhatjuk le az áttelelt *L. inflata* növénynél, hogy a 2011. évben bevizsgált herbák összalkaloid- és lobelin tartalom értékei nagyobbak, mint a 2012. kutatási évé. A száraz tömeg kiértékelése során azt tapasztaltuk, hogy a 2011. kutatási évben a biomassza adata 75,8%-kal nagyobb a 2012. évi áttelelt lobélia értékénél. A 20. számú melléklet mutatja az áttelelt növény hatóanyag tartalmát.

4.5. Árvakelésből fejlődő *L. inflata* megfigyelése

A termesztési kísérletekben megfigyelhető volt, az áttelelt növények mellett nagyszámú árvakelésből származó növénykék (palánták) jelenléte (37. ábra). A felvételezett palántákat szabadföldi viszonyok között felnevelve, 2012-ben megvizsgáltuk azok szárazanyag- valamint hatóanyagtartalmát (38. ábra). A növényenkénti átlagos biomassza érték 4,87 gramm volt, ami meghaladta a 2011. évi magvetett kezelések közül, az 50 kg/ha és 100 kg/ha magnézium adagolásnál mért értékeket, de kevesebbnek bizonyult a kontrollnál és a nitrogén kezeléseknél (50 kg/ha és 100 kg/ha).



37. ábra. Árvakelésből származó *L. inflata.*
(Mosonmagyaróvár) **(Fotó: Vojnich, 2012)**



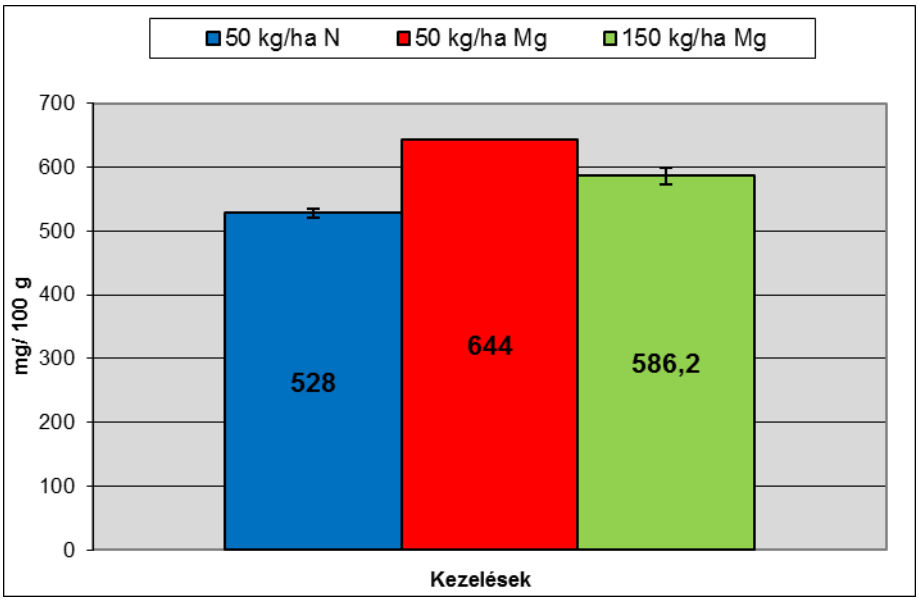
38. ábra. Árvakeléses *L. inflata* hatóanyag tartalmi értékei (2012).

Az árvakelésesből nevelt lobéliát a 2011. évi magvetett *L. inflata* növénnyekkel összehasonlítva, azt tapasztaltuk, hogy az árvakelés összalkaloid tartalma lényegesen nagyobb (44,2% - 55,8%). A lobelin tartalmat vizsgálva megállapítható, hogy a 2011. évi magvetett lobélia három kezelés tekintetében (50 kg/ha N, 50 kg/ha Mg és 100 kg/ha Mg) jobb eredményt mutatott, mint az árvakeléses lobélia. A biomassza értéket nézve a magnézium kezeléseknél (50 - és 100 kg/ha) eredményesebb az árvakeléses *L. inflata*. A 21. számú melléklet összefoglalja az árvakeléses lobélia beltartalmi értékeit.

4.6. Tőlevélrózsa (rozetta) állapotban maradt *L. inflata* vizsgálata

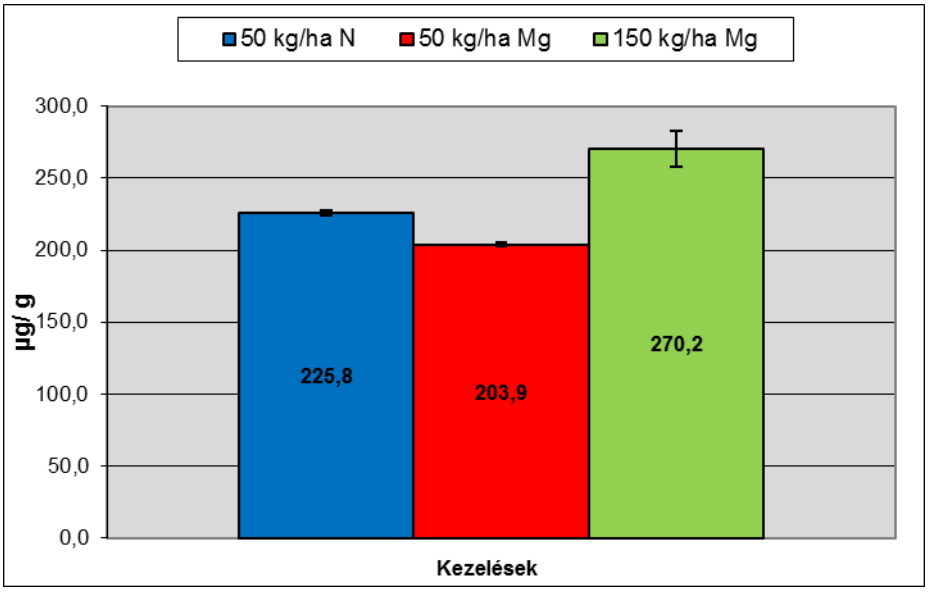
A kísérleteink során a szabadföldre kiültetett palántáknál, nemcsak a magszárba indult indián dohányt vizsgáltuk be, hanem a

tőlevélrózsás állapotúakat is. A 2012. évben az *in vitro* szaporított *L. inflata* tőlevélrózsás állapotú növényeket vizsgáltuk be laboratóriumi körülmények között. Háromféle kezelést tudtunk összehasonlítani (50 kg/ha N-, 50 kg/ha Mg és a 150 kg/ha Mg trágyakezelés). A rozettás állapotú *in vitro* szaporított *L. inflata* növények száraz tömeg (g) értékeinek az alakulása a következő volt: a legnagyobb adatot a 150 kg/ha Mg alapkezelésnél mértünk (3,67 gramm), a legkevesebb értéket az 50 kg/ha N kezelés mutatta (3,34 g). Az 50 kg/ha Mg műtrágya kezelés 3,55 grammos eredményt adott.



39. ábra. Tőlevélrózsás *L. inflata* herba összalkaloid tartalma (2012).

Az összalkaloid tartalom vizsgálati értékeket a 39. ábra vázolja. Az 50 kg/ha Mg kezelés hatására mértük a legnagyobb, míg az 50 kg/ha N kezelés esetében a legkisebb összalkaloid értéket.



40. ábra. Tőlevélrózsás állapotú *L. inflata* herba lobelin tartalma. (2012)

A tőlevélrózsás állapotú indián dohány herba lobelin tartalom vizsgálatát a 40. ábra szemlélteti. A legmagasabb lobelin értéket a 150 kg/ha Mg kezelésnél mértük (256 µg/g). A legkisebb eredményt az 50 kg/ha Mg alap műtrágya kezelés adta (209 µg/g), ami a legnagyobb összalkaloid értéket tartalmazta. A lobelin tartalom értékek között nincsen akkora eltérés, mint az összalkaloid tartalomnál. A 21. számú melléklet mutatja a lobelin és az összalkaloid tartalom értékeket.

Összességében megállapítható, hogy a 150 kg/ha Mg kezelés értékei a dominánsak. A legnagyobb biomassza (3,67 g) és lobelin tartalom (256 µg/g) értéket ennél a kezelésnél mértük, míg a legnagyobb összalkaloid tartalmat az 50 kg/ha Mg kezelés adta.

4.7. Gyomviszonyok a kísérleti területen

A 2010. kísérleti évben nagyon sok volt a csapadék, ami kedvezett a gyomok elszaporodásához. A rendszeres mechanikai gyomirtásnak köszönhetően a parcellákban rendesen tudtak fejlődni a kiültetett palánták, a gyomok nem akadályozták a *L. inflata* növekedését. A 2012. év volt a legszárazabb, ebben az évben volt a legkevesebb mechanikai gyomirtás. A 2011. kutatási év napsütéses órák száma, illetve a csapadék mennyisége átmenet volt a 2010. és a 2012. évnek.

A leggyakrabban előforduló gyom fajok a következők: pásztortáska (*Capsella bursa-pastoris*), fehér libatop (*Chenopodium album*), pokolvar libatop (*Chenopodium hybridum*), közönséges tarackbúza (*Elymus repens*), pirók ujjasmuhar (*Digitaria sanguinalis*), egynyári perje (*Poa annua*), apró szulák (*Convolvulus arvensis*), felálló madársóska (*Oxalis stricta*), kövér porcsin (*Portulaca olearcea*), tyúkhúr (*Stellaria media*), gyermekláncfű (*Taraxacum officinale*), fekete üröm (*Artemisia vulgaris*), perzsa veronika (*Veronica persica*), szőrös disznóparéj (*Amaranthus retrofelxus*).

A kísérleti területen előforduló gyomnövények családnevei a következők:

- keresztesek (*Cruciferae*)
- libatopfélék (*Chenopodiaceae*)
- pázsitfűfélék (*Poaceae*)
- szulákfélék (*Convolvulaceae*)

- disznóparéjfélék (*Amaranthaceae*)
- madársóskafélék (*Oxalidaceae*)
- porcsinfélék (*Portulacaceae*)
- szegfűfélék (*Caryophyllaceae*)
- fészkes virágzatúak (*Asteraceae*)
- tátogatófélék (*Scrophulariaceae*)

4.8. A törpe lobélia (*Lobelia erinus* L.) vizsgálata

A 2011. évben egy másik lobélia fajt, a törpe lobéliát (*L. erinus* L.) is termesztettük a szabadföldön (41. ábra). A *L. inflata* palántákkal összehasonlítva elmondhatjuk, hogy a herba száraztömeg értéke közel azonos (4,15 g). A *L. erinus* növénymagassága (átlagosan 15 cm) fele-harmada az indián dohánynak. A lobelin tartalma nagyon minimális (4,92 μg/g) a *L. inflata* növényhez képest. Az összalkaloid tartama viszont a legmagasabb volt (559,9 mg/100g) a törpe lobéliának, a kontroll és a kezelt indián dohánynál (50 -, 100 kg/ha N és Mg alaptrágya kezelés) sem értünk el ekkora alkaloid tartalmat.

41. ábra. Üvegházban nevelt *L. erinus* palánták (Mosonmagyaróvár).

(Fotó: Vojnich, 2011)

4.9. *In vitro* tápanyag-ellátási kísérletek

A 2012. szabadföldi tápanyag-ellátási kísérleteket kiegészítettük laboratóriumi körülmények között, magnézium és nitrát kezelések alkalmazásával. Az MS (Murashige-Skoog) táptalajon tenyésztett *in vitro L. inflata* növényt különböző **$MgSO_4$**–os kezelésekkel vizsgáltuk (42. ábra). A kezelések a következők: a kontroll (370 mg/l) értékének a csökkentett (0 mg/l és a 185 mg/l), és az emelt értékei (740 mg/l, 1480 mg/l, 2960 mg/l).

42. ábra. Különböző $MgSO_4$ tartalmú MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* kultúrák (Semmelweis Egyetem) (**Fotó: Vojnich, 2012)**

Laboratóriumi körülmények között a következő **NH_4NO_3 és KNO_3** kezeléseket végeztük. Az MS táptalajon tenyésztett *in vitro L. inflata* kultúráknál 5 féle nitrát kezelést alkalmaztunk (43. ábra):

- A1 (kontroll);
- B1 (duplára emelt NH_4NO_3 kezelés);
- C1 (duplára emelt KNO_3 kezelés);
- D1 (felére csökkentett KNO_3 kezelés);
- E1 (felére csökkentett NH_4NO_3 kezelés).

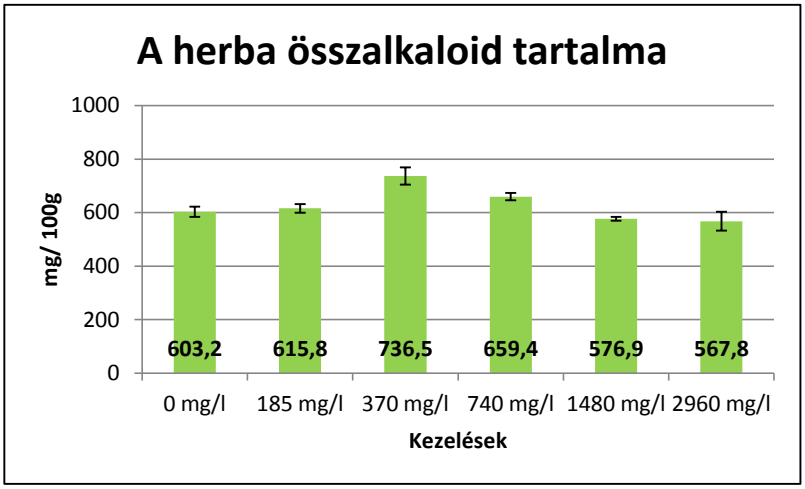
43. ábra. NH_4NO_3 és KNO_3 kezelések MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* (Semmelweis Egyetem) **(Fotó: Vojnich, 2012)**

4.9.1. $MgSO_4$-, az NH_4NO_3 és a KNO_3 kezelések hatása a *L. inflata* herba összalkaloid tartalmára

Összességében megállapítható, hogy a herbában a $MgSO_4$ kezelések hatására a kontroll eredményezte a legnagyobb összalkaloid értéket (736,5 mg/100g). Az NH_4NO_3 és a KNO_3 kezelések esetében a kontroll (A1=766,1 mg/100g), illetve a felére csökkentett KNO_3 tartalmú kezelés (D_1=831,2 mg/100g) mutatta a legnagyobb összalkaloid eredményt. A legkisebb alkaloid értéket a $MgSO_4$–nál, a 2960 mg/l kezelésnél (567,8 mg/100g) mértük. A nitrát kezelések közül a duplájára emelt NH_4NO_3 (B1=233 mg/100g) hatása volt a legkisebb.

$MgSO_4$ hatása a *L. inflata* herba összalkaloid tartalmára

A legnagyobb herba összalkaloid értéket a 370 mg/l (kontroll) mértünk (44. ábra). A legkisebb alkaloid tartalmat a 2960 mg/l kezelés hatására mértünk (567,8 mg/100g), mely 22,9%-kal kevesebb a kontrollnál.



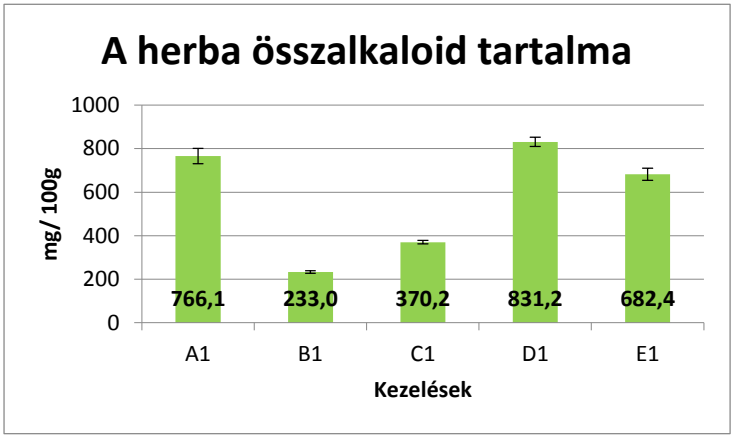
44. ábra. $MgSO_4$ hatása a *L. inflata* herba összalkaloid tartalmára (2012).

Megállapítható, hogy az MS táptalajon tenyésztett *in vitro L. inflata* herba legmagasabb összalkaloid tartalmat (736,5 mg/100g) a kontrollnál (370 mg/l) mértük. Ahogy csökkentettük (0 mg/l, 185 mg/l), illetve növeltük a $MgSO_4$ koncentrációját a táptalajban (740 mg/l, 1480 mg/l, 2960 mg/l), úgy csökkent az összalkaloid tartalom is

a herbában. A 22. számú melléklet mutatja be a herba összalkaloid tartalom változását.

NH_4NO_3 és KNO_3 hatása a *L. inflata* herba összalkaloid tartalmára

A 45. ábra jól prezentálja, hogy a felére csökkentett KNO_3 tartalmú (D1) kezelés eredményezte a legnagyobb herba összalkaloid tartalmat (831,2 mg/100g) az összes kezelés közül. A kontroll herba (A1) is magas herba összalkaloidot tartalmaz. A herbában a legkisebb alkaloid értéket (233 mg/100g) a duplára emelt NH_4NO_3 (B1) kezelés eredményezte. A 25. számú melléklet ábrázolja a nitrát kezelés hatását a herba összalkaloid tartalmára.



45. ábra. NH_4NO_3 és KNO_3 kezelések hatása a *L. inflata* herba összalkaloid tartalmára (2012).

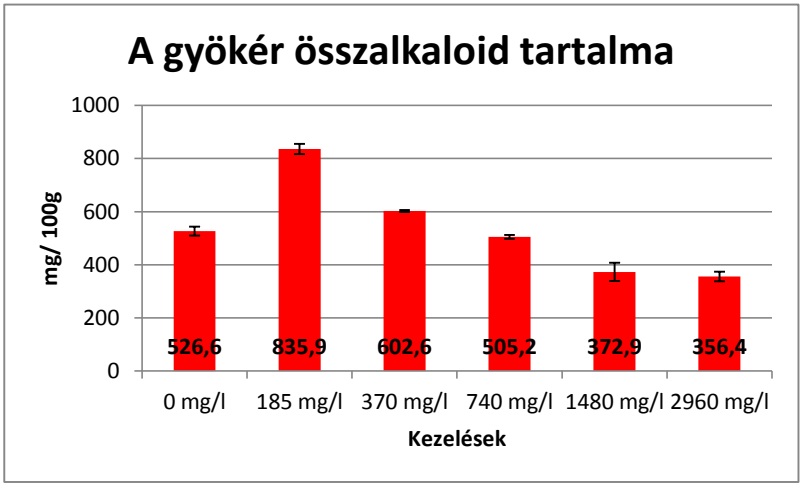
4.9.2. $MgSO_4$ -, az NH_4NO_3 és a KNO_3 kezelések hatása a *L. inflata* gyökér összalkaloid tartalmára

A $MgSO_4$ hatása a *L. inflata* gyökérrész összalkaloid tartalmára a következőképpen alakult: a 185 mg/l kezelés eredményezte a legnagyobb alkaloid értéket (835,9 mg/100g), míg a legkisebb adatot a 2960 mg/l kezelésnél mértük (356,4 mg/100g). Ahogy növeltük a magnézium-szulfát tartalmát a táptalajban, úgy csökkent a gyökérrésznek az összalkaloid tartalma.

A nitrát kezelések során hasonló tendenciát állapítottunk meg, mint a $MgSO_4$ esetében. A felére csökkentett KNO_3 tartalmú (D1) kezelésnél (883,3 mg/100g) és a kontrollnál (A1) (662,6 mg/100g) mértük a legnagyobb összalkaloid tartalmat. A duplára emelt KNO_3 kezelés (C1) hatására az alkaloid tartalom csökkent. A duplára emelt NH_4NO_3 (B1) kezelésnél nem tudtunk összalkaloid tartalmat mérni.

$MgSO_4$ hatása a *L. inflata* gyökér összalkaloid tartalmára

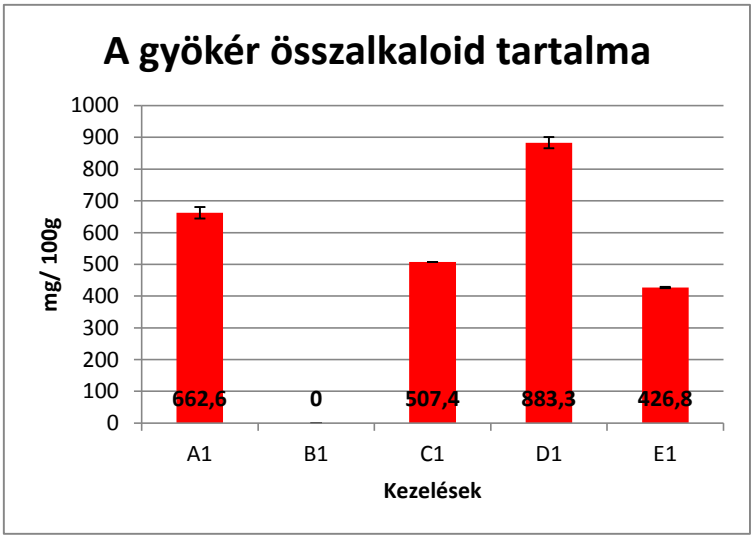
A legmagasabb értéket a gyökér esetében (46. ábra) a 185 mg/l kezelésnél mértük (835,9 mg/100g), ami 38,7%-kal nagyobb a kontrollnál. A legalacsonyabb gyökér összalkaloid értéket a 2960 mg/l kezelésnél (356,4 mg/100g) mértük, ami 40,9%-kal maradt el a kontroll eredményétől. A 22. számú melléklet szemlélteti a herba és a gyökér összalkaloid tartalmának eredményeit.



46. ábra. MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* gyökerek összalkaloid tartalmának (mg/100g) változása $MgSO_4$ kezelések hatására (2012).

NH_4NO_3 és KNO_3 hatása a *L. inflata* gyökér összalkaloid tartalmára

A 47. ábra szemlélteti a nitrát kezelések hatását a gyökér összalkaloid tartalmára. A felére csökkentett KNO_3 tartalmú (D1) kezelés esetében értük el a legnagyobb összalkaloid tartalmat (883,3 mg/100g). A kontroll (A1) mutatta a második legnagyobb értéket (662,6 mg/100g). A duplára emelt NH_4NO_3 (B1) kezelésnél nem tudtunk összalkaloid tartalmat mérni. A 25. számú melléklet mutatja a gyökérrész összalkaloid tartalmának változását a nitrát kezelések hatására.



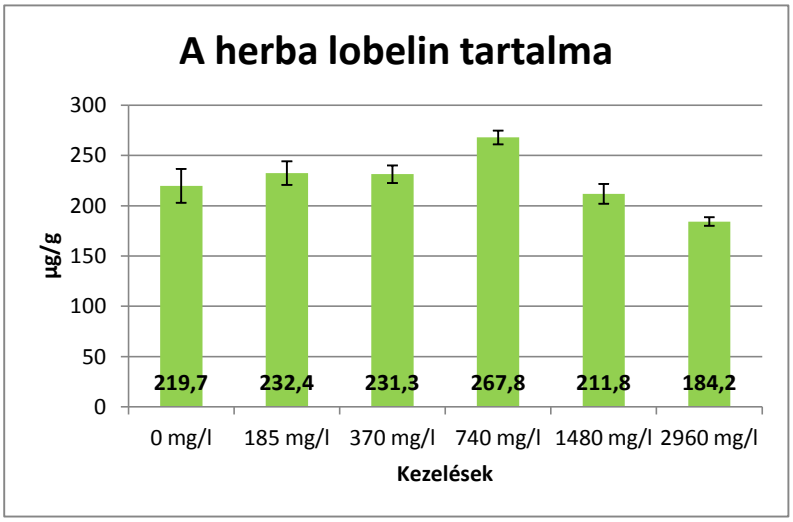
47. ábra. MS táptalajon nevelt *in vitro L.inflata* összalkaloid tartalmának (mg/100g) változása a NH_4NO_3 és KNO_3 kezelések hatására (2012).

4.9.3. $MgSO_4$-, az NH_4NO_3 és a KNO_3 kezelések hatása a *L. inflata* herba lobelin tartalmára

Megállapítható, hogy a 740 mg/l $MgSO_4$ kezelés esetében mértük a herbában a legnagyobb lobelin értéket. Az 1480 mg/l és a 2960 mg/l kezelésnél már csökkent a lobelin tartalom. A nitrát kezeléseknél a tendencia megegyezik a herba összalkaloid értékekkel, tehát a felére csökkentett KNO_3 tartalmú (D1) és kontroll (A1) mutatta a legnagyobb lobelin értéket. A nitrát tartalom megemelése az MS táptalajban csökkentette a herba lobelin tartalmát.

$MgSO_4$ hatása a *L. inflata* herba lobelin tartalmára

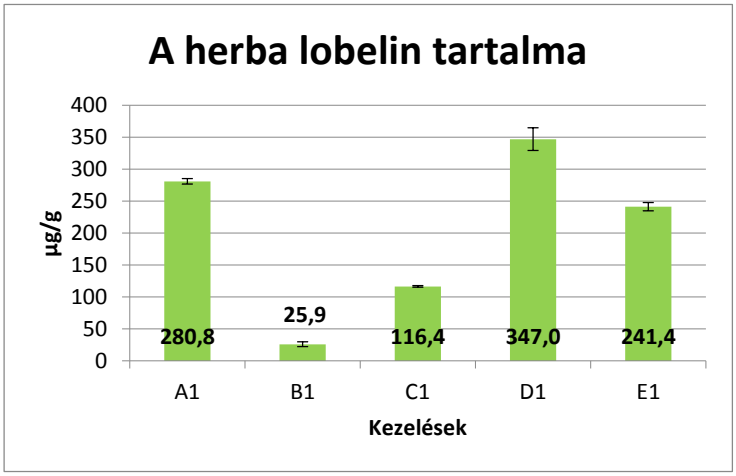
A herbában mért lobelin tartalom értékeket a 48. ábra ismerteti. A legmagasabb lobelin tartalmat a 740 mg/l kezelés eredményezte (15,8%-kal több a kontrollnál), míg a legkisebb értéket a 2960 mg/l kezelésnél (20,4%-kal kevesebb a kontrollnál) mértük. A 23. számú melléklet szemlélteti a herbában mért lobelin értékeket.



48. ábra. $MgSO_4$ ellátás hatása a *L. inflata* herba lobelin tartalmára (2012)

NH_4NO_3 és KNO_3 hatása a *L. inflata* herba lobelin tartalmára

A nitrát kezelések hatását elemezve a lobelin tartalomra (µg/g) megállapítható, hogy a felére csökkentett KNO_3 tartalmú (D1) kezelés és a kontroll (A1) esetében mértük a legnagyobb értékeket. A 49. ábra szemlélteti a herba lobelin értékeit. A 26. számú melléklet prezentálja a herbában mért lobelin tartalom értékeket.



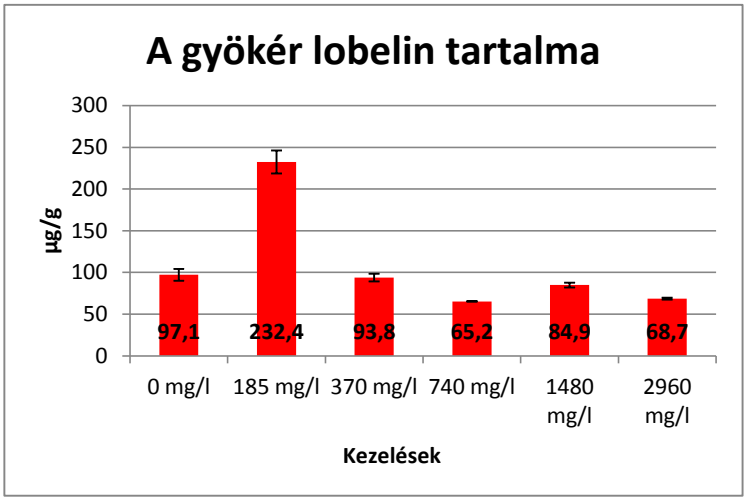
49. ábra. NH_4NO_3 és KNO_3 kezelések hatása a *L. inflata* herba lobelin tartalmára (2012)

4.9.4. $MgSO_4$ -, az NH_4NO_3 és a KNO_3 kezelések hatása a *L. inflata* gyökér lobelin tartalmára

A magnézium-szulfát és a nitrát kezelések összehasonlítása során megállapítható, hogy a gyökér lobelin tartalom értéke a $MgSO_4$ hatására a 185 mg/l kezelésnél, míg a nitrát esetében a kontrollnál és a felére csökkentett KNO_3 tartalmú kezelésnél mértünk több mint 200 µg/g lobelin tartalom értéket. A többi kezelések értékei 100 µg/g lobelin tartalom alatt vannak. Az emelt NH_4NO_3 kezelésnél nem tudtunk lobelin értéket mérni.

$MgSO_4$ hatása a *L. inflata* gyökér lobelin tartalmára

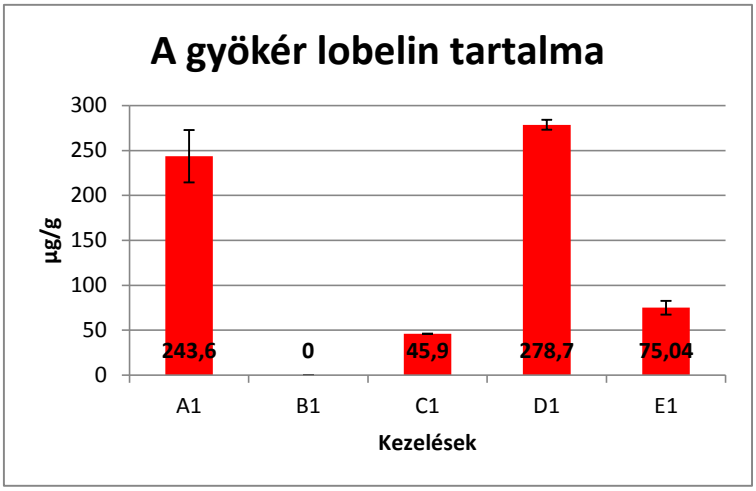
Az *in vitro* lobélia gyökér lobelin tartalmának a vizsgálata során a 185 mg/l kezelés lobelin értéke (232,4 µg/g) kimagaslóan nagy (50. ábra). A kontrollnál (370 mg/l kezelés) 147,7%-kal nagyobb. A 0 mg/l és a 370 mg/l kezelés értéke közel azonos, mint a 740 mg/l és a 2960 mg/l kezelés eredményé is. A legkisebb értéket a 740 mg/l kezelés adta. A 23. számú melléklet, a gyökér lobelin tartalmát mutatja.



50. ábra. MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* gyökér lobelin tartalmának (µg/g) változása $MgSO_4$ hatására (2012)

NH_4NO_3 és KNO_3 hatása a *L. inflata* gyökér lobelin tartalmára

A nitrát kezelés hatására a legnagyobb gyökér lobelin értéket a felére csökkentett KNO_3 tartalmú kezelésnél (278,7 µg/g) és a kontrollnál (243,6 µg/g) mértük (51. ábra). A duplára emelt NH_4NO_3 (B1) kezelés esetében a gyökérben nem volt lobelin (0 µg/g lobelin értéket mértünk). A 26. számú melléklet ábrázolja részletesen a gyökér lobelin tartalom értékeket.



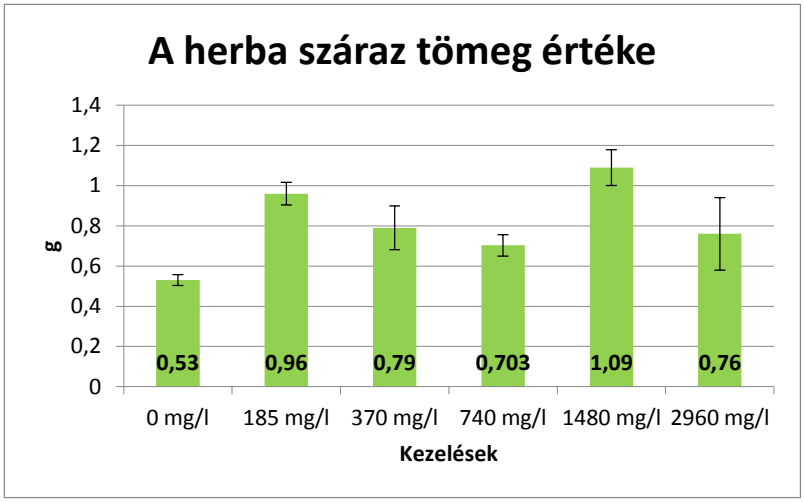
51. ábra. MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* gyökér lobelin tartalmának (µg/g) változása NH_4NO_3 és KNO_3 kezelések hatására (2012)

4.9.5. $MgSO_4$-, az NH_4NO_3 és a KNO_3 kezelések hatása a *L. inflata* herba száraz tömegére

A $MgSO_4$ és a nitrát kezelések herba biomassza értékének összehasonlítása során megállapítható, hogy csak az 1480 mg/l kezelés és a felére csökkentett KNO_3 tartalmú (D1) kezelés értéke nagyobb 1 grammnál. A második legnagyobb értéket a magnézium-szulfát esetében a 185 mg/l kezelés (0,96), míg a nitrátnál a kontroll (A1) (0,84) mutatta. A legkisebb értéket a duplára emelt NH_4NO_3 (B1) kezelés és a 0 mg/l kezelés eredményezte.

$MgSO_4$ hatása a *L. inflata* herba száraz tömeg értékére

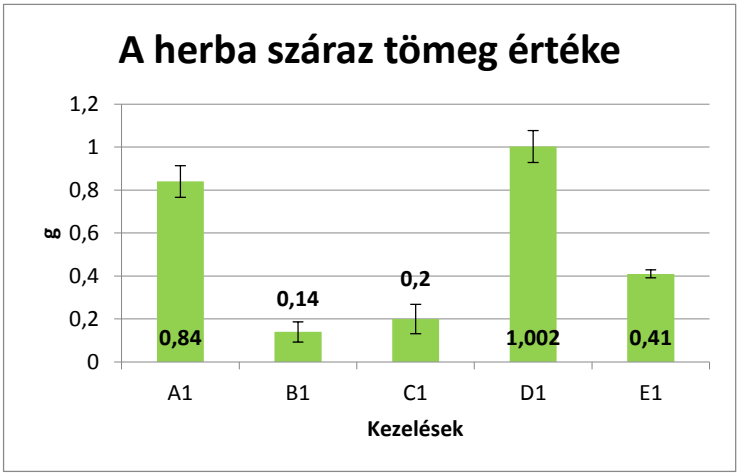
Az MS táptalajon tenyésztett *in vitro L. inflata* kultúrák száraz tömeg (herba) értékének alakulását a 52. ábra mutatja be. A herba legnagyobb száraztömeg értékét az 1480 mg/l kezelés (1,09 g) és a 185 mg/l kezelés (0,96 g) eredményezte. A kontroll (370 mg/l), a 740 mg/l kezelés és a 2960 mg/l kezelés eredményei közel azonosak. A 24. számú melléklet mutatja a herba biomassza értékét.



52. ábra. $MgSO_4$ ellátás hatása a *L. inflata* herba száraz tömegére (2012)

NH_4NO_3 és KNO_3 hatása a *L. inflata* herba száraz tömeg értékére

Az MS táptalajon tenyésztett *in vitro L. inflata* száraz tömeg (herba) értékének alakulását az 53. ábra szemlélteti. A herba kimagasló száraz tömeg értékét a felére csökkentett KNO_3 tartalmú (D1) (1,002 gramm) kezelésnél és a kontrollnál (A1) (0,84 gramm) mértük. A 27. számú melléklet vázolja a nitrát kezelések herba száraz tömeg értékét.



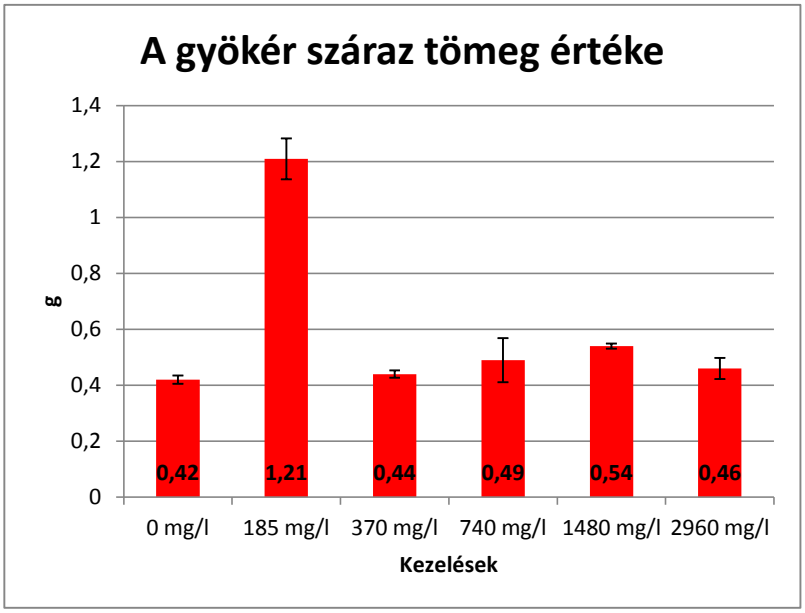
53. ábra. NH_4NO_3 és KNO_3 kezelések hatása a herba biomassza képzésére (2012)

4.9.6. $MgSO_4^-$, az NH_4NO_3 és a KNO_3 kezelések hatása a *L. inflata* gyökér száraz tömegére

Megállapítható, hogy a legnagyobb gyökér száraz tömeg értéket a $MgSO_4$ hatása esetében a 185 mg/l kezelés (1,21 g), a nitrát kezelések alkalmazásánál a kontroll (A1) (1,33 g) és a felére csökkentett KNO_3 tartalmú (D1) kezelés (1,22 g) esetében mértük. A legkevesebb biomassza értéket a magnézium-szulfát kezelések közül az 0 mg/l kezelés (0,42 g), míg a nitrát kezeléseknél a duplára emelt NH_4NO_3 kezelés (0,03 g) és a duplára emelt KNO_3 kezelés (0,103 g) esetében mértük.

$MgSO_4$ hatása a *L. inflata* gyökér száraz tömegre

Az *in vitro L. inflata* gyökér vizsgálatakor (54. ábra) kimagasló értéket eredményezett a 185 mg/l kezelés (1,21 gramm), ami 175%-kal nagyobb a kontrollnál. A magnézium mentes táptalajon (0 mg/l kezelés) nevelt növény gyökerek esetében mértük a legkisebb biomassza adatot (0,42 gramm). A gyökér száraz tömeg értékeit tekintve a 185 mg/l kezelés (1,21 g) kiugróan magas, míg a 0 mg/l, a 370 mg/l, a 740 mg/l és az 1480 mg/l kezelés (55. ábra) adatai megközelítőleg azonosak voltak. Az 1480 mg/l kezelés adta a második legnagyobb gyökér száraz tömeg értéket (0,54 gramm). A 24. számú melléklet a gyökér száraz tömeg értékének az adatait ismerteti.



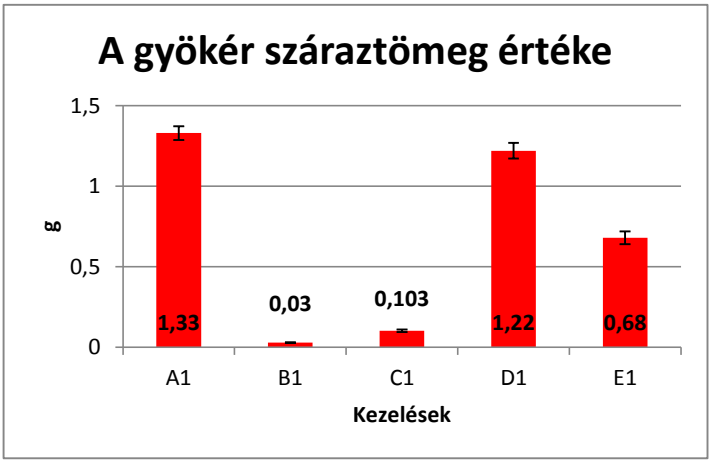
54. ábra. MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* gyökér száraz tömegének (g) változása $MgSO_4$ hatására (2012)

55. ábra. MS táptalajon 1480 mg/l ($MgSO_4$) nevelt *in vitro L. inflata* (Budapest, Semmelweis Egyetem) **(Fotó: Vojnich, 2012)**

NH_4NO_3 és KNO_3 hatása a *L. inflata* gyökér száraz tömegre

A gyökér vizsgálásakor a kontroll (1,33 gramm), illetve a felére csökkentett KNO_3 (1,22 gramm) kezelés alkalmazására értük el a legnagyobb száraz tömeg értéket a nitrát kezelések közül. (56. ábra).

56. ábra. NH_4NO_3 és KNO_3 kezeléssel (D1), MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* (Budapest, Semmelweis Egyetem) **(Fotó: Vojnich, 2012)**



57. ábra. MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* gyökér száraz tömeg értékének (g) változása NH_4NO_3 és KNO_3 kezelések hatására (2012).

A gyökér száraz tömeg értéke esetében (57. ábra) a kontroll (1,33 gramm) és a felére csökkentett KNO_3 (1,22 gramm) kezeléssel értük el a legnagyobb értéket. A legalacsonyabb gyökér száraz tömeg értéket a duplára emelt NH_4NO_3 kezelés mutatta (0,03 gramm). A részletes száraz tömeg értékeket (herba, gyökér) a 27. számú melléklet részletezi.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Magvetett *L. inflata*

A három év növekedési vizsgálatait összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a szántóföldi körülmények között a magvetéssel szaporított *L. inflata* növekedését a nitrogén kezelések kedvezően befolyásolták. A 2010. és a 2011. évben az 50 kg/ha N, a 2012. évben a 100 kg/ha N hatóanyagot tartalmazó műtrágyák hatása érvényesült a legjobban.

A levél felület átlagok (cm^2) esetében azonban nem volt egyértelműen megállapítható a műtrágya kedvező hatása, mivel minden évben eltérő kezelés eredményezte a legnagyobb levél felületet átlagot (2010-ben az 50 kg/ha N-, 2011-ben az 50 kg/ha Mg-, és 2012-ben a 100 kg/ha N kezelés).

A száraz tömeg értékek (g) alakulása a magvetett *L. inflata* herba esetében a nitrát kezelések alkalmazására értük el a legnagyobb adatot (2010-ben az 50 kg/ha N-, míg 2011. évben a 100 kg/ha N kezelés). A gyökérrész vizsgálata során a 100 kg/ha N műtrágya kezelés (2010) mutatta a legnagyobb száraz tömeg értéket.

A hatóanyag felhalmozódás tekintetében a műtrágyák hatása kimutatható volt, a legnagyobb herba lobelin tartalom értéket (µg/g) az 50 kg/ha N (2010) és az 50 kg/ha Mg kezelésnél (2011) kaptuk. A gyökér lobelin tartalma (2010-ben) az 50 kg/ha Mg műtrágya kezelés alkalmazására mértük a legnagyobb adatot.

Az összalkaloid tartalom (mg/100g) produkciójának fokozására tett kísérletek közül a herba és a gyökér hatóanyag tartalmát külön

mértük. A magvetett herba alkaloid értékei a következők: a 2010-es évben az 50 kg/ha Mg műtrágya kezelés, míg a 2011. évben a kontroll bizonyult a legeredményesebbnek. A gyökérrész bevizsgálásakor a 2010. évben az 50 kg/ha Mg kezelés hatására mértük a legnagyobb alkaloid tartalmat. TAKÁCS-HÁJOS és munkatársai (2007) hasonló eredményeket értek el a magnézium kezeléssel, amikor a magvetett *L. inflata* kultúra herba képződését vizsgálták és a magnézium műtrágya kedvező hatását tapasztalták.

In vitro szaporított *L. inflata*

A növény magassági és a levél felület átlag méréseket csak a magvetett indián dohánynál végeztük el. Az *in vitro* szaporított *L. inflata* herba száraz tömeg értéke a következő képen változott: 2011-ben a 100 kg/ha Mg-, míg 2012-ben a 150 kg/ha N műtrágya kezelés érvényesült a legjobban. A gyökér száraz tömeg mérésekor a kontroll mutatta (2012) a legnagyobb adatot.

L. inflata herba lobelin tartalom mérésekor 2011-ben a 100 kg/ha Mg-, és a 2012-es évben a 150 kg/ha N hatására mértük a legnagyobb lobelin értéket. A gyökérrész bevizsgálásakor az 50 kg/ha N kezelés érvényesült a legjobban. Fontos a növény hatóanyag-tartalmának, valamint zöldtömegének növelése (biomassza), amire irodalmi adatok szerint (BÁLVÁNYOS, 2002) a növény tápanyag-utánpótlása révén nyílhat lehetőség.

A *L. inflata* herba összalkaloid tartalom vizsgálatakor a 2011. évben az 50 kg/ha Mg-, míg a 2012-es évben a kontroll mutatta a legnagyobb alkaloid adatot. A gyökérrész bevizsgálásakor a 100 kg/ha

N- és az 50 kg/ha Mg kezelés értéke megközelítőleg azonos. 2012-ben a nagyobb dózisú kezelések során a 150 kg/ha N -, illetve a 150 kg/ha Mg hatására a gyökér összalkaloid tartaloma 1000 mg/100 g fölötti érték, amit más hatóanyag-tartalmi vizsgálat során nem értünk el.

Áttelelt magvetett *L. inflata*

Irodalmi adatok szerint (BANKS, 1953; MOERMAN, 1998) a *L. inflata* kétévesként is termeszthető, ezért ennek vizsgálatára kísérletet végeztem szabadföldben átteleltetett növényekkel (2010- és 2011-ben). 2011-ben vizsgált növények minden esetben (növénymagasság, száraz tömeg érték, lobelin tartalom, összalkaloid tartalom) nagyobb értéket mutattak, mint a 2012-ben mért növények adatai.

Árvakelésből fejlődő magvetett *L. inflata*

2012-ben az árvakelésből származó magvetett *L. inflata* növény hatóanyag tartalmát mértük. A lobelin tartalom és az összalkaloid tartalom értéke magasabb az áttelelt lobéliánál. A beltartalmi értékeket összehasonlítva a 2011-es évi magvetett *L. inflata* –val azt tapasztaltuk, hogy az árvakelésből származó összalkaloid érték nagyobb, míg a lobelin tartalom értéke kevesebb a 2011-es magvetett lobéliánál. Nem találtam irodalmi adatokat az árvakelésből fejlődő indián dohányra.

Lobelia erinus

2011-ben egy másik lobélia fajt is bevizsgáltunk. A beltartalmi értékek mérése során itt mértük a legkisebb lobelin tartalmat, és a legnagyobb összalkaloid értéket (összehasonlítva a magvetett *L. inflata*-val).

In vitro tápanyagellátási kísérletek (laboratórium)

A 2012-es szabadföldi tápanyag-ellátási kísérleteket kiegészítettük laboratóriumi körülmények között, MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* kultúrák $MgSO_4$ és nitrát kezeléseivel.

$MgSO_4$ kezelés

Magnézium kezelés hatására a herba szárazanyag produkciója a magas $MgSO_4$ koncentrációjú táptalajon (1480 mg/l) volt a legjelentősebb, míg a gyökér növekedése 185 mg/l $MgSO_4$ hatására a legintenzívebb.

Magnézium kezelés hatására a herba lobelin tartalma a 740 mg/l $MgSO_4$ koncentrációjú táptalajon volt a legjelentősebb, míg a lobelin produkció a $MgSO_4$ szint további emelésére (1480 mg/l) érte el a maximumot a jelentős biomassza produkciónak köszönhetően.

A gyökér lobelin produkciója 185 mg/l $MgSO_4$ hatására közel 7× volt, mint a kontrollé, mivel a kultúrák biomassza képzése és lobelin tartalma egyaránt magas volt.

A $MgSO_4$ kezelések közül a herbában 370 ill. 740 mg/l hatására volt a legtöbb alkaloid, míg a gyökér esetében 185 mg/l alkalmazása volt optimális.

<u>NH_4NO_3 és KNO_3 kezelések</u>

A nitrát kezelések közül a felére csökkentett KNO_3 tartalmú MS táptalajon jelentős a herba biomassza képzése, míg a többi kezelés hatására jelentősen visszaesett. A gyökér esetében is hasonló tendenciát figyeltünk meg.

A nitrát kezelések közül a felére csökkentett KNO_3 hatására úgy a herba, mint a gyökér lobelin tartalma magasabb, mint a kontrollé, mivel a biomassza képzése is jelentősebb, a lobelin produkció másfélszeresére emelkedett. A gyökér esetében hasonló tendencia figyelhető meg.

A legmagasabb összalkaloid tartalmat is az *in vitro* nevelt növények herbájában és gyökerében a csökkentett KNO_3 tartalmú MS táptalajon (D1 kezelés) mértük.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A magvetett és az *in vitro* szaporított *L. inflata* palánták szabadföldi termesztésével, illetve a laboratóriumi körülmények között történő tenyésztésével a biomassza, az összalkaloid- és a lobelin tartalmat tudjuk fokozni a különböző műtrágya kezelésekkel. Ezt kísérleteimben is bemutattam, amennyiben a magvetett növények herba biomassza hozama a kontrollnál 3,51 gramm/növény volt (2010), míg az 50 kg/ha N műtrágya kezeléssel 5,87 gramm/növény száraz tömeg értéket értünk el. A gyökérrész esetében a kontrollnál 0,47 g/növény, míg a 100 kg/ha N kezelés hatására 0,61 g/növény növekedést mutatott. A magnézium műtrágya kezelés kedvezően hatott a beltartalmi értékekre. A magvetett *L. inflata* herba és a gyökérrész lobelin tartalmát az 50 kg/ha Mg kezelés hatására értük el. A növény magasság mérésekor minden évben a nitrogén kezelés hatására (kétszer az 50 kg/ha-, egyszer a 100 kg/ha N) mértük a legnagyobb magasság növekedést. A levél felület átlag mérésekor két évben a nitrogén, és egy évben a magnézium kedvező hatására értük el a legnagyobb levél felület értéket.

Az *in vitro* szaporított *L. inflata* palánták termesztésénél a nagyobb dózisú műtrágya kezelések érvényesültek jobban. A herba száraz tömeg tekintetében a 100 kg/ha Mg-, és a 150 kg/ha N kezelés hatására, míg a gyökér esetében a kontrollnál mértük a legnagyobb biomassza értéket. A hatóanyag-tartalom vizsgálatakor, azon belül a lobelin tartalom mérésekor a 100 kg/ha Mg - és a 150 kg/ha N

műtrágya kezelés hatása érvényesült a legjobban, de a gyökérrésznél az 50 kg/ha N kezelés. Az összalkaloid tartalom mérésekor az egyik évben a kontroll, míg a másik évben az 50 kg/ha Mg kezelés mutatta a legnagyobb értéket. A gyökérrész vizsgálásakor a nagyobb dózisú kezelések (150 kg/ha N, 150 kg/ha Mg) mutattak kimagasló eredményeket.

A magvetett *L. inflata* palánták termesztésénél az 50 kg/ha N-, az 50 kg/ha Mg-, és a 100 kg/ha N kezelések érvényesültek a legjobban, míg az *in vitro* szaporított *L. inflata* növények termesztésénél a nagyobb műtrágya kezelések érvényesültek (100 kg/ha Mg, 150 kg/ha N, 150 kg/ha Mg).

Az *in vitro* szaporított *L. inflata* palánták már virágzó fenófázisban, illetve magszárba indult stádiumban lettek kiültetve a szabadföldbe.

Az indián dohány állományban a 2010-es évben volt kimutatható a kártevők (spanyol csupasz csiga, éti csiga) által okozott kártétel.

A magvetett *L. inflata* és a *L. erinus* hatóanyag-tartalma vizsgálatakor megállapítottuk, hogy a legnagyobb összalkaloid tartalmat a *L. erinus* palánta esetében mértük (kezeléseket nem alkalmaztunk), de ugyanakkor a lobelin tartalma a legkisebb volt.

A 2012-es laboratóriumi kísérletek eredményeit összegezve megállapítható, hogy a $MgSO_4$ kezelések közül a 185 mg/l hatása a gyökérben érvényesült a legjobban. A gyökér lobelin produkciója közel 7× volt, mint a kontrollé, mivel a kultúrák biomassza képzése és lobelin tartalma egyaránt magas volt.

A herba tekintetében már nem ilyen egyértelmű a kezelés hatása, mert a száraz tömegnél az 1480 mg/l, a lobelin tartalomnál a 740 mg/l, és az összalkaloid tartalomnál a 370 mg/l kezelés hatása volt a legnagyobb.

A nitrát kezelések közül a felére csökkentett KNO_3 hatására úgy a herba, mint a gyökér lobelin tartalma magasabb, mint a kontrollé, mivel a biomassza képzése is jelentősebb, a lobelin produkció másfélszeresére emelkedett. A gyökér esetében hasonló tendencia figyelhető meg.

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A *Lobelia inflata* tápanyagigényének vizsgálatai alapján megállapítottam, hogy a hagyományos, palántanevelési technikával nevelt (magról szaporított) növények növekedésére az 50 kg/ha Mg és az 50 kg/ha N trágyázás volt a legkedvezőbb hatású. A legnagyobb herba összalkaloid tartalmat (490 mg/100g)- 2010-ben, a legnagyobb herba lobelin tartalmat (445 µg/g) 2011-ben, az 50 kg/ha Mg kezelésnél mértem.

2. Laboratóriumi *in vitro* kísérletben a $MgSO_4$, NH_4NO_3 és KNO_3 kezelési variánsokat elsőként alkalmaztam. Megállapítottam, hogy az *in vitro* szaporított növényeknél, a felére csökkentett KNO_3 tartalmú MS táptalajon (D1 kezelés), növekszik az alkaloid termelés. Ez a kezelés adta a legnagyobb herba összalkaloid (831 mg/100g) és a lobelin (347 µg/g) értékeket, míg a száraztömeg maximum (1,094 g) a $MgSO_4$ 1480 mg/l kezelésnél volt kimutatható.

3. Elsőként figyeltem meg, hogy a kísérleti területen nagyszámú árvakelésből származó növényke fejlődött, ami a *L. inflata* helybenvetéssel történő termeszthetőségére utal.

4. Elsőként hasonlítottam össze az árvakelés növényeinek hatóanyag-tartalmát a 2011-es palántaneveléssel nevelt

növényekével. Az árvakelés összalkaloid tartalma (819 mg/100g) magasabb, de a lobelin értéke (386 µg/g) elmarad a palántázott növényekétől.

5. Magyarországon elsőként vizsgáltam a *Lobelia erinus* gyógynövényként való termesztésének a lehetőségét. Megállapítottam, hogy a *Lobelia erinus* a *L. inflata*-nál több összalkaloidot (559,9 mg/100g), ezen belül kevesebb lobelin-t képes termelni (4,92 µg/g).

8. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Köszönetemet szeretném kifejezni témavezetőmnek **Dr. Máthé Ákos** professzor úrnak, a Nyugat-magyarországi Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Környezettudományi Intézet, Botanikai Intézeti Tanszék egyetemi tanárának.

Köszönettel tartozom **Dr. Szőke Éva** professzor asszonynak, a Semmelweis Egyetem, Gyógyszerésztudományi Kar, Farmakognózia Intézet egyetemi tanárának az együttműködésért és az önzetlen segítségnyújtásáért. Nagy odaadással irányította munkámat és értékes szakmai tanácsaival nagymértékben segítségemre volt.

Köszönöm a magas színvonalú szakmai és technikai segítséget a laboratóriumi munkákban **Tóth Lenkének**, **Mathuny Rudolfnénak (Edit)**, **Bányai Péternek** és **Vass Mariannának**.

A szabadföldi kísérletekben **Dr. Kajdi Ferenc, Dr. Pinke Gyula, †Péter Antal**, **Bognárné Médl Katalin, Csapó Zoltán**, **Szűcs Ádám** és **Gaál Richárd** (Mosonmagyaróvár) nyújtott segítséget, köszönöm áldozatos munkájukat.

Továbbá megköszönöm a **szüleim** és **testvéreim** kitartó biztatását és gondoskodását.

Végezetül feleségemnek, **Vojnich-Szabó Veronikának** az önzetlen és odaadó támogatását.

9. IRODALOMJEGYZÉK

1. Anand, A. - Srivastava, N. - Raj, H. - Vijayan, V.K. (2011): Influence codeine on lobeline-induced respiratory reflex and sensations ansd on ventilation with exertise in heathy subjects. Respir Physiol Neurol 175:169-175.
2. Banks, W.H. (1953): Ethnobotany of the Cherokee Indians. Masters Thesis, University of Tennessee.
3. Barner, J. (1941): Alkaloidbestimmungen von Herba Lobeliae. (Alkaloid determination of Lobelia) Lavd. Jahrb. 90:234.
4. Baskin, J.M.- Baskin, C.C. (1992): Role of temperature and light in the germination ecology of buried seeds of weedy species of disturbed forests. I. Lobelia inflata. Canadian Journal of Botany, (70) 589-592.
5. Bálványos, I. (2002): Lobelia inflata L. hairy root kultúrák növekedésének és speciális anyagcseréjének vizsgálata. Doktori értekezés, Budapest.
6. Bálványos, I. - Kursinszki, L. - Szőke, É. (2001): The effect of plant growth regulators on biomass formation and lobeline production of Lobelia inflata L. hairy root cultures. Plant Growth Regulation. (34) 339–345.
7. Bálványos, I. - Szőke, É. - Kursinszki, L. (2002): The influence of amino acids on the lobeline production of Lobelia inflata L. hairy root cultures. Plant Growth Regulation. (36) 241–244.

8. Beckmann, J.S. - Siripurapu, K.B. - Nickell, J.R. - Horton, D.B. - Denehy, E.D. - Vartak, A. - Crooks, P.A. - Dwoskin, L.P. - Bardo, M.T. (2010): The novel pyrrolidine Nor-Lobelane analog UKCP-110 [cis-2,5-di-(2-phenetyl)-pyrrolidine hydrochloride] inhibits VMAT2 function, methamphetamine-evoked dopamine release, and methamphetamine self-administration in rats. J Pharmacol Exp Ther 335:841–851.
9. Berger, F. (1954): Handbuch der Drogenkunde. Verlag für die Medizinische Wissenschaften, Wien. 299–312.
10. Berzsenyi, Z. (2007):Szántóföldi kísérletek tervezése és értékelése. Kézirat. MTA Mezőgazdasági Kutatóintézete, Martonvásár
11. Blaschek,W. - Hänsel, R. - Keller, K. - Reichling, J. - Rimpler, H. - Schneider, G. (1998): Hagers Handbuch der Pharmazeutischen Praxis, Folgeband 3. Drogen L-Z. Springer – Verlag. Berlin, Heidelberg, New York. pp. 93-102.
12. Borhidi, A. (1995):A zárvatermők fejlődéstörténeti rendszertana. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
13. Bowden, W.M. (1959): Phylogenetic relationships of twenty-one species of Lobelia L. section Lobelia. Bulettin of the Torrey Botanical Club, (86) 94-108.
14. Bremer, B. - Bremer, K. - Chase, M.W. - Fay, M.F. - Reveal, J.L. - Soltis, D.E. - Soltis, P.S. - Stevens, P.F. (2009): An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Botanycal Journal of the Linnean Society. 161, 105-121.

15. British Pharmacopoeia (1988): Lobelia, Her Majesty's Stationery Office, London. pp. 338–339.
16. Ceskoslovensky Lekopis II. (1954): Statni zdravotnicke nakladatelstvi n. p.
17. Clarke, J.H. (1986): A Dictionary of Practical Materia Medica. B. Jain Publishers
18. Danert, S. - Fukarek, F. - Hanelt, P. - Helm, J. - Kruse, J. - Lehmann, Ch.O. - Schultze-Motel, J. (1976): Urania Növényvilág. Gondolat Kiadó, Budapest. 503.
19. Dános, B. (1997): Farmakobotanika. Argumentum, Budapest. p. 313.
20. Dwoskin, L.P. - Crooks, P.A. (2002): A novel mechanism of action and potential use for lobeline as a treatment for psychostimulant abuse. Biochem Pharmacol 63:89-98.
21. Elsayed, M.A.H., Salem, M.A.A., Salam, N.A.A., Mohammed, Y.A. (1978): Spectrophotometric determination of emetine and lobeline by charge transfer complexetion. Plant medica, (34) 430-436.
22. Everett, T.H. (1981): Lobelia, The New York botanical garden illustrated encyclopedia of horticulture. Garland Publishing, New York. 2048–2050.
23. Farmacopoea Ufficiale della Republica Italiana VIII. (1972): Ministero della Sanita, Roma.
24. Farmakopea Polska IV. TOM II. (1970): Tinctura Lobeliae. Panstwowy zaklad Wydawnictw Lekarskich, Warsawa. 509–510.

25. Felpin, F.-X. - Lebreton, J. (2004): History, chemistry and biology of alkaloids from Lobelia inflata. Tetrahedron (60) 10127–10153.
26. Flannery, M.A. (1998): The medicine and medicinal plants of C.S. rafinesque. Economic Botany. 52(1) p.36.
27. Fluck, M. (1954): Influence of soil on the content of active substances of medicinal plants. Riv. Ital. essenze Profumi Piante Offic. Oil Vegetali Sapina 36:622-625.
28. Glover, E.D. - Rath, J.M. - Sharma, E. - Glover, P.N. - Laflin, M. - Tonnesen, P. - Repsher, L. - Quiring, J. (2010): A Multicenter Phase 3 Trial of Lobeline Sulfate for Smoking Cessation. Am J Health Behav 34:101-109.
29. Gondola, I. (2010): Az alternatív növények szerepe az Észak-alföldi Régióban. Nyíregyházi Kutatóintézet.
30. Gottfried, Y. (2001): Lobelias-Beautiful components of our Fall Flora. The plant press. Vol. V, No. 4
31. Hajduné, B.A. (2011): Innováció a javából: a dohányzásról leszoktató cigaretta. Gazdálkodás. (55) 421-426.
32. Heeger, E.F. (1956): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaues Drogengewinnung. Deutscher Bauerverlag, Berlin. 651.
33. Hegnauer, R. (1966): Chemotaxonomie der Pflanzen. Birkhäuser Verlag, Basel und Stuttgart. 4, 404-414.
34. Hoffman, F.H. (1949): Ueber den einfluss einiger bodenarten auf wachstum und gehalt von arzneipflanzen. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 59:285-408.

35. Hoffmann, D. (1991): Stresszkontroll gyógynövényekkel. Édesvíz Kiadó, Budapest. pp. 195–196.
36. Hortobágyi, T. (1979): Növényrendszertan. Tankönyvkiadó, Budapest. 568.
37. Huzsvai, L. (2004): Biometriai módszerek az SPSS-ben. SPSS alkalmazások. Debreceni Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Debrecen. 65-66.
38. Ishimaru, K. (1997): Polyacetylenes in tissue cultures of *Campanulaceae*. Resent Res. Devel. in Phytochem. 1:1-9.
39. Kaczmarek, F. (1960): Mikrometoda fotometrycznego oznaczania lobeliny. Biul. IRL. (21) 1–17.
40. Kelly, C.A. (1992): Reproductive phenologies in Lobelia inflata (Lobeliaceae) and their enviromental control. American Journal of Botany. 79,(10) 1126-1133.
41. Kindscher, K.- Hurlburt, D.P. (1998): Huron Smith's ethnobotany of the Hocak (Winnebago). Economic Botany. 52(4) p.361.
42. Krajewska, A. (1986): Új típusú regulátorok hatása a Lobelia inflata L. szövettenyészetekre. Kandidátusi értekezés, Budapest.
43. Krajewska, A. - Szőke, É. (1989): The studies on regenerated cultures of Lobelia inflata L. Herba Polonica, Posnan. (35) 171–178.
44. Krochmal, A. (1968): Medicinal Plants and Appalachia. Principal Economic Botanist, Northeastern Forest Experiment Station, Forest Service, United States Department of Agriculture, Berea, Ky. pp.:334-336.

45. Krochmal, A. - Wilken, L. (1970): The culture of Indian tobacco (Lobelia inflata L.). U.S.D.A. Forst service research paper NE-181 Northeastern Forest Experiment Station, Upper Darby, PA. Forest Service, U.S. Department of Agriculture.

46. Krochmal, A. - Wilken, L. - Chien, M. (1971): Plant and Lobeline harvest of *Lobelia inflata* L. Respectively Principal Economic Botanist, Southeastern Forest Experimental Station, Forest Service, U.S.D.A., Botany Department, Raleigh (formarly Northeastern Forest Experiment Station, Berea, Kentucky); Professor of Pharmaceutics, School of Pharmacy, Auburn University, Auburn, Alabama; and Instructor of Pharmacy, School of Pharmacy, Auburn University, Auburn, Alabama. pp:216-220.

47. Krochmal, A. - Wilken, L. - Chien, M. (1970): Lobeline Content of Lobelia inflata: Structural, Environmental and Developmental Effects. U.S.D.A. Forest Service Research Paper NE- 178. Northeastern Forest Experiment Station, Upper Darby, PA. Forest Service, U.S. Department of Agriculture.

48. Krochmal, A. - Wilken, L. - Chien, M. (1972): Lobeline content of four Appalachian Lobelias. Lloydia, (3) 303-304.

49. Krochmal, A. - Walters, R.S. - Doughty, R.M. (1969): A guide to medicinal plants of Appalachia. U.S.D.A. Forest Service Research Paper NE- 138. Northeastern Forest Experiment Station, Upper Darby, PA. Forest Service, U.S. Department of Agriculture.

50. Kursinszki, L. - Ludányi, K. - Szőke, É. (2008): LC-DAD and LC-MS-MS Analysis of Piperidine Alkaloids of Lobelia inflata L. (In Vitro and In Vivo). Chromatographia. (68) 27–33.
51. Leung, A.Y. - Foster, S. (1996): Encyclopedia of common natural ingredients. John Wiley and Sons Inc, New York. pp. 354-355.
52. List, P.H. - Hörhammer, L. (1976): Hagers Handbuch der Pharmazeutischen Praxis, Band V. Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, New York. pp. 703-706.
53. Luckner, M. - Bessler, O. - Luckner, R. - Korn, E. (1968): Vorschläge für den Drogenteil des DAB VII. in Poethke, W. Pharmazeutische Zentralhalle, Verlag Theodor Steinkopff, Dresden. pp. 28-39.
54. Ma, Y. - Wink, M. (2008): Lobeline, a piperidine alkaloid from Lobelia can reverse P-gp dependent multidrug resistance in tumor cells. Phytomedicine 15 (9): 754-758.
55. Mahmoud, Z.F. - El-Masry, S. (1980): Colorimetric determination of lobeline and total alkaloid sin Lobelia and its preparations. Sci. Pharm., (48) 365–369.
56. Maku, J. (1929): L'influence de plusieurs ions sur la formation des substances actives chez les plantes medicinales II. Vostnik Deskoel. Akad. Zemed. 5:557-558. (Czechoslovakian with French summary.)
57. Mascre, M. - Genot, H. (1932): Localisation des alkaloides et des tanine chez les lobelia. Bull. Sci. Pharm. 39:607.
58. Moerman, D.E. (1998): Native American ethnobotany. Timber Press, Portland, Oregon.

59. Mottram, R. (2002): Charles Plumier, the King's Botanist - his life and work. With a facsimile of the original cactus plates and text from Botanicon Americanum (1689-1697). Bradleya 20, pp. 79-120.
60. Muenscher, W.C. (1936): Seed germination in Lobelia, with special reference to the influence of light on Lobelia inflata L. Journal Agriculture Research (52) 627-631.
61. Muhtadi, F.J. (1990): Analitical profile of lobeline hydrochloride In: Florey, K. Analitical profiles of drug substances. Academic Press, Inc. San Diego. 19, 261–313.
62. Murashige, T. - Skoog, F. (1962): A revised medium for rapid growth and bioassays with tabacco tissue cultures. Physiol Plant 15:473-497
63. Österreichisches Arzneibuch (1960): Verlag der Österreichisches Staatdruckerei, Wien.
64. Österreichisches Arzneibuch (1981): Lobelinum hydrochloricum. Verlag der Österreichisches Staatsdruckerei, Wien. pp. 707-709.
65. Papp, N. (2011): Gyógynövények hatóanyagai és szerkezeti képletei. Pécsi Tudományegyetem, Egyetemi jegyzet, Pécs. p. 42.
66. Pharmacopee francaise IX. ed. (1972): De la comission nationale de pharmacopee Per L'ordre National des Pharmaciens, Paris.
67. Pharmacopea Helvetica V. ed. (1953): Eidgenoss. Drucksachen und Materializentrale, Bern.
68. Phillips, E.P. (1926):The Genera of South African Plants Cape Town: Cape TimesLimited; 1926.

69. Petri, G. (1979): Drogatlasz. Medicina Könyvkiadó, Budapest.
70. Petri, G. - Nyiredyné, M. - Nyiredy, SZ. (1989): Gyógynövények korszerű terápiás alkalmazása. Medicina kiadó, Budapest
71. Richter, R. (1939): Über die Brechwirkung des Lobelanins, des Lobelanidins und eines weiteren Nebenalkaloids der Lobelia inflata. Archiv f. experiment. Path u. Pharmakol, Münster. 9–13.
72. Schönland, S (1889): Campanulaceae. In Die Natürlichen Pflanzenfamilien,Teil IV, Abteilung 5 Edited by: Engler A, Prantl K. Leipzig: WilhelmEngelmann; 1889:40-70.
73. Schöpf, C. - Kauffmann, T. - Berth, P. - Bundschuh, W. - Dummer, G. - Fett, H. - Habermhl, G. - Wieters, E. - Wust, W. (1957): The strongly hydrophilic minor alkaloids of Lobelia inflata. Ann. Chem. (606) 88–127.
74. Schwarz, H.D. (1990): 100 Jahre Lobelin. Zeitschrift für Phytoterapie. In ZPT 11., (5) 159–160.
75. Simons, A.M. - Johnston, M.O. (2000): Variation in seed traits of Lobelia inflata L. (Campanulaceae): sources and fitness consequences. American Journal of Botany. (87) 124-132.
76. Simons, A.M. - Johnston, M.O. (2006): Environmental and genetic sources of diversification in the timing of seed germination: Implications for the evolution of bet hedging. Evolution. 60(11):2280-2292.
77. Stefanovics, P. - Filep, Gy. - Füleky, Gy. (2008): Talajtan, Mezőgazda Kiadó.
78. Steinegger, E. - Ochsner, F. (1956): Determination of lobeline of drugs and alkaloidal extracts. Pharm. Acta. Helv. (31) 65-72.

79. Sváb, J. (1981): Biomertiai módszerek a kutatásban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
80. Szabó, I. - Almádi, L. - Czimber, Gy. - Fehér. T. - Kaszab, L. - Kovács, M. - Baloghné, Ny.A. - Ördög, V. - Penksza, K. - Rimóczi, I. - Szigeti, J. - Turcsányi, G. (2001): Mezőgazdasági növénytan, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest. pp. 485-486.
81. Szabó, L. (2009): Gyógynövények és Élelmiszernövények A-tól Z-ig. Melius Alapítvány. p. 113.
82. Szőke, É. (1994): Lobelia inflata L. (lobelia) in vitro culture and the production of lobeline and other related secondary metabolites. In: Bajaj YPS (ed) Biotechnology in Agriculture and Forestry 28, Medicinal and Aromatic Plants VII. Springer, Berlin, Heidelberg, 289–327.
83. Szőke, É. - Máthé, Á. (2007): GVOP 3.1.1.-2004-05-0309/3.0 kutatási jelentés. NKTH, Budapest.
84. Szőke, É. - Lemberkovics, É. - Kursinszki, L. (2013): Alkaloids derived from lysine: Piperidine alkaloids. In: Ramawat KG, Mérillon JM (eds) Natural Products, Springer, Berlin/Heidelberg, pp 303-341.
85. Szőke, É. - Neszmélyi, A. - Bálványos, I. - Krajewska, A. (1998): NMR characterisation of lobeline from Lobelia inflata tissue cultures. Medical Science Monitor. 4., (1) 15–19.
86. Szőke, É. - Krajewska, A. - Neszmélyi, A. - Pomázi, A. - Mészáros,A. (1992): In vitro Multiplication of Lobelia inflata

Plants and their Alkaloid Production. Planta Medica. 58, (7) 625-626.

87. Szűcs, M. - Szűcs, M.-né (2008): Talajtan jegyzet BSc szakok számára. Mosonmagyaróvár

88. Tanaka, N. - Shimomura, K. - Ishimaru, K. (1996): *In vitro* shoot regeneration and polyacetylene production in callus cultures of *Lobelia erinus* L., J. Plant Physiol., 149:153-156.

89. Takács- Hájos, M. - Szabó, L. - Rácz, I.-né - Máthé, Á. - Szőke, É. (2007): The effect of Mg-leaf fertilization on Quality parameters of some horticultural species. Cereal Research Communications. 35, (2) 1181-1184.

90. Teuscher, E. (1979): Pharmakognosie. Akademie Verlag, Berlin.

91. Todd, R.G. (1975): Pharmaceutical Handbook. The Pharmaceutical Press, London. 218.

92. Wacker, A. (2009): Gyógynövények a homeopátiában. Sziget könyvkiadó Bt, Budapest. p. 128.

93. Wagner, J. - Korányi, F. - Balogh, K. - Margó, T. - Müller, B. - Jármay, G. (1871): Magyar gyógyszerkönyv (Pharmacopoea Hungarica). Pesti Könyvnyomda Részvény-Társulat. p. 270.

94. Yonemitsu, H. - Shimomura, K. - Satake, M. - Mochida, S. - Tanaka, M. - Endo, T. - Kaji, A. (1990): Lobeline production by hairy root culture of Lobelia inflata L. Plant Cell Report. (9) 307–310.

URL[1]http://www.metropol.hu/itthon/cikk/1069283-a-dohanyzok-negyede-valtoztat-a-szokasain

URL[2]http://www.backyardgardener.com/plantname/pda_6572.html

URL[3]http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=LOIN

URL[4]http://www.herbs2000.com/herbs/herbs_lobelia.htm

URL[5]http://www.anniesremedy.com/herb_detail246.php

URL[6]http://novenytar.krp.hu/novenytar/lobelia-torpe-csungo/38

URL[7]http://www.summagallicana.it/lessico/l/Lobel%20Mathias.htm

URL[8]http://www.umm.edu/altmed/articles/lobelia-000264.htm

URL[9]http://www.gardeningtipsnideas.com/2006/05/how_to_grow_lobelia_from_seed.html

URL[10]http://www.holoweb.com/cannon/indian2.htm

URL[11]http://sdt.sulinet.hu/Player/Default.aspx?g=95cf25a4-a5bd-402c-bfdb-f4d95f2a3cc3&cid=b3435348-d959-4f74-bd63-6d8f3d44dfb7

URL[12]http://www.kert.co/egynyari_kerti_novenyek/harangvirag

10. MELLÉKLETEK

1. számú melléklet

A N- és a Mg- tápanyagellátás hatása a *L. inflata* növekedésére (2010).

Kezelések		Növény magasság (cm) 2010-ben			
		Július8.	Július17.	Július24.	Augusztus1.
Kontroll	**Átlag**	**6,6**	**11,0**	**19,3**	**30,6**
	Darab	7	7	7	7
	Szórás	3,59	6,56	9,52	7,89
	Minimum	3,0	3,0	4,0	16,0
	Maximum	13,0	21,0	31,0	39,0
50 kg/ha N	**Átlag**	**14,0**	**22,4**	**32,4**	**40,3**
	Darab	7	7	7	7
	Szórás	7,95	10,84	12,60	11,75
	Minimum	3,0	4,0	7,0	15,0
	Maximum	28,0	38,0	44,0	49,0
100 kg/ha N	**Átlag**	**3,4**	**4,6**	**6,4**	**16,0**
	Darab	7	7	7	7
	Szórás	0,53	0,97	1,81	5,94
	Minimum	3,0	3,0	5,0	5,0
	Maximum	4,0	6,0	10,0	25,0
50 kg/ha Mg	**Átlag**	**3,6**	**4,7**	**9,0**	**23,1**
	Darab	7	7	7	7
	Szórás	0,47	0,75	2,94	6,44
	Minimum	3,0	4,0	5,0	10,0
	Maximum	4,0	6,0	12,0	28,0

2. számú melléklet

A Tukey HSD próba értéke a *L. inflata* tápanyag-ellátásakor (2010).

Mérési időpontok	Kezelés (A)	Kezelés (B)	Kezelések különbsége (A-B)	Kezelési hiba	Szignifikancia foka
2010.07.08.	Kontroll	*50 kg/ha N*	*-7,4286*	*2,3421*	*0,020 **
		100 kg/ha N	*3,1429*	*2,3421*	*0,546 n.s.*
		50 kg/ha Mg	*2,9286*	*2,3421*	*0,602 n.s.*
2010.07.17.	Kontroll	*50 kg/ha N*	*-11,4286*	*3,4032*	*0,013 **
		100 kg/ha N	*6,4286*	*3,4032*	*0,259 n.s.*
		50 kg/ha Mg	*6,2857*	*3,4032*	*0,277 n.s.*
2010.07.24.	Kontroll	*50 kg/ha N*	*-13,1429*	*4,3217*	*0,027 **
		100 kg/ha N	*12,8571*	*4,3217*	*0,031 **
		50 kg/ha Mg	*10,2857*	*4,3217*	*0,108 n.s.*
2010.08.01.	Kontroll	*50 kg/ha N*	*-9,7143*	*4,4508*	*0,157 n.s.*
		100 kg/ha N	*14,5714*	*4,4508*	*0,016 **
		50 kg/ha Mg	*7,4286*	*4,4508*	*0,361 n.s.*

**A szignifikancia értéke 0,1*

n.s. = nem szignifikáns

3. számú melléklet

A N- és a Mg- tápanyagellátás hatása a *L. inflata* növekedésére (2011).

Kezelések		Növény magasság (cm) 2011-ben		
		Július 22.	Július 29.	Augusztus 07.
Kontroll	**Átlag**	**24,75**	**33,75**	**40,25**
	Darab	8	8	8
	Szórás	6,99	6,52	5,70
	Minimum	11	20	27
	Maximum	32	41	45
50 kg/ha N	**Átlag**	**30,38**	**38,63**	**47,75**
	Darab	8	8	8
	Szórás	12,59	11,02	7,50
	Minimum	14	23	36
	Maximum	50	56	60
100 kg/ha N	**Átlag**	**29,25**	**37,88**	**45,38**
	Darab	8	8	8
	Szórás	6,36	6,33	5,15
	Minimum	19	28	37
	Maximum	39	47	54
50 kg/ha Mg	**Átlag**	**30,75**	**38,38**	**43,00**
	Darab	8	8	8
	Szórás	6,16	6,05	6,97
	Minimum	22	29	33
	Maximum	39	47	54
100 kg/ha Mg	**Átlag**	**26,25**	**36,50**	**45,13**
	Darab	8	8	8
	Szórás	8,68	7,54	5,84
	Minimum	14	25	36
	Maximum	41	50	56

4. számú melléklet

A Tukey HSD próba értéke a *L. inflata* tápanyag-ellátásakor (2011).

Mérési időpontok	Kezelés (A)	Kezelés (B)	Kezelések különbsége (A-B)	Kezelési hiba	Szignifikancia foka
2011.07.22.	Kontroll	*50 kg/ha N*	*-5,625*	*4,249*	*0,679 n.s.*
		100 kg/ha N	*-6,000*	*4,249*	*0,624 n.s.*
		50 kg/ha Mg	*-4,500*	*4,249*	*0,826 n.s.*
		100 kg/ha Mg	*-1,500*	*4,249*	*0,997 n.s.*
2011.07.29.	Kontroll	*50 kg/ha N*	*-4,875*	*3,856*	*0,714 n.s.*
		100 kg/ha N	*-4,625*	*3,856*	*0,752 n.s.*
		50 kg/ha Mg	*-4,125*	*3,856*	*0,821 n.s.*
		100 kg/ha Mg	*-2,750*	*3,856*	*0,952 n.s.*
2010.08.07.	Kontroll	*50 kg/ha N*	*-7,500*	*3,146*	*0,144 n.s.*
		100 kg/ha N	*-2,750*	*3,146*	*0,904 n.s.*
		50 kg/ha Mg	*-5,125*	*3,146*	*0,490 n.s.*
		100 kg/ha Mg	*-4,875*	*3,146*	*0,538 n.s.*

**A szignifikancia értéke 0,1*

n.s. = nem szignifikáns

5. számú melléklet

A N- és a Mg- tápanyagellátás hatása a *L. inflata* növekedésére (2012).

Kezelések		Növény magasság (cm) 2012-ben.			
		Július 31.	Augusztus 15.	Augusztus 22.	Augusztus 30.
Kontroll	**Átlag**	**12,50**	**35,50**	**40,63**	**42,00**
	Darab	8	8	8	8
	Szórás	6,26	12,52	10,65	10,47
	Minimum	3	8	16	18
	Maximum	21	47	49	49
50 kg/ha N	**Átlag**	**16,13**	**38,25**	**43,13**	**45,62**
	Darab	8	8	8	8
	Szórás	9,06	11,98	10,32	8,80
	Minimum	4	17	27	34
	Maximum	30	56	60	60
100 kg/ha N	**Átlag**	**17,88**	**40,75**	**46,00**	**47,88**
	Darab	8	8	8	8
	Szórás	5,92	7,59	7,69	7,57
	Minimum	11	30	36	37
	Maximum	27	53	59	59
50 kg/ha Mg	**Átlag**	**16,00**	**33,75**	**36,25**	**37,88**
	Darab	8	8	8	8
	Szórás	10,09	18,63	19,72	19,51
	Minimum	2	3	3	4
	Maximum	27	50	52	53
100 kg/ha Mg	**Átlag**	**20,63**	**41,00**	**43,75**	**44,25**
	Darab	8	8	8	8
	Szórás	6,82	8,44	8,23	8,28
	Minimum	9	24	27	27
	Maximum	28	49	50	51
150 kg/ha N	**Átlag**	**25,88**	**41,00**	**44,00**	**46,13**
	Darab	8	8	8	8
	Szórás	15,986	15,344	13,949	10,908
	Minimum	4	8	14	25
	Maximum	45	54	58	59
150 kg/ha Mg	**Átlag**	**17,25**	**34,88**	**38,50**	**40,38**
	Darab	8	8	8	8
	Szórás	11,89	18,70	18,66	17,97
	Minimum	2	3	5	5
	Maximum	36	50	53	56

6. számú melléklet

A Tukey HSD próba értéke a *L. inflata* tápanyag-ellátásakor (2012).

Mérési időpontok	Kezelés (A)	Kezelés (B)	Kezelések különbsége (A-B)	Kezelési hiba	Szignifikancia foka
2012.07.31.	Kontroll	*50 kg/ha N*	-3,625	5,005	0,990 n.s.
		100 kg/ha N	-5,375	5,005	0,933 n.s.
		50 kg/ha Mg	-3,500	5,005	0,992 n.s.
		100 kg/ha Mg	-8,125	5,005	0,668 n.s.
		150 kg/ha N	-13,375	5,005	0,127 n.s.
		150 kg/ha Mg	-4,750	5,005	0,962 n.s.
2012.08.15.	Kontroll	*50 kg/ha N*	-2,750	6,973	1,000 n.s.
		100 kg/ha N	-5,250	6,973	0,988 n.s.
		50 kg/ha Mg	1,750	6,973	1,000 n.s.
		100 kg/ha Mg	-5,500	6,973	0,985 n.s.
		150 kg/ha N	-5,500	6,973	0,985 n.s.
		150 kg/ha Mg	0,625	6,973	1,000 n.s.
2012.08.22.	Kontroll	*50 kg/ha N*	-2,500	6,756	1,000 n.s.
		100 kg/ha N	-5,375	6,756	0,984 n.s.
		50 kg/ha Mg	4,375	6,756	0,995 n.s.
		100 kg/ha Mg	-3,125	6,756	0,999 n.s.
		150 kg/ha N	-3,375	6,756	0,999 n.s.
		150 kg/ha Mg	2,125	6,756	1,000 n.s.
2012.08.30.	Kontroll	*50 kg/ha N*	-3,625	6,368	0,997 n.s.
		100 kg/ha N	-5,875	6,368	0,967 n.s.
		50 kg/ha Mg	4,125	6,368	0,995 n.s.
		100 kg/ha Mg	-2,250	6,368	1,000 n.s.
		150 kg/ha N	-4,125	6,368	0,995 n.s.
		150 kg/ha Mg	1,625	6,368	1,000 n.s.

**A szignifikancia értéke 0,1*

n.s. = nem szignifikáns

7. számú melléklet

Tőlevél felület mérések

A N- és a Mg- tápanyagellátás hatása a *L. inflata* tőlevél felület (cm^2) növekedésére (2010).

Kezelések	Átlag	Darab	Szórás	Minimum	Maximum
kontroll	**7,90**	7	1,998	4,84	10,49
50 kg/ha N	**12,74**	7	3,077	6,98	15,73
100 kg/ha N	**11,96**	7	2,043	8,42	13,92
50 kg/ha Mg	**9,24**	7	2,081	5,85	11,54

A Tukey HSD próba értéke a *L. inflata* tőlevél felület (cm^2) növekedésére (2010).

Mérési időpont	Kezelés (A)	Kezelés (B)	Kezelések különbsége (A-B)	Kezelési hiba	Szignifikancia foka
2010.08.01.	Kontroll	*50 kg/ha N*	-4,84571*	1,25273	0,004 *
		100 kg/ha N	-4,06143*	1,25273	0,017 *
		50 kg/ha Mg	-1,34143	1,25273	0,710 n.s.

**A szignifikancia értéke 0,1*

n.s. = nem szignifikáns

8. számú melléklet

A N- és a Mg- tápanyagellátás hatása a *L. inflata* tőlevél felület (cm^2) növekedésére (2011).

Kezelések	Átlag	Darab	Szórás	Minimum	Maximum
kontroll	**8,64**	8	0,503	7,55	9,23
50 kg/ha N	**10,39**	8	2,141	8,15	14,75
100 kg/ha N	**11,31**	8	3,027	7,64	16,73
50 kg/ha Mg	**10,73**	8	1,376	8,41	12,60
100 kg/ha Mg	**10,06**	8	2,312	6,00	12,27

A Tukey HSD próba értéke a *L. inflata* tőlevél felület (cm^2) növekedésére (2011).

Mérési időpont	Kezelés (A)	Kezelés (B)	Kezelések különbsége (A-B)	Kezelési hiba	Szignifikancia foka
2011.08.07.	Kontroll	*50 kg/ha N*	-1,755	1,03044	0,445 n.s.
		100 kg/ha N	-2,674	1,03044	0,093 *
		50 kg/ha Mg	-2,091	1,03044	0,274 n.s.
		100 kg/ha Mg	-1,428	1,03044	0,640 n.s.

**A szignifikancia értéke 0,1*

n.s. = nem szignifikáns

9. számú melléklet

A N- és a Mg- tápanyagellátás hatása a *L. inflata* tőlevél felület (cm^2) növekedésére (2012).

Kezelések	Átlag	Darab	Szórás	Minimum	Maximum
kontroll	**11,28**	8	2,915	4,70	14,28
50 kg/ha N	**10,72**	8	2,249	7,86	13,60
100 kg/ha N	**11,11**	8	2,107	8,69	15,76
50 kg/ha Mg	**9,87**	8	1,990	5,76	12,79
100 kg/ha Mg	**9,28**	8	2,139	5,84	11,54
150 kg/ha N	**9,44**	8	2,053	5,24	11,37
150 kg/ha Mg	**9,13**	8	3,624	3,90	13,16

A Tukey HSD próba értéke a *L. inflata* tőlevél felület (cm^2) növekedésére (2012).

Mérési időpont	Kezelés (A)	Kezelés (B)	Kezelések különbsége (A-B)	Kezelési hiba	Szignifikancia foka
2012.08.22.	Kontroll	*50 kg/ha N*	0,55625	1,25189	0,999 n.s.
		100 kg/ha N	0,16875	1,25189	1,000 n.s.
		50 kg/ha Mg	1,41250	1,25189	0,916 n.s.
		100 kg/ha Mg	1,99750	1,25189	0,686 n.s.
		150 kg/ha N	1,83875	1,25189	0,761 n.s.
		150 kg/ha Mg	2,14625	1,25189	0,610 n.s.

**A szignifikancia értéke 0,1*

n.s. = nem szignifikáns

10. számú melléklet

Csigák mennyisége (db) a lobeliában (2010). *n.a.=nincs adat*

napok	június	július	augusztus	szeptember
1	-	0	0	2
2	-	2	2	6
3	-	*n.a.*	2	4
4	-	*n.a.*	3	*n.a.*
5	-	2	0	*n.a.*
6	-	0	7	0
7	-	8	*n.a.*	1
8	-	0	*n.a.*	4
9	-	0	8	12
10	-	0	14	7
11	-	1	9	13
12	-	0	11	7
13	-	0	5	9
14	-	0	11	6
15	*n.a.*	0	*n.a.*	6
16	*n.a.*	0	1	18
17	*n.a.*	0	15	**20**
18	8	0	16	*n.a.*
19	**28**	0	9	*n.a.*
20	9	0	3	10
21	4	0	*n.a.*	3
22	1	0	*n.a.*	3
23	7	0	6	3
24	2	0	4	1
25	4	0	3	*n.a.*
26	*n.a.*	1	*n.a.*	10
27	1	0	3	13
28	0	0	**27**	*n.a.*
29	1	0	*n.a.*	*n.a.*
30	1	0	2	*n.a.*
31	-	0	5	-

11. számú melléklet

Hatóanyag vizsgálata

A magvetett *L. inflata* herba növényrész összalkaloid tartalma (mg/100g) 2010-ben.

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	Átlag	SzórásP
Kontroll	441,1	458,6	449,9	8,75
50 kg/ha N	515,9	459,4	487,7	28,25
100 kg/ha N	373,9	403,1	388,5	14,60
50 kg/ha Mg	477,6	502,8	490,2	12,60

A magvetett *L. inflata* herba növényrész összalkaloid tartalma (mg/100g) 2011-ben.

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	Átlag	SzórásP
Kontroll	462,1	451,3	456,7	5,40
50 kg/ha N	352,4	371,9	362,2	9,75
100 kg/ha N	403,4	440,9	422,2	18,75
50 kg/ha Mg	392,3	430,6	411,5	19,15
100 kg/ha Mg	425,6	379,8	402,7	22,9

12. számú melléklet

Az *in vitro* szaporított *L. inflata* herba növényrész összalkaloid tartalma (mg/100g) 2011-ben.

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	Átlag	SzórásP
Kontroll	412,8	362,6	387,7	25,10
50 kg/ha N	426,2	481,1	453,6	27,45
100 kg/ha N	389,4	321,2	355,3	34,10
50 kg/ha Mg	513,6	515,1	514,4	0,75
100 kg/ha Mg	535,2	461,9	498,6	36,65

Az *in vitro* szaporított *L. inflata* herba növényrész összalkaloid tartalma (mg/100g) 2012-ben.

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	Átlag	SzórásP
Kontroll	846,4	903,2	874,8	28,40
50 kg/ha N	721,4	655,6	688,5	32,90
100 kg/ha N	793,2	738,2	765,7	27,50
50 kg/ha Mg	762,2	826,3	794,3	32,05
100 kg/ha Mg	746,2	656,9	701,5	44,65
150 kg/ha N	792,5	815,3	803,9	11,4
150 kg/ha Mg	773,2	726,4	749,8	23,4

13. számú melléklet

A magvetett *L. inflata* gyökérrész összalkaloid tartalma (mg/100g) 2010-ben.

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	Átlag	SzórásP
Kontroll	746,9	835,6	791,3	44,35
50 kg/ha N	916,2	929,4	922,8	6,60
100 kg/ha N	900,3	839,9	870,1	30,20
50 kg/ha Mg	996,5	976,1	986,3	10,20

Az *in vitro* szaporított *L. inflata* gyökérrész összalkaloid tartalma (mg/100g) 2012-ben.

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	Átlag	SzórásP
Kontroll	462,1	451,3	456,7	5,40
50 kg/ha N	706,8	647,6	677,2	29,60
100 kg/ha N	829,7	783,4	806,6	23,15
50 kg/ha Mg	805,8	-	805,8	0,00
100 kg/ha Mg	886	617,2	751,6	134,4
150 kg/ha N	1263	1036	1149	113,5
150 kg/ha Mg	1431	1518	1475	43,5

14. számú melléklet

A magvetett *L. inflata* herba növényrész lobelin tartalma (µg/g) 2010-ben.

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	Átlag	SzórásP
Kontroll	255,4	212,6	234	21,40
50 kg/ha N	289,4	299,8	294,6	5,20
100 kg/ha N	254,1	256,6	255,4	1,25
50 kg/ha Mg	277,5	284,8	281,2	3,65

A magvetett *L. inflata* herba növényrész lobelin tartalma (µg/g) 2011-ben.

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	Átlag	SzórásP
Kontroll	389,9	328,5	359,2	30,70
50 kg/ha N	380,9	437,1	409	28,10
100 kg/ha N	339,3	348	343,7	4,35
50 kg/ha Mg	454,1	437,1	445,6	8,50
100 kg/ha Mg	411,9	409,5	410,7	1,2

15. számú melléklet

Az *in vitro* szaporított *L. inflata* herba növényrész lobelin tartalma (µg/g) 2011-ben.

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	Átlag	SzórásP
Kontroll	456,4	517,8	487,1	30,70
50 kg/ha N	489,9	584,8	537,4	47,45
100 kg/ha N	396,7	274,5	335,6	61,10
50 kg/ha Mg	549,2	558,5	553,9	4,65
100 kg/ha Mg	674,7	595,1	634,9	39,8

Az *in vitro* szaporított *L. inflata* herba növényrész lobelin tartalma (µg/g) 2012-ben.

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	Átlag	SzórásP
Kontroll	538,9	497,1	518	20,90
50 kg/ha N	405,4	398,1	401,8	3,65
100 kg/ha N	446	430,4	438,2	7,80
50 kg/ha Mg	455,5	446,5	451	4,50
100 kg/ha Mg	414,3	437,9	426,1	11,8
150 kg/ha N	675,7	688,7	682,2	6,5
150 kg/ha Mg	460,4	475,4	467,9	7,5

16. számú melléklet

A magvetett *L. inflata* gyökérrész lobelin tartalma (µg/g) 2010-ben.

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	Átlag	SzórásP
Kontroll	520	510,1	515,1	4,95
50 kg/ha N	532,9	533,2	533,1	0,15
100 kg/ha N	573,1	556,9	565	8,10
50 kg/ha Mg	636,8	622,2	629,5	7,30

Az *in vitro* szaporított *L. inflata* gyökérrész lobelin tartalma (µg/g) 2012-ben.

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	Átlag	SzórásP
Kontroll	389,9	328,5	359,2	30,7
50 kg/ha N	690,2	694,2	692,2	2,0
100 kg/ha N	407,5	368,6	388,1	19,5
50 kg/ha Mg	636,4	-	636,4	0,0
100 kg/ha Mg	212,1	228,5	220,3	8,2
150 kg/ha N	169,3	193,4	181,4	12,1
150 kg/ha Mg	261,7	277	269,4	7,7

17. számú melléklet

L. inflata biomassza-produkció vizsgálata

A magvetett *L. inflata* herba száraz tömeg értéke (g) 2010-ben.

Kezelések	gramm
Kontroll	3,51
50 kg/ha N	5,87
100 kg/ha N	3,65
50 kg/ha Mg	4,16

A magvetett *L. inflata* herba száraz tömeg értéke (g) 2011-ben.

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	Átlag
Kontroll	5,66	5,16	5,41
50 kg/ha N	6,03	4,93	5,48
100 kg/ha N	7,04	6,76	6,9
50 kg/ha Mg	4,77	3,48	4,13
100 kg/ha Mg	7,49	4,66	6,08

18. számú melléklet

Az *in vitro* szaporított *L. inflata* herba növényrész száraz tömeg (g) értéke 2011-ben.

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	Átlag
Kontroll	2,44	3,36	2,9
50 kg/ha N	1,75	3,86	2,8
100 kg/ha N	2,35	3,53	2,94
50 kg/ha Mg	8,52	9,64	9,08
100 kg/ha Mg	9,78	12,47	11,15

Az *in vitro* szaporított *L. inflata* herba növényrész száraz tömeg (g) értéke 2012-ben.

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	Átlag
Kontroll	5,34	-	5,34
50 kg/ha N	3,14	3,55	3,35
100 kg/ha N	2,17	-	2,17
50 kg/ha Mg	3,95	3,16	3,56
100 kg/ha Mg	10,49	11,41	10,95
150 kg/ha N	10,54	11,96	11,25
150 kg/ha Mg	10,2	-	10,2

19. számú melléklet

A magvetett *L. inflata* gyökér száraz tömeg értéke (g) 2010-ben.

Kezelések	**gramm**
Kontroll	0,47
50 kg/ha N	0,56
100 kg/ha N	0,61
50 kg/ha Mg	0,53

Az *in vitro* szaporított *L. inflata* gyökér száraz tömeg értéke (g) 2012-ben.

Kezelések	**gramm**
Kontroll	2,4
50 kg/ha N	1,1
100 kg/ha N	1,5
50 kg/ha Mg	0,8
100 kg/ha Mg	1,8
150 kg/ha N	1,5
150 kg/ha Mg	1,5

20. számú melléklet

Áttelelt *L. inflata*

A magvetett áttelelt *L. inflata* herba növényrész összalkaloid tartalma (mg/100g) 2011- és 2012-ben.

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	III. ismétlés	Átlag	SzórásP
2011	362,2	424,6	468,9	418,6	22,2
2012	367,3	368,8	364,1	366,8	2,35

A magvetett áttelelt *L. inflata* herba növényrész lobelin tartalom (µg/g) értéke 2011- és 2012-ben.

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	III. ismétlés	Átlag	SzórásP
2011	182,9	173,0	174,4	176,8	4,4
2012	127,3	126,7	130,6	128,2	1,7

21. számú melléklet

Az árvakeléses *L. inflata* herba növényrész összalkaloid tartalma (mg/100g), és a lobelin tartalma (µg/g) 2012-ben.

Árvakeléses *L. inflata*	**I. ismétlés**	**II. ismétlés**	**Átlag**	**SzórásP**
összalkaloid tartalom	799,6	838,5	819,1	19,5
lobelin tartalom	381,6	391	386,3	4,7

Az *in vitro* szaporított *L. inflata* tőrózsás állapotú herba növényrész összalkaloid tartalma (mg/100g) 2012-ben.

összalkaloid tartalom	**I. ismétlés**	**II. ismétlés**	**Átlag**	**SzórásP**
50 kg/ha N	535,3	520,6	527,9	7,3
50 kg/ha Mg	642,6	645,3	643,9	1,3
150 kg/ha Mg	573,7	598,7	586,2	12,5

Az *in vitro* szaporított *L. inflata* tőrózsás állapotú herba növényrész lobelin tartalma (µg/g) 2012-ben.

lobelin tartalom	**I. ismétlés**	**II. ismétlés**	**Átlag**	**SzórásP**
50 kg/ha N	227,6	223,9	218,9	1,8
50 kg/ha Mg	202,6	205,1	209,1	1,3
150 kg/ha Mg	282,6	257,8	256,2	12,4

22. számú melléklet

In vitro tápanyag-ellátási kísérletek

MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* herba összalkaloid tartalmának (mg/100g) változása $MgSO_4$ hatására (2012).

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	III. ismétlés	Átlag	SzórásP
1 kezelés (0 mg/l)	590,3	589,4	629,8	603,2	18,83
2 kezelés (185 mg/l)	631,6	599,9	-	615,8	15,89
3 kezelés (370 mg/l)	704,4	768,7	-	736,5	32,17
4 kezelés (740 mg/l)	673,1	645,8	-	659,4	13,66
5 kezelés (1480 mg/l)	584	569,8	-	576,9	7,105
6 kezelés (2960 mg/l)	573,1	608,6	521,7	567,8	35,67

MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* gyökér összalkaloid tartalmának (mg/100g) változása $MgSO_4$ hatására (2012).

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	Átlag	SzórásP
1 kezelés (0 mg/l)	543,6	509,6	526,6	16,97
2 kezelés (185 mg/l)	779,5	818,9	799,2	19,705
3 kezelés (370 mg/l)	598,5	606,6	602,6	4,025
4 kezelés (740 mg/l)	512,8	497,6	505,2	7,58
5 kezelés (1480 mg/l)	407,3	338,6	372,9	34,35
6 kezelés (2960 mg/l)	374,5	338,3	356,4	18,1

23. számú melléklet

MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* herba lobelin tartalmának (µg/g) változása $MgSO_4$ hatására (2012).

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	III. ismétlés	Átlag	SzórásP
1 kezelés (0 mg/l)	196,6	226,3	236,3	219,7	16,85
2 kezelés (185 mg/l)	224,4	223,8	249,1	232,4	11,77
3 kezelés (370 mg/l)	218,9	237,4	237,5	231,3	8,72
4 kezelés (740 mg/l)	259,2	276,2	268,1	267,8	6,93
5 kezelés (1480 mg/l)	199,9	211,4	223,9	211,8	9,77
6 kezelés (2960 mg/l)	190,2	181,6	180,7	184,2	4,30

MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* gyökér lobelin tartalmának (µg/g) változása $MgSO_4$ hatására (2012).

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	III. ismétlés	Átlag	SzórásP
1 kezelés (0 mg/l)	90,1	104,2	-	97,14	7,08
2 kezelés (185 mg/l)	251,5	226,5	219,2	232,4	13,82
3 kezelés (370 mg/l)	89,2	98,4	-	93,79	4,61
4 kezelés (740 mg/l)	65,4	65,1	-	65,23	0,18
5 kezelés (1480 mg/l)	81,9	87,9	-	84,89	2,99
6 kezelés (2960 mg/l)	69,9	67,5	-	68,67	1,20

24. számú melléklet

MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* herba száraz tömegének (g) változása $MgSO_4$ hatására (2012).

	1 kezelés	2 kezelés	3 kezelés	4 kezelés	5 kezelés	6 kezelés
1	0,503	0,933	0,672	0,722	1,124	0,623
2	0,527	0,875	0,904	0,637	1,017	0,958
3	0,586	0,931	0,834	0,784	1,119	0,948
4	0,524	1,004	0,632	0,651	0,945	0,893
5	0,529	1,042	0,784	0,673	1,221	0,609
6	0,507	0,996	0,921	0,751	1,135	0,513
Össz érték	3,176	5,781	4,747	4,218	6,561	4,544
Átlag	0,529	0,964	0,791	0,703	1,094	0,757
SzórásP	0,03	0,06	0,11	0,05	0,09	0,18

MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* gyökér száraz tömegének (g) változása $MgSO_4$ hatására (2012).

	1 kezelés	2 kezelés	3 kezelés	4 kezelés	5 kezelés	6 kezelés
1	0,44	1,165	0,424	0,415	0,526	0,477
2	0,432	1,132	0,451	0,572	0,544	0,421
3	0,4	1,323	-	-	-	0,52
4	0,42	1,233	-	-	-	0,44
Össz érték	1,692	4,853	0,875	0,987	1,07	1,858
Átlag	0,423	1,213	0,438	0,494	0,535	0,465
SzórásP	0,015	0,073	0,014	0,079	0,009	0,038

25. számú melléklet

MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* herba összalkaloid tartalmának (mg/100g) változása az NH_4NO_3 és a KNO_3 hatására (2012).

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	III. ismétlés	Átlag	SzórásP
A_1	801,5	730,6	-	766,1	35,46
B_1	238,9	227,1	-	233	5,95
C_1	378,3	362,1	-	370,2	8,10
D_1	810,1	852,3	-	831,2	21,07
E_1	716,2	682,8	648,1	682,4	27,81

MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* gyökér összalkaloid tartalmának (mg/100g) változása az NH_4NO_3 és a KNO_3 hatására (2012).

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	III. ismétlés	Átlag	SzórásP
A_1	641,5	660,9	685,5	662,6	18,002
B_1	0	-	-	0	0
C_1	507,4	-	-	507,4	0
D_1	896,9	932,9	-	915	17,995
E_1	424,1	428,9	427,5	426,8	2,050

26. számú melléklet

MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* herba lobelin tartalmának (µg/g) változása az NH_4NO_3 és a KNO_3 kezelések hatására (2012).

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	III. ismétlés	Átlag	SzórásP
A_1	282,1	275,1	285,3	280,8	4,275
B_1	22,17	29,64	-	25,9	3,735
C_1	115,3	117,6	-	116,4	1,165
D_1	355	363,5	322,4	347	17,71
E_1	232,5	248,5	243,1	241,4	6,633

MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* gyökér lobelin tartalmának (µg/g) változása az NH_4NO_3 és a KNO_3 kezelések hatására (2012).

Kezelések	I. ismétlés	II. ismétlés	III. ismétlés	Átlag	SzórásP
A_1	279,8	208,3	242,7	243,6	29,20
B_1	0	-	-	0	0
C_1	45,9	-	-	45,9	0
D_1	270,9	283,7	281,5	278,7	5,564
E_1	84,1	75,5	65,5	75	7,613

27. számú melléklet

MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* herba száraz tömegének (g) változása az NH_4NO_3 és a KNO_3 kezelések hatására (2012).

	A_1	B_1	C_1	D_1	E_1
1	0,864	0,233	0,147	1,028	0,385
2	0,864	0,161	0,129	0,952	0,441
3	0,806	0,121	0,138	0,917	0,418
4	0,792	0,098	0,199	1,128	0,398
5	0,73	0,108	0,317	0,934	0,428
6	0,966	0,112	0,249	1,052	0,409
Össz érték	5,022	0,833	1,179	6,011	2,479
Átlag	0,837	0,138	0,196	1,002	0,413
SzórásP	0,074	0,047	0,068	0,075	0,019

MS táptalajon nevelt *in vitro L. inflata* gyökér száraz tömegének (g) változása az NH_4NO_3 és a KNO_3 kezelések hatására (2012).

	A_1	B_1	C_1	D_1	E_1
1	1,274	0,028	0,091	1,219	0,728
2	1,344	-	0,108	1,156	0,633
3	1,376	-	0,11	1,275	0,665
Össz érték	3,994	0,028	0,309	3,65	2,026
Átlag	1,331	0,028	0,103	1,217	0,675
SzórásP	0,043	0	0,009	0,048	0,039