

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

TÓTH KÁLMÁN

MOSONMAGYARÓVÁR

2015

**NYUGAT-MAGYARORSZÁGI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁG- ÉS ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR
KÖRNYEZETTUDOMÁNYI INTÉZET
MOSONMAGYARÓVÁR**

**Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer- tudományi
Multidiszciplináris Doktori Iskola**

Haberlandt Gottlieb Növénytudományi Doktori Program

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

Programvezető:
Prof. Dr. Ördög Vince, CSc
egyetemi tanár

**A MÁK (*PAPAVER SOMNIFERUM*) GYOMNÖVÉNYZETE,
ÉS INTEGRÁLT GYOMSZABÁLYOZÁSA**

Készítette:
Tóth Kálmán

Témavezető:
Dr. habil. Pinke Gyula, PhD
egyetemi tanár

Mosonmagyaróvár

2015

**A MÁK (*PAPAVER SOMNIFERUM*) GYOMNÖVÉNYZETE,
ÉS INTEGRÁLT GYOMSZABÁLYOZÁSA**

Írta: Tóth Kálmán

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében
Készült a Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és
Élelmiszertudományi Kar, Wittmann Antal Növény-, Állat- és
Élelmiszertudományi
Multidiszciplináris Doktori Iskolája, Haberlandt Gottlieb
Növénytudományi Doktori programja keretében

Témavezető: Dr. habil. Pinke Gyula, PhD, egyetemi tanár

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 MÁK (*PAPAVER SOMNIFERUM*) GYOMNÖVÉNYZETE, ÉS INTEGRÁLT GYOMSZABÁLYOZÁSA

A kutatómunka célja volt, hogy (1) átfogó képet adjon a hazai mákvetések gyomviszonyairól; (2) feltárja és rangsorolja a mákvetések gyomösszetételére ható agrotechnikai és ökológiai tényezők szerepét; (3) felmérje az egyes gyomszabályozási technológiák népszerűségét és alkalmazásuk eloszlását; (4) feltárja a mezotrion és tembotrion hatóanyagok gyomirtási hatékonyságát. Összesen 102 szántóföldön, 408 mintavételi területen, 41 agrotechnikai és környezeti tényező bevonásával történt gyomfelvételezés. A borítási rangsorban az alkaloida és az étkezési mák esetében egyaránt a *Papaver rhoeas* került az első helyre 3,2% illetve 5,8% átlagborítással. Az életforma típusok megoszlásának vizsgálata alapján az alkaloida mákban az összes gyomborítás közel 70%-át a T₄-es fajok adták; míg az étkezési mákban a T₁-es és T₂-es fajok együttesen 55%-os gyomborítást tettek ki. Az RDA analízis során tíz tényező hatása bizonyult szignifikánsnak. A legfontosabb magyarázó változó a vetésidő volt, a tavaszi alkaloida és az őszi vetésű étkezési mákvetések gyomnövényzetének összetétele élesen elkülönült egymástól. A további szignifikáns agrotechnikai változók a következők voltak: elővetemény, talajkötöttség, talaj Mg tartalom, mezotrion herbicid, átlaghőmérséklet, izoxaflutol herbicid, talaj Ca tartalom, N műtrágya és a sortávolság. Vizsgálatunk 1363 hektár mákvetésre terjedt ki, melyből 1086 hektárt az alkaloida, 277 hektárt az étkezési mák képviselt. Felmérésünkből kiderült, hogy preemergens gyomirtást a felvételezett terület 27,7%-án végeztek, izoxaflutol és ciproszulfamid hatóanyagok kombinációjával. A fennmaradó területen kizárólag posztemergens gyomirtást tapasztaltunk. A mezotrion és tembotrion hatóanyagok egyre népszerűbbek az alkaloida mák posztemergens gyomirtásában. Ezen herbicideknek gyomirtási hatékonyságát vizsgáltuk szántóföldön beállított kisparcellás kísérleti körülmények között, négy ismétlésben, véletlen-blokk elrendezésben egy kisalföldi családi gazdaság alkaloida mákvetésében. Kétéves kísérletünk eredményei azt mutatták, hogy a mezotrion és tembotrion hatóanyagok kombinációja adta a legjobb gyomirtási hatékonyságot, ezért ennek használata javasolt az alkaloida mák gyomszabályozásában.

ABSTRACT

WEED VEGETATION AND INTEGRATED WEED MANAGEMENT OF POPPY (*PAPAVER SOMNIFERUM*)

Poppy (*Papaver somniferum*) is a sporadically cultivated crop species, with idiosyncratic life history traits, management systems and highly specific and under-researched weed communities. The abundance of weed flora was measured in 102 poppy fields across Hungary, along with 41 management and environmental factors. The most important plant families were: *Papaveraceae*, *Polygonaceae*, *Poaceae* and *Asteraceae*. The net effects of 10 variables on species composition were significant. Sowing season was found to be the most important explanatory variable, showing a clear distinction between the weed flora of autumn-sown food poppy and spring-sown alkaloid poppy fields. Other management factors such as preceding crop, herbicides mesotrione and isoxaflutole, fertilizer N and row spacing were also significant. Only four environmental variables (temperature, soil texture, soil Mg and Ca content) were found significant, which can be attributed to the narrow ecological tolerance of poppy resulting in short environmental gradients. Two field experiments were carried out a year apart on the alkaloid poppy to assess the efficacy of mesotrione and tembotrione herbicides for post-emergence weed control. One dosage of tembotrione alone never reduced the dry weights of the target weed species or weed numbers significantly. The cuticular wax layer of the opium poppy can provide a natural defence against these herbicides, but some temporary phytotoxic yellowish discoloration occurred after tembotrione treatments. Our results showed that mesotrione in combination with tembotrione is the most effective treatment and should be employed in poppy cultivation.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	9
2. Szakirodalmi áttekintés.....	10
2.1 A hazai máktermesztés jelentősége.....	10
2.2 A mákkultúra gyomosodási hajlama	11
2.3 A hazai mákkultúrák gyomnövényei	11
2.4 Gyomszabályozási lehetőségek mákvetésekben	14
2.4.1 Táblakiválasztás és elővetemény	15
2.4.2 Mechanikai gyomszabályozás	16
2.4.3 Herbiciddel történő gyomirtás az 1960-1980-as években....	18
2.4.4 Herbicides gyomszabályozás az 1990-es évektől.....	22
2.5 Aktuális trendek a mák gyomszabályozásának stratégiájában	27
2.6 Külföldi vonatkozások	29
3. Célkitűzések	32
4. Anyag és módszer	34
4.1 Országos gyomfelvételezés és a gyomszabályozási technológiák felmérése	34
4.1.1 Gazdálkodók kiválasztása és a terepmunka körülményei	34
4.1.2 Abiotikus adatok gyűjtése.....	35
4.1.3 Agrotechnikai adatok gyűjtése	37
4.1.4 Statisztikai analízis RDA módszerrel	38

4.2	Posztemergens gyomirtási kísérlet	41
4.2.1	A kísérletben felhasznált herbicidek jellemzése	41
4.2.2	A kísérleti terület	42
4.2.3	Parcellakiosztás, gyomirtás, adatfeldolgozás.....	45
5.	Eredmények és értékelésük.....	50
5.1	Országos gyomfelvételezés és gyomszabályozási technológiák felmérésének eredményei, és értékelésük.....	50
5.1.1	A gyomnövények borítási viszonyai és jellegeik megoszlása	50
5.1.2	Abiotikus és agrotechnikai tényezők hatása a mákvetések gyomnövényzetének fajösszetételére.....	59
5.1.3	Az alkalmazott gyomirtási technológiák felmérése	71
5.2	Posztemergens gyomirtási kísérlet eredményei és értékelésük..	77
5.2.1	Időjárási tényezők.....	77
5.2.2	Teljes gyomflóra.....	79
5.2.3	A legfontosabb gyomnövények	79
5.2.4	Az időjárási tényezők hatása a gyomirtás hatékonyságára ..	84
5.2.5	Fitotoxicitás.....	86
5.2.6	A kultúrnövény hozama	90
5.2.7	Biodiverzitás vonatkozások.....	92
6.	Következtetések, javaslatok.....	93
6.1	A hazai mákvetések gyomviszonyai	93
6.2	Abiotikus és agrotechnikai tényezők hatása	93

6.3 Alkalmazott gyomirtási technológiák.....	94
6.4 Gyomirtási kísérlet	95
7. Új tudományos eredmények	98
8. Összefoglalás.....	99
9. A felhasznált szakirodalom jegyzéke	103
9. Köszönetnyilvánítás	112

1. Bevezetés

A mák (*Papaver somniferum**) az emberiség évezredek óta ismert kultúrnövénye, melyet világszerte napjainkban is nagy területen termesztenek. Hazánkban a máktermesztésnek kettős felhasználási célja van: étkezési és gyógyszeripari. A Kárpát-medencében régóta ismerik és fogyasztják a mák magját. Az alkaloida mákot, melyet ipari máknak is neveznek, elsősorban a gyógyszeripar használja fel. Hazánkban a máktokból morfint, kodeint, papaverint, narkotint stb. nyernek ki, mely alapanyagokat fájdalomcsillapítók, görcsoldók és köhögéscsillapítók formájában dolgoznak fel.

Kutatásaim megkezdésekor az alkaloid máktermesztés fényes jövő előtt állt Magyarországon, termeltetése egyre nagyobb területen történt. Azóta a tiszavasvári gyár termeltetési részét megszüntették, jelenleg Cseh gyárak részére történik termelés mintegy 5000-6000 hektáron.

Ebből kiindulva témaválasztásom oka a máktermesztés egyre szélesebb körben történő elterjedése volt, míg célja termesztésének hatékonyabbá, és biztonságosabbá tétele. Annak kutatása, hogy a magyarországi gyomflóra, illetve az alkalmazott agrotechnikák milyen összefüggésben állnak, mely módszerek alkalmazása a legcélszerűbb, illetve mely tényezők változása befolyásolja szignifikánsan termés hozamát, terméshozamát, terméshozamát.

*A fajok nevezéktana az egész dolgozatban Király (2009) munkáját követi

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 A hazai máktermesztés jelentősége

A 2000-es évek első évtizedében Magyarországon mintegy 8-12 ezer hektáron termesztettek alkaloida, 2-5 ezer hektáron pedig étkezési mákot (Kosztolányi 2008; Ari 2009). (Az Alkaloida gyár máktermeltetési része 2013 decemberében megszűnt, ezzel jelentősen visszaesett az alkaloida mák hazai termesztési lehetősége, de más cégek próbálják a piaci űrt pótolni). Termesztésének éghajlati feltételei az egész ország területén adottak. Legmegfelelőbb számára a félig kontinentális klíma. Mérsékelt mennyiségű csapadék kedvez neki, a szélsőséges, csapadékos időjárással szemben érzékeny. Termesztése a Dunántúl déli részén, Kelet-Magyarországon, az Alföld déli részén és Nógrádban jelentős (Pájtli et al., 2011). Elmondható, hogy hazánkban egyre nagyobb területeken folyik alkaloida és étkezési mák termesztése, annak ellenére is, hogy az unió korlátozta egyes hazai, magasabb alkaloid tartalmú fajták termelését. Azonban a tervezett és a betakarított vetésterületek nagymértékben eltérhetnek egymástól, mivel a mák termesztése technológiai szempontból kockázatos (Karácsony et al., 2011).

2.2 A mákkultúra gyomosodási hajlama

Az elgyomosodás erősen károsítja az állományt, és a védekezés elmaradása a hozam jelentős csökkenését eredményezi. A máknövény fejlődésének kezdetén még nem rendelkezik megfelelő gyomelnyomó képességgel, ezért különösen ekkor érzékeny a gyomok kártételére. A jól fejlett mák már jó gyomelnyomó képességgel rendelkezik 8-10 leveles állapotában, viszont néhány T₄-es gyommal továbbra sem tudja felvenni a harcot. A korai, vontatott növekedéséhez társul a növény fokozott herbicid-érzékenysége is, amelyet a gyomirtó szerek alkalmazásánál elsődlegesen figyelembe kell venni. Az eredményes gyomirtás érdekében több kezeléssel, a vetési módtól, a mák fejlettségétől, a gyomösszetételtől függő, egymásra épülő gyomirtószer-rotációt szükséges alkalmazni. Mindezek meglehetősen magas szintű technológiai ismereteket igényelnek a gazdálkodóktól (Földesi, 1982; Sárkány *et al.*, 2001a; Godáné-Biczó, 2008; Pájtli *et al.*, 2011).

2.3 A hazai mákkultúrák gyomnövényei

A mák egyéves vagy áttelelő, ezért az ősszel illetve a tavasszal vetett növények gyomflórája eltérően alakul (Hoffmann – Hoffmanné-Pathy, 1995).

Sárkány *et al.* (2001) szerint a T₂-es és a T₃-as életformájú gyomok közül a leggyakrabban a *Raphanus raphanistrum*, a *Sinapis arvensis*,

a *Fumaria officinalis*, a *Papaver rhoeas*, az *Ambrosia artemisiifolia*, a *Buglossoides arvensis*, a *Ranunculus arvensis*, az *Adonis aestivalis*, a *Galium aparine*, a *Sisymbrium sophia* és az *Erodium cicutarium* fordulnak elő. Legjelentősebb károkat a *Sinapis arvensis*, a *Raphanus raphanistrum*, az *Ambrosia artemisiifolia* és a *Papaver rhoeas* fajok okozzák a tápanyag és a víz elvonásával, valamint a kis máknövények beárnyékolásával. A T₄-es életformájú gyomok közül leggyakrabban fordulnak elő: a *Chenopodium album*, a *Chenopodium hybridum*, a *Fallopia convolvulus*, a *Persicaria lapathifolia*, a *Tripleurospermum inodorum*, a *Sonchus oleraceus*, az *Amaranthus retroflexus*, az *Amaranthus albus*, a *Datura stramonium*, az *Euphorbia helioscopia*, a *Galinsoga parviflora*, a *Stachys annua*, a *Hibiscus trionum*, a *Digitaria sanguinalis*, a *Setaria pumila*, a *Setaria viridis*, és az *Echinochloa crus-galli* fajok. Legnagyobb kárt a *Chenopodium* és *Amaranthus* fajok okozzák a tápanyag- és a víz elvonásával, valamint közvetett kártételük révén azzal, hogy a károsító levéltetveknek gazdanövényei lehetnek. Akadályozzák a gépi betakarítást, a szár-, levél- és termésrészeik a máktokok és magvak közé keveredve pedig csökkentik a tok hatóanyagtartalmát, és elősegítik a mákmag romlását. Az *Amaranthus retroflexus* maggal keveredett mákmag nem, vagy csak nehezen tisztítható ki. Egyszikű gyomfajok közül az *Echinochloa crus-galli* kártétele jelentős, mely száraz időjárás esetén nagy mennyiségű vizet von ki a talajból, amivel a mák kényszerérését gyorsítja (Sárkány *et al.*, 2001).

Reisinger (2000) szerint a mák igen korai vetése miatt, sok gyomnövény találja meg a mákvetésekben életfeltételeit. A korai

kelésű gyomok közül a *Matricaria* spp. és a *Papaver rhoeas* csírázhat ki tömegesen. A *Papaver rhoeas*-t a mákból szinte lehetetlen herbicidekkel kipusztítani, mivel az rokon fajt alkot a mákkal, így azonosan reagál a gyomirtó szerekre. A *Sinapis arvensis*, az *Amaranthus* és a *Chenopodium* fajok, az *Echinochloa crus-galli* és számos más később csírázó gyomnövény hatalmasodhat el a területen a mák lassú fejlődése miatt.

Godáné-Biczó (2008) felhívja a figyelmet, hogy a február-márciusban elvetett mákban tömegesen csírázhat a *Tripleurospermum inodorum*, a *Capsella bursa-pastoris*, a *Papaver rhoeas*, a *Thlaspi arvense*, a *Lamium* és *Veronica* fajok; március közepétől-végétől a *Fumaria* fajok, a *Sinapis arvensis*, a *Raphanus raphanistrum* és a *Galeopsis* fajok. Március vége-április elejétől megjelennek a melegigényes, nagy biomassza tömeget fejlesztő gyomok. Ez időszak főbb gyomnövényei a *Chenopodium* és *Amaranthus* fajok, a *Polygonaceae* család tagjai, az *Ambrosia artemisiifolia*, a *Cannabis sativa*, az egyszikű gyomok közül pedig az *Echinochloa crus-galli*, a *Panicum miliaceum* és a *Setaria* fajok. Évelő gyomok közül a *Cirsium arvense*, a *Calystegia sepium*, az utóbbi években pedig a *Lathyrus tuberosus*, valamint az *Elymus repens* léphet fel nagyobb borítással.

Pájtli et al., (2011) rámutat, hogy vannak olyan mérgező gyomok, melyek ételmezés-egészségügyi okok miatt nem engedhetőek meg étkezési mákban (*Datura stramonium*, *Conium maculatum*, *Hyoscyamus niger*), illetve amelyek magja a mákmagtól rostálással nem szétválaszthatóak (*Amaranthus retroflexus*, *Setaria pumila*).

2.4 Gyomszabályozási lehetőségek mákvetésekben

A mák gyomszabályozására mechanikai és herbicides technológia is alkalmazható. A mechanikai módszereket inkább kis területen, háztáji gazdaságokban, a herbicidekkel történő gyomszabályozást nagyüzemekben alkalmazzák. Az utóbbi évtizedben a herbicides és a mechanikai gyomszabályozási technológiák kombinációival is gyakrabban találkozunk. Ennek magyarázata, a környezetkímélő technológiák előtérbe kerülésében és a herbicidek árának növekedésében rejlik (Sárkány *et al.*, 2001).

A kémiai gyomszabályzás csak akkor lesz eredményes, ha illeszkedik a többi agrotechnikai tevékenységhez. Ezek közül legfontosabbak az elővetemény, a megfelelő tábla kiválasztása, a talajművelés, a tápanyagellátás, a vetésidő, az állománysűrűség és az aratás időbeni elvégzése (Földesi, 1978).

Szükséges lehet a tábla előző évi gyomfelvételezése illetve többéves gyomosodási viszonyainak ismerete, hogy megfelelő gyomszabályozási technológiát lehessen adott táblára kidolgozni. Ennek alapján lehetőség van a leginkább megfelelő herbicidek megválasztására (Hoffmann – Hoffmanné-Pathy, 1995).

2.4.1 Táblakiválasztás és elővetemény

Reisinger (2000) szerint a mák gyomszabályozásában célszerű kihasználni a terület kiválasztását. A mák nem nagy területen termesztett növény, így lehetőség van a terület kiválasztásánál figyelembe venni a tábla gyomfertőzöttségét, és a tábla erősen gyomosodásra való hajlamosságát. Olyan területet válasszunk, melyen nem fordul elő *Papaver rhoeas*, és nehezen irtható egygyári gyomnövény, mint például az *Abutilon theophrasti*, a *Xanthium* fajok, az *Ambrosia artemisiifolia*, a *Chenopodium* fajok, továbbá évelő kétszikű gyomok, mint például a *Cirsium arvense* és *Convolvulus arvensis*.

Godáné-Biczó (2008) szerint a mák esetében legjobb elővetemények gyomirtás szempontjából a hormonhatású készítményekkel gyomirtott gabonák. Itt, az előforduló évelő gyomokat (pl. *Cirsium arvense*, *Calystegia sepium* és *Convolvulus arvensis*) lehet a legjobban elpusztítani.

Horváth (2014) szintén rámutat, hogy a máktermesztés esetén olyan területet célszerű választani, amely mentes az évelő egyszikűektől (pl. *Elymus repens*, *Cynodon dactylon* és *Sorghum halepense*). Az évelő gyomok gyomirtó szeres irtására az elővetemény lekerülését követően a tarlón van lehetőség, elsősorban glifozát hatóanyagú herbicidek alkalmazásával, melyeknek jó gyomirtó hatása van az évelő *Cirsium arvense*-re és a *Calystegia sepium*-ra is. A *Cirsium arvense* ellen klopivalid hatóanyagú készítmények a

leghatékonyabbak a gabonafélékben, a *Convolvulaceae* család ellen pedig a fluroxipir-metil hatóanyagú készítmények.

A mák szempontjából nagyon jó elővetemény volt a Pivot (*imazetapir*) 100 L-el kezelt pillangós (pl. borsó), ez esetben előfordult, hogy a preemergens gyomirtás is elmaradhatott (Hoffmann – Hoffmanné-Pathy, 1995).

2.4.2 Mechanikai gyomszabályozás

A 19. századból fennmaradt források szerint különösen az elgyomosodás megakadályozásához szükséges volt a mák többszöri (3-4) tőkapálása. Öt vagy hat hétre a növény kelését követően került sor az első kapálásra, aminek nagy fontosságot tulajdonítottak, mert „ennek ügyes végrehajtásától függ többnyire a termés sikere”. A sorokat megkapálták, melyek közül az egymáshoz túl közel álló növényeket kivágták, vagy kitepték. Amennyiben az első kapálást ekekapával végezték, az egyelést és a meghagyott tövek tisztítását kézi erővel végezték el. A második kapálásra 8-10 nap múlva került sor, ennek feladata a föld porhanyítása és a fölösleges növények kivágása volt. A harmadik kapálás általában két hét múlva következett, amikor megjelentek az első mákgubó kezdemények. Ezt a kapálást már kézzel kellett elvégezni, mert a mák szára ebben a fenológiai stádiumban nagyon törékeny. A mák háromszori kapálása 5-6 hét alatt zajlott le, ezt követően a betakarításig nem foglalkoztak vele (Selmeczi-Kovács, 1991).

Gépi sorközművelésre a vegetációs időszak alatt többször van lehetőség (Hoffmann – Hoffmanné-Pathy, 1995). Sorközművelő géppel történő gyomszabályozás esetében a sortávolságot és a csatlakozó sorokat úgy kell kialakítani, hogy a gép a művelet során ne tapossa a sorokat. A gyomok kikelését követően az első mechanikai gyomirtást azonnal el kell végezni, különben még nagy költséggel sem lehet teljesen kiirtani a megerősödött gyomnövényeket (Sárkány *et al.*, 2001). Ezután a tenyészidőszak végéig 3-4 kapálással lehet gyommentesen tartani az állományt, melyre ma már alig van lehetőség. A teljes gyomirtáshoz herbicid rotációra- vagy a herbicides és mechanikai gyomirtó kezelések kombinációjának alkalmazására van szükség (Godáné-Biczó, 1999).

Napjainkban, gabona sortávolságra történő vetéssel, gabonakombájnnal történő aratással, sugárkezelt vetőmagok és precíziós vetőgépek megjelenésével a sorközművelő megoldások sok helyen kiszorultak az agrotechnikából, annak ellenére, hogy az élő gyomnövények mák kultúrában történő gyomszabályozására a leghatékonyabb módszernek bizonyulnak. Hatása száraz, illetve túlságosan csapadékos időben is kedvező. Ha a sortávolság megengedi, a máktáblát célszerű legalább kétszer megkultivátorozni a tenyészidőszak során, mely a gyomirtás mellett a talaj levegőztetése miatt is fontos (Horváth, 2014).

Önmagában azonban nem elegendő, ezért kémiai gyomirtással szükséges kombinálni, hogy az teljes termesztési periódus alatt gyommentesen tartsa az állományt (Tóth *et al.*, 2012b).

2.4.3 Herbiciddel történő gyomirtás az 1960-1980-as években

A budakalászi Gyógynövény Kutató Intézet a mák herbiciddel történő gyomirtásával 1964-ben kezdett el foglalkozni. Számos gyomirtó szert próbáltak ki és alkalmaztak pre- és posztemergensen a kultúrában. Olyan gyomirtási rendszert sikerült kidolgozni, amellyel – a megfelelő elővetemény és technológia alkalmazása mellett, minimális kézi munkaerő felhasználásával – a mákállományt a kezdeti fejlődésétől a betakarításig gyommentesen lehetett tartani (Földesi, 1973, 1978, 1982). Ebben az időszakban főként a következő herbicideket tesztelték és alkalmazták:

- A *kloroxuron* hatóanyag (Tenoran) két, egymás utáni száraz tavaszú évben jó hatást mutatott. A harmadik évben azonban preemergensen alkalmazva, csapadékos tavasz esetén a mák pusztulását okozta.
- Az *aminotriazol* (Ata) nem károsította a mákot, azonban a gyomirtó szer káros szermaradványa miatt nem történt meg a technológia kifejlesztése.
- Az *azulam* (Asulox) posztemergensen 7-8 l/ha adagban nem pusztította el a mákot 8-10 leveles állapotában az állományra kipermetezve. Károsította viszont a 8-10 lombleveles máknövényeknél kisebbeket. Preemergensen alkalmazva csíranövény pusztulást és növekedésgátlást okozott. A gyomirtó hatása 6-8 hét volt. Az Azulox, hazai viszonyaink között nem volt ajánlatos a mák gyomirtására, mivel a mák

legveszélyesebb gyomnövényeit, az *Amaranthus* és a *Chenopodium* gyomfajokat nem irtotta.

- A *klortoluron* (Dicuran) nem akadályozta a mák kelését preemergensen a vetés előtt 1-1,5 kg/ha adagban kipermetezve. Kelés után azonban a kikelt csíranövények száma kb. 30 %-kal kevesebb volt. A gyomirtó hatása 8-10 hétre terjedt ki. A pre- és posztemergensen is elvégzett gyomirtó permetezés hatására a máktábla gyakorlatilag gyommentes volt. A jelentősebb gyomnövények közül hatékonyan pusztította a *Chenopodium album*-ot, az *Amaranthus retroflexus*-t, a *Sinapis arvensis*-t, a *Matricaria chamomilla*-t, a *Lepidium draba*-t, a *Polygonum persicaria*-t, a *Stachys annua*-t; az egyszikűek közül a *Poa annua*-t, a *Setaria pumila*-t és a *Setaria viridis*-t. Az *Echinochloa crus-galli*-t, a *Digitaria sanguinalis*-t, a *Veronica*- és a *Galium*- fajokat kevésbé károsította. Az évelő, mélyen gyökerező gyomok (*Elymus*-, *Cirsium*-, *Convolvulus*-, *Lathyrus*- fajok stb.) pedig toleránsnak bizonyultak vele szemben.
- A *klortoluron* (Dicuran) és *azulam* (Asulox) szerkombináció a Dicuran-nál jobban irtotta az *Echinochloa crus-galli*-t, a *Digitaria sanguinalis*-t, a *Polygonum*-fajokat és még néhány gyomnövényt. A Dicuran-t 1,5 kg/ha adagú 400-800 l/ha vízben kellett a mák vetése előtt kipermetezni, ezzel gyommentesen tartva az állományt az egyelésig. Ezt követően a 8-10 lomblevelés mákállományt 2 kg/ha adagú Dicuran-nal kellett lepermetezni, mellyel aratásig gyommentesen tarthatták

a máktáblát. Korábbi időpontban végzett állománypermetezés során, a 2-4 lomblevelű máknövények a kezelés hatására elpusztultak, későbbi időpontban végzett permetezés pedig a kifejlődő gyomok jobb herbicid-tűrése miatt hatástalanabb volt. A 2 kg/ha *klortoluron* hatóanyagú Dicuran 80 WP jó kultúrállapotú talajon, gyengén fejlett keresztes virágú gyom- és *Chenopodium album* fertőzés esetén az állománypermetezés általában a mák aratásig elvégezte a gyommentesítést. A kezelés során, a területen levő 5-10 cm-es gyomok nagy részét elpusztította, ugyanakkor tartósan (8-10 hét) gátolta a magról kelő egy- és kétszikű gyomok csírázását, illetve ezek elszaporodását. Esetenként a herbicid főleg a kisebb máknövények levélszélein perzselést okozhatott, de ezt a máknövények termésesökkenés nélkül kinőtték.

- A *nitrochlor* (Mezotox) szert 6-8 liter/ha mennyiségben kellett 400 liter/ha vízben kipermetezni a vetéssel egyidőben, vagy legkésőbb a vetés utáni három napon. A mákot a szer nem károsította, a gyomirtó hatása azonban gyenge volt, főként kötött talajon.
- A *diquat-dibromid* -ot (Reglone) a mák hatleves állapotában alkalmazták. Nem megfelelő használata esetén súlyosabb károkat okozott a máknövényen. A táblán levő gyomok mindegyikét többé-kevésbé elpusztította, tartós hatása azonban nem volt. A kezelést követően két-három hétre a gyomosodás újra megkezdődött.

- Az *azulam* (Plakin) erős keresztes virágú (pl. *Sinapis arvensis*, *Raphanus raphanistrum*) gyomfertőzés esetén a 2 kg/ha Dicuran mellett a 8-10 l/ha alkalmazását javasolták külön-külön vagy tankkeverék formájában történő kipermetezéssel. E kezelés hatására a dicuran-rezisztens gyomok, a fejlett *Sinapis arvensis*, a *Raphanus raphanistrum*, a *Tripleurospermum inodorum*, és a *Cannabis sativa* növekedésében megállt, tenyészőcsúcsuk elsárgult, majd 3-4 héten belül pedig elpusztultak. Az *azulam* jól irtotta a *Polygonaceae* család fajait és az egyes csírázó egyszikűek (*Lolium*, *Avena*, *Sorghum* fajok) is érzékenyek voltak rá. A kezelés a máknál fitotoxicitást nem okozott.
- Az *acetoklór* (MG 02) vagy a *metaloklór* (Dual) tankkeveréke kiváló hatású volt a *Chenopodium album* és az *Ambrosia artemisiifolia* irtására. A kezelést a 8-10 lomblevelés mákban lehetett végezni. Károsodott a mák a kezeléstől, ha már a szárbaindulás stádiumába jutott, illetve ha a tankkeverékben az MG 02, illetve a Dual dózisa a 2 kg/ha értéket meghaladta.

2.4.4 Herbicides gyomszabályozás az 1990-es évektől

A folyamatos kísérleti munkák segítségével – az addigiakban alkalmazottaknál hatásosabb – új herbicidek kifejlesztésére és újabb módszerek kidolgozására került sor (Nagy, 1997; Reisinger, 2000; Godáné-Biczó, 2008; Tóth *et al.*, 2012b; Horváth, 2014). Ezt a korszakot a következő gyomirtó szerek használata fémjelzi:

- A *klórmezulon* (Mikado) 0,8-1,2 l/ha és a *fluroxipir-meptil* (Starane) 0,8-1 l/ha posztemergens szerkombinációja – a *Papaver rhoeas* kivételével – 100%-osan irtotta az egyéves gyomokat, sőt – az *Elymus repens* kivételével – a szaporítógyökeres évelőket is több mint 60%-os hatékonysággal pusztította. A kismértékű fitotoxicitást a máknövények 5-6 hét elteltével kinőtték. A Mikado engedélyét időközben visszavonták.
- Az *imazetapir* (Pivot) 0,3-0,4-0,5 l/ha dózisban preemergensen kijuttatva bizonyította jó gyomirtó hatását, azonban a mákra fitotoxikus hatást gyakorolt, amely visszafogott növekedésben és a virágzási idő kitolódásában nyilvánult meg. Felhasználásakor betakarítást követően őszi búza és őszi árpa, ezt követő tavasszal kukorica, ezt követően napraforgó, cirok és a harmadik szezonban pedig bármilyen növény vethető volt, de savanyú talajon a cukorrépa károsodhatott. Napjainkban nem engedélyezett szer.
- Az *izoxaflutol* (Merlin WG és Merlin SC) herbicid kijuttatása a mák vetése után 2-3 napon belül történik. Dózisa: 100-140

g/ha (Merlin WG), 0,16-0,18 l/ha (Merlin SC), melyet a talaj kötöttsége és szervesanyag-tartalma határoz meg. A nagyobb (140 g/ha-0,18 l/ha) dózist csak magas szervesanyag-tartalmú középkötött, kötött talajokra ajánlott kipermetezni. A készítmény a *Papaver rhoeas* kivételével hatékony valamennyi egy- és kétszikű gyomnövényre. Túl sekély vetés, vagy a gyomirtó szer érintkezése a maggal a kultúrnövényben károsodást idéz elő, melyek a mák növénykéek leveleinek kisárgulásában, perzselésben, növekedésbeli visszamaradásban jelentkeznek. Túldozírozás miatt kipusztulhat az egész tábla, a virágzási idő kitolódhat, apróbb gubójú lesz a termés.

- Vetés után, kelés előtti (preemergens) felhasználásra engedélyezett a *klomazon* hatóanyagot tartalmazó Command 48 EC 0,2 l/ha dózisban, amely elsősorban a magról kelő egyszikű, valamint néhány magról kelő kétszikű gyomnövény ellen hatékony. A herbicid kismértékű levél-kifehéresedésben megnyilvánuló fitotoxikus tüneteket okozhat a kultúrnövényen, de ezeket a tüneteket a mák kinövi. Amennyiben valamely oknál fogva (pl. vetési hiba) a mákvetést fel kell számolni, a hatóanyagra érzékeny kultúrák (kalászosok, cukorrépa) csak 60 nap elteltével vethetők a kezelt területre. Az érzékeny kultúrák károsodásának elkerülése érdekében 30 m-es biztonsági sáv betartása javasolt a szomszédos tábla mentén.
- Preemergensen és posztemergensen is használható a mák gyomirtására a *klórtoluron* hatóanyag (Lentipur 500 SC 2,8-3

l/ha). A szer inkább a magról kelő egyszikű gyomokat pusztítja, de mellékhatása van néhány egyéves kétszikű gyomfajra is. Kelés előtti kijuttatás esetén a kezelést a vetést követő öt napon belül el kell végezni, gondosan előkészített, aprómorzszás talajfelszínre úgy, hogy az elvetett mákot legalább 2-3 cm-es talajréteg fedje. A készítmény 2%-nál alacsonyabb szerves anyag tartalmú talajokon nem alkalmazható. A kezelést követő zápor vagy hosszantartó intenzív eső a hatóanyagot a kultúrnövény csírázási zónájába moshatja, ami a mákon fitotoxikus tüneteket okozhat. Kelés utáni kezelésnél a készítményt a mák 6 leveles állapotában kell kipermetezni, mert ilyenkor a legerősebb a védeettséget biztosító viaszréteg. Nagyobb eső után meg kell várni, amíg a viaszréteg ismét kialakul. A magról kelő kétszikűek 2-4 leveles, a magról kelő egyszikűek 1-3 leveles fejlettségükkor a legérzékenyebbek a készítményre. A permetezést 300-400 l/ha vízmennyiséggel, 250-300 mikronos cseppmérettel, 2 bar nyomással kell végrehajtani. A készítmény a mákon esetenként levélperzselésben megnyilvánuló tüneteket okozhat.

- A mák 6-8 leveles állapotában (posztemergensen) engedélyezett a *piridat* hatóanyag (Lentagran WP 1,5-2 kg/ha). A kijuttatására vonatkozó előírások megegyeznek *klórtoluron*-nál leírtakkal annyi kiegészítéssel, hogy a készítmény igen jó hatásfokkal irtja a *Chenopodium* és *Amaranthus* fajokat, de nem károsítja a *Papaver rhoeas*-t, továbbá 25 °C –nál magasabb hőmérsékleten alkalmazva károsíthatja a mákot és

tilos a készítményhez nedvesítőszer, vagy műtrágyát hozzáadni.

- A *fluroxipir metilhepil-észter* (Tandus 250 EC /utódja a Tandus 200 EC/ 0,8 - 1 l/ha) állományban (posztemergensen) alkalmazva jó hatású a *Galium aparine* és a *Convolvulus arvensis* ellen is. Mák vetésekben egyenletesen fejlett, 6-8 leveles állományban végezhető kezelés. Csapadékos idő esetén valamint szélvihar után kezelést 3-4 nap elteltével lehet végezni, amikor a növényt védő viaszréteg ismét kialakult. Az aktuális engedélyokirati információk szerint engedélye 2010-ben lejárt, de visszavonó határozat az értekezés kéziratának leadásáig nem született.
- Erős egyszikű gyomjelenlét esetén sikerrel használható állományban, a mák 6-8 leveles állapotában a *fluazifop-p-butil* (Fusilade Forte 0,8-2,5 l/ha) herbicid hatóanyag. A kisebb dózis a magról kelő, a nagyobb dózis az élő egyszikűekre vonatkozik.
- A mák posztemergens gyomirtására engedélyezett továbbá a *diquat-dibromid* hatóanyag (Neon 40, Reglone, Solaris 2 l/ha). A szer levélen keresztül abszorbeálódik, csaknem minden fiatal (10-15 cm-nél kisebb) gyomot elpusztít, de a *Chenopodium* fajokra hatása korlátozott. A fiatal, szikleveles gyomok ellen hatékony, a kezelést mégsem szabad elsietni a fiatal mák fokozott érzékenysége miatt. A permetezéssel feltétlenül meg kell várni azt, hogy a mák 6-8 levelesnél fejlettebb legyen. Csapadékos, hűvös időben használata tilos,

mert a mák ekkor is fokozottan érzékeny. A szert kombinálni nem ajánlatos, nagy cseppekben kell kipermetezni és nedvesítő szert sem szabad hozzá adagolni. A technológia alkalmazása sok kockázattal jár, emiatt jelentősége csökken.

- A *mezotrion* (Callisto) 4 SC (0,3 l/ha, osztott formában: 0,2+0,1 l/ha) leginkább a kétszikű gyomok irtására használható. Jól irtja az *Amaranthus* fajokat, a *Datura stramonium*-ot, a max. 4 leveles állapotú *Ambrosia artemisiifolia*-t. A 8 levélnél fejlettebb parlagfűvet csak megperzseli.
- A *tembotrion* (Laudis) (1,75-2,25 l/ha) hatóanyagával jól irtja a *Chenopodium* és *Amaranthus* fajokat, az *Ambrosia artemisiifolia*-t, a *Cannabis sativa*-t, és a *Datura stramonium*-ot. Kijuttatása a mák 6-10 leveles állapotában történjen. Az egyszikű gyomok esetében a bokrosodásig történjen meg a kezelés, a kétszikű gyomok pedig ne legyenek fejlettebbek 6-8 leveles állapotnál.
- A mák herbicides gyomirtására – kísérleti jelleggel – más hatóanyagokat és készítményeket is kipróbálnak. Ezek elsősorban a kukoricában engedélyezett herbicidek köréből valók, és mind a jó gyomirtó hatás, mind pedig a mákra gyakorolt mérsékelt fitotoxikus hatás szempontjából perspektivikusak lehetnek.

2.5 Aktuális trendek a mák gyomszabályozásának stratégiájában

Napjainkban az új hatóanyagok forgalomba hozatala a kultúra vegyszeres gyomirtását megkönnyítette, míg korábban ez kevés lehetőségre korlátozódott. Herbiciddel történő gyomirtás során gyakran jelentkeztek fitotoxikus hatások, így számos esetben alkalmazzák a mechanikai gyomirtást. Az emberi erővel végzett gyomirtás kiszorult a technológiából, ennek okai az élömunka árának növekedésével, az új technológiák megjelenésével és a megnövekedett költségekkel magyarázható (Tóth *et al.*, 2012a).

Az utóbbi évek tapasztalatai azt mutatják, hogy a preemergens szerek nem rendelkeznek megfelelő gyomirtó hatással és a gazdák a gyomok elleni harcban a posztemergens lehetőségeket részesítik előnyben (Tóth *et al.*, 2012b). A mezotrion és tembotrion hatóanyagokat egyre szélesebb körben alkalmazzák a tavaszi vetésű mák állománykezelésére (Godáné-Biczó, 2008; Kosztolányi, 2008; Pájtli *et al.*, 2011; Tamási, 2012; Tóth *et al.*, 2012b). Az 1. táblázat a mákban korábban, és jelenleg is alkalmazott herbicideket tartalmazza.

1. táblázat: A hazánkban mák kultúrában alkalmazott gyomirtó szerek listája („-,„ = nem ismert adat)

Növényvédő szer neve	Hatóanyag	Engedély kiadás dátuma	Engedély érvényesség	Hatásmechanizmus
Tenoran	<i>kloroxuron</i>	-	-	mitochondriális szétkapcsolók; ATP képződés blokkolása
Ata	<i>aminotriazol</i>	-	-	hisztidin bioszintézis és klorofillképződés gátlás
Asulox	<i>azulam</i>	-	-	DHP szintetáz gátlás
Dicuran	<i>klórtoluron</i>	-	-	mitochondriális szétkapcsolók; ATP képződés blokkolása
Mezotox	<i>nitrochlór</i>	-	-	fotoszintézis gátlás
Plakin	<i>azulam</i>	-	-	DHP szintetáz gátlás
MG 02	<i>acetoklór</i>	-	-	nukleinsav- és fehérjeszintézis gátlás
Dual	<i>S-metolaklór</i>	2009.11.12	2019.10.31	nukleinsav- és fehérjeszintézis gátlás
Mikado	<i>klórmezulon</i>	2000.01.18	2010.01.18	HPPD enzim gátlás
Starane	<i>fluroxipir-meptil</i>	1996.05.27	2015.12.31	hormonhatás
Pivot	<i>imazetapir</i>	-	2004.05.01	fehérje szintézis gátlás; AHAS enzim gátlása
Merlin WG	<i>izoxaflutol</i>	2007.05.07	2007.12.31	pigment-bioszintézis gátlás
Merlin SC	<i>izoxaflutol</i>	2003.12.10	2010.07.31	pigment-bioszintézis gátlás
Command 48 EC	<i>klomazon</i>	2003.03.16	2017.12.31	pigment-bioszintézis gátlás
Lentipur 500 SC	<i>klórtoluron</i>	2002.05.06	2014.12.31	fotoszintézis gátlás
Lentagran WP	<i>piridat</i>	2009.12.03	2016.12.31	fotoszintézis gátlás
Tandus 250 EC	<i>fluroxipir metilhepil-észter</i>	2008.05.07	2015.12.31	hormonhatás
Fusilade Forte	<i>fluazifop-p-butil</i>	2012.12.06	2017.12.31	acetyl-CoA-karboxiláz enzim gátlása
Neon 40	<i>diquat-dibromid</i>	2006.07.26	2014.10.31	fotoszintézis gátlás a PS-I rendszerben
Reglone	<i>diquat-dibromid</i>	2005.07.27	2018.07.31	fotoszintézis gátlás a PS-I rendszerben
Solaris	<i>diquat-dibromid</i>	2012.01.04	2016.12.31	fotoszintézis gátlás a PS-I rendszerben
Callisto 4 SC	<i>meztotrión</i>	2004.05.24	2017.07.31	HPPD enzim gátlás
Laudis	<i>tembotrión</i>	2008.01.25	2015.03.01	HPPD enzim gátlás
Merlin Flexx	<i>Izoxaflutol, ciprozulfamid</i>	2008.11.10	2017.06.30	pigment-bioszintézis gátlás
Tolurex 50 SC	<i>klórtoluron</i>	2000.01.20	2017.02.28	fotoszintézis gátlás

2.6 Külföldi vonatkozások

Napjainkban Magyarországon kívül, legálisan csak néhány országban termesztnek nagyobb mennyiségben mákot. Ezek az országok: Ausztrália (Tasmania), Ausztria, Csehország, Franciaország, Hollandia, Horvátország, India, Makedónia, Németország, Románia, Spanyolország, Sri Lanka, Szerbia, Szlovákia és Törökország (Faostat, 2013). A hazai máktermesztés gyomszabályozásának fejlesztését végző szakemberek a releváns külföldi kutatások eredményeit folyamatosan figyelemmel kísérték (Földesi, 1982; Sárkány *et al.*, 2001), azonban a témában angol nyelven meglehetősen kevés publikáció érhető el.

Indiában Gaur *et al.* (1986) vizsgálata szerint a *klórtoluron* alkalmazása szignifikánsan növelte az ópium mák termésmennyiségét és csökkentette a gyomok egyedszámát és szárazanyagát a kézi gyomláláshoz viszonyítva. Prasad *et al.* (1996) kísérlete azt eredményezte, hogy az ópium mák vetésekben a mulcsozás szignifikánsan csökkentette a domináns gyomnövények, mint pl. a *Cyperus rotundus*, *Chenopodium album* és *Cynodon dactylon* populációit. Sharma – Nepalia (1997) összehasonlította a *fluchloralin*, *diuron*, *izoproturon*, *pendimetalin* és *alaklór* hatóanyagok gyomirtási hatásfokát, és arra a következtetésre jutott, hogy az *izoproturon* preemergens használata a legalkalmasabb az ópium mák gyomszabályozására. Kubni – Tiwari (2004) kísérlete azt mutatta, hogy az *izoproturon* preemergens használata kézi gyomlálással kombinálva hatásosabb volt a gyompopulációk és gyom-biomassza

csökkentésében és az ópium mák terméseredményének növelésében, mint az *izoproturon* preemergens alkalmazása kézi gyomlálás nélkül.

Törökország Közép-Anatólia régiójában Kurcman – Yildirim (1995) a következő fajokat találta az ópium mák legfontosabb tíz gyomnövényének: *Chenopodium album*, *Polygonum* spp., *Sinapis arvensis*, *Galium tricornutum*, *Acroptilon repens*, *Sisymbrium altissimum*, *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis*, *Lamium amplexicaule* és *Scandix pecten-veneris*. Számos herbicid hatását tesztelték, és arra mutattak rá, hogy a herbicidek vagy nem gyérítették a gyomokat, vagy fitotoxikus hatásuk volt a mákra. Ezzel szemben a kapálás 96-98%-osan gyérítette a gyomflórát és nem befolyásolta hátrányosan a termést. Arra a következtetésre jutottak, hogy az egyelés és a kapálás elengedhetetlenek az ópium mák termesztésében.

Tasmaniában Baldwin (1977) olajmák-vetésben folytatott kísérletében arra a következtetésre jutott, hogy a *diquat* és *nitrofen* herbicidek kombinációja hatékonyan irtotta a *Chenopodium album* és a *Fumaria muralis* gyomfajokat. A herbicidek alkalmazása után hullott csapadék csökkentette, míg a fagy növelte azok hatékonyságát. Macleod (1997) a *klomazon* herbicid hatékonyságát tesztelte, és feltárta, hogy a hatóanyag kiválóan gyérítette a *Chenopodium album*-ot, a *Stachys arvensis*-t és a *Polygonum aviculare*-t, elnyomta az *Amaranthus powellii*-t és kisebb mértékben a *Raphanus raphanistrum*-ot.

Angliában Meakin (2007) preemergensen a *klomazon*, majd a máknövény 2-4 leveles állapotában nedvesítőszer nélkül a *diquat* alkalmazását javasolja. A gyompázsitfűvek ellen későbbi fenofázisban

a *propaquizafop* és a *cycloxydim* hatóanyagokat ajánlja. Lengyelországban Wójtowicz – Wójtowicz (2009) pozitív eredményeket ért el a *klórtoluron* és a *mezotrion* hatóanyagokkal honos mákfajták gyomirtási kísérletében.

3. Célkitűzések

A máktermesztés sikerét nagyban befolyásolják a mákvetések gyomviszonyai. Az országos szántóföldi gyomfelvételezések a mák-kultúrára nem terjednek ki, ugyanakkor a gyomszabályozási stratégiák hatékonyságának növelése céljából fontos lenne a magyarországi mákvetések gyomviszonyainak ismerete. A disszertáció első célja az volt, hogy egyfajta hiánypótlásként, országos gyomfelvételezést végezzen mákban, és átfogó képet adjak a hazai mákvetések gyomnövényzetéről.

A gyomtársulások fajösszetételét számos egyidejűleg ható környezeti és agrotechnikai tényező befolyásolja, és ezen faktorok fontosságának mértékét több kutató is próbálta megállapítani (Lososová *et al.*, 2004; Fried *et al.*, 2008; Silc *et al.*, 2009; Hyvönen *et al.*, 2011). Kutatásom során célul tűztem ki a hazai mákvetések gyomnövényzetének fajösszetételét befolyásoló abiotikus és agrotechnikai tényezők fontosságának megállapítását is.

Általánosan elmondható, hogy alkaloida és étkezési mákot gyomirtás nélkül termelni lehetetlen. Elhúzódó kelése, kezdeti vontatott fejlődése szükségszerűvé teszi a gyomkompetíció kiküszöbölését, a termésmennyiség, és betakaríthatóság javítása érdekében. Kutatómunkám harmadik célja az volt, hogy felmérjem a hazánkban jelenleg alkalmazott egyes gyomszabályozási technológiák elterjedését, azok megoszlását.

Az utóbbi évek tapasztalatai azt mutatják, hogy a preemergens szerek nem rendelkeznek megfelelő gyomirtó hatással, és a gazdák a gyomok elleni harcban a posztemergens lehetőségeket részesítik előnyben. A mezotrion és tembotrion hatóanyagokat újabban egyre szélesebb körben alkalmazzák a tavaszi vetésű mák állománykezelésére (Godáné 2008, Kosztolányi 2008, Pájtli et al. 2011, Tamási 2012), ugyanakkor ezeknek a szereknek a gyomirtási hatékonyságáról mákkultúrában még nem jelent meg hazai tudományos publikáció. Disszertációm negyedik célja az volt, hogy egzakt módszerekkel feltárjam a mezotrion és tembotrion hatóanyagok különböző dózisainak és kombinációinak gyomirtó hatását a mák legjelentősebb gyomnövényire. Számos gazdálkodó hajlik arra, hogy magas gyomfertőzöttség esetén jelentősen megemeli ezen herbicidek dózisát. Ezért az ajánlott dózisok kétszeres mennyiségének hatását is vizsgáltam.



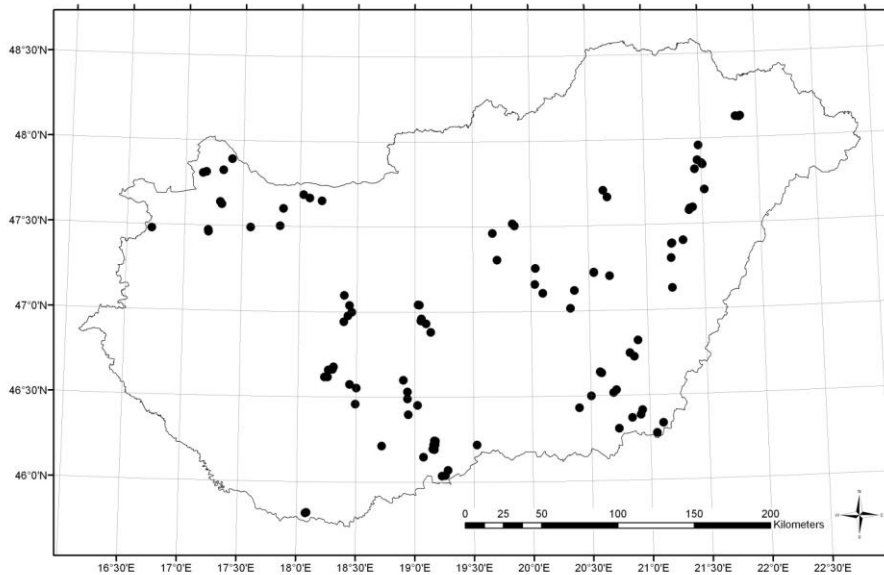
1. ábra: Kérdőíves felmérés alkaloida mákban

4. Anyag és módszer

4.1 Országos gyomfelvételezés és a gyomszabályozási technológiák felmérése

4.1.1 Gazdálkodók kiválasztása és a terepmunka körülményei

Néhány hazai, mákot termeltető cégtől beszereztük a velük kapcsolatban álló, mákot termesztő gazdálkodók elérhetőségét. A gazdálkodókkal levélben és telefonon kapcsolatot kezdeményeztünk. Később felkerestük azokat a termesztőket, akik hajlandóságot mutattak a kutatásban való részvételre, és mindegyiküknél megvizsgáltunk egy mákvetést (1-2. ábrák). Néhány esetben két termőföldet is felvételeztünk egy gazdálkodónál, ha azok az alkalmazott agrotechnikában jelentősen különböztek. Ennek az eljárásnak köszönhetően összesen 102 szántóföldet vizsgáltunk meg hazánk területén (2. ábra). A felvételezést 2010. május 30 és június 14 között végeztük, szántónként 4 db 50 m²-es mintatérren. Egy mintatérret a szántószegélyben (a művelt területen belül), hármat pedig a szántó belsejében jelöltünk ki. A gyomfajok borítási értékeit közvetlen százalékos becsléssel határoztuk meg. A termesztési cél alapján alkaloida és étkezési mákvetéseket vizsgáltunk. Mivel minden esetben az alkaloida mák tavaszi, míg az étkezési mák őszi vetésű volt, így később a két csoportot külön értékeltük. Összesen 77 alkaloida mákvetést (308 felvétel) és 25 étkezési mákvetést (100 felvétel) vizsgáltunk meg.



2. ábra: A vizsgált szántóföldek eloszlása

(Ebben a méretarányban egy pont több szántót is reprezentálhat)

4.1.2 Abiotikus adatok gyűjtése

Minden felvételezett vetésben talajmintát is gyűjtöttünk, melyeket az UIS Ungarn talajlaboratóriumában vizsgáltattunk meg. Minden vizsgált szántó esetében az abiotikus tényezőket a talajtulajdonságok mellett a klimatikus jellegek képviselték. Az utóbbiak esetében az évi átlaghőmérsékletet a „WorldClim” adatbázisból (Hijmans *et al.*, 2005), az évi átlagos csapadékot pedig a Magyar Meteorológiai Szolgálat (HMS, 2001) adatbázisából kerestük ki. A tengerszint feletti magasságot a terepen Garmin GPSmap 60CSx készülékkel mértük be (2. táblázat).

2. táblázat: Az analízis során vizsgált abiotikus és agrotechnikai változók kategóriái és értékei

Változó	Kategóriák/ értékek
Vetésidőszak	ősz, tavasz
Elővetemény	gabona, mák, olajrepcse, kukorica, "vegyes"
Herbicidek hatóanyagok (g/ha)	
Chlortoluron	0-1500
Cyprosulfamid	0-96
Diquat	0-400
Fluazifop-P-butyl	0-150
Isoxadifen ethyl	0-49,5
Isoxaflutole	0-96
Mesotrione	0-288
Quizalofop-p-terufil	0-100
Tembotrione	0-99
Herbicidek hatóanyagok (l/ha)	
Fluroxypyr-methylheptyl-ester	0-0,252
Quizalofop-p-ethyl	0-0,06
Mechanikai gyomirtások száma	0-3
Szerves trágya (t/ha)	0-60
Műtrágya (kg/ha)	
N	0-177
P ₂ O ₅	0-130
K ₂ O	0-180
MgO	0-25
CaO	0-35
Kultúrnövény borítása (%)	5-95
Sortávolság (cm)	10-50
Táblaméret (ha)	1-70
Talajművelés mélysége (cm)	15-60
Szomszédos élőhely	árok, erdősáv, rét, útszél
Tengerszintfeletti magasság (m)	83-205
Évi átlagos csapadék (mm)	478-657
Évi középhőmérséklet (°C)	9,67-11,23
Talaj pH (KCl)	5,26-7,68
Talajkötöttség (KA)	20-54
Talajtulajdonságok (m/m%)	
Humusz	0,72-4,8
CaCO ₃	0,03-27,2
Talajtulajdonságok (mg/kg)	
P ₂ O ₅	67,9-2220
K ₂ O	79,3-1460
Na	10,6-127
Mg	38,3-827
NO ₂ -NO ₃ -N	3,83-87,8
SO ₄	9-77,8
Cu	0,73-24,4
Zn	0,45-10,5
Mn	7,25-480

4.1.3 Agrotechnikai adatok gyűjtése

A gazdálkodóktól elkért, és a vizsgálatba bevont agrotechnikai adatokat a 2. táblázat tartalmazza. Mivel a termesztési cél meghatározta a vetésidőt is (az alkaloida fajtákat tavasszal, míg az étkezési fajtákat ősszel vetik), ezeket az ismérveket a „vetésidőszak” bináris kategorikus tényezőben kódoltuk. Az elővetemények a következők voltak: őszi búza (*Triticum aestivum*), őszi árpa (*Hordeum vulgare*), mák (*Papaver somniferum*), olajrepce (*Brassica napus*), kukorica (*Zea mays*), hagyma (*Allium cepa*), cukorrépa (*Beta vulgaris*), borsó (*Pisum sativum*), napraforgó (*Helianthus annuus*), sárgarépa (*Daucus carota*) és fehér mustár (*Sinapis alba*). Azért, hogy csökkentsük a kategóriák számát, és mérsékeljük a ritka tényezők gyengítő hatását, a gabonaféléket egy csoportba soroltuk. Az ötnél kevesebb alkalommal előforduló előveteményeket (sárgarépa, hagyma, cukorrépa, napraforgó és fehér mustár) a „vegyes” kategóriába helyeztük.

A herbicidek folyamatos változóként kerültek az analízisbe a kijutatott hatóanyaguk mennyiségének figyelembevételével. A hatóanyagok a következők voltak: klórtoluron (Lentipur 500 SC, 500 g/L, NuFarm), ciprozulfamid (Merlin Flexx, 240 g/L, Bayer), diquat (Reglone, 200 g/L, Syngenta) fluazifop-P-butyl (Fusilade Forte, 150 g/L, Syngenta), isoxadifen ethyl (Laudis, 22 g/L, Bayer), izoxaflutol (Merlin SC, 480 g/L; Merlin Flexx, 240 g/L, Bayer), mezotrion (Callisto 4SC, 480 g/L, Syngenta), quizalofop-p-terufil (Pantera 40 EC, 40 g/L, Chemark), tembotrion (Laudis, 44 g/L, Bayer),

fluroxypyr-methylheptyl-ester (Starane 250 EC, 36%, Dow AgroSciences), quizalofop-p-ethyl (Targa Super, 5%, Nissan; Leopard 5 EC, 5%, Agan).

A mechanikai gyomirtások száma, a szerves és műtrágya mennyisége, a kultúrnövény borítása, sortávolság, parcellaméret, talajművelés mélysége és a szomszédos vegetáció típusa szintén bekerült az analízisbe.

4.1.4 Statisztikai analízis RDA módszerrel

A Redundancia analízis (RDA) többváltozós lineáris kötött ordinációs eljárás. A főkomponens analízis (PCA) kötött ordinációs változata. Az eljárás az egyes magyarázó változókat egyenként lépteti be egy redundanciaanalízis-modellbe és egy randomizációs teszttel megvizsgálja, hogy ennek hatására hogyan változik meg a modell által magyarázott variancia nagysága. Vizsgálatunkban azokat a változókat tekintettük ténylegesen relevánsnak, melyeknél a randomizációs teszt p értéke kisebb, vagy egyenlő volt 0,05-nél.

A forward selection előtt minden változócsoporttal egy-egy ún. globális tesztet végeztünk. Ez a randomizációs teszt egy olyan redundanciaanalízis-modellen alapul, amely egy adott változócsoportból minden egyes változót tartalmaz. A globális teszttel azt vizsgáltuk, hogy az adott változócsoportnak van-e hatása a gyomadatokat tartalmazó függőváltozókra. Amennyiben a globális

teszt eredménye nem szignifikáns, az érintett változócsoporthoz nincs számottevő hatása a gyomszerkezetre, ezért nincs értelme bevonni a variancia-particionálásba (Blanchet *et al.*, 2008). Az RDA módszert alkalmazták a hazai napraforgóvetések (Pinke *et al.*, 2013) és rizsvetések (Pinke *et al.*, 2014) fajkompozíciója és a környezeti tényezők közötti összefüggések feltárására is.

Az adatok alapján kiszámoltuk a gyomfajok átlagborítását, és megállapítottuk az átlagborítás szerinti rangsorukat. A növénycsaládok és az Ujvárosi-életformák megoszlását nem az adott kategóriába tartozó fajszám, hanem az átlagborítási értékek figyelembevételével határoztuk meg, azon fajok bevonásával, melyek elérték a legalább 0,025%-ot.

Minden szántón átlagoltuk a négy felvétel borítási értékeit, melyeket azt követően Hellinger transzformációnak vetettünk alá (Legendre & Gallagher, 2001). A változószelekció (stepwise backward) után, melyet az előbb említett $p < 0,05$ küszöbértékkel végeztünk az I típusú hibára, 15 tényező maradt a minimálisan adekvát modellben. Ezt követően Lososová *et al.* (2004) módszerét alkalmazva az adatokat redundancia analízissel (RDA) elemeztük, minden egyes háttértényező esetében kiszámolva azok teljes és tiszta hatását (gross and net effects) a fajösszetételre. A parciális RDA esetében a legtöbb tényezőnél csak egy kényszerített tengely volt és mindegyik tengelyt külön teszteltük (Leps & Smilauer, 2003). A magyarázó változók fontossági sorrendjét a pRDA modellben a tiszta

hatásoknál kapott R_{adj}^2 -értékek alapján határoztuk meg. Azért, hogy demonstráljuk a gyomfajok válaszait az egyes szignifikáns abiotikus és agrotechnikai változókra, minden esetben azonosítottuk azt a (legalább 10 szántón előforduló) 10 fajt, melyek a legmagasabb magyarázó varianciát fejezték ki a kényszerített tengelyre a parciális RDA vizsgálatban.

A modellben található magyarázó változók multikollinearitásának ellenőrzése céljából az analízist megelőzően Fox & Monette(1992) útmutatása alapján kiszámoltuk a variancia infláció faktort (VIF). A szignifikáns változók csak csekély kollinearitást mutattak, melyek nem torzították el az analízis eredményeit (a legmagasabb GVIF érték 2,88 volt). A csökkentett modell RDA ordinációs diagramjain a folyamatos változókat a lineáris kényszereikből számoltuk ki, míg a nominális változókat „színlelt” indikátor változókká transzformáltuk és ezeket a színleléseket helyeztük az ordinációs térbe súlyozott átlagaikkal.

A teljes statisztikai analízist az R programban (R Development Core Team, version 2.11.1) hajtottuk végre a „vegan add-on” programcsomag (vegan 1.17-2) felhasználásával.

4.2 Posztemergens gyomirtási kísérlet

4.2.1 A kísérletben felhasznált herbicidek jellemzése

A mezotrion HPPD (4 hydroxy-phenyl-pyruvate-deoxygenase) enzimgátló hatóanyag. Eredetileg kétszikű és fűféle gyomok irtására fejlesztették ki és világszerte főként kukoricában alkalmazzák (James *et al.*, 2006; Pannacci & Covarelli, 2009; Nurse *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2013). A herbicid jellegzetes tünete a gyomnövények kifehéredése, majd száradásos elhalása. A hatóanyag felvétele a levélen és a gyökéren keresztül egyaránt történhet, a hajtáscsúcs és gyökérvég irányába a szállítás a hancs- és a faszövetben következik be. Ennek a hatásmódnak köszönhető, hogy a készítmény pre- és posztemergensen egyaránt alkalmazható. A mezotrion hatóanyag elsősorban a magról kelő kétszikű gyomok ellen hatékony, mivel ezekben a gyomokban rendkívül gyors a hatóanyag felvétele és a transzlokációja, ugyanakkor a hatóanyag lebontása lassú és korlátozott mértékű (József & Radvány, 2001).

A tembotrion egy viszonylag új hatóanyag és szintén az egy- és kétszikű gyomok ellen fejlesztették ki a kukoricatermesztésben (Santel, 2009; Schulte & Köcher, 2009). A HPPD gátlásával ez a hatóanyag is megfosztja a növényeket attól a karotinoid rétegtől, amely a növényi klorofillt védi a napfény káros UV sugaraitól. Ennek hiányában a klorofill hamarosan lebomlik, a kezelt növények kifehérednek, később megbarnulnak és elpusztulnak. A kultúrnövény

detoxikálási folyamatainak felgyorsítására az antidotumok a legalkalmasabbak. A tembotrion gyors lebontását az izoxadifen-etil széfener segíti elő. Hatása specifikus, azaz csak a kultúrnövényben gyorsítja fel nagyságrendekkel a tembotrion metabolizmusát, a gyomokban nem (Nagy, 2007).

Amikor ez a két herbicid megjelent a hazai piacon, a termelőknek eseti engedélyeket kellett kérniük a mákban való felhasználásukhoz, azt követően az illetékes hatóságok 2006-ban és 2012-ben engedélyezték a mákban való felhasználásukat.

4.2.2 A kísérleti terület

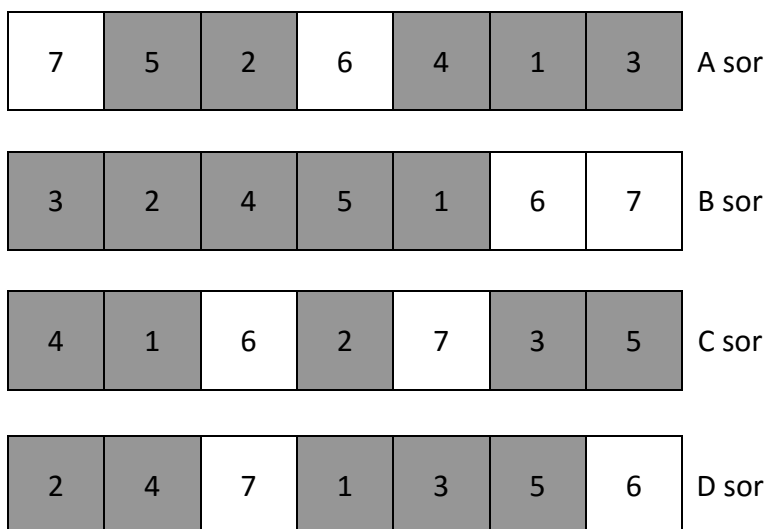
A kísérlet beállítása Tóth Kálmán családi gazdaságában történt Dunaszigeten (47°56'44''N, 17°20'06''E), a Szigetköz tájegységben. A terület évi középhőmérséklete 9,7 °C körüli, az évi csapadékösszeg 550–560 mm. A kísérleti hely talajtípusa kedvező mechanikai összetételű, karbonátos, nyers öntéstalaj (Dövényi, 2010). A vizsgált növényállományokra vonatkozó agrotechnikai adatokat a 3. táblázat tartalmazza, míg a talaj fontosabb fizikai és kémiai jellemzői a következők: pH (KCl): 7,58; KA: 38; humusz: 1,5%; CaCO₃: 18%.

3. táblázat: A kísérleti terület agrotechnikai jellemzői

Év	2012	2013
Elővetemény	kukorica	mák
Fajta neve	Botond	Botond
Vetőmag mennyisége (kg/ha)	1	1
Vetésidő	március 10.	március 7.
Műtrágyák (kg/ha)	66,5 N; 25 P; 62,5 K; 16 S	66,5 N; 25 P; 62,5 K; 16 S
Sortávolság (cm)	12	12
Táblaméret (ha)	3,5	3,5
Művelési mélység (cm)	35	25
Hengerzések száma	1	1



3. ábra: Kísérleti parcellák kijelölése, 2012. április 26.



4. ábra: A kísérleti parcellák véletlen blokk elrendezése

Kezelések:

- 1: Kezeletlen kontroll
- 2: Kézi gyomirtás
- 3: Egyszeri mezotrion kezelés, 144 g/ha (Callisto 4SC 0,3 l/ha, gépi permetezés)
- 4: Kétszeri mezotrion kezelés, 2x 144 g/ha (2x Callisto 4SC 0,3 l/ha, egy gépi és egy kézi permetezés)
- 5: Egyszeri tembotrion, 88 g/ha + izoxadifen-etil 44 g/ha (Laudis 2 l/ha, kézi permetezés)
- 6: Kétszeri tembotrion, 2x 88 g/ha + izoxadifen-etil, 2x 44 g/ha (2x Laudis 2 l/ha, egy gépi és egy kézi permetezés)
- 7: Egyszeri mezotrion 144 g/ha, és egyszeri tembotrion 88 g/ha + izoxadifen-etil 44 g/ha (Callisto 4SC 0,3 l/ha, Laudis 2 l/ha, két gépi permetezés)

4.2.3 Parcellakiosztás, gyomirtás, adatfeldolgozás

Biológiai vizsgálatok esetében nagyon elterjedt egy alacsonyabb minőségbiztosítási követelményrendszer, az EPPO által összeállított Helyes Kísérleti Gyakorlat (Good Experimental Practice = GEP) alkalmazása, amely nem igényli külön minőségbiztosítási egység működtetését. A GEP-et az európai országok többségében, mindenekelőtt az EU tagállamokban a hatékonysági vizsgálatok minimumkövetelményeként tekintik, ugyanakkor a kísérletek többségénél nem is igényelnek ennél magasabb minőségbiztosítást. (DANCZA I. szerk. (2004): Hatósági herbicid vizsgálati módszertan. Növény- és Talajvédelmi Központi Szolgálat, Budapest, pp. 202.) Szántóföldi kisparcellás kísérletünket és annak értékelését az EPPO PP 1/135 (4) „Irányelv a fitotoxikus hatás értékelésére”, illetve az EPPO Szabvány PP1/152: "A hatékonysági kísérletek tervezése és elemzése" alapján végeztük.

A szántóföldi kisparcellás kísérlet 2012-ben és 2013-ban, négy ismétlésben, véletlen-blokk elrendezésben került elhelyezésre a családi gazdaság által termesztett alkaloida mákvetésben, 1,5 x 1,5 m-es parcellaegységekben (5-6. ábrák). Az egész szántóra kiterjedő, géppel végzett gyomirtó szeres kezelésből kimaradó parcellákat a műveletek alatt műanyag fóliával takartuk le.

A vizsgált herbicidek a következők voltak: mesotrione (Callisto 4SC, 480 g/l, Syngenta) és tembotrione (Laudis, 44 g/l, Bayer). A herbicid kijuttatására használt permetezőgép típusa Lemken Primus 25

(5. ábra). A szórófejek légbeszívásos 0,5-ös szórófejek voltak, a készítmények kijuttatása 2,5-3 bar nyomáson történt 200 liter/ha víz felhasználásával, függetlenül attól, hogy milyen sebességgel haladt a traktor. A kiegészítő permetezéseket a gépi herbicid kezelés után végeztük el. Ez utóbbiakra Schachtner parcella permetezőgépet és EPOCA kézi permetezőgépet használtunk.

A hazai alkaloida feldolgozó üzem ajánlásának megfelelően (Horváth, 2014) két alkalommal végeztünk posztemergens gyomirtást mindkét kísérleti évben (4. táblázat) a mák 6 leveles állapotában (2012. május 2.-án és 2013. május 6.-án; POST1), és a mák 8-12 leveles állapotában (2012. május 28.-án és 2013. május 24.-én; POST2). A legtöbb gyomnövény 4-8 leveles állapotban volt az első herbicidkezelés idején mindkét évben; míg a második herbicid kezeléskor 2013-ban 6-10, 2012-ben pedig több mint 10 leveles állapotban volt.

Kontrollként kezeletlen és kézi gyomlálós parcellákat is beállítottunk. A kézi gyomlálást évente két alkalommal végeztük el, közvetlenül a herbiciddel történő gyomirtási műveletek előtt. A kultúrnövény károsodásának mértékét vizuális becsléssel mértük fel; 7, 14, 21 és 28 nappal a kezelések után.

A mákgubók érésének kezdetén (2012. június 28-29.-én és 2013. július 2.-án) mindegyik kísérleti parcella geometrikus középpontjában 1 m²-es mintateret jelöltünk ki, ahol a talajfelszín közelében elvágunk minden gyomot és máknövényt, majd megszámoztuk azokat, s minden parcella anyagát fajonként zacskóba helyeztük (6. ábra). A mintákat

ezt követően 75 °C-on, 72 órán át szárítottuk, majd megmértük a szárazanyagtömegüket (7. ábra).

Fontos megjegyezni, hogy a máktok és az az alatti 10 cm hosszúságú szárrész tartalmazza a legtöbb alkaloidot (Sárkány *et al.*, 2001). A felvásároló cégek csak ezeket a növényi részeket szeretnék átvenni a termelőktől, de a megfelelő aratási technológia hiányában és a nem egyenletes magasságú kultúrállományok miatt, a gazdálkodók a kombájn vágóasztalát a talajszint közeléhez állítják be. Ezen okok miatt a gyárak a teljes növényi anyagot kénytelenek átvenni. Mindezek ismeretében a máktok és a mákszalma együttes szárazanyag tömegét vettük figyelembe a mák terméshozamának megállapításánál. (2015-től megváltoztatták a terményátvétel szabályait. Jelenleg mintavétel során megállapítják az alkaloida tartalmát is, és az alapján határozzák meg az átvételi árakat).

A meteorológiai adatokat (hőmérséklet és csapadék) a közeli állomásról (NyME-MÉK, Mosonmagyaróvár) gyűjtöttük. Mivel a két vizsgálati év időjárási körülményei jelentősen eltértek, a két év kísérletét külön-külön értékeltük.

Az adatokat varianciaanalízissel értékeltük, Tukey's HSD tesztet használva (Zar, 1999) $P=0,05$ szignifikancia szinten. A teljes statisztikai analízist az R programban (R Development Core Team, 2013) kivitelezte.

4. táblázat: Kezelések a kísérleti parcellákon

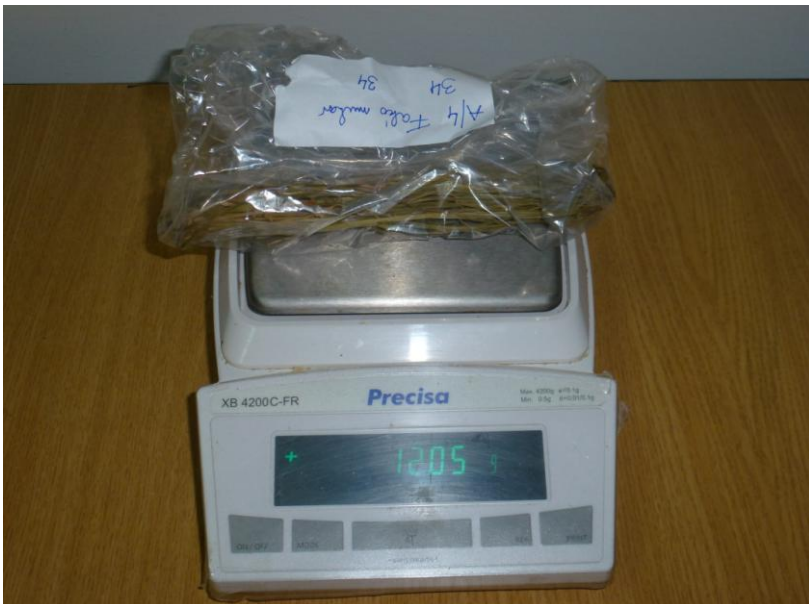
Kezelés	Dózis (g/ha)	
	1. alkalom (POST 1)	2. alkalom (POST 2)
Kezeletlen kontroll	–	–
Kézi gyomlálás	–	–
Mezotrion	144	–
Mezotrion	144	144
Tembotrion	88	–
Tembotrion	88	88
Mezotrione + tembotrion	144	88



5. ábra: A második gépi herbicid kezelés,
(2012. május 21.)



6. ábra: A növények levágása a kísérleti parcellákon
(2012. június 28.)



7. ábra: A szárított növények bemérése
(2012. július 5.)

5. Eredmények és értékelésük

5.1 Országos gyomfelvételezés és gyomszabályozási technológiák felmérésének eredményei, és értékelésük

5.1.1 A gyomnövények borítási viszonyai és jellegeik megoszlása

Az alkaloida mákvetésekben összesen 147 gyomnövényt regisztráltunk, melyek közül 68 faj érte el a 0,025% borítási értéket. Az étkezési mákban 130 fajt találtunk, és 79 érte el a 0,025% borítási értéket. A vetések legfontosabb 40 gyomnövényét az 5. és 6. táblázat mutatja. A borítási rangsorban az alkaloida és az étkezési mák esetében egyaránt, a *Papaver rhoeas* került az első helyre, 3,2% illetve 5,82% átlagborítással. További jelentős borítást elérő fajok az alkaloida mákvetésekben: *Fallopia convolvulus* (2,43%), *Chenopodium album* (2,25%), *Polygonum aviculare* (2,12%), *Echinochloa crus-galli* (1,58%), *Ambrosia artemisiifolia* (1,36%), *Sonchus asper* (0,8%) és *Convolvulus arvensis* (0,72%) (5. táblázat). Az étkezési mákvetések további fontos gyomnövényei: *Descurainia sophia* (1,56%), *Fallopia convolvulus* (1,26%), *Convolvulus arvensis* (1,03%), *Consolida regalis* (0,93%), *Galium aparine* (0,9%), *Polygonum aviculare* (0,89%), *Tripleurospermum inodorum* (0,89%) és *Ambrosia artemisiifolia* (0,84%) (6.táblázat).

5. táblázat: A vizsgált alkaloida mákvetések legfontosabb gyomnövényeinek borítási rangsora

Rang-sor	Gyomfaj	Átlag-borítás	Rang-sor	Gyomfaj	Átlag-borítás
1.	<i>Papaver rhoeas</i> (pipacs)	3,20	21.	<i>Panicum miliaceum</i> ssp. <i>ruderales</i> (gyomköles)	0,26
2.	<i>Fallopia convolvulus</i> (szulákkeserűfű)	2,43	22.	<i>Chenopodium hybridum</i> (pokolvar libatop)	0,24
3.	<i>Chenopodium album</i> (fehér libatop)	2,25	23.	<i>Setaria verticillata</i> (ragadós muhar)	0,23
4.	<i>Polygonum aviculare</i> (madárkeserűfű)	2,12	24.	<i>Euphorbia falcata</i> (tarló kutytej)	0,23
5.	<i>Echinochloa crus-galli</i> (kakaslábű)	1,58	25.	<i>Sorghum halepense</i> (fenyércirok)	0,20
6.	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> (parlagű)	1,36	26.	<i>Cirsium arvense</i> (mezei aszat)	0,19
7.	<i>Sonchus asper</i> (szürös csorbóka)	0,80	27.	<i>Veronica persica</i> (perzsa veronika)	0,19
8.	<i>Convolvulus arvensis</i> (apró szulák)	0,72	28.	<i>Veronica polita</i> (fényes veronika)	0,18
9.	<i>Setaria pumila</i> (fakó muhar)	0,60	29.	<i>Datura stramonium</i> (csattanó maszlag)	0,17
10.	<i>Amaranthus retroflexus</i> (szőrös disznóparéj)	0,58	30.	<i>Fumaria vaillantii</i> (szürke füstike)	0,16
11.	<i>Setaria viridis</i> (zöld muhar)	0,54	31.	<i>Consolida orientalis</i> (keleti szarkaláb)	0,16
12.	<i>Cannabis sativa</i> var. <i>spontanea</i> (vadkender)	0,52	32.	<i>Lolium perenne</i> (angol perje)	0,15
13.	<i>Galium aparine</i> (ragadós galaj)	0,43	33.	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (pásztortáska)	0,15
14.	<i>Elymus repens</i> (tarackbúza)	0,43	34.	<i>Helianthus annuus</i> (napraforgó árvalakés)	0,15
15.	<i>Mercurialis annua</i> (egynyári szélű)	0,38	35.	<i>Portulaca oleracea</i> (kővér porcsin)	0,14
16.	<i>Anagallis arvensis</i> (mezei tikszem)	0,36	36.	<i>Bromus tectorum</i> (fedél rozsnok)	0,12
17.	<i>Tripleurospermum</i> <i>inodorum</i> (ebszékű)	0,35	37.	<i>Viola arvensis</i> (mezei árvácska)	0,10
18.	<i>Amaranthus</i> <i>chlorostachys</i> (karsú disznóparéj)	0,32	38.	<i>Bromus sterilis</i> (meddő rozsnok)	0,09
19.	<i>Avena fatua</i> (héla zab)	0,30	39.	<i>Artemisia vulgaris</i> (fekete üröm)	0,09
20.	<i>Hibiscus trionum</i> (varjúmák)	0,29	40.	<i>Euphorbia helioscopia</i> (napraforgó kutytej)	0,09

6. táblázat: A vizsgált étkezési mákvetések legfontosabb gyomnövényeinek borítási rangsora

Rang-sor	Gyomfaj	Átlag-borítás	Rang-sor	Gyomfaj	Átlag-borítás
1.	<i>Papaver rhoeas</i> (pipacs)	5,82	21.	<i>Silene latifolia</i> ssp. <i>alba</i> (fehér mécsvirág)	0,31
2.	<i>Descurainia sophia</i> (sebforrasztó zsombor)	1,56	22.	<i>Conium maculatum</i> (bűrök)	0,29
3.	<i>Fallopia convolvulus</i> (szulákkeserűfű)	1,26	23.	<i>Lolium perenne</i> (angol perje)	0,29
4.	<i>Convolvulus arvensis</i> (apró szulák)	1,03	24.	<i>Stellaria media</i> (tyúkhúr)	0,27
5.	<i>Consolida regalis</i> (mezei szarkaláb)	0,93	25.	<i>Sorghum halepense</i> (fenyércirok)	0,26
6.	<i>Galium aparine</i> (ragadós galaj)	0,90	26.	<i>Cynodon dactylon</i> (csillagpázsit)	0,26
7.	<i>Polygonum aviculare</i> (madárkeserűfű)	0,89	27.	<i>Phragmites australis</i> (nád)	0,18
8.	<i>Tripleurospermum inodorum</i> (ebszékfű)	0,89	28.	<i>Euphorbia helioscopia</i> (napraforgó kutyatej)	0,17
9.	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> (parlagfű)	0,84	29.	<i>Arenaria serpyllifolia</i> (kakukk homokhúr)	0,16
10.	<i>Veronica polita</i> (fényes veronika)	0,70	30.	<i>Veronica persica</i> (perzsa veronika)	0,16
11.	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (pásztortáska)	0,62	31.	<i>Bromus tectorum</i> (fedél rozsnok)	0,16
12.	<i>Cannabis sativa</i> var. <i>spontanea</i> (vadkender)	0,55	32.	<i>Cirsium arvense</i> (mezei aszat)	0,16
13.	<i>Echinochloa crus-galli</i> (kakaslábűfű)	0,53	33.	<i>Euphorbia falcata</i> (tarló kutyatej)	0,16
14.	<i>Hordeum vulgare</i> (árpa árvakelés)	0,53	34.	<i>Panicum miliaceum</i> ssp. <i>ruderales</i> (gyomkőles)	0,16
15.	<i>Helianthus annuus</i> (napraforgó árvakelés)	0,51	35.	<i>Rumex crispus</i> (fodros lórom)	0,14
16.	<i>Chenopodium album</i> (fehér libatop)	0,50	36.	<i>Lactuca serriola</i> (keszegsaláta)	0,14
17.	<i>Viola arvensis</i> (mezei árvácska)	0,38	37.	<i>Setaria pumila</i> (fakó muhar)	0,13
18.	<i>Bromus sterilis</i> (meddő rozsnok)	0,36	38.	<i>Elymus repens</i> (tarackbúza)	0,12
19.	<i>Stachys annua</i> (tarlóvirág)	0,33	39.	<i>Conyza canadensis</i> (betyárkóró)	0,12
20.	<i>Apera spica-venti</i> (nagy széltíppan)	0,32	40.	<i>Camelina microcarpa</i> (kis gomborka)	0,11

Az alkaloida mákvetéseknél vizsgált 68 gyomfaj 24 növénycsaládba tartozik, melyek közül a következőknek volt a legnagyobb borítási részesedése: *Polygonaceae* (19,2%), *Poaceae* (19,1%), *Chenopodiaceae* (14,3%), *Papaveraceae* (13,8%) és *Asteraceae* (12,8%) (8. ábra). Ez az öt növénycsalád a borítási részesedés közel 80%-át adta. Az étkezési mákvetésekben vizsgált 79 gyomfaj 23 növénycsaládba tartozik, melyek közül a következők voltak a legfontosabbak: *Papaveraceae* (23,4%), *Poaceae* (14,3%), *Asteraceae* (11,4%), *Brassicaceae* (9,6%) és *Polygonaceae* (9,3%) (9. ábra). Ez az öt növénycsalád a borítási részesedés közel 70%-át adta.

Az életforma típusok megoszlásának vizsgálata alapján az alkaloida mákban az összes gyomborítás közel 70%-át a T₄-es fajok adták; míg az étkezési mákban a T₁-es és T₂-es fajok együttesen 55%-os gyomborítást tettek ki. A geofiton (G₁-es és G₃-as) fajok 7,4%, illetve 8,6%, míg a hemikriptofitonok (H) és hemiterofitonok (HT) együttesen csupán 1,6% és 4,4%-kal részesedtek az összes gyomborításból (10. ábra).

Vizsgálatunk feltárta, hogy a hazai mákvetések legfontosabb gyomnövénye a *Papaver rhoeas* (11.-12. ábrák). Ennek legfőbb oka, hogy ez a faj rokonságban van a mákkal, így a kultúrnövényvel azonos mértékben tolerálja az alkalmazott gyomirtó szereket (Sárkány *et al.*, 2001). Ezért „a mákból a pipacsot szinte lehetetlen herbicidekkel kipusztítani”(Reisinger, 2000). Ráadásul a pipacs, T₂-es életformája révén az őszi vetésű étkezési mák fenológiai ritmusához kiválóan alkalmazkodik; ezért átlagborítása itt csaknem kétszerese a

tavaszi vetésű alkaloid mákban felvételezett borítási értékénél. A tavaszi mákvetésekben is a pipacs a legfontosabb gyomnövény, ugyanakkor a pipacs-fertőzöttség mértéke itt kevésbé egyenletes. Az alkaloid mákban készült felvételekben a pipacs előfordulási gyakorisága 35,4%, míg az étkezési mákban 76% ez az arány. A 11. ábrán látható, hogy az alkaloid mákvetésekben készült 308 felvétel közül 199-ben a pipacs egyáltalán nem fordul elő, első helyét a rangsorban a mindössze 15 felvételben található szélsőségesen magas borításának köszönheti. Mindez azt sugallja, hogy kellő odafigyeléssel és jól megválasztott agrotechnikai módszerekkel a pipacs a tavaszi alkaloid mákban jól szabályozható, bizonyos körülmények viszont gyors elszaporodását okozhatják.

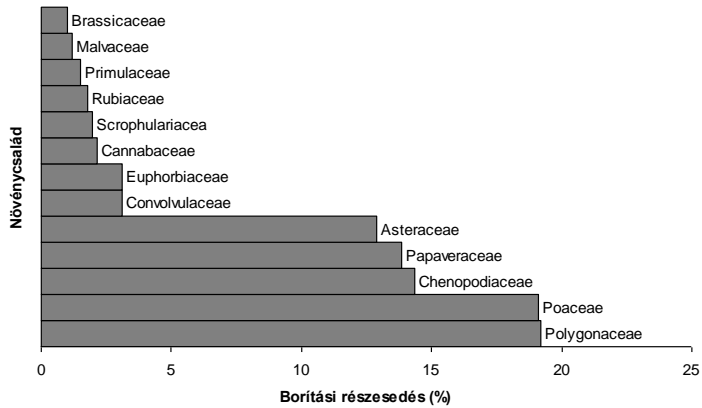
A *Fallopia convolvulus* a 2. illetve a 3. legnagyobb jelentőségű gyomfajnak bizonyult (13. ábra). Néhány vetésben szőnyegszerűen elborította a sorközöket, és a fiatal máknövényekre is rákapaszkodott, jelentősen hátráltatva fejlődésüket. A *Chenopodium album* az alkaloid mákban harmadik a rangsorban. Ez a növény nemcsak tápanyag és vízelvonással károsít, de a mákot károsító levéltetveknek is a gazdanövénye; ezenfelül nagytermetű példányai akadályozhatják a gépi betakarítást (Sárkány *et al.*, 2001). Az ötödik helyen álló *Echinochloa crus-galli* szintén kiemelt jelentőségű mákgyom, mert nagy mennyiségű vizet von el a talajból, amivel gyorsíthatja a mák kényszerérését (Sárkány *et al.*, 2001). Hazánk legtöbb gondot okozó gyomnövénye az *Ambrosia artemisiifolia* (Kazinci *et al.*, 2009; Novák *et al.*, 2011) itt is a legfontosabb gyomfajok között szerepel, az

alkaloid mákban 6., míg az étkezési mákban 9. helyen áll a gyomok fontossági sorrendjében. Átlagborítása azonban hozzávetőleg csupán egy ötöde a kukorica és búzavetésekben tapasztalt egyesített átlagánál.

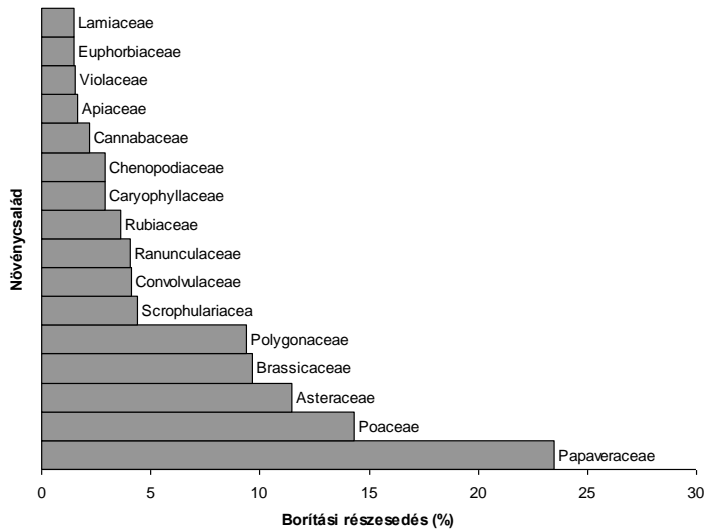
A mákvetések legnagyobb borítási értékkel szereplő fajainak többsége az ötödik országos szántóföldi gyomfelvételezés (Novák *et al.*, 2011) legjelentősebb fajai közé tartoznak. Említésre méltó kivétel az alkaloid mákvetésekben 7. helyet elfoglaló *Sonchus asper* viszonylagos nagy térfoglalása. Egyes gazdálkodók szerint ez a növény szennyezett mákvetőmaggal terjedt szét a vetésekben. Az étkezési mákban második helyen álló *Descurainia sophia* a tápanyagokban gazdagabb, bázikus talajokat preferálja, ami lényegében a máktermesztésre legmegfelelőbb területek jellemzője.

A növény családok borítási részesedése azt mutatja, hogy a *Papaveraceae* család, azaz a mákfélék családjába tartozó gyomok szerepelnek a legnagyobb térfoglalással az étkezési mákban, míg az alkaloid mákban ez a 4. legjelentősebb család. Mindez elsősorban a *Papaver rhoeas* jelentős térfoglalásának köszönhető, a szintén ebbe a családba tartozó *Fumaria vaillantii* és *F. schleicheri* ehhez csak csekély mértékben járultak hozzá. Mindkét máktípusban nagyon jelentős a *Polygonaceae* család részesedése, főként a *Fallopia convolvulus* és a *Polygonum aviculare* nagy borítása által. A *Poaceae*, *Chenopodiaceae*, *Asteraceae* és *Brassicaceae* családok pedig hazánk legjelentősebb gyomnövény családjai közé tartoznak (Hunyadi *et al.*, 2011). Ha az egyszikűek és kétszikűek arányát vizsgáljuk, akkor megállapíthatjuk, hogy a gyomborításban kb. 20% : 80%, illetve 15% : 85% körüli

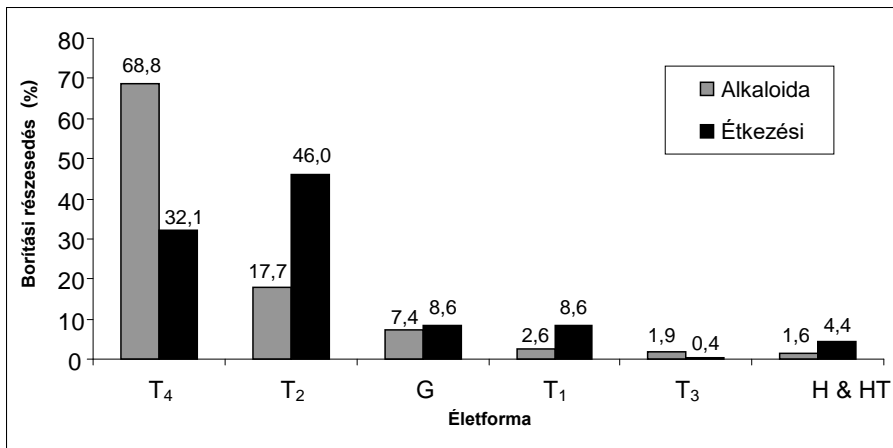
megoszlást mutatnak. Az egyszikűek jelen esetben csak a pázsitfűvekre korlátozódnak.



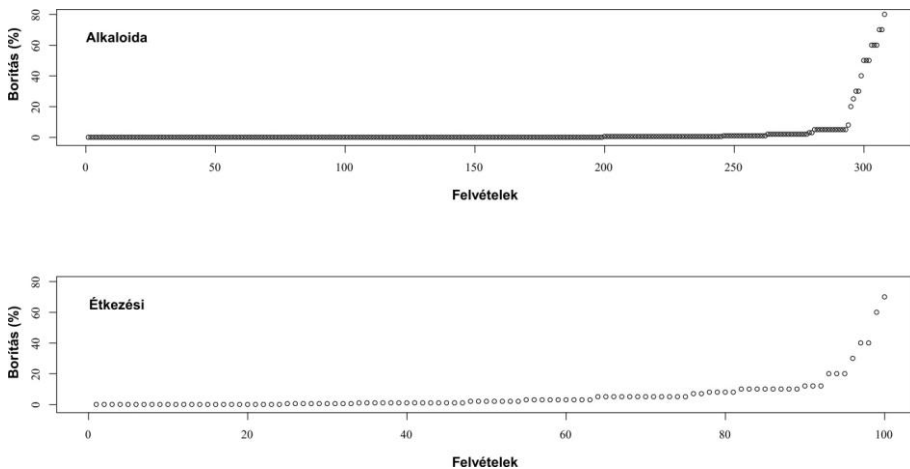
8. ábra: Gyomnövénycsaládok borítási részesedése alkaloida mákban



9. ábra: Gyomnövénycsaládok borítási részesedése étkezési mákban



10. ábra: Az életformatípusok borítási részesedése (%)



11. ábra: A *Papaver rhoeas* borítási értékei az egyes felvételekben, emelkedő sorrend szerint rendezve



12. ábra: Pipacs étkezési mák szegélyében



13. ábra: Néhány vetést szőnyegszerűen elborított a szulákkeserűfű

5.1.2 Abiotikus és agrotechnikai tényezők hatása a mákvetések gyomnövényzetének fajösszetételére

A teljes RDA modell 54,8%-át magyarázta a varianciának, míg a csökkentett modell (15 magyarázó változóval) 34,3%-át magyarázta a fajadatok teljes varianciájának. Az RDA és pRDA modellek alapján a legfontosabb változónak a vetésidőszak bizonyult, melyet rangsorrendben az elővetemény, talajkötöttség, talaj Mg tartalom, mezotrion herbicid, átlaghőmérséklet, izoxaflutol herbicid, talaj Ca tartalom, N műtrágya és a sortávolság követett (7. táblázat). Annak ellenére, hogy a szomszédos élőhely típusa, a K műtrágya, az átlagos csapadék, a tengerszintfeletti magasság és a mechanikai gyomirtás a változószelekciót követően a modellben maradtak, ezek nem voltak szignifikáns hatással a fajösszetételre. A legjobban illeszkedő fajok válaszai a 8. és 9. táblázatokban találhatóak.

Az ordinációs diagram első tengelye a vetésidőszakkal és sortávolsággal, míg a második tengely leginkább a talaj kalcium tartalmával, és az izoxaflutol herbicid hatóanyaggal korrelál (14. ábra). Következésképpen az őszi vetésű, szűkebb sortávolságú étkezési mák felvételei, a *Papaver rhoeas*-al mint karakterisztikus fajjal, az első tengely mentén negatív értékeket képviselnek. Ezzel szemben a tavaszi vetésű alkaloida mák felvételei az *Echinochloa crus-galli*-val, mint tipikus fajjal, pozitív értékeket mutatnak az első tengely mentén. A második tengely mentén a negatív értékek azokat a szántókat reprezentálják, melyeken olajrepce volt az elővetemény,

nagyobb adagú izoxaflutol kijuttatásban részesültek és a talajoknak magas a Ca tartalma. Ezekre a vetésekre a *Polygonum aviculare* és *Fallopia convolvulus* nagyobb térfoglalása jellemző. A második tengely pozitív értékei ezzel szemben a kukorica előveteményre, az izoxaflutol alkalmazásának hiányára, és a *Descurainia sophia* nagyobb borítására vonatkoznak (14. ábra).

7. táblázat: A magyarázó változók teljes és tiszta hatása a fajösszetételre (RDA analízissel azonosítva; NS = nem szignifikáns)

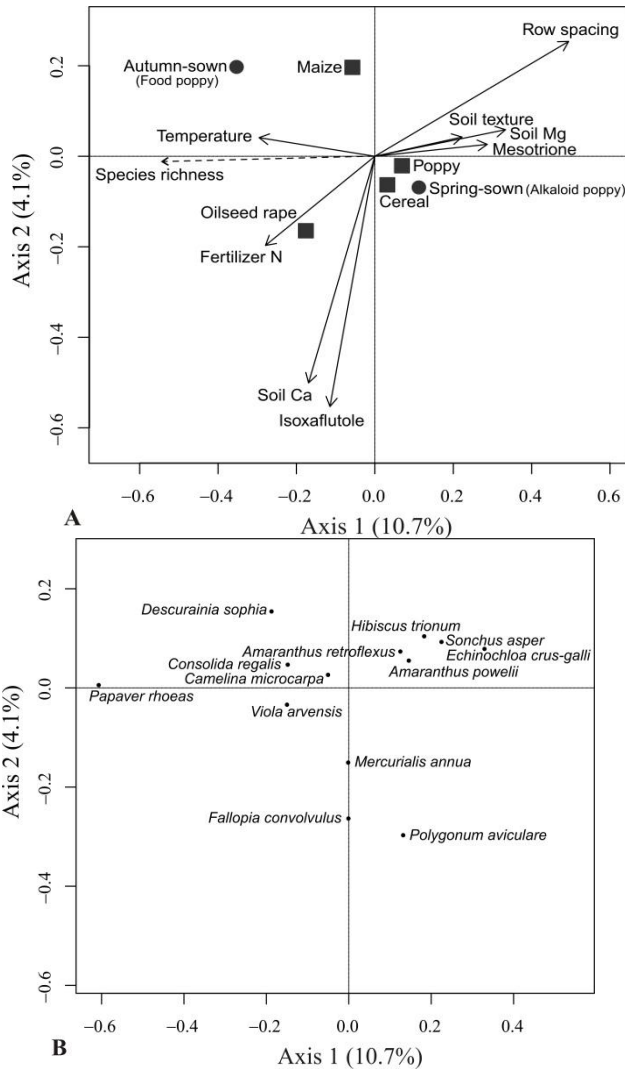
Változók	d.f.	Teljes hatás		Tiszta hatás		F	p-érték
		Magyarázott variancia (%)	R^2_{adj}	Magyarázott variancia (%)	R^2_{adj}		
Vetésidőszak	1	6,556	0,05622	4,242	0,04226	5,2297	0,005
Elővetemény	4	4,631	0,00699	4,468	0,01453	1,377	0,01
Talajkötöttség	1	1,842	0,00860	1,774	0,01186	2,1875	0,005
Talaj Mg tartalom	1	3,105	0,02136	1,646	0,01028	2,0291	0,005
Mesotrione	1	2,289	0,01312	1,604	0,00977	1,978	0,005
Hőmérséklet	1	2,536	0,01561	1,553	0,00913	1,9141	0,005
Isoxaflutole	1	2,734	0,01761	1,343	0,00655	1,6553	0,016
Talaj CaCO ₃ tartalom	1	2,368	0,01391	1,334	0,00644	1,6451	0,013
N műtrágyázás	1	2,166	0,01187	1,290	0,00590	1,5907	0,005
Sortávolság	1	4,024	0,03065	1,283	0,00581	1,5814	0,02
Szomszédos élőhely	3	3,627	0,00677	2,994	0,00674	1,2304	NS
K műtrágyázás	1	1,294	0,00307	1,126	0,00388	1,3886	NS
Csapadék	1	4,761	0,03809	1,119	0,00379	1,3797	NS
Tszf magasság	1	4,816	0,03864	0,0111	0,00369	1,3696	NS
Mechanikai gyomirtás	1	1,959	0,00979	1,013	0,00248	1,2485	NS

8. táblázat: A legjobban illeszkedő tíz-tíz faj a parciális RDA modell kényszerített első tengelye mentén a 7. táblázatban specifikált szignifikáns agrotechnikai tényezők esetében

Vetésidőszak (+ tavasz – őszi)	Ax 1 pont	Illesz- kedés	Elővetemény (+ gabona, mák, repce; – kukorica)	Ax 1 pont	Illesz- kedés
<i>Chenopodium album</i>	0,235	0,138	<i>Polygonum aviculare</i>	0,179	0,115
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,178	0,109	<i>Chenopodium album</i>	0,157	0,070
<i>Polygonum aviculare</i>	0,148	0,056	<i>Lolium perenne</i>	0,057	0,078
<i>Sonchus asper</i>	0,111	0,050	<i>Microrrhinum minus</i>	0,038	0,095
<i>Conyza canadensis</i>	-0,038	0,084	<i>Avena fatua</i>	0,004	0,091
<i>Stellaria media</i>	-0,055	0,065	<i>Amaranthus retroflexus</i>	-0,005	0,074
<i>Tripleurospermum inodorum</i>	-0,094	0,055	<i>Portulaca oleracea</i>	-0,011	0,200
<i>Consolida regalis</i>	-0,133	0,156	<i>Sorghum halepense</i>	-0,075	0,074
<i>Descurainia sophia</i>	-0,136	0,099	<i>Setaria viridis</i>	-0,106	0,084
<i>Papaver rhoeas</i>	-0,290	0,106	<i>Echinochloa crus-galli</i>	-0,133	0,079
Mesotrióné (+ magas – alacsony)	Ax 1 pont	Illesz- kedés	Isoxaflutolé (+ magay – alacsony)	Ax 1 pont	Illesz- kedés
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	0,128	0,050	<i>Fallopia convolvulus</i>	0,198	0,109
<i>Lolium perenne</i>	0,086	0,084	<i>Mercurialis annua</i>	0,081	0,062
<i>Setaria pumila</i>	0,081	0,043	<i>Lolium perenne</i>	0,056	0,036
<i>Solanum nigrum</i>	-0,023	0,028	<i>Veronica polita</i>	0,053	0,029
<i>Conyza canadensis</i>	-0,039	0,093	<i>Datura stramonium</i>	0,042	0,027
<i>Artemisia vulgaris</i>	-0,045	0,065	<i>Atriplex patula</i>	0,021	0,022
<i>Bromus sterilis</i>	-0,053	0,048	<i>Solanum nigrum</i>	-0,028	0,041
<i>Chenopodium hybridum</i>	-0,085	0,082	<i>Euphorbia falcata</i>	-0,041	0,023
<i>Capsella bursa-pastoris</i>	-0,106	0,105	<i>Descurainia sophia</i>	-0,067	0,024
<i>Chenopodium album</i>	-0,129	0,042	<i>Chenopodium album</i>	-0,109	0,030
N műtrágyázás (+ magas – alacsony)	Ax 1 pont	Illesz- kedés	Sortávolság (+ magas – alacsony)	Ax 1 pont	Illesz- kedés
<i>Elymus repens</i>	0,090	0,021	<i>Chenopodium album</i>	0,095	0,022
<i>Viola arvensis</i>	0,059	0,039	<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,078	0,021
<i>Veronica persica</i>	0,049	0,008	<i>Panicum miliaceum</i>	0,071	0,039
<i>Apera spica-venti</i>	0,046	0,015	<i>Xanthium italicum</i>	-0,034	0,041
<i>Euphorbia helioscopia</i>	-0,035	0,011	<i>Veronica persica</i>	-0,038	0,027
<i>Stellaria media</i>	-0,039	0,041	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	-0,050	0,024
<i>Consolida orientalis</i>	-0,052	0,027	<i>Helianthus annuus</i>	-0,054	0,021
<i>Mercurialis annua</i>	-0,054	0,024	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	-0,060	0,022
<i>Setaria pumila</i>	-0,060	0,026	<i>Convolvulus arvensis</i>	-0,073	0,026
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	-0,125	0,044	<i>Papaver rhoeas</i>	-0,188	0,044

9. táblázat: A legjobban illeszkedő tíz-tíz faj a parciális RDA modell kényszerített első tengelye mentén a 7. táblázatban specifikált szignifikáns abiotikus tényezők esetében

Talajkötöttség (+ kötött – laza)	Ax 1 pont	Illesz- kedés	Talaj Mg tartalom (+ magas – alacsony)	Ax 1 pont	Illesz- kedés
<i>Chenopodium album</i>	0,143	0,051	<i>Fallopia convolvulus</i>	0,121	0,040
<i>Echinochloa crus-galli</i>	0,107	0,039	<i>Avena fatua</i>	0,094	0,077
<i>Amaranthus retroflexus</i>	0,075	0,043	<i>Cirsium arvense</i>	0,049	0,034
<i>Euphorbia falcata</i>	0,063	0,053	<i>Chenopodium hybridum</i>	0,045	0,023
<i>Stachys annua</i>	0,052	0,050	<i>Fumaria schleicheri</i>	-0,015	0,023
<i>Conium maculatum</i>	0,044	0,037	<i>Stachys annua</i>	-0,039	0,028
<i>Persicaria lapathifolia</i>	0,033	0,032	<i>Euphorbia falcata</i>	-0,057	0,044
<i>Silene alba</i>	-0,041	0,044	<i>Amaranthus retroflexus</i>	-0,062	0,029
<i>Consolida regalis</i>	-0,089	0,070	<i>Polygonum aviculare</i>	-0,104	0,028
<i>Papaver rhoeas</i>	-0,178	0,040	<i>Chenopodium album</i>	-0,219	0,120
Talaj CaCO ₃ tartalom (+ magas – alacsony)	Ax 1 pont	Illesz- kedés	Hőmérséklet (+ magas – alacsony)	Ax 1 pont	Illesz- kedés
<i>Polygonum aviculare</i>	0,141	0,051	<i>Sorghum halepense</i>	0,115	0,107
<i>Mercurialis annua</i>	0,082	0,064	<i>Setaria viridis</i>	0,087	0,044
<i>Euphorbia helioscopia</i>	0,066	0,094	<i>Bromus sterilis</i>	0,051	0,045
<i>Euphorbia falcata</i>	0,048	0,031	<i>Cynodon dactylon</i>	0,042	0,033
<i>Artemisia vulgaris</i>	0,036	0,042	<i>Lathyrus tuberosus</i>	0,026	0,042
<i>Solanum nigrum</i>	0,026	0,035	<i>Atriplex patula</i>	-0,027	0,037
<i>Persicaria lapathifolia</i>	-0,039	0,046	<i>Viola arvensis</i>	-0,053	0,039
<i>Amaranthus retroflexus</i>	-0,060	0,028	<i>Veronica persica</i>	-0,056	0,058
<i>Portulaca oleracea</i>	-0,064	0,057	<i>Mercurialis annua</i>	-0,139	0,182
<i>Hibiscus trionum</i>	-0,078	0,045	<i>Tripleurospermum inodorum</i>	-0,141	0,125



14. ábra: A csökkentett RDA modell ordinációs diagramja, amely a 10 szignifikáns magyarázó változót (A) és a fajokat (B) tünteti fel. Csak azokat a fajokat mutatjuk, melyek az első két RDA tengelyen a legnagyobb súllyal szerepelnek. Kör = vetésidőszak; négyzet = elővetemény.

5.1.2.1 Agrotechnikai tényezők

A vizsgálatunkban a vetésidőszak és az elővetemény bizonyultak a legfontosabb agrotechnikai változóknak. A vetésidőszak egyben meghatározta a termesztési célt is, hiszen az alkaloid fajtákat mindig tavasszal, míg az étkezési fajtákat ősszel vetették el. Az eredményeink összhangban vannak más jelenkori európai tanulmányokkal, melyek szerint a kultúrnövény vetésének ideje (ősszel vagy tavasszal) befolyásolja legnagyobb mértékben a szántóföldi gyomvegetáció fajösszetételét. Különösen a vetéshez kapcsolódó utolsó talajművelés időpontja váltja ki a különböző gyomtársulások kifejlődését (Fried *et al.*, 2008). Eredményeink azt sugallják, hogy a nyári egyévesek, mint pl. a *Chenopodium album* és *Echinochloa crus-galli* asszociálódtak legnagyobb mértékben a tavaszi vetésű alkaloida mákkal, míg a téli egyévesek, mint pl. a *Papaver rhoeas* és *Descurainia sophia* az őszi vetésű étkezési mákot preferálták (8. táblázat).

Az elővetemény volt a második legfontosabb változó, ami összhangban van Fried *et al.* (2008) franciaországi eredményeivel, akik azt találták, hogy a termesztett növény és az elővetemény típusa a legfontosabb tényezők. Az analízisünk során kétféle gyom-együttest sikerült statisztikailag elkülönítenünk az elővetemény szempontjából: egyik csoportba a kukorica utáni gyomtársulások kerültek, míg az összes többi elővetemény után kifejlődő típusok alkották a másik csoportot. A 8. táblázatban látható, hogy az *Echinochloa crus-galli* és a *Setaria viridis* legerősebben asszociálódtak a kukorica

előveteménnyel, míg a *Polygonum aviculare* és *Chenopodium album* más elővetemény típusokat preferáltak. Mas *et al.*, (2010) szerint a kukorica, mint elővetemény a szója gyomtársulásainak összetételét is befolyásolta, mivel a két kultúra meglehetősen különbözik az alkalmazott herbicidek tekintetében, és a herbicidek különösen fontos „szűrők” szerepét töltik be a gyomtársulások fajösszetételének kialakulásában. A gazdálkodók megfigyelése szerint a mák a vetésforgóban a kukoricát követően mutatja a legjobb kelést. Ez minden bizonnyal annak tulajdonítható, hogy a kukorica durva tarlómaradványai alapos talajelmunkálást igényelnek a vetés előkészítésekor, ami nagyon finoman elmunkált magágyat eredményez. Ulber *et al.*, (2009) őszi búzában végzett vizsgálatait azt mutatták, hogy a vetésforgónak van a legnagyobb jelentősége a gyomtársulások fajösszetételében.

A 11 herbicid hatóanyag közül a mezotrion és az izoxaflutol hatása bizonyult szignifikánsnak. A mezotriont általában egyszer használják korai posztemergens szerként és nagyon hatásos a kétszikű gyomok ellen. Lengyelországban szintén jó eredményeket értek el a hatóanyaggal a mákvetések gyomszabályozásában (Wójtowicz & Wójtowicz, 2009). Vizsgálatunk azt mutatta, hogy a *Chenopodium album* és a *Capsella bursa-pastoris* voltak a legérzékenyebbek a mezotrion-ra, míg az *Ambrosia artemisiifolia* és *Lolium perenne* a magasabb dózisait is tolerálták (8. táblázat). Pannacci & Covarelli (2009) szerint kukoricában a *Chenopodium album* és más kétszikű gyomnövények kielégítően irthatóak ezzel a herbiciddel, de hatástalan

pl. a *Portulaca oleracea*-val szemben még maximális dózisban is. Nurse *et al.*, (2010) vizsgálata azt mutatta, hogy a mezotrión hatékonyan szabályozta az *Ambrosia artemisiifolia*-t alacsonyabb dózisban, ugyanakkor Whaley *et al.*(2006) szerint a nagyobb dózisa is csak kevesebb, mint 40%-os hatékonysággal gyérítették ezt a fajt. Annak ellenére, hogy az *Ambrosia artemisiifolia* jelenleg Magyarország legnagyobb térfoglalású szántóföldi gyomnövénye (Kazinci *et al.*, 2009; Novák *et al.*, 2011; Pinke *et al.*, 2011a, 2013), továbbá a mezotriónnal szembeni esetleges toleranciája dacára, a hazai mákvetésekben nem okoz kezelhetetlen problémát. Az izoxaflutolt preemergensen használják és gyommentesen tartja a mákot a korai kritikus fejlődési fázisban. A *Chenopodium album* és *Descurainia sophia* nagyon érzékenyek voltak erre a hatóanyagra, ugyanakkor a *Fallopia convolvulus* és *Mercurialis annua* nagymértékben tolerálták alkalmazását (8. táblázat). Ez egybevág Jursik *et al.*(2008) vizsgálatának eredményével, miszerint az izoxaflutol jó hatékonyságot mutatott a *Chenopodium album*-mal szemben, míg a *Mercurialis annua*-t nagyon magas dóziséval sem lehetett megfelelően szabályozni. Annak ellenére, hogy vizsgálatunk során a mechanikai gyomirtás nem mutatott szignifikáns hatást, világszerte számos tanulmányban hangsúlyozzák a mechanikai gyomszabályozás szükségességét a máktermesztésben (Baldwin, 1977; Sárkány *et al.*, 2001; Kubni & Tiwari, 2004; Wójtowicz & Wójtowicz, 2009).

A nitrogén műtrágyázás szintén szignifikáns tényezőnek bizonyult a vizsgálatunk folyamán. Pozitív hatással volt az *Elymus repens*-re és a *Viola arvensis*-re, míg negatívan befolyásolta az *Ambrosia artemisiifolia* és a *Setaria pumila* populációit (8. táblázat). A 8. táblázatban láthatjuk, hogy mind az alacsony mind a magas N bevittelt olyan gyomok is preferálták, melyeket korábban nitrofil fajoknak tekintettek (Borhidi, 1993). Ez valószínűleg annak a ténynek tulajdonítható, hogy ugyan a N fontos a növények növekedéséhez, a koncentrációja a vegetációs periódus során állandóan változik, és még a nitrofil fajok sem képesek hasznosítani bármely N tartalmú vegyületet. A nitrogén műtrágyázás hatása a gyomok növekedésére nagymértékben függ a kijuttatás idejétől és a környezeti tényezőktől (Sweeney *et al.*, 2008). Általánosan elfogadott, hogy a műtrágyáknak (különösen a N tartalmúak esetében) jelentős hatásuk van a gyomtársulások összetételére. Befolyásolhatják a gyomnövény-kultúrnövény kompetíciót, megváltoztathatják a talaj magbankjának sűrűségét, sőt néhány faj herbicid-érzékenységét is befolyásolhatják (Cathcart *et al.*, 2004; De Cauwer *et al.*, 2010).

Vizsgálatunkban megállapítottuk, hogy a sortávolság is szignifikáns hatással van a fajösszetételre. A szélesebb sortávolságot preferálta pl. a *Chenopodium album* és az *Echinochloa crus-galli*, velük ellentétben más fajok pl. a *Papaver rhoeas* és *Convolvulus arvensis* negatívan korreláltak a sortávolsággal (8. táblázat). Az elsőként említett két gyom a fényigényes nyárutói csoportba tartoznak, melyek bőséges teret igényelnek a növekedésükhöz, míg az

utóbb említett fajok versenyképesnek tűnnek a sűrűbb kultúr-állományokban is. A szélesebb sortáv lehetővé teszi a sorközök mechanikai gyomirtását kultivátor alkalmazásával (Sárkány *et al.*, 2001), ugyanakkor a keskeny sortávolság általában növeli a kultúrnövény versenyképességét és visszafogja a gyomok növekedését (Drews *et al.*, 2009; Chauhan & Johnson, 2010).

5.1.2.2 Talajtulajdonságok és éghajlati tényezők

A talaj kötöttsége bizonyult a harmadik legfontosabb tényezőnek a mákvetések gyomnövényzetének fajösszetétele szempontjából. A kötöttebb talajok jellemző gyomnövényei voltak a *Chenopodium album* és *Echinochloa crus-galli*, míg a *Papaver rhoeas* és *Consolida regalis* a lazább talajokat részesítették előnyben (9. táblázat). Mindazonáltal ezen fajok egyike sem mondható tipikus agyag- vagy homok-indikátor fajnak, amely annak a ténynek tulajdonítható, hogy a mákvetések természetese többnyire a vályogtalajokra koncentrálódik. A mák ugyanis nem természetes a szélsőséges homok és agyagtalajokon (Meakin, 2007). Korábbi vizsgálatok szerint a talajkötöttség nagyon fontos szerepet tölt be a gabona-, kukorica- és napraforgóvetések gyomtársulásainak fajösszetételének kialakításában is (Pinke *et al.*, 2010, 2012).

Annak ellenére, hogy számos hasonló tanulmányban (Fried *et al.*, 2008; Cimalova & Lososova, 2009; Pinke *et al.*, 2010) a talaj pH hatása szignifikáns volt, a jelen vizsgálat során a talajkémhatás nem bizonyult szignifikánsnak, valószínűleg – ebben a vonatkozásban – a mák szűk ökológiai tűrőképességének (Meakin, 2007) köszönhetően.

Eredményeink azt sugallták, hogy a talaj magnézium tartalma szignifikánsan asszociálódott a mák gyomflórájában kimutatható eltérésekkel. A *Fallopia convolvulus* és az *Avena fatua* adták a legerősebb választ a magas, míg a *Chenopodium album* és a *Polygonum aviculare* az alacsony Mg koncentrációra tették ugyanezt (9. táblázat). Andreasen & Skovgaard (2009) szintén kimutatták, hogy a talaj Mg tartalma befolyásolja néhány gyomnövény előfordulását. A gyomflóra talaj magnézium tartalmával való asszociálódása komplex talajkémiai reakciók növényi funkciókkal történő összekapcsolódásának lehet az eredménye, vagy valamelyik másik talajtulajdonsággal történő korrelációnak köszönhető, melyek további kutatásokat igényelnek.

A talaj kalcium (CaCO_3) tartalma szintén szignifikáns volt. A gyomfajok, melyek a legerősebb választ adták erre a tényezőre a következők voltak: a *Polygonum aviculare* és a *Mercurialis annua* a magas, míg a *Hibiscus trionum* és *Portulaca oleracea* az alacsonyabb Ca koncentrációt preferálták (9. táblázat). A kalcium nagyon hasznos a talajszerkezet és talajtermékenység szempontjából és a talaj pH-t is befolyásolja.

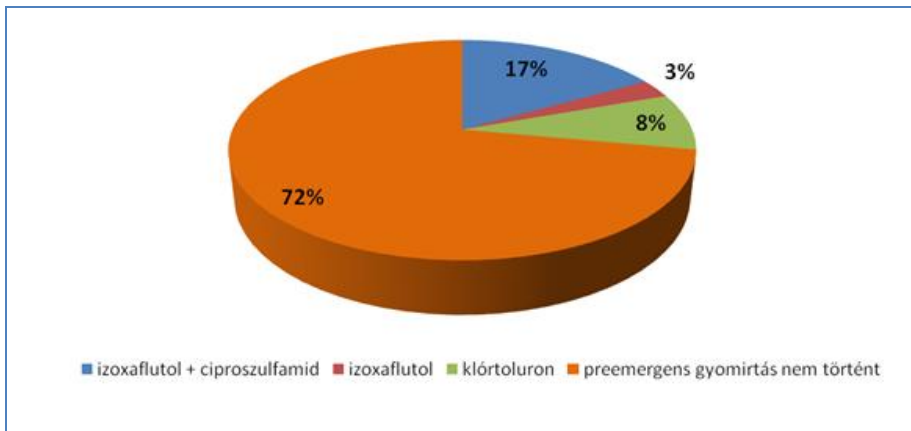
A klimatikus tényezők közül az évi átlaghőmérséklet bizonyult szignifikánsnak és a hatodik legfontosabb változóvá lépett elő. A *Sorghum halepense* és a *Setaria viridis* asszociálódtak legnagyobb mértékben a magas, míg a *Tripleurospermum inodorum* és a *Mercurialis annua* az alacsony átlaghőmérséklet értékekkel (9. táblázat). A nyárutói gyomflórát vizsgáló korábbi tanulmány szerint az évi átlaghőmérséklet a második, míg az évi átlagos csapadék a negyedik legfontosabb magyarázó változó volt (Pinke *et al.*, 2012). A klimatikus tényezők fontosságának viszonylagos kisebb jelentősége leginkább annak a ténynek köszönhető, hogy a magyarországi máktermesztő régióknak meglehetősen hasonlóak az időjárási jellemzői. A csapadékosabb és hűvösebb hazai régiókban nem termesztnek mákot, és mint ahogy Cimalová & Lososová (2009) rámutattak, a rövidebb klimatikus gradiensek általában az időjárási tényezők alacsonyabb befolyását eredményezik a fajösszetételre.

5.1.3 Az alkalmazott gyomirtási technológiák felmérése

5.1.3.1 Preemergens gyomirtás

Vizsgálatunk összességében 1363 hektár mákvetésre terjedt ki, melyből 414 hektáron végeztek preemergens gyomirtást. Ez kizárólag alkaloida mákban volt jellemző. A 15. ábra a preemergens herbicid felhasználást szemlélteti hatóanyagok szerint. Látható, hogy az alkaloida vetésterület legnagyobb részén (72%) nem történt preemergens gyomirtás. Ez köszönhető annak, hogy szakirodalom szerint nagy bemosó csapadék esetén a preemergensen használatos készítmények fitotoxikusak lehetnek, csapadékhiány esetén pedig a gyomirtó hatásuk nem kellően kielégítő. Tapasztalat, hogy a *Papaver rhoeas* és *Chenopodium album* gyomnövényekre – melyek előkelő helyet foglalnak el a gyomfelvételezés rangsorában – ezek a készítmények valóban nem rendelkeznek megfelelő gyomirtó hatással, ezért a gazdák a gyomok ellen vívott harcban a posztemergens lehetőségeket létesítették előnyben. Természetesen a preemergens herbicid felhasználásban szerepet játszik az is, hogy – mivel rossz kelés és mostoha időjárás esetén a máknövény akár kitércsázásra is kerülhet – a gazdák nem szívesen költenek olyan kultúrára, melynek sorsa kérdéses: „majd ha kikelt és megérdemli, gyomirtjuk...” hangzott egy máktermelő gazda szájából. Egyeseknél ijedtséget okozott a 2010-es évben használt preemergens szerekre hulló nagy mennyiségű bemosó csapadék, hiszen ez a 1,5-2 centiméter mélyen

vetett mák gyökérzónájába juttatva a hatóanyagot, annak pusztulását okozhatja. Kelés után úgy tűnt, hogy valóban tapasztalható fitotoxicitás: sorban pusztultak a máknövények. Néhány nap múlva azonban kiderült: a pusztuló növénykéek a sugárkezelt magból kelők voltak, melyek napfény hatására elpusztulnak. Kijelenthető tehát, hogy az izoxaflutol és ciproszulfamid hatóanyagok fitotoxikus hatása még nagy mennyiségű bemosó csapadék esetén sem tapasztalható. Fontos megjegyezni, hogy a korábban előszeretettel használt klomazon és klórtoluron hatóanyagok gyakran a máknövény kifehéredését okozták, visszavethetik a növényeket fejlődésükben, és utóvetemény problémával is számolni kellett. Ezen hatóanyagok használata az új típusú hatóanyagok előretörésével háttérbe szorult, felvételezésünk során klomazonos kezeléssel egyáltalán nem találkoztunk.



15. ábra: Preemergens herbicid felhasználás alkaloida mákban

5.1.3.2 Posztemergens gyomirtás

A teljes felvételezett területen legalább egy alkalommal végeztek posztemergens gyomirtást. Alkaloida mákban a felmért terület 37,58%-án, míg étkezési mákban 8,95%-án kétszeri posztemergens herbicidkezelést regisztráltunk. Legnagyobb mennyiségben meztotron hatóanyag került felhasználásra, mely alkaloida mákban a terület 82,15%-án, míg étkezési mákban 62,05%-án volt jellemző. A 16. ábrán a különböző hatóanyagok kultúránkénti felhasználási megoszlása látható.



16. ábra: Posztemergens herbicid felhasználás a vetésterület arányában

A mezotrion hatóanyag főleg korai posztemergens gyomirtásnál használatos, mivel hatékonysága a gyomok 1-2 leveles, illetve szikleveles állapotában a legerőteljesebb. Bemosó csapadék nagyban javítja hatékonyságát, időben elvégzett kijuttatása elengedhetetlen a gyommentes körülmények biztosításához a kultúra korai fejlődési fázisában. A kezelés időpontjának meghatározásakor nem a máknövény, hanem a gyomnövények fenológiai állapotát szükséges figyelembe venni, hiszen a kultúrnövényre fitotoxikus hatását nem tapasztalták.

Tembotrion + izoxadifen-etil hatóanyagok kombinációját is jelentős területen használták: alkaloida mákban 55,43, étkezésiben a terület 46,9 százalékán. Ez a hatóanyag legtöbbször a kultúrnövény másodszori posztemergens gyomirtásakor kerül előtérbe, amikor a későn kelő T₄-es gyomnövények túlnőnek a máknövényen, és betakarításkor problémát okozhatnak. A hatóanyag taglózó hatása, széles hatásspektruma miatt az utóbbi években rendkívül közkedvelté vált a máktermesztők körében.

Posztemergens gyomirtás esetén a mákot viaszrétege védi meg a herbicidek károsító hatásától. Emiatt csapadék után legalább három napot szükséges várni gyomirtás elvégzése előtt, hogy a viaszréteg ismét kialakulhasson. Szélveréses és kártevők által károsított máknövényzetet kezelni tilos, mert a sebzéseken keresztül a kultúrnövénybe kerülő hatóanyag könnyen annak pusztulását okozhatja. Durva cseppméret és nagy lémenyiség (300-400 liter) elengedhetetlen feltétele a sikeres gyomirtásnak. Fontos a hatásfokozó

anyagok használatának mellőzése, hiszen ezek szintén könnyen a kultúrnövénybe juttathatják a hatóanyagot.

Korábban a technológia része volt a diquat-dibromiddal történő kezelés, azonban ez az új gyomirtó szerek megjelenésével háttérbe szorult. Szuperszelektív egyszikűirtók és fluroxipil-meptil hatóanyag használata főleg étkezési mákban volt jellemző. Ezeket eseti kezelések alkalmával használták a gazdálkodók, a foltszerűen megjelenő egyszikűek és szulákfélék irtására.

5.1.3.3 Mechanikai gyomirtás

Sorközművelő megoldásokat elsősorban múltbeli technológiánál alkalmaztak. Gabona sortávra történő vetéssel, gabonakombájnnal történő aratás engedélyezésével, sugárkezelt vetőmagok megjelenésével ez a technológia nagyrészen kiszorult az agrotechnikából, annak ellenére, hogy mákkultúrában megjelenő évelő kétszikű gyomnövények ritkítására a leghatékonyabb módszer. A felvételezett szántók 30%-ában találoztunk dupla gabona, vagy annál szélesebb sortávval, mely alkalmas sorközművelésre (17. ábra). Ennek hatása száraz, illetve túlságosan csapadékos időben is kedvező, önmagában azonban nem elegendő, hogy egész termesztési perióduson át gyommentesen tartsa az állományt. Kémiai gyomirtással szükséges kombinálni.

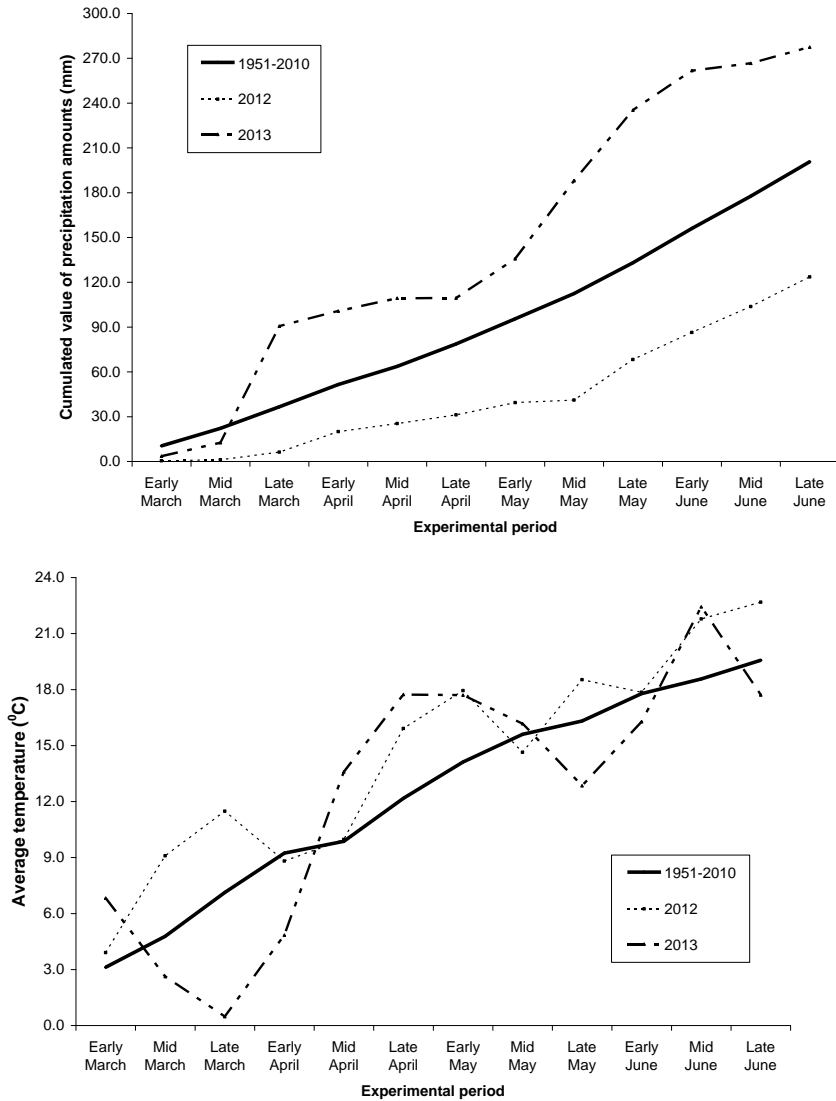


17. ábra: Kultivátorral művelt széles sortávú alkaloida mákvetés

5.2 Posztemergens gyomirtási kísérlet eredményei és értékelésük

5.2.1 Időjárási tényezők

Az átlaghőmérsékleti értékek mintázata mindkét kísérleti évben hasonlóan alakult a vegetációs periódus közepén és végén. Mindazonáltal, a márciusi vetést és a második herbicid kezelést májusban hűvösebb idő követte a 2013-as évben (*18. ábra*). A csapadék mennyiségek tekintetében a két vizsgálati év sokkal jelentősebb mértékben különbözött. A kísérleti periódus 2012-ben sokkal szárazabbnak bizonyult az utóbbi 60 év átlagértékeihez viszonyítva, míg 2013-ban figyelemremélően gazdagabb volt csapadékban (*18. ábra*). A 2012-es évek értékeinek többsége melegebb és szárazabb volt, mint az utóbbi 60 év átlaga. A hőmérséklet 17%-al volt melegebb és a szokásos csapadékmennyiségnek csak a 60%-a hullott le. A 2013-as kísérleti év hőmérséklete az utóbbi 60 év átlagához hasonlított, és a csapadék 40%-al több volt az átlagnál (*18. ábra*).



18. ábra: A csapadék kumulált dekád értékei (felül) és a hőmérséklet átlagos dekádértékei (alul). Ezeket a 2012-2013-as kísérleti években mértük és a sokéves (1951-2010) átlagokhoz hasonlítottuk.

5.2.2 Teljes gyomflóra

A kísérleti parcellákon összesen 32 fajt regisztráltunk, melyek közül 27 kétszikű és 5 fűféle gyomnövény volt. A pázsitfűvek csak csekély abundanciát képviseltek. Csak a 176 g/ha tembotrion kezelésnek volt szignifikáns hatása a teljes gyomflóra egyedszámára 2012-ben; és csupán a 88 g/ha tembotrion kezelésnek nem volt szignifikáns hatása 2013-ban. A teljes gyomflóra szárazanyag tömegére a legtöbb kezelés hatása szignifikánsnak bizonyult a 88 g/ha tembotrion kezelés kivételével mindkét évben, és a 144 g/ha mezotrion kezelés kivételével 2012-ben (10. táblázat). Ez jelzi, hogy az egyszeri tembotrion kezelés a korábbi mezotrion kijuttatás hiányában kevésbé hatékony. A 2012-es kezelések hatástalansága valószínűleg a száraz időjárási körülményeknek tulajdonítható.

5.2.3 A legfontosabb gyomnövények

A kezeletlen parcellákon előforduló gyomokat rangsoroltuk a szárazanyag tömegük és egyedszámuk alapján. A *Chenopodium album*, *Fallopia convolvulus*, *Papaver rhoeas* és *Polygonum aviculare* bizonyultak a legfontosabb fajoknak mind az egyedszám és mind a szárazanyag tömegének tekintetében. Ezek a fajok az országos felvételezések eredménye szerint is az alkaloida mákban legnagyobb

térfoglalású gyomnövények (Pinke *et al.*, 2011b). A kezelések hatékonyságát ezen gyomok vonatkozásában külön-külön is értékeltük (10. és 11. táblázatok).

5.2.3.1 *Chenopodium album*

A 88 g/ha tembotrion alkalmazása kivételével minden kezelés, mindkét évben szignifikánsan csökkentette a *C. album* szárazanyag tömegét, de 2012-ben az egyedszámok vonatkozásában egyik kezelés sem okozott szignifikáns változást. Ez utóbbi jelenség valószínűleg annak köszönhető, hogy a 2012-es év száraz időjárásának következtében a kezeletlen parcellákat kevesebb, de nagyobb termetű fehér libatop egyedek foglalták el.

Az eredményeink azt sugallják, hogy a *C. album* megfelelően gyéríthető pusztán a mezotrion használatával. Mindazonáltal – a mezotrion hiányában – a tembotrion kétszeri alkalmazása is hatékony módszernek bizonyult. Az agrotechnikai tényezők hatásának vizsgálata az országos gyomflóra összetételére szintén azt sugallta, hogy ez a faj nagyon érzékeny a mezotrionra, és nemzetközi vizsgálatok is alátámasztották, hogy sikeresen gyéríthető a mezotrion hatóanyaggal mákban, (Wójtowicz & Wójtowicz, 2009) és kukoricában egyaránt (Pannacci & Covarelli, 2009; Nurse *et al.*, 2010).

5.2.3.2 *Fallopia convolvulus*

Egyik kezelésnek sem volt szignifikáns hatása a *F. convolvulus*-ra 2012-ben. 2013-ban viszont a kézi gyomlálás, a kétszeri mezotrión kezelés, valamint a mezotrión és temboriön kombinációja szignifikánsan csökkentették a *F. convolvulus* szárazanyag tömegét. Az egyedszámok tekintetében csak a kézi gyomlálás hatékonysága volt szignifikáns 2013-ban.

A *F. convolvulus* horizontálisan is képes terjedni, és gyorsan lefedi a csupasz talajfelszíneket (Hume *et al.*, 1983). A kultúrnövények hozamát nagymértékben csökkentheti, ha sűrű állományokban fordul elő (Odero *et al.*, 2010). E gyomnövény csírázásakor a mák csak nagyon gyéren takarja a talajfelszínt, ami optimális feltételeket biztosít a növekedéséhez. Az agrotechnikai tényezők hatásának vizsgálata az országos gyomflóra összetételére szintén rámutatott, hogy ez a faj toleráns az izoxaflutol-ra, melyet a máktermesztők gyakran használnak, hogy gyommentesen tartsák a vetést a kultúrnövény korai, kritikus fejlődési fázisában.

Annak ellenére, hogy a kísérletünk kimutatta, hogy a *F. convolvulus* sikeresen gyéríthető kétszeri mezotrión kijuttatásával és mezotrión és tembotrión kombinált alkalmazásával, mindegyik kezelés hatástalannak bizonyult a száraz időjárási körülmények között.

Cornes (2005) szerint a *F. convolvulus* csak mérsékelten érzékeny a mezotrión posztemergens használatára és kísérletünk is rávilágított

arra, hogy csak a mezotrion kétszeri alkalmazásával érhető el megfelelő gyomirtó hatás. Eredményeink azt is jelzik, hogy a tembotrion egyedüli alkalmazása nem képes hatékonyan szabályozni a *F. convolvulus*-t. Ez összhangban áll Santel (2009) tanulmányával, ahol a *F. convolvulus* csak mérsékelt érzékenységet mutatott a tembotrion hatóanyaggal szemben. Mindazonáltal, az eredményeink azt sugallják, hogy a korai mezotrion kijuttatás gyengíteni képes a *F. convolvulus* populációit, melyek ezáltal sokkal érzékenyebbé válnak az azt követő tembotrion kezelésre.

5.2.3.3 *Papaver rhoeas*

Egyik kezelés hatékonysága sem bizonyult szignifikánsnak a *P. rhoeas*-al szemben. A kémiai védekezések sikertelenségének ténye nem meglepő, hiszen a szóban forgó gyomnövény és kultúrnövény egyaránt a *Papaveraceae* növénycsalád tagja. Egyenlő mértékű toleranciával illetve szelektivitással rendelkeznek az elérhető herbicidekkel szemben, így szinte lehetetlen a pipacsot a mákból herbicides védekezéssel kiirtani (Reisinger, 2000). Ez egy általános probléma más termesztett fajok esetében is, például a napraforgóban általában az *Asteraceae* családba tartozó gyomnövények szabályozása a legnehezebb feladat (Knezevic *et al.*, 2013; Pinke *et al.*, 2013).

A *P. rhoeas* a legnagyobb térfoglalású gyomnövény a hazai mákvetésekben és a máktermesztők jobbára csak preventív

eszközökre hagyatkozhatnak az ellene való küzdelemben. A táblakiválasztás során kerülni kellene a pipacssal fertőzött helyeket, és ezt a gyomot már az előveteményben (pl. gabonákban) célzottan gyéríteni kellene az arra alkalmas herbicidekkel. Ugyanakkor azt is figyelembe kell venni, hogy a pipacs magja hosszú ideig megőrzi életképességét a talajban (Baskin *et al.*, 2002; Torra & Recasens, 2008; Dancza 2011).

5.2.3.4 *Polygonum aviculare*

Minden kezelés szignifikánsan csökkentette a *P. aviculare* szárazanyag tömegét 2013-ban, kivéve a 88 g/ha tembotrion kezelést. Ugyanakkor, 2012-ben csak a kézi gyomlálás hatékonysága volt szignifikáns. Az egyedszámok gyérítésének vonatkozásában hasonló eredményeket kaptunk azzal az eltéréssel, hogy 2012-ben a kétszeres tembotrion alkalmazás szintén szignifikáns hatékonyságúnak bizonyult.

A *P. aviculare* fényigényes faj (Kästner *et al.*, 2001), és a *F. convolvulus*-hoz hasonlóan horizontálisan is terjeszkedik (Costea & Tardif, 2005) a nyitott kultúr-állományokban, a mák korai kritikus fejlődési periódusában.

Santel (2009) azon megállapításai ellenére, hogy a *P. aviculare* nagyon érzékeny a tembotrion-ra, és már 75 g/ha dózissal is megfelelően szabályozható, kísérletünk során arra a megállapításra

jutottunk, hogy a 88 g/ha dózisú tembotrion-nak nem volt gyérítő hatása erre a gyomfajra. Ez a kísérletek eltérő környezeti tényezőinek is köszönhető. Mint ahogy Gatzweiler *et al.*, (2012) rámutatott a posztemergens tembotrion kezelések kétszikű gyomok elleni hatékonyságát számos környezeti tényező befolyásolta.

5.2.4 Az időjárási tényezők hatása a gyomirtás hatékonyságára

Gyomirtási kísérletünk eredményei sokkal jobbak voltak 2013-ban, mint 2012-ben (*10. és 11. táblázatok*), mely valószínűleg a két kísérleti év eltérő időjárási körülményeinek köszönhető. Mivel bizonyos herbicidek esetén fontos, hogy a csapadék bemossa a hatóanyagokat a felső talajrétegbe, az esőzés hiánya negatívan befolyásolhatja a gyomirtás hatékonyságát. Így a szárazság a gyomnövények gyökerén keresztüli csökkentett herbicidfelvételt eredményezhet (Kudsk, 2002; Kazinczi *et al.*, 2004). Cornes (2005) megfigyelte, hogy a mezotrion a gyökereken keresztül is felszívódhat. Schulte & Köcher (2009) szintén dokumentált kisebb károsodásokat bizonyos gyomok esetében, abban az esetben, ha a tembotrion-t kizárólag a talajra permetezték rá. Mindazonáltal, Mitchell *et al.* (2001) és Santel (2009) hangsúlyozták, hogy mind a mezotrion mind a tembotrion hatóanyagok elsődlegesen a gyomnövények levelén keresztül szívódnak fel. Ezeknek a herbicideknek a levélen keresztüli felvételét megnehezítheti a vastagabb kutikula kialakulása a gyomok levelén; a vízhiány miatt fellépő, stresszre adott válaszreakció

következményeként. Továbbá – mivel az aktív anyagcserét folytató növények érzékenyebbek a herbicidekre – a száraz körülmények általában csökkentik a herbicidek hatékonyságát (Patterson, 1995; Kudsk, 2002). Ezen tényezők kombinált hatása hozzájárulhatott a két kísérleti évünk eltérő eredményességéhez. Mindazonáltal, fontos megjegyezni, hogy a vizsgált herbicidek hatékonyságát még sok más, az időjárással asszociálódó tényező is befolyásolhatta. Például Johnson & Young (2002) kísérletükben rámutattak, hogy a mezotrion levélen keresztüli felszívódását némely gyomnövény esetében a hőmérséklet és a relatív páratartalom is befolyásolta. Gatzweiler *et al.*, (2012) azt is kimutatta, hogy a tembotrion hatékonysága a fényviszonyoktól is függ.

A 2012 és 2013-as évek eredményességének különbözősége a *F. convolvulus* és *P. aviculare* esetében külön kiemelendő. Ez ahhoz a tényhez is kapcsolható, hogy a *P. aviculare* nagy fenotípusos plaszticitással rendelkezik (Meerts, 1995). Sultan (2003) arra is rámutat, hogy a *Polygonaceae* család sok faja jelentősen képes csökkenteni leveinek méretét bizonyos ökológiai körülmények között. Ennek megfelelően az aszály stressz csökkenthette az ide tartozó fajok levélfelületének méretét és így a vizsgált herbicidek levélen való megtapadása és felszívódása nehezebbé vált. A *F. convolvulus* és *P. aviculare* gyökérzete hatékonyan képes a vízfelvétele, ami a fentieken túl megmagyarázhatja, hogy ezek a gyomok miért tudnak olyan sikeresen versengeni a kultúrnövényekkel száraz körülmények között (Ujvárosi, 1973; Hume *et al.*, 1983).

Az esőzés és a szeles időjárási körülmények meghatározhatják a herbicidkezelések időpontjának megválasztását. Ez indirekt módon szintén befolyásolhatja a herbicidek hatékonyságát. Az eső és a szél csökkentheti a máknövény levélkutikuláján a viaszréteg vastagságát, szükségessé téve a gyomirtó szeres kezelés időpontjának elhalasztását (Horváth, 2014). Ezen okokból kifolyólag 2012-ben csak megkésve tudtuk kivitelezni a POST 2 kezelésünket. A 2012-es évben 26 nap telt el a POST 1 és POST 2 kezelések között, míg 2013-ban csak 18 nap. Annak ellenére, hogy a máktermelők – nagy gyomnyomás esetén – előszeretettel alkalmaznak egy pótlólagos, kései tembotrion kijuttatást; a megkéssett permetezések hatékonysága gyakran nem megfelelő a már kellően kifejlett gyomokkal szemben, melyeknek így elegendő időt hagyunk a POST 1 kezelés utáni regenerálódásra.

5.2.5 Fitotoxicitás

A tembotrion kijuttatások után 7-14 nappal 10-20 %-os mértékű sárgás elszíneződéseket figyeltünk meg a mák lombzatán. Ez a károsodás azonban csak átmenetinek bizonyult, hiszen a kezelések után eltelt 21. napokon folytatott szemléken semmilyen fitotoxikus tünetet sem észleltünk. Godáné-Biczó (2008) szerint mind a mezortion mind a tembotrion okozhat sárgás elszíneződéseket a mákon, de ezek a kezelések után általában 1-2 héten belül eltűnnek.

A máknövény potenciálisan érzékeny lenne a vizsgált herbicidekre, azonban a viaszrétege természetes védelmet biztosít számára. A kutikuláris viaszok jellegzetes bélyegei a *Papaveraceae* növény családnak (Jetter & Riederer, 1996). Az epikutikuláris viaszok a legjelentősebb akadályai a vízben oldékony herbicidek abszorpciójának (Hess & Foy, 2000). Ezt a viaszos réteget nehéz átmedvesíteni mert lég-filmrétegeket ejt csapdába a kutikuláris felületen, ami taszítja a vízcseppeket (Holloway, 1994). A máknövény fitotoxicitásának mértéke a viaszréteg vastagságától függ, ami fajtaspecifikus jelleg és külső sérülések is befolyásolhatják (Sárkány *et al.*, 2001; Horváth, 2014). Heves esőzések, viharos szél, éjszakai fagy valamint a permetezőgép fűvókáinak túl erős nyomása átmenetileg gyengíthetik a viaszréteget és súlyosbíthatják a fitotoxikus tüneteket (Shepherd & Griffiths, 2006; Horváth, 2014). A mezotrion és tembotrion herbicidek egyaránt a kukorica növényvédelmére lettek kifejlesztve, így a máknövény fiziológiailag nem toleráns velük szemben. Ugyanakkor a kutikuláris viaszrétege morfológiai szelektivitással vértézi fel a mákot. A termelők korábbi kísérletezései sikeresnek bizonyultak ezen herbicidek “off-label use” alkalmazásával a mákban. Ezek bevetése néhány napra visszafogja a máknövény fejlődését, és minél zártabb volt a mák viaszrétege a permetezések időpontjában, annál gyorsabb regenerálódás várható.

10. táblázat: A kezelések hatása a gyomok szárazanyag tömegére

Kezelés	Dózis (g/ha)	<i>Chenopodium album</i>		<i>Fallopia convolvulus</i>		<i>Papaver rhoeas</i>		<i>Polygonum aviculare</i>		Teljes gyomflóra	
		(g/m ²)		(g/m ²)		(g/m ²)		(g/m ²)		(g/m ²)	
		2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Kezeletlen kontroll	-	138,57 ^a	209,97 ^a	17,19 ^{ab}	20,77 ^a	17,68 ^a	53,02 ^a	70,07 ^{ab}	17,85 ^a	269,51 ^c	307,65 ^c
Kézi gyomlálás	-	3,50^b	0,12^b	1,36 ^{ab}	0,11^c	5,04 ^a	0,26 ^a	0,58^c	0,00^b	16,22^a	1,19^a
Mezotrion	144	86,31^b	6,80^b	0,49 ^{ab}	3,58 ^{bc}	12,74 ^a	90,34 ^a	82,83 ^a	3,92^b	194,93 ^{bc}	135,22^{ab}
Mezotrion	288	17,96^b	1,69^b	0,23 ^{ab}	1,05^c	15,38 ^a	47,83 ^a	89,52 ^a	1,82^b	129,89^b	53,68^a
Tembotrion	88	124,04 ^a	128,05 ^a	19,83 ^a	16,28 ^{ab}	19,45 ^a	42,26 ^a	85,86 ^a	27,65 ^a	278,18 ^c	220,93 ^{bc}
Tembotrion	176	6,30^b	1,91^b	2,20 ^{ab}	20,10 ^a	22,55 ^a	53,65 ^a	11,39 ^b	4,54^b	45,76^a	82,65^a
Mezotrion + tembotrion	144+88	22,83^b	0,01^b	0,18 ^b	2,018^c	8,79 ^a	62,22 ^a	43,78 ^{ab}	1,35^b	79,15^a	65,86^a
Standard hiba	-	27,31	29,20	6,48	4,24	12,42	24,63	19,98	2,36	30,70	40,61

Vastag betűvel íródtak azok az értékek, melyek szignifikánsan különböznek a kezeletlen kontrolltól

11. táblázat: A kezelések hatása a gyomok egyedszámára

Kezelés	Dózis (g/ha)	<i>Chenopodium album</i>		<i>Fallopia convolvulus</i>		<i>Papaver rhoeas</i>		<i>Polygonum aviculare</i>		Teljes gyomflóra	
		(növény/m ²)		(növény/m ²)		(növény/m ²)		(növény/m ²)		(növény/m ²)	
		2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Kezeletlen kontroll	-	24,00 ^{ab}	71,00 ^a	18,00 ^{ab}	35,25 ^{abc}	6,00 ^a	21,00 ^{ab}	36,75 ^a	41,25 ^a	148,00 ^{bc}	194,25 ^c
Kézi gyomlálás	-	4,75 ^b	2,75^b	4,75 ^{ab}	0,25^d	0,50 ^a	0,75 ^b	6,25^b	0,00^b	79,50 ^{ab}	18,25^a
Mezotrion	144	16,00 ^{ab}	2,75^b	4,75 ^{ab}	15,50 ^{bcd}	2,50 ^a	26,25 ^a	31,00 ^{ab}	12,50^b	105,50 ^{abc}	70,25^{ab}
Mezotrion	288	9,75 ^{ab}	2,50^b	4,00 ^{ab}	5,50 ^{cd}	4,25 ^a	17,50 ^{ab}	34,25 ^a	12,50^b	79,00 ^{ab}	41,50^{ab}
Tembotrion	88	31,25 ^a	72,00 ^a	21,00 ^a	38,00 ^{ab}	4,75 ^a	21,00 ^{ab}	36,75 ^a	55,25 ^a	170,00 ^{bc}	231,75 ^c
Tembotrion	176	2,50 ^b	8,50^b	9,25 ^{ab}	47,75 ^a	4,75 ^a	24,75 ^a	5,25^b	10,25^b	42,50^a	105,75^b
Mezotrion + tembotrione	144+88	7,75 ^b	0,25^b	2,50 ^b	17,25 ^{abcd}	3,00 ^a	26,50 ^a	33,50 ^a	13,00^b	76,25 ^{ab}	60,25^{ab}
Standard hiba	-	7,07	7,19	6,24	9,40	2,29	6,80	8,11	8,08	22,77	22,61

Vastag betűvel íródtak azok az értékek, melyek szignifikánsan különböznek a kezeletlen kontrolltól

5.2.6 A kultúrnövény hozama

A kézzel gyomlált kontrollhoz viszonyítva, a kezeletlen kontroll terméshozama kisebb volt, ámbar ez az eltérés nem volt szignifikáns mértékű (12. táblázat). A kezelt parcellák hozama egyik évben sem különbözött szignifikáns mértékben a kézzel gyomlált kontrollhoz hasonlítva. Mindazonáltal, 2013-ban a kétszeres tembotrion kijuttatás szignifikánsan csökkentette a mák hozamát a kétszeri mezotrion kezeléshez viszonyítva. Ez sugallja, hogy a tembotrion megnövelt dózisa hátrányosan befolyásolhatja a terméshozamot.

A gyomirtó szerek kezelése és az alkaloid tartalom közötti összefüggések vizsgálatára nem terjedt ki a disszertáció kutatási célja. Kubni & Tiwari (2004) szerint az izoproturon hatóanyag nem volt hatással az ópium mák alkaloid tartalmára, míg más tanulmányok megállapították, hogy az alkaloid tartalom befolyásolható műtrágyázással, és a nehézfémek is hatással lehetnek rá (Losák & Richter, 2004; Lachman *et al.*, 2006).

Kísérletünkben, 2012-ben a mák biomassza produkciója jelentősen elmaradt a 2013-as év eredményétől, ami minden bizonnyal a száraz időjárási körülményeknek tulajdonítható. Mahdavi-Damghani *et al.* (2010) és Sárkány *et al.* (2001) szintén arról tudósítottak, hogy a vízhiány jelentősen csökkenti az ópium mák biomasszáját.

12. táblázat: A kezelések hatása a mák szárazanyag tömegére

Kezelés	Dózis (g/ha)	<i>Papaver somniferum</i> (g/m ²)	
		2012	2013
Kezeletlen kontroll	-	275,16 ^a	443,47 ^{ab}
Kézi gyomlálás	-	340,15 ^a	579,43 ^{ab}
Mezotrion	144	245,35 ^a	423,31 ^{ab}
Mezotrion	288	277,31 ^a	640,13 ^b
Tembotrion	88	161,12 ^a	417,96 ^{ab}
Tembotrion	176	205,18 ^a	338,97 ^a
Mezotrion + tembotrion	144+88	133,88 ^a	456,78 ^{ab}
Standard hiba*	-	75,79	85,86

5.2.7 Biodiverzitás vonatkozások

A kezeletlen kontroll parcellák adatai jelzik, hogy az alkaloida mák kiváló növekedési feltételeket biztosít a *C. album*, *F. convolvulus* és *P. aviculare* fajok számára. Ezek a fajok szerepelnek legnagyobb borítással hazánk alkaloida mákvetéseiben az országos gyomfelvételezésünk tanúsága szerint is, és ezek jelentik a gyomszabályozás stratégiák legfontosabb célgyomnövényeit is. Ugyanakkor ezeknek a fajoknak a magjai fontos élelemforrások a veszélyeztetett szántóföldi madarainknak (Marshall *et al.*, 2003; Storkey, 2006; Andreasen & Stryhn, 2012). Így a gyomszabályozás nélküli máktermesztés potenciális lehetőség lehetne a mezőgazdasági területek biodiverzitásának növelésében, de sajnos a mák gyenge kompetíciós ereje nem teszi lehetővé termesztésének bármi nemű extenzifikálását.

Kísérletünk rámutatott, hogy a mezotrion és tembotrion herbicidek egyaránt sikeresen gyérítették ezeket a gyomokat kedvező időjárási feltételek esetén. A gyomszabályozási eljárásokon túl, a mákvetéseket néhány nappal az aratás előtt kémiai úton desszíkálni szokták, hogy a teljes gyomvegetáció megsemmisítésével megkönnyítsék az aratási és tisztítási műveleteket. Ez az eljárás általában a teljes gyomflórát leszártja még a magvak érésének fő időszaka előtt; ezzel lehetetlenné teszi minden további lehetőségét annak, hogy a máktermesztést a madarak gyommag eleségének növelése szolgálatába is állíthassuk.

6. Következtetések, javaslatok

6.1 A hazai mákvetések gyomviszonyai

Az életforma spektrumok vizsgálata feltárta, hogy a tavaszi vetésű alkaloid mákban a nyárutói, míg az őszi vetésű étkezési mákban a tavaszi és nyár eleji egyévesek dominálnak. Mindez azzal van összefüggésben, hogy elsősorban a vetéshez kapcsolódó utolsó talajművelés időpontja határozza meg a kifejlődő gyomnövényzet összetételét. Az évelő gyomok viszonylagos csekélyebb részesedése arra utal, hogy ezek a növények a mákban alkalmazott agrotechnikai módszerekkel jól szabályozhatóak.

6.2 Abiotikus és agrotechnikai tényezők hatása

A mákvetések gyomtársulásainak fajösszetételét befolyásoló 10 legfontosabb változó közül hat agrotechnikai (vetésidőszak, elővetemény, két herbicid hatóanyag, N műtrágyázás, sortávolság) és csak négy környezeti tényező (hőmérséklet, talaj-kötöttség, talaj Mg és Ca tartalom) volt. Mindez a máktermesztéshez kapcsolódó szigorú agrotechnikai előírások betartásának és a mák szűk ökológiai tűrőképességének tulajdonítható, melyek sokrétű agrotechnikai, de rövid ökológiai gradienseket eredményeztek. A hosszú klimatikus gradiens és a sokféle talajtípus miatt az abiotikus tényezők sokkal fontosabbnak bizonyultak az agrotechnikai faktoroknál a

magyarországi kukorica- és napraforgóvetések, valamint a tarlók gyomnövényzetének fajkompozíciójában (Pinke *et al.*, 2012). A mákvetések esetében nem volt várható az abiotikus tényezők jelentőségének ilyen jellegű dominanciája, hiszen a magyarországi máktermesztő régióknak meglehetősen hasonlóak a klíma- és talajviszonyai.

6.3 Alkalmazott gyomirtási technológiák

Tapasztalataink és gazdák által elmondottak alapján kijelenthetjük, hogy egyszeri gyomirtással az állomány gyommentesen tartása nem megoldható. Preemergens gyomirtás csak azokon a területeken javasolt, ahol tömegesen várható T_1 és T_2 -es gyomok megjelenése, illetve ahol nem okoz utóvetemény problémát a felhasznált herbicid. A megfelelő mennyiségű bemosó csapadék elengedhetetlen, ennek hiányában az eredmény csak részleges lehet.

Posztemergens gyomirtás során mezotrion hatóanyag egy menetben, 0,3 liter/hektáros dózisban történő kijuttatása ajánlott, mely szerencsés esetben 3-4 hétig is gyommentesen tarthatja az állományt. Amennyiben nem széles sortávra vetettük a növényt, szükséges lehet másodszori gyomirtása, illetve deszikkálása is. Erre tembotrion + izoxadifen-etil hatóanyagok egy menetben, 2 liter/hektáros dózisban történő kijuttatása a legmegfelelőbb, a már korábban említett széles hatásspektrum és taglózó hatás miatt. Széles

sortáv esetén az állomány 2-3-szori kultivátorozása levegőzteti a talajt és gyommentes körülményeket biztosít. Fontos, hogy évelő gyomoktól mentes táblába kerüljön az állomány, mert ezek irtása nagy nehézséget okozhat amellett, hogy a betakarítást is megnehezítik. A *Datura stramonium* és a *Conium maculatum* irtása élelmezés-egészségügyi szempontból, az *Amaranthus retroflexus* és a *Setaria pumila* irtása pedig azért lényeges, mert magjuk nehezen elválasztható a mákmagtól.

Összességében megállapítható, hogy a mechanikai, és az időben elvégzett egyszeri vagy kétszeri posztemergens gyomirtás kombinációja a legmegfelelőbb a gyomflóra szabályozására, és a kultúrnövény vitalitásának megőrzése szempontjából.

Mivel a mák kis kultúrának számít, a növényvédő szereket gyártó cégek gyakran nem engedélyeztetik szereiket ebben a kultúrában, így hivatalosan nagyon kevés lehetőség áll rendelkezésre növényvédelmében. A termelők kísérletezése és a gyomirtási kényszer azonban hatékony lehetőséget biztosít a gyomok kordában tartására.

6.4 Gyomirtási kísérlet

A kísérletünk eredménye azt sugallta, hogy a kézi gyomlálás a leghatékonyabb gyomszabályozási módszer az alkaloida mák termesztésében, de a jelenlegi szociális-ökonómiai körülmények között ez a stratégia nem lenne gazdaságos. Ámbár a mechanikai

gyomirtást országos viszonylatban az alkaloida mákkal vetett területek hozzávetőleg 30%-án alkalmazzák, a gyomirtó szerek használata nélkülözhetetlen eleme a máktermesztésnek.

Kísérletünk rámutatott, hogy a kétszeri mezotrion kezelés és a mezotrion és tembotrion két menetben történő kombinált alkalmazása a leghatékonyabb posztemergens gyomszabályozási módszer az alkaloida mákban. Mivel egy adott évben, eseti engedéllyel csak 144 g/ha mezotrion kijuttatása engedélyezett a mákvetésekben (Horváth, 2014), a mezotrion és tembotrion kombinált alkalmazását javasoljuk a gazdálkodóknak. Ugyan bizonyos gazdák „nem hivatalosan” magasabb dózisokban is használják a mezotriont kétszeri kezelésben, ezt az eljárást fel kellene váltani azzal a módszerrel, amikor egy dózisú mezotrion kezelést később egy dózisú tembotrion kezeléssel egészítenek ki. Mivel a gazdák között általános nézet, hogy a mezotrion sokkal hatékonyabb, ha a talajon keresztül fejt ki hatását; néhány gazdálkodó szárazság esetén, a mezotriont a tembotrion kétszeri alkalmazásával helyettesíti. Ugyan a tembotrion hatásos lehet a már kifejlett gyomok ellen is, és megkésve is lehet alkalmazni, de az eredményeink összhangban vannak Horváth (2014) megállapításaival, miszerint a mezotrion nélkülözhetetlen a mák növényvédelmében. Meg kell jegyezni, hogy a tembotrion egyszeri kijuttatása sohasem csökkentette szignifikáns mértékben a gyomok szárazanyag tömegét és egyedszámát. Továbbá, a tembotrion dupla dózisú alkalmazása hivatalosan nem megengedett, és a máknövényt is károsíthatja.

Vizsgálatunk azt is sugallta, hogy az eltérő időjárási körülmények befolyásolhatják a mezotrion és tembotrion herbicidek hatékonyságát, és precíz kísérletek beállításával tesztelni kellene a szárazság hatását. Azt is vizsgálni kellene, hogy ezek a hatóanyagok milyen gyomirtó hatékonysággal rendelkeznek abban az esetben, ha a talajon keresztül szívódnak fel, és tanulmányozni kellene az aszály-stressz hatását az egyes fajok fenotípusos plaszticitására is.

7. Új tudományos eredmények

1. Országos szinten felmértem a hazai alkaloida és étkezési mákvetések gyomnövényzetét, és megállapítottam, hogy mind az étkezési, mind az alkaloida mák esetében a legnagyobb borítással rendelkező gyomfaj a mákkal taxonómiai rokonságban álló pipacs (*Papaver rhoeas*).
2. Ennek keretében azt is bizonyítottam, hogy a tavaszi vetésű alkaloida, és az őszi vetésű étkezési mákvetés gyomnövényzetének összetétele élesen elkülönül egymástól.
3. A redundancia elemzés kimutatta, hogy a gyomflóra összetételének kialakításában legfontosabb, szerepet játszó agrotechnikai változók a vetésidő és az elővetemény, a legfontosabb abiotikus változók pedig a talajkötöttség, és a talaj Mg tartalma.
4. Kérdőíves felmérések alapján fény derült arra, hogy a mák gyomszabályozásában a termelők zöme a kétszeri posztemergens gyomirtást választja, elsősorban triketon típusú gyomirtó szerekkel.
5. Kétéves szabadföldi kisparcellás gyomirtási kísérleteimből megállapítottam, hogy alkaloida mák gyomirtásában a mezotrion + tembotrion hatóanyagok kombinációja nyújtja a legjobb védelmet a mák fontosabb gyomfajai ellen.

8. Összefoglalás

Dolgozatom első célja, hogy országos gyomfelvételezés keretében átfogó képet adjak a mák gyomnövényzetéről. Ennek során 102 szántóföldön 408 mintavételi területen történt gyomfelvételezés. A borítási rangsorban az alkaloida és az étkezési mák esetében egyaránt a *Papaver rhoeas* került az első helyre 3,2% illetve 5,82% átlagborítással. Az életforma típusok megoszlásának vizsgálata alapján az alkaloida mákban az összes gyomborítás közel 70%-át a T₄-es fajok adták; míg az étkezési mákban a T₁-es és T₂-es fajok együttesen 55%-os gyomborítást tettek ki.

Célul tűztem ki továbbá a mákvetések gyomnövényzetének fajösszetételét befolyásoló abiotikus és agrotechnikai tényezők fontosságának megállapítását is. Ennek keretében a 102 szántóföldön végzett gyomcönológiai felvétellel, 41 agrotechnikai és környezeti tényező hatásának figyelembevételével redundancia elemzést (RDA) végeztünk. Az analízis során tíz tényező hatása bizonyult szignifikánsnak. A legfontosabb magyarázó változó a vetésidő volt, a tavaszi alkaloida és az őszi vetésű étkezési mákvetések gyomnövényzetének összetétele élesen elkülönült egymástól. További szignifikáns hatású agrotechnikai változók a következők: elővetemény, mezotrion és izoxaflutol herbicid hatóanyagok, nitrogén műtrágyázás és sortávolság. A hat agrotechnikai tényező mellett mindössze négy abiotikus tényező bizonyult szignifikánsnak: évi átlaghőmérséklet, talajszerkezet, valamint a talaj magnézium és kalcium tartalma.

Az országos gyomfelvételezés keretében felmértük a hazánkban alkalmazott gyomszabályozási technológiák elterjedését. Kérdőíves felmérésben rögzítettük a máktermelők alkalmazott növényvédelmi technológiáira, valamint a technológiák során használt input anyagok kvalitatív és kvantitatív jellemzőire vonatkozó adatait. Felmérésünkből kiderült, hogy preemergens gyomirtást a felvételezett terület 27,7%-án végeztek, izoxaflutol és ciprozulfamid hatóanyagok kombinációjával. A fennmaradó területen kizárólag posztemergens gyomirtást tapasztaltunk, leggyakrabban mezotrion hatóanyagot alkalmazva (78,7%). A vizsgált területen 76,5%-ban kétszeri gyomirtást végeztek. Ez köszönhető annak, hogy az „alap” gyomirtó szerek tartamhatása még megfelelő mennyiségű bemosó csapadék hatására is legfeljebb négy hét, azonban a máknövény erre az időszakra még nem borít kellően ahhoz, hogy a kelő gyomnövényzetet elnyomhassa. Másodszori védekezés során leggyakrabban használt hatóanyag a tembotrion + izoxadifen-etil, melyet a teljes terület 53,7%-án használtak. Napjainkban herbicides és mechanikai módszerrel is megoldható a kultúra gyommentesítése, megjegyezve, hogy a herbicides kezeléstől függetlenül (ha a sortávolság azt megengedi) a máktáblát a tenyészidőszak alatt legalább kétszer szükséges kultivátorozni, ami nemcsak a gyomirtás, hanem a talaj levegőztetése miatt is fontos.

Felmérésünk alapján a mezotrion és tembotrion hatóanyagok a legnépszerűbbek az alkaloida mák posztemergens gyomirtásában. Negyedik célként a dolgozatban ezen herbicidek gyomirtási

hatékonyságát vizsgáltuk 2012-2013-ban, szántóföldön beállított kisparcellás kísérleti körülmények között, négy ismétlésben, véletlen-blokk elrendezésben. Kísérletünkben a következő kezeléseket teszteltük: (1) egyszeri mezotrion, 144 g/ha; (2) kétszeri mezotrion, 2x 144 g/ha; (3) egyszeri tembotrion, 88 g/ha + izoxadifen-etil 44 g/ha; (4) kétszeri tembotrion, 2x 88 g/ha + izoxadifen-etil, 2x 44 g/ha; (5) egyszeri mezotrion 144 g/ha, és egyszeri tembotrion 88 g/ha + izoxadifen-etil 44 g/ha. Kontrollként kezeletlen és kézi gyomlálásos parcellákat is beállítottunk. A kezelések hatását a gyomok szárazanyagtömege, valamint egyedszáma alapján értékeltük, az adatokat varianciaanalízissel elemeztük. Megállapítottuk, hogy a legfontosabb gyomok közül a *Chenopodium album*-ot a kezelések többsége sikeresen gyérítette, de a 2012-es évben – valószínűleg a száraz időjárási körülmények következtében – a *Fallopia convolvulus* és a *Polygonum aviculare* toleránsnak mutatkozott minden herbiciddel szemben. A mákkal való közeli taxonómiai rokonság miatt a *Papaver rhoeas*-t egyetlen herbicid sem tudta szignifikáns mértékben gyéríteni. Az egyszeri tembotrion kezelés egyetlen esetben sem csökkentette szignifikánsan a célzott gyomok szárazanyagtartalmát és egyedszámát. A mák kutikuláris viaszrétege természetes védelmet nyújtott a vizsgált gyomirtó szerekkel szemben, de kisebb átmeneti fitotoxikus tünetek jelentkeztek, főleg tembotrion hatóanyaggal történt kezelések után. Ez a terméseredményben is megmutatkozott: a kezelt, és kontroll parcellák terméseredményeit összehasonlítva nem tapasztaltunk szignifikáns eltérést. Vizsgálatunk során a mezotrion és tembotrion

hatóanyagok kombinációja bizonyult a leghatékonyabbnak a kultúra gyommentesen tarása érdekében, ezért ezek használata javasolt az alkaloida mák gyomszabályozásában.

9. A felhasznált szakirodalom jegyzéke

- ANDREASEN C. & SKOVGAARD IM. (2009) Crop and soil factors of importance for the distribution of plant species on arable fields in Denmark. *Agriculture, Ecosystems & Environment***133**, 61–67.
- ANDREASEN C. & STRYHN H. (2012) Increasing weed flora in Danish beet, pea and winter barley fields. *Crop Protection***36**, 11–17.
- ARI I. (2009) Csatlakozásunk véttlen áldozata a mák. *Az Európai Unió agrárgazdasága***14**, 22–25.
- BALDWIN B. (1977) Chemical weed control in oil-seed poppy (*Papaver somniferum*). *Australian Journal of Experimental Agriculture***17**, 837–841.
- BASKIN CC., MILBERG P., ANDERSSON L. & BASKIN JM. (2002) Non-deep simple morphophysiological dormancy in seeds of the weedy facultative winter annual *Papaver rhoeas*. *Weed Research***42**, 194–202.
- BLANCHET, F.G., LEGENDRE, P., BORCARD., D. (2008) Forward selection of explanatory variables. *Ecology***89**(9):2623–2632.
- BORHIDI A. (1993) *Social behaviour types of the Hungarian flora, its naturalness and relative ecological indicator values*. Janus Pannonius University, Pécs.
- CATHCART RJ., CHANDLER K. & SWANTON CJ. (2004) Fertilizer nitrogen rate and the response of weeds to herbicides. *Weed Science***52**, 291–296.
- DE CAUWER B., VAN DEN BERGE K., COUGNON M., BULCKE R. & REHEUL D. (2010) Weed seedbank responses to 12 years of applications of composts, animal slurries or mineral fertilisers. *Weed Research***50**, 425–435.
- CHAUHAN BS. & JOHNSON DE. (2010) Implications of narrow crop row spacing and delayed *Echinochloa colona* and *Echinochloa crus-galli* emergence for weed growth and crop yield loss in aerobic rice. *Field Crops Research***117**, 177–182.
- CIMALOVA S. & LOSOSOVA Z. (2009) Arable weed vegetation of the northeastern part of the Czech Republic: effects of environmental factors on species composition. *Plant Ecology***203**, 45–57.

- CORNES D. (2005) Callisto: a very successful maize herbicide inspired by allelochemistry. In: *Proceedings of Fourth World Congress on Allelopathy* pp. 569–572. Charles Sturt University, Wagga Wagga, Australia.
- COSTEA M. & TARDIF FJ. (2005) The biology of Canadian weeds. 131. *Polygonum aviculare* L. *Canadian Journal of Plant Science***85**, 481–506.
- DANCZA I. szerk. (2004) Hatósági herbicid vizsgálati módszertan. Növény- és Talajvédelmi Központi Szolgálat, Budapest, pp. 202.
- DANCZA I. (2011) Pipacs (*Papaver rhoeas* L.) In: NOVÁK R., DANCZA I., SZENTÉY L., KARAMÁN J. (szerk.) : Az ötödik országos gyomfelvételezés Magyarország szántóföldjein. Budapest: Vidékfejlesztési Minisztérium Élelmiszerlánc-felügyeleti Főosztály, Növény- és Talajvédelmi Osztály, 2011. (ISBN 978-963-08-1580-2) pp. 203-208.
- DÖVÉNYI Z. (ed) (2010) *Magyarország kistájainak katasztere*. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, Hungary.
- DREWS S., NEUHOFF D. & KÖPKE U. (2009) Weed suppression ability of three winter wheat varieties at different row spacing under organic farming conditions. *Weed Research***49**, 526–533.
- FAOSTAT (2013) Available at: <http://faostat.fao.org/> (last accessed 10 June 2014).
- FÖLDESI D. (1973) A vegyszeres gyomirtás lehetősége mákkultúrában. *Herba Hungarica***12**, 93–99.
- FÖLDESI D. (1978) A máktermesztés új útjai. *Kertészet és Szőlészet***27**, 12.
- FÖLDESI D. (1982) A mák (*Papaver somniferum* L.) vegyszeres gyomirtási rendszere. *Herba Hungarica***21**, 83–89.
- FOX J. & MONETTE G. (1992) Generalized collinearity diagnostics. *Journal of the American Statistical Association***87**, 178–183.
- FRIED G., NORTON LR. & REBOUD X. (2008) Environmental and management factors determining weed species composition and diversity in France. *Agriculture Ecosystems & Environment***128**, 68–76.
- GATZWEILER E., KRÄHMER H., HACKER E., HILLS M., TRABOLD K. & BONFIG-PICARD G. (2012) Weed spectrum and selectivity of tembotrione under varying environmental conditions. In:

- Proceedings of the 25th German Conference on Weed Biology and Weed Control* pp. 385–391. Braunschweig, Germany.
- GAUR BL., GUPTA PC. & SHARMA DD. (1986) Weed management in opium poppy *Papaver somniferum* L. *Tropical Pest Management***32**, 267–268.
- GODÁNÉ-BICZÓ M. (1999) A mák vegyszeres gyomirtása. *Agrofórum***10**, 12–13.
- GODÁNÉ-BICZÓ M. (2008) A mák gyomirtása. *Agrofórum***19**, 42–43.
- HESS FD. & FOY CL. (2000) Interaction of surfactants with plant cuticles. *Weed Technology***14**, 807–813.
- HIJMANS RJ., CAMERON SE., PARRA JL., JONES PG. & JARVIS A. (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology***25**, 1965–1978.
- HMS (2001) *Magyarország Éghajlati Atlasza*. Hungarian Meteorological Service, Budapest, Hungary.
- HOFFMANN L. & HOFFMANNÉ-PATHY Z. (1995) A mák vegyszeres gyomirtása. *Agrofórum***6**, 34–35.
- HOLLOWAY P. (1994) Plant cuticles: physicochemical characteristics and biosynthesis. In: *Air pollutants and the leaf cuticle* NATO ASI Series. (eds K. Percy, J.N. Cape, R. Jagels & C. Simpson), pp. 1–13. Springer, Berlin Heidelberg.
- HORVÁTH T. (2014) *Máktermesztési technológia*. Alkaloida Vegyészeti Gyár Zrt., Tiszavasvári, Hungary.
- HUME L., MARTINEZ J. & BEST K. (1983) The biology of Canadian weeds 60. *Polygonum convolvulus* L. *Canadian Journal of Plant Science***63**, 959–971.
- HUNYADI K., BÉRES I. & KAZINCZI G. (eds) (2011) *Gyomnövények, gyombiológia, gyomirtás*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- HYVÖNEN T., GLEMNITZ M., RADICS L. & HOFFMANN J. (2011) Impact of climate and land use type on the distribution of Finnish casual arable weeds in Europe. *Weed Research***51**, 201–208.
- JAMES TK., RAHMAN A. & HICKING J. (2006) Mesotrione - a new herbicide for weed control in maize. *New Zealand Plant Protection***59**, 242–249.
- JETTER R. & RIEDERER M. (1996) Cuticular waxes from the leaves and fruit capsules of eight Papaveraceae species. *Canadian Journal of Botany***74**, 419–430.

- JOHNSON BC. & YOUNG BG. (2002) Influence of temperature and relative humidity on the foliar activity of mesotrione. *Weed Science***50**, 157–161.
- JÓZSEF CS. & RADVÁNY B. (2001) MEZOTRION: Új korszak a kukorica rugalmas gyomszabályozásában. *Növényvédelem***37**, 559–561.
- JURSIK M., JANKU J., HOLEC J. & SOUKUP J. (2008) Efficiency and selectivity of herbicide Merlin 750 WG (isoxaflutol) in relation to dose and precipitation after application. *Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue***21**, 555–560.
- KARÁCSONY P., TÓTH K., PINKE G. & PÁL R. (2011) A magyarországi máktermelésről. *Gazdálkodás***55**, 529–533.
- KÄSTNER A., JÄGER E. & SCHUBERT R. (2001) *Handbuch der Segetalpflanzen Mitteleuropas*. Springer Verlag, Wien, New York.
- KAZINCI G., BÉRES I., NOVÁK R. & KARAMÁN J. (2009) Újra fókuszban az ürömlevelű parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia* L.). *Növényvédelem***45**, 389–403.
- KAZINCZI G., REISINGER P. & MIKULÁS J. (2004) Az időjárás változás hatásai a herbológia területén. *Magyar Gyomkutatás és Technológia***5**, 3–25.
- KIRÁLY G. (ed) (2009) *Új magyar fűvészkönyv. Magyarország hajtásos növényei*. Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Jósvafő.
- KNEZEVIC SZ., ELEZOVIC I., DATTA A., *et al.* (2013) Delay in the critical time for weed removal in imidazolinone-resistant sunflower (*Helianthus annuus*) caused by application of pre-emergence herbicide. *International Journal of Pest Management***59**, 229–235.
- KOSZTOLÁNYI A. (2008) A magyarországi máktermesztésről, különös tekintettel az ipari mákra. *Agrofórum***19**, 44–46.
- KUBNI G. & TIWARI P. (2004) Weed management in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Indian Journal of Weed Science***36**, 104–107.
- KUDSK P. (2002) Optimising herbicide performance. In: *Weed management handbook*, 9th ed (ed R.E.L. Naylor), pp. 323–344. Blackwell Science, Oxford, UK.
- KURCMAN M. & YILDIRIM A. (1995) Researches on the determination of weed species, their chemical control and the effect of the

- effective herbicides on the oil and morphine content of the capsules of opium plants (*Papaver somniferum* L.) in central Anatolia region. *Zirai Mucadele Arastirma Ensitiüsü***30**, 67–68.
- LACHMAN J., HEJTMÁNKOVÁ A., MIHOLOVÁ D., KOLÍHOVÁ D. & TLUKA P. (2006) Relations among alkaloids, cadmium and zinc contents in opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Plant Soil and Environment***52**, 282–288.
- LEGENDRE P. & GALLAGHER ED. (2001) Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia***129**, 271–280.
- LEPS J. & SMILAUER P. (2003) *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- LOSÁK T. & RICHTER R. (2004) Split nitrogen doses and their efficiency in poppy (*Papaver somniferum* L.) nutrition. *Plant Soil and Environment***50**, 484–488.
- LOSOSOVÁ Z., CHYTRY M., CIMALOVA S., *et al.* (2004) Weed vegetation of arable land in Central Europe: Gradients of diversity and species composition. *Journal of Vegetation Science***15**, 415–422.
- MACLEOD I. (1997) The use of clomazone as a post-emergence herbicide in poppies (*Papaver somniferum*). In: *Brighton Crop Protection Conference Weeds* pp. 27–32. Brit Crop Protection Council.
- MAHDAVI-DAMGHANI A., KAMKAR B., AL-AHMADI MJ., TESTI L., MUNOZ-LEDESMA FJ. & VILLALOBOS FJ. (2010) Water stress effects on growth, development and yield of opium poppy (*Papaver somniferum* L.). *Agricultural Water Management***97**, 1582–1590.
- MARSHALL EJP., BROWN VK., BOATMAN ND., LUTMAN PJW., SQUIRE GR. & WARD LK. (2003) The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. *Weed Research***43**, 77–89.
- MAS MT., VERDU AMC., KRUK BC., DE ABALLEYRA D., GUGLIELMINI AC. & SATORRE EH. (2010) Weed communities of transgenic glyphosate-tolerant soyabean crops in ex-pasture land in the southern Mesopotamic Pampas of Argentina. *Weed Research***50**, 320–330.

- MEAKIN S. (2007) *Crops for Industry. A Practical Guide to Non-Food and Oilseed Agriculture*. The Crowood Press, Ramsbury, UK.
- MEERTS P. (1995) Phenotypic plasticity in the annual weed *Polygonum aviculare*. *Botanica Acta***108**, 414–424.
- MITCHELL G., BARTLETT DW., FRASER TEM., *et al.* (2001) Mesotrione: a new selective herbicide for use in maize. *Pest Management Science***57**, 120–128.
- NAGY F. (1997) Új, az eddigieknél hatásosabb vegyszeres gyomirtási lehetőségek a mák termesztésében. *Növényvédelem***33**, 412–415.
- NAGY L. (2007) Laudis - gyomirtásból kiváló. *Agrofórum: a növényvédők és növénytermesztők havilapja***18**, 53.
- NOVÁK R., DANCZA I., SZENTÉY L. & KARAMÁN J. (2011) *Az ötödik országos gyomfelvételezés Magyarország szántóföldjein*. Vidékfejlesztési Minisztérium Élelmiszerlánc-felügyeleti Főosztály, Budapest.
- NURSE RE., HAMILL AS., SWANTON CJ., TARDIF FJ. & SIKKEMA PH. (2010) Weed control and yield response to mesotrione in maize (*Zea mays*). *Crop Protection***29**, 652–657.
- ODERO DC., MESBAH AO., MILLER SD. & KNISS AR. (2010) Wild buckwheat (*Polygonum convolvulus*) interference in sugarbeet. *Weed Technology***24**, 59–63.
- PÁJTLI É., NAGY G. & PÁJTLI J. (2011) A mák növényvédelme. *Növényvédelem***47**, 145–159.
- PANNACCI E. & COVARELLI G. (2009) Efficacy of mesotrione used at reduced doses for post-emergence weed control in maize (*Zea mays* L.). *Crop Protection***28**, 57–61.
- PATTERSON D. (1995) Effects of environmental stress on weed/crop interactions. *Weed Science***43**, 483–490.
- PINKE G., KARÁCSONY P., BOTTA-DUKÁT Z. & CZÚCZ B. (2013) Relating *Ambrosia artemisiifolia* and other weeds to the management of Hungarian sunflower crops. *Journal of Pest Science***86**, 621–631.
- PINKE G., Csiky J., MESTERHÁZY A., TARI L., PÁL R., BOTTA-DUKÁT Z. & CZÚCZ B. (2014) The impact of management on weeds and aquatic plant communities in Hungarian rice crops. *Weed Research* **54**, 388–397.
- PINKE G., KARÁCSONY P., BOTTA-DUKÁT Z. & CZÚCZ B. (2013) Relating *Ambrosia artemisiifolia* and other weeds to the

- management of Hungarian sunflower crops. *Journal of Pest Science* **86**, 621-631.
- PINKE G., KARÁCSONY P., CZÚCZ B. & BOTTA-DUKÁT Z. (2011a) Environmental and land-use variables determining the abundance of *Ambrosia artemisiifolia* in arable fields in Hungary. *Preslia***83**, 219–235.
- PINKE G., KARÁCSONY P., CZÚCZ B., BOTTA-DUKÁT Z. & LENGYEL A. (2012) The influence of environment, management and site context on species composition of summer arable weed vegetation in Hungary. *Applied Vegetation Science***15**, 136–144.
- PINKE G., PAL R. & BOTTA-DUKÁT Z. (2010) Effects of environmental factors on weed species composition of cereal and stubble fields in western Hungary. *Central European Journal of Biology***5**, 283–292.
- PINKE G., TÓTH K., KARÁCSONY P. & PÁL R. (2011b) A magyarországi mákvetések gyomviszonyai. *Növényvédelem***47**, 137–143.
- PRASAD J., RAM S & CHAKRABARTI D. (1996) Effect of different types of mulches on growth, yield, weed and disease intensity in opium poppy (*Papaver somniferum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences***66**, 64–66.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM (2013) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. - R Foundation for Statistical Computing.
- REISINGER P. (2000) Mák (*Papaver somniferum* L.). In: *Gyomnövények, gyomirtás, gyombiológia* (eds K. Hunyadi, I. Béres & G. Kazinczi), pp. 525–526. Mezőgazda Kiadó, Budapest, Hungary.
- SANTEL HJ. (2009) Laudis® OD – a new herbicide for selective post-emergence weed control in corn (*Zea mays* L.). *Bayer Crop Science Journal***62**, 95–108.
- SÁRKÁNY S., BERNÁTH J. & TÉTÉNYI P. (2001) *A mák (Papaver somniferum)*. Akadémiai Kiadó, Budapest, Hungary.
- SCHULTE W. & KÖCHER H. (2009) Tembotrione and combination partner isoxadifen-ethyl – mode of herbicidal action. *Bayer Crop Science Journal***62**, 35–52.

- SELMECZI-KOVÁCS A. (1991) A mák termesztése Magyarországon. *Agrártörténeti szemle - Historia rerum rusticarum***33**, 153–166.
- SHARMA O. & NEPALIA V. (1997) Efficacy of selected herbicides in opium poppy. *Madras Agricultural Journal***84**, 706–706.
- SHEPHERD T. & GRIFFITHS WD. (2006) The effects of stress on plant cuticular waxes. *New Phytologist***171**, 469–499.
- SILC U., VRBNICANIN S., BOZIC D., CARNI A & STEVANOVIC Z. (2009) Weed vegetation in the north-western Balkans: diversity and species composition. *Weed Research***49**, 602–612.
- STORKEY J. (2006) A functional group approach to the management of UK arable weeds to support biological diversity. *Weed Research***46**, 513–522.
- SULTAN SE. (2003) Phenotypic plasticity in plants: a case study in ecological development. *Evolution & Development***5**, 25–33.
- SWEENEY AE., RENNER KA., LABOSKI C. & DAVIS A. (2008) Effect of Fertilizer Nitrogen on Weed Emergence and Growth. *Weed Science***56**, 714–721.
- TAMÁSI P. (2012) A mák termesztése - saját tapasztalatok. *Agrofórum***23**, 60–61.
- TORRA J. & RECASENS J. (2008) Demography of corn poppy (*Papaver rhoeas*) in relation to emergence time and crop competition. *Weed Science***56**, 826–833.
- TÓTH K., KARACSONY P., PÁL R. & PINKE G. (2012a) A mák gyomirtásának lehetőségei és tapasztalatai. *Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest, Összefoglaló***58**, 74.
- TÓTH K., PINKE G., KARÁCSONY P. & REISINGER P. (2012b) A mák gyomnövényei és alkalmazott gyomirtási technológiái. *Agrofórum***23**, 52–57.
- UJVÁROSI M. (1973) *Gyomnövények*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, Hungary.
- ULBER L., STEINMANN H-H., KLIMEK S. & ISSELSTEIN J. (2009) An on-farm approach to investigate the impact of diversified crop rotations on weed species richness and composition in winter wheat. *Weed Research***49**, 534–543.
- WHALEY M., ARMEL R., WILSON P. & HINES E. (2006) Comparison of Mesotrione Combinations with Standard Weed Control Programs in Corn. *Weed Technology***20**, 605–611.

- WÓJTOWICZ M. & WÓJTOWICZ A. (2009) Effectiveness of chemical protection against weeds applied to poppy (*Papaver somniferum* L.). *Journal of Plant Protection Research***49**, 209–215.
- ZAR JH. (1999) *Biostatistical Analysis*, 4th ed. Prentice Hall, New Jersey.
- ZHANG J., ZHENG L., JAECK O., *et al.* (2013) Efficacy of four post-emergence herbicides applied at reduced doses on weeds in summer maize (*Zea mays* L.) fields in North China Plain. *Crop Protection***52**, 26–32.

9. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani mindazoknak, akik segítségükkel, szakmai tanácsaikkal hozzájárultak ahhoz, hogy ez a dolgozat elkészülhessen.

Elsősorban témavezetőmnek Dr. Pinke Gyulának tartozom köszönettel, kutatásaimhoz, és dolgozatom elkészítéséhez nyújtott támogatásáért.

Köszönöm Dr. Reisinger Péter professzor Úr segítségét, Dr. Botta-Dukát Zoltánnak a statisztikai elemzésben, Dr. Karácsony Péter és Dr. Pál Róbert Uraknak az országos gyomfelvételezésben, Dr. Kovács Attila és Dr. Milics Gábor Uraknak a herbicidkísérlet kiértékelésében nyújtott segítségüket, valamint mindazoknak, akik részt vettek a kísérletek kivitelezésében, kiértékelésében, és társszerzőként részt vállaltak a publikációk elkészítésében.

Hálás köszönet illeti azokat a máktermesztő gazdálkodókat, akik hozzájárultak ahhoz, hogy szántóföldjeiken gyomfelvételezést végezzünk, és átadták a vizsgált szántókra vonatkozó agrotechnikai információkat. Köszönetet szeretnék mondani az Alkaloida Vegyészeti Gyárnak, és étkezési máktermeltetőknek is, akik a gazdák címeit rendelkezésünkre bocsátották.