

Regulátorok hatásának vizsgálata az őszi étkezési mák fagyűrő képességére és produkciójára

MÁJER PÉTER^{1,2}, SOTKÓ GYULA², ZÁMBORINÉ NÉMETH ÉVA¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet, Gyógy- és Aromanövények Tanszék

²Sotiva Seed Gyártó és Kereskedelmi Korlátolt Felelősségű Társaság

E-mail: majer.peter@phd.uni-mate.hu

Összefoglalás

Magyarországon étkezési célra ma elsősorban őszi mákot termesztünk. Bár a fagyűrés nagyrészt genetikai tulajdonság, annak manifesztálódását erősen befolyásolják az ökológiai körülmények. A triazol-származékokat a fagykár csökkentésére és hozamnövelésre egyes szántóföldi kultúrákban már rendszeresen használják, a mák esetében azonban ezek hatását nem ismerjük. Munkánk célja, hogy feltárjuk egyes regulátoroknak a mák áttelelésére és produkciójára gyakorolt hatását. Ezen munka első évének eredményeit közöljük ebben a cikkben. Kezeletlen kontroll mellett hatféle regulátorkezelés hatását vizsgáltuk a 2021/22-es vegetációs évben, 'Zeno Plus' étkezési mákfajtán, őszi és tavaszi kijuttatással. A fagykár a legtöbb ősszel kijuttatott regulátor hatására csökkent, a legkedvezőbb esetben a kontroll értékének felére. A metkonazol is tartalmazó őszi kezelések 10-12%-os maghozam növekedést eredményeztek, valamint több kezelésben javult a mag és tok aránya. Az őszi kezelések a tok morfintartalmát nem befolyásolták. A tavaszi regulátoros kezelések nem befolyásolták lényegesen a terméshozamot és a mag/tok arányt. A morfintartalom a tavasszal kijuttatott metkonazol kezelés nyomán enyhén emelkedett. Eredményeink alapján a kísérletek folytatása és a kezelések optimalizálása javasolható.

Kulcsszavak: áttelelés, fagyűrés, *Papaver somniferum*, triazol, magtermés

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A mák (*Papaver somniferum* L.) egyike az emberiség legősibb kultúrnövényeinek. Bár a történelem során főként fájdalomcsillapító és kábító hatású alkaloidjai miatt becsülték nagyra, napjainkban Magyarországon elsősorban étkezési célra termelik. Az étkezési mák jellemzője a magas maghozam és a jó magminőség, valamint a tok alacsony alkaloidtartalma (<0,7%). Mára az őszi vetésű mákfajták – legalábbis étkezési célú termesztés esetén – előtérbe kerültek a magyar köztermesztésben, melynek oka elsősorban az, hogy ezen fajták használatával a hosszabb vegetációs periódusból adódóan magasabb magprodukció érhető el. A másik oldalról pedig a klímaváltozás miatt gyakoribbá vált tavaszi aszályos időszakok nagyban veszélyeztetik a tavaszi mákvetés sikerességét.

A mák sikeres áttelelése részben genetikai, részben ökológiai tényezőktől függ. A növényi szövet a fagy hatására károsodhat, elhal, jellegzetes száradásos tünetek tapasztalhatók (1. ábra). Hazai körülmények között a tavaszi jellegű mákfajták sikeres áttelelésének csupán 10-20% a valószínűsége. Ez az érték az őszi ökotípusú fajták esetén 80-90% (Bernáth 2001), ami azonban csak optimális körülmények között realizálódik. Az áttelelés a növény fejlettségétől is függ. A szikleveles máknövények rövid ideig tartó fagy hatására is elpusztulnak (2. ábra). A 4 leveles egyedek már jelentős, a 6-7 leveles növények pedig ezen is túlmutató fagyűrő képességgel rendelkeznek (Jászberényi 2014). Az átteleléséhez tehát ideálisnak mondható a 4-6 leveles, törzssás fenológiai állapot, ilyenkor a növények akár mínusz 15-20 °C-os hőmérsékletet is képesek elviselni (Földesi 1978).

1. ábra. Fagykár következtében kialakuló jellegzetes, száradásos levélnekrózis (Tiszavasvári, 2022)

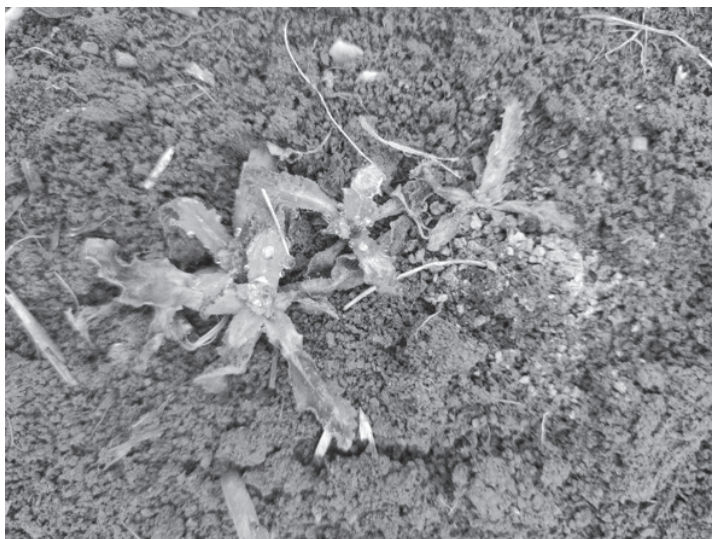


Figure 1. Characteristic, drying leaf necrosis due to frost damage (Tiszavasvári, 2022)

2. ábra. Fagykár következtében elpusztult szikleveles máknövények (Tiszavasvári, 2021)



Figure 2. Cotyledon poppy plants destroyed due to frost damage (Tiszavasvári, 2021)

A fagyűrőképeség edződés hatására válik teljessé (Pethő 1993). A folyamatosan csökkenő hőmérséklet és rövidülő nappalok számos biokémiai és élettani változást idéznek elő a növényben, mellyel felkészítik a fagy okozta stresszhatás kivédésére. Ilyen a citoplazma dehidrálódása, a plazmamembránok szerkezetének megváltozása, különböző krioprotektáns fehérjék és ozmoprotektáns anyagok (prolin, kismolekulájú cukrok, telítetlen zsírsavak) felhalmozódása (Palva et al. 2001; Wiśniewski et al. 1997). A prolin és az oldható cukrok koncentrációjának emelkedése valószínűleg a mák esetén is szerepet játszik az ozmotív védekezésben (Jászberényi és Németh 2011a; Jászberényi et al. 2012). Emellett megfigyelhető az is, hogy az őszi jellegű fajták kutikulája vastagabb (Jászberényi és Németh 2011b, 2012).

Gabonák és egyéb gazdasági növények esetében a növényi hormonok fagyűrésben betöltött szerepe részletesebben ismert. Így például az edződés során az abszcizinsav (ABA) szintje emelkedik, illetve magasabb azon intraspecifikus fajták és ökotípusok esetén, melyek fagyűrőbbek (Welling et al. 1997; Bravo et al. 1998; Dallaire et al. 1994; Nagao et al. 2005). Az ABA mellett szintén esszenciális fitohormon a gibberellinsav (GA), azonban ezek között antagonizmus figyelhető meg (Liu és Hou 2018). Egyes növények, például az őszi káposztarepce (*Brassica napus* L.) esetén ezért antigibberellin hatású növekedésszabályozókkal kezelik az állományt a télbe indulás előtt. Ezek döntően triazol-származék hatóanyagok (ritkán óniumvegyületekkel kombinálva), melyek jelentős gibberellin-szintézist gátló hatással rendelkeznek, így az őszi káposztarepceből 4-6 leveles fejlettségénél kijuttatva csökkentik a fagykár veszélyét, illetve fokozzák a gyökérnövekedést (Kádár 2019). A triazol-származék hatóanyagok (pl. tebukonazol, difenokonazol, metkonazol stb.) a gibberellin-szintézis prekurzorának, az ent-kaurénsavnak a képződését gátolják az ent-kaurénból.

Ezzel szemben az óniumvegyületek (pl. klórmekvát, mepiquat-klorid) egy korábbi fázisban gátolnak: az ent-kaurén geranilgeranil-difoszfátból (GGDP) való létrejöttét akadályozzák meg (Kozłowski és Pallardy 1997; Srivastava 2002).

Mákban is többször vizsgálták a különböző növekedésszabályzók hatását, de a vizsgálatok a szárszilárdságra és az alkaloidtermés mennyiségi és minőségi jellemzőire gyakorolt hatásra összpontosítottak. Bernáth és Vágújfalvi (1970) arról számolt be, hogy klórmekvát hatására a máknövények ellenállóbbá váltak a kedvezőtlen időjárásal szemben, valamint módosult az alkaloidösszetételük, megemelkedett a mellékalkaloidok szintje. Jurových (2008) leírása szerint a metkonazol előnyösen befolyásolja a mák szárszilárdságát, valamint használatával termés hozam-növekedés érhető el. Dean (2011) unikonazzal kezelt mák állományban a tok- és maghozam, valamint az alkaloidtartalom emelkedését tapasztalta, mely feltehetően összefüggést mutat a kezelés hatására meghosszabbodott tenyészidővel. Spitzer és Bílovský (2017) több éves kísérletsorozatban több esetben tapasztalt szignifikánsan magasabb terméshozamot metkonazol (+24-41%), illetve paklobutrazol + difenokonazol (+17-20%) kezelés hatására a mákban. Ezzel szemben vizsgálataik során az etilénként ható mesterséges etefon több esetben szignifikánsan csökkentette a terméshozamot (-15-46%). Száraz évjáratban mindhárom regulátor magas dózisának hatására a mák magasságának 20cm-es csökkenését tapasztalták.

Az előzmények alapján tehát megállapítható, hogy a fenti növekedésszabályzók biológiailag aktívak a mákban, azonban annak fagyttűró képességére gyakorolt hatásukat mindeddig nem ismerjük. Kísérleteinket ezért azzal a céllal állítottuk be, hogy komplex képet kapjunk a más kultúrákban bevált növekedésszabályzóknak a mák kultúrában mérhető hatásáról, kiemelve az áttelelésképeséget és a produkciót.

Anyag és módszer

Szabadföldi kispárcellás kísérletünket a 2021/22-es vegetációs évben végeztük 'Zeno Plus' mákfajtaival. A 'Zeno Plus' őszi étkezési mákfajta, melynek jellemzője a korai érésidő, magas terméshozam, jó télállóság. Morfintartalma alacsony, egyéb alkaloidtartalma elhanyagolható. Lila virágú fajta, sötétlila szíromfolttal, tölevélrózsás állapotban jellemző rá a fehér levélfoltok megléte.

A vizsgálatunkban kereskedelmi forgalomban kapható, őszi káposztarepcében használatos regulátor hatóanyagokat és kombinációkat vizsgáltunk (1. táblázat). A hatóanyagok triazol-származékok, leszámítva a mepiquat-kloridot, mely óniumvegyület kombinációs partnerként szerepel a MEME kezelésben. Kispárcellás szabadföldi kísérletünket Nemesbikken állítottuk be két üzemi máktáblában, az őszi, illetve a tavaszi permetezésekhez (ld. alább). A parcellák 10m² nagyságúak voltak, kialakításukat a módszertani ajánlások (Olasz és Tökés 1997) figyelembevételével végeztük. A parcellákat véletlen blokk elrendezésben helyeztük el, 4 ismétlésben. Az agrotechnikai műveleteket az üzemi gyakorlatnak megfelelően végeztük el, a táblák 300 kg/ha NPK 8-24-24 alapműtrágyát kaptak. A vetés 2021. szeptember 18-án történt, a vetőmagnorma 1 kg/ha volt, így külön tőszámbeállításra nem volt szükség. A továbbiakban vegyszeres gyomirtás Laudis (22 g/l tembotrion + 44 g/l izoxadifen-etil) készítmény 2 l/ha dózisával történt kora tavasszal, 8 leveles állapotban. Fungicides és inszekticides kezelésre nem volt szükség. A tavasszal kezelt állomány 200 l/ha folyékony UAN-oldatban (30%) részesült fejtrágyaként. Az ősszel kezelt és a tél folyamán nagymértékben kiritkult állomány esetén a fejtrágyázást elhagytuk, elkerülve ezzel az esetleges torzító hatást.

A kísérleti szereket kézi permetezőgéppel, 300 l/ha-nak megfelelő lémenyiséggel, egyéb adalékanyagok hozzáadása nélkül juttattuk ki az egyik táblában ősszel (november 14.) a másikban tavasszal (március 6.). A két tábla között novemberre jelentős fejlettségbeli különbség volt tapasztalható. Ezért az őszi kijuttatás hatásait a kevésbé fejlett táblán (4-6 leveles) vizsgáltuk, mivel ebben az esetben számítottunk fokozott téli kipusztulásra. Ezzel szemben a tavaszi kezelés helyszínéül a jól fejlett (6-8 leveles) állományt választottuk, mivel ebben az esetben célunk elsősorban a termélnövelő hatás felmérése, valamint az esetleges késő tavaszi fagykárrel szembeni ellenállóság vizsgálata volt. Az ősszel kezelt állomány egyik blokkja a kedvezőtlen talajadottságok miatt oly mértékű keléshiányt és fejlődésbeli lemaradást mutatott, melynek következtében a blokkot aztán nem értékeltük.

1. táblázat. A regulátoros kezelések jellemzői (hatóanyag, dózis, készítmény)

Kezelés kódja	Aktív hatóanyag(1)		Kereskedelmi készítmény (gyártó) (3)
	Megnevezése	Dózisa(2) (g/ha)	
KONT	kezeletlen kontroll	-	-
MEME	metkonazol	42	Caramba Turbo (BASF SE)
	mepiquat-klorid	294	
METK	metkonazol	60	Metkon 60 (Globachem N.V.)
PADI	paklobutrazol	62,5	Resposx (Syngenta AG)
	difenokonazol	125	
TEBU	tebukonazol	250	Tebu (Sharda Worldwide Exports Pvt. Ltd.)
TEDI	tebukonazol	200	Magnello (Syngenta AG)
	difenokonazol	80	
TEPR	tebukonazol	192	Tilmor (Bayer AG)
	protiokonazol	96	

Table 1. Features of regulatory treatments (1) active substance, (2) dosage, (3) product

A parcellák beállottságát a tenyészidőszak során négy alkalommal vizsgáltuk, novemberben, decemberben, valamint február és március végén. Minden alkalommal szemrevételezéssel, százalékosan értékeltük az egyes parcellák beállottságát. A terméshozam meghatározásának alapját a parcellák teljes hozama adta (a tokokat gallér alatt törve, szár nélkül betakarítva), melyen belül a tok és mag frakciót szétválasztottuk és külön-külön is megmértük. A tok frakcióból minden parcellából homogenizálás után vettünk mintát az alkaloidtartalom meghatározásához.

Az analízisek a Nyíregyházi Egyetem Agrár és Molekuláris Kutató- és Szolgáltató Csoport laboratóriumában folytak. Az extrakció mintánként 400 mg őrölt máktok és 50 ml extrahálószer (50 v/v% metanol, 44,8 v/v% víz, 5,2 v/v% tömény hangyasav) 2 órás rázatásával (150-160 rpm) történt. Az így készült, majd átszűrt mintából az alkaloidtartalom-meghatározás HPLC-vel történt (készülék: Shimadzu Prominence, kolonna: Thermo Hypercarb 100x4,6 mm, 5 µm, eluens A: acetonitril /0,1% hangyasav/, eluens B: víz /0,1% hangyasav/; detektor: diódasor; detektálás: 280 nm; injektálási térfogat: 5 µl).

Az adatok statisztikai elemzését SPSS 27.0.1 programban végeztük el, változónként ANOVA módszerrel. Az ANOVA szignifikáns eredménye esetén Tukey-féle post-hoc tesztet végeztünk. A Levene-próba szerint a szóráshomogenitás minden vizsgált változó esetén teljesült, kivéve a tavaszi kezelések magprodukcióját. Utóbbi esetben Welch-próbát alkalmaztunk. Az ábrákat MS Excel 2016 programban készítettük.

Eredmények és megvitatásuk

Az őszi kezelések hatása

A felmérések során az ősszel kezelt, alapvetően gyengébb kondíciójú állományban jelentős fagykárt tapasztaltunk (3. ábra). A kifagyás mértéke a TEPR kezelés esetén megegyezett a kontrollal (31,7%), míg a többi kezelés hatására némiképp csökkent: a TEDI kezelés hatására átlagosan a növények 28,3%-a, míg a PADI kezelés hatására 25%-a fagyott el. Ugyanez az érték a METK esetén 21,7%, a TEBU kezelés hatására pedig 16,7%. A legkedvezőbb értéket a MEME kezelés nyomán tapasztaltuk, ahol az átlagos fagykár csupán 15% volt. Az adatok közötti eltérések statisztikailag nem szignifikánsak ($F(6; 14) = 0,600$, $p = 0,726$), azonban a fenti különbségek és a megfigyelhető tendenciák figyelemfelkeltőek, további vizsgálatokat indokolnak.

3. ábra. A tél során elfagyott növények aránya (Nemesbikk, 2022)

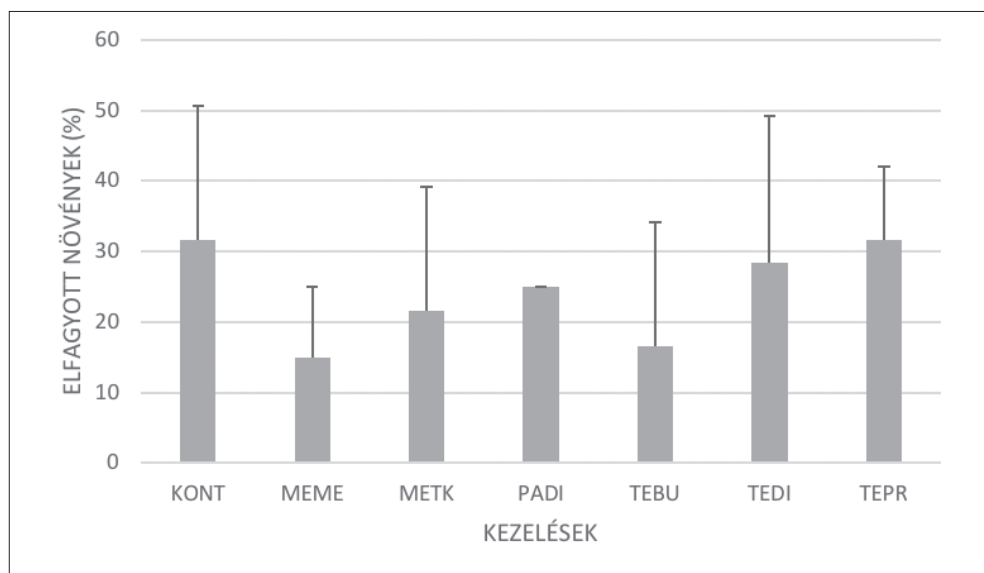


Figure 3. The proportion of plants destroyed by winter frosts (Nemesbikk, 2022)

Az ősszel kezelt állományok hozamadatait a 4. ábra mutatja be. A kezeletlen parcellák átlagos magtermése 1038 kg/ha volt. Egyes kezelések hatására kissé csökkent a magprodukció: a TEPR

parcellákon átlagosan 932, a PADI esetén pedig 987 kg/ha magtermést mértünk. A TEBU és a TEDI kezelések kísérletünkben nem befolyásolták jelentősen a magprodukción. Előbbi 1037, míg utóbbi 1058 kg/ha mákmagot termelt. A metkonazol tartalmazó kezelések esetén a magprodukción enyhe növekedését tapasztaltuk. A METK kezelés hatására átlagosan 10%-os (1147kg/ha), míg a MEME kezelés hatására a magtermés 12%-os (1163 kg/ha) növekedését mértünk. Ugyanakkor a különbségek a magprodukción (F(6; 14)=0,395, $p=0,870$) és a tokprodukción (F(6; 14)=0,936, $p=0,500$) tekintetében sem szignifikánsak. Méréseink alapján a regulátoros kezelések hatására némileg megváltozott az egyes terméselemek aránya is. A kontroll parcellákon a mag aránya 59% volt, míg a regulátoros kezelések hatására ugyanez az érték 64-67% között alakult. Étkezési mák esetén a minél nagyobb mákmag-hányad előnyös, így a kísérlet során tapasztaltak szintén kiindulópontot jelenthetnek újabb vizsgálatok irányába.

4. ábra. A tok és a magtermés az őszi kezelések hatására (Nemesbikk, 2022)

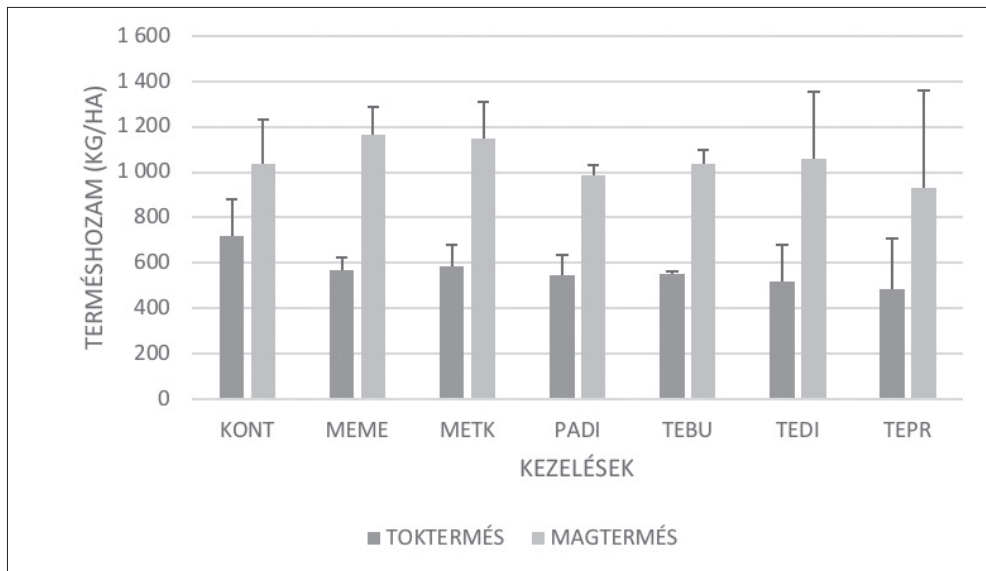


Figure 4. Capsule and seed yield as results of autumn treatments (Nemesbikk, 2022)

Mák esetén a morfintartalom fontos minőségi mutató, étkezési mákfajtáknál minél alacsonyabb volta a kívánatos. A száraz tok morfintartalma az őszi kezelt állományban 0,36 és 0,44% között alakult (5. ábra). Alacsonyabb értékeket a MEME (0,37%) és a PADI (0,36%) kezelés hatására tapasztaltunk, a többi parcellán 0,41-0,44 közötti morfintartalmat mértünk. Bár az adatok statisztikai elemzése során az ANOVA szignifikáns eredményt adott (F(6; 14)=3,374, $p<0,05$), ezt a Tukey-féle post-hoc teszt eredménye felülírta ($p=0,066$), tehát a kezelések a morfintartalom tekintetében sem különböznek egymástól szignifikánsan.

5. ábra. A morfintartalom alakulása az őszi kezelések hatására (Nemesbikk, 2022)

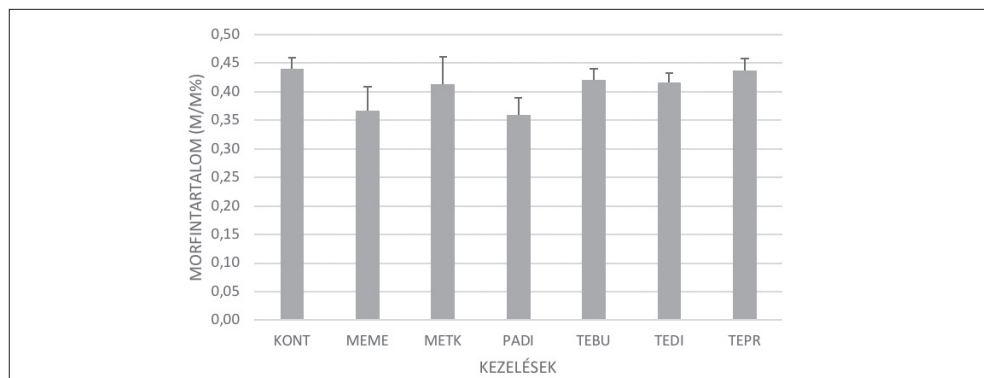


Figure 5. Morphine content as a result of autumn treatments (Nemesbikk, 2022)

A tavaszi kezelések hatása

A jó kondícióban lévő állományban sem a tavaszi regulátoros kezelés előtt, sem pedig utána nem észleltünk fagykárt. Az állománysűrűség minden egyes parcellán kifogástalan volt (6. ábra). A tavasszal kezelt állományban a kontroll parcella maghozama 1725 kg/ha volt. Maghozam tekintetében egyedül a TEDI kezelés hatására tapasztaltunk hozam növekedést (1801 kg/ha +4%), minden más kezelésben a magprodukciónak csökkent. A MEME és a TEPR esetén ez a hozamcsökkenés megközelíti a 11%-ot (1541 és 1543 kg/ha). A mag aránya minden tavaszi kezelésben 64% volt. A statisztikai értékelés sem a toktermés ($F(6; 21)=0,963, p=0,473$), sem a magtermés tekintetében (Welch-stat. $(6; 9,186)=1,627, p=0,244$) sem mutatott szignifikáns eltérést.

6. ábra. A tok és a maghozamok a tavasszal kezelt parcellákon (Nemesbikk, 2022)

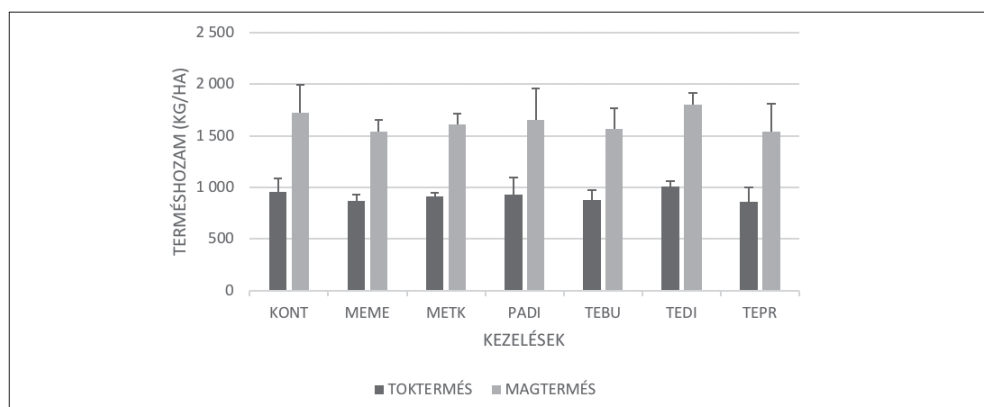


Figure 6. Capsule and seed yields in the spring treated plots (Nemesbikk, 2022)

A kontroll morfin tartalma 0,31%, s ezzel megegyezett a PADI, TEBU és TEPR kezelések növényanyaga (0,30%) illetve a TEDI minta (0,33%). A legmagasabb értékeket a metkonazolal (is) kezelt növények mutatták: a MEME kezelés hatására 0,34%, míg a METK hatására 0,38% morfin tartalom volt mérhető (7. ábra). A különbségek nem szignifikánsak ($F(6; 21)=0,495$, $p=0,805$).

7. ábra. A morfin tartalom alakulása a tavaszi kezelések hatására (Nemesbikk, 2022)

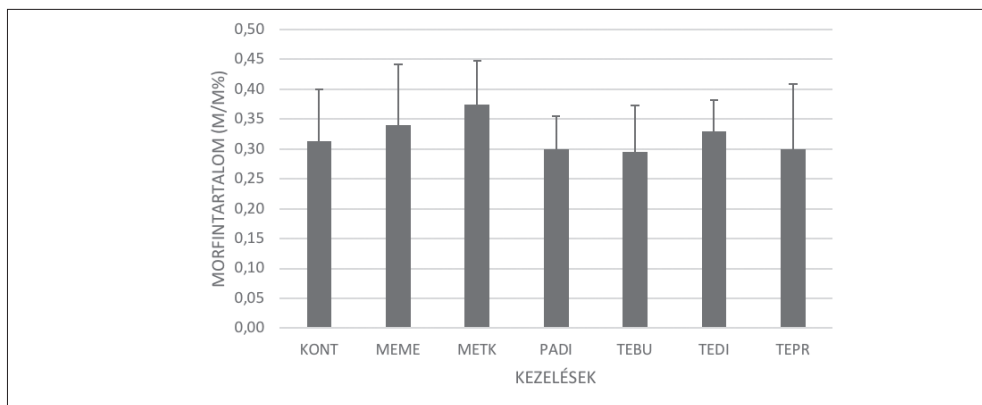


Figure 7. Morphine content of the capsules as a result of spring treatments (Nemesbikk, 2022)

Jelen cikk egy többéves kísérletsorozat első évének eredményeit mutatja be, melyben hasznos tapasztalatokat nyertünk. Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy jelen vizsgálatainkban az őszi mákban alkalmazott regulátorok hatására szignifikáns eltérések sem az áttelelésben, sem a hozam, illetve morfin tartalomban nem jelentkeztek. Ugyanakkor a kísérlet eredményei megerősítették számunkra azt, hogy a vizsgálatok folytatása, a kezelések optimalizálása érdemes. A következő vegetációs időszakokban még nagyobb ismétlésszámmal (szórások csökkentése), eltérő fagyűrő képességű mákfajták bevonásával vizsgáljuk a regulátorok hatását a mák kultúrában.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük Dr. Cziáky Zoltánnak, a Nyíregyházi Egyetem tanszéki mérnökének az alkaloidtartalom-meghatározás során nyújtott munkáját, valamint hogy módszerét rendelkezésünkre bocsátotta.

Az Innovációs és Technológiai Minisztérium KDP-2021 kódszámú Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Felhasznált irodalom

1. Bernáth J. 2001. A mák fejlődését és produkcióját befolyásoló környezeti tényezők. In: Sárkány S., Bernáth J., Tétényi P. (szerk.) A mák – *Papaver somniferum* L. Magyarország Kultúrflórája, V. kötet, 22. füzet. Akadémiai Kiadó, Budapest, 164-167.
2. Bernáth, J. and Vágújfalvi, D. 1970. Effect of CCC and DMSO on poppy. *Herba Hungarica*, 9(3): 49-60.
3. Bravo, L.A., Zúñiga, G.E., Alberdi, M. and Corcuera, L.J. 1998. The role of ABA in freezing tolerance and cold acclimation in barley. *Physiologia Plantarum*, 103(1): 17-23.
4. Dallaire, S., Houde, M., Gagné, Y., Saini, H.S., Boileau, S., Chevrier, N. and Sarhan, F. 1994. ABA and low temperature induce freezing tolerance via distinct regulatory pathways in wheat. *Plant and Cell Physiology*, 35(1): 1-9.
5. Dean, G.J. 2011. Modifying poppy growth and alkaloid yield with plant growth regulators. Szakdolgozat (Master). University of Tasmania, Hobart.
6. Földesi D. 1978. A máktermesztés új útjai. *Kertészet és szőlészet*, 27: 10.
7. Jászberényi, C. and Németh, É. 2011a. Frost tolerance of spring and winter ecotypes of poppy (*Papaver somniferum* L.). International Symposium on Papaver, Book of Abstracts, 7-11.
8. Jászberényi, C. and Németh, É. 2011b. Observation on the inheritance of some morphological characteristics of poppy (*Papaver somniferum* L.). *Kertgazdaság*, 43, 53-62.
9. Jászberényi Cs. and Németh É. 2012. Connection of frost tolerance and alkaloid accumulation potential in poppy (*Papaver somniferum* L.). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 85: 116 – 119.
10. Jászberényi, C., Varga, D., Németh, É. and Erős-Honti, Z. 2012. Histological differences between the leaves of spring and winter ecotypes of poppy (*Papaver somniferum*) varieties. In: 47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture, Opatija, Croatia, 13-17 February 2012. Proceedings, 359-362.
11. Jászberényi Cs. 2014. A mák (*Papaver somniferum* L.) fagyűrészében szerepet játszó tényezők. Doktori értekezés. BCE Kertészettudományi Kar, Budapest, 75-76.
12. Jurových, R. 2008. Ochrana maku fungicídmí BASF. In: Fejér, J., Pastirčák, M. (szerk.) Pestovanie maku siateho „Možnosti a perspektívy pestovania tradičnej plodiny na Slovensku“. Zborník z odborného seminára, 33-34.
13. Kádár A. (szerk.) 2019. Vegyszeres gyomirtás és termésszabályozás, 109-117.
14. Kozłowski, T.T. and Pallardy, S.G. 1997. Growth control in woody plants. Elsevier, 384-388.
15. Liu, X. and Hou, X. 2018. Antagonistic regulation of ABA and GA in metabolism and signaling pathways. *Frontiers in Plant Science*, 9: 251. doi: 10.3389/fpls.2018.00251
16. Nagao, M., Minami, A., Arakawa, K., Fujikawa, S. and Takezawa, D. 2005. Rapid degradation of starch in chloroplasts and concomitant accumulation of soluble sugars associated with ABA-induced freezing tolerance in the moss *Physcomitrella patens*. *Journal of Plant Physiology*, 162(2): 169-180.
17. Olasz Zs. és Tökés G. (szerk.) 1997. Hatósági regulátor és tápanyag vizsgálati módszertan. FM Növényvédelmi és Agrárkörnyezet-gazdálkodási Főosztálya, Budapest.
18. Palva, E.T., Welling, A., Tähtiharju, S., Tamminen, I., Puhakainen, T., Mäkelä, P., Laitinen, R., Li, C., Helenius, E., Boije, M., Aspegren, K., Aalto, O. and Heino, P. 2001. Cold acclimation and development of freezing and drought tolerance in plants. IV International Symposium on *In Vitro* Culture and Horticultural Breeding, Tampere, Finland, *Acta Horticulturae*, 560: 277-284.
19. Pethő M. 1993. Mezőgazdasági növények élettana. Akadémiai Kiadó, Budapest.
20. Spitzer, T. and Bílovský, J. 2017. Management of poppy (*Papaver somniferum* L.) stand seight using growth regulators. *Plant Protection Science*, 53(1): 55-60.
21. Srivastava, L.M. 2002. Plant growth and development: hormones and environment. Elsevier, 179-181.
22. Welling, A., Kaikuranta, P. and Rinne, P. 1997. Photoperiodic induction of dormancy and freezing tolerance in *Betula pubescens*. Involvement of ABA and dehydrins. *Physiologia Plantarum*, 100(1): 119-125.
23. Wiśniewski, K., Zagdańska, B. and Prończuk, M. 1997. Interrelationship between frost tolerance, drought and resistance to snow mould (*Microdochium nivale*). Proceedings of the International Symposium on Cereal Adaptation to Low Temperature Stress in Controlled Environments. Martonvásár, 221-226.

Study of the effect of plant growth regulators on the frost tolerance and production of autumn poppy

MÁJER, P.^{1,2}, SOTKÓ, GY.², ZÁMBORINÉ NÉMETH, É.¹

¹Department of Medicinal and Aromatic Plants, Institute of Horticultural Sciences, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences (MATE)

²Sotiva Seed Ltd.

E-mail: majer.peter@phd.uni-mate.hu

Summary

Mainly autumn poppy varieties are present in poppy production for food purposes. Although winter hardiness is a genetically fixed trait, ecological circumstances may significantly modify the success of cultivation. Triazoles are used in several crops for minimizing frost damage and increasing yield, however, no data are available about their effects on the frost tolerance of poppy.

The goal of our project is to reveal the effect of some plant growth regulators (PGR-s) on the overwintering and production of poppy. Results of the first year experiment are summarized in the present paper. Six treatments were applied in parallel with untreated control plots in the year 2021/22. The variety was 'Zeno Plus'. The treatments were carried out either in autumn or in spring. The frost damage decreased as result of the majority of autumn applied regulators, in the best case by 50% compared to the control. The treatments with metconazole resulted in 10-12% elevation of the seed yield and in an improved seed/capsule ratio. The autumn treatments did not influence the morphine content of the capsules. The treatment applied in spring did not change the yield and the seed ratio significantly. Metconazole treatment in spring increased the morphine content of the capsules slightly. Based on the results we conclude that continuation of the experiments and optimization of the treatments would be advised.

Keywords: overwintering, frost tolerance, triazole, *Papaver somniferum*, seed yield

Szerzők:

Májér Péter (kapcsolattartó szerző) – PhD hallgató, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet, Gyógy- és Aromanövények Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.; agronómus, Sotiva Seed Gyártó és Kereskedelmi Korlátolt Felelősségű Társaság, Tiszavasvári, Petőfi S. u. 63/A.

Sotkó Gyula – ügyvezető, Sotiva Seed Gyártó és Kereskedelmi Korlátolt Felelősségű Társaság, Tiszavasvári, Petőfi S. u. 63/A.

Zámboriné Németh Éva – DSc, egyetemi tanár, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet, Gyógy- és Aromanövények Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.