

Különböző algakészítmények hatása a mák produkciójára és alkaloidtermelésére

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

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

² Sotiva Seed Gyártó és Kereskedelmi Korlátolt Felelősségű Társaság

E-mail: peter.majer@sotiva.hu

Összefoglalás

A mák fontos gyógynövény, alkaloidjait a gyógyszeripar, magát az élelmiszeripar és a háztartások hasznosítják. Az ipari mák termesztése során a legfontosabb az egységnyi területen minél magasabb alkaloidhozam elérése. Napjainkban a mezőgazdaságban intenzíven használják az ún. növénykondicionálókat, melyek között a különböző algakészítmények kiemelt szereppel bírnak. Szabadföldi kispárcellás kísérletünkben az Asco Alga (*Ascophyllum nodosum* kivonat) és a Kelpak (*Ecklonia maxima* kivonat) algakészítmény hatását vizsgáltuk 'Meara' és 'Morgana' ipari mák fajtára. Mindkét növénykondicionáló képes volt pozitív hatást kifejteni a mák alkaloidhozamára, de a hatás fajtaspecifikus. A 'Meara' fajtában a Kelpak hatására emelkedett meg szignifikánsan, 21,6%-kal az összes alkaloidhozam, elsősorban az alkaloidkoncentráció emelkedésén keresztül. A 'Morgana' fajtánál az Asco Alga kezelés következtében nőtt jelentősen (+25,2%) ez az érték, a tokprodukción és a hatóanyagszint együttes emelkedésének következtében. Adataink szerint tehát a fajta jelentősen befolyásolja, hogy a hozamnövekedés mely hatásirányokon keresztül valósul meg. Eredményeink a máktermesztésben gyakorlati jelentőséggel is bírnak.

Kulcsszavak: alkaloid, *Ascophyllum nodosum*, biostimulátor, *Ecklonia maxima*, morfin, növénykondicionáló, *Papaver somniferum*

Effect of different algal preparations on poppy yield and alkaloid production

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

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

² Sotiva Seed Ltd.

E-mail: peter.majer@sotiva.hu

Summary

Poppy is an important medicinal plant, its alkaloids are used by the pharmaceutical industry – the most important ones are morphine, codeine and thebaine. During the cultivation of industrial poppy, the primarily important goal is to achieve the highest possible alkaloid yield per unit area. Nowadays, different biostimulants are used intensively in agriculture, among which various algae preparations play a prominent role. In this open field experiment we examined the effect of two types of algae preparations, Asco Alga (*A. nodosum* extract) and Kelpak (*E. maxima* extract) on two different poppy varieties ‘Meara’ and ‘Morgana’. Both biostimulants were able to have a positive effect on the alkaloid yield of poppy, but the effect is variety-specific. In the ‘Meara’ variety, the total alkaloid yield increased significantly, by 21.6%, primarily through an elevated alkaloid concentration. In the case of the ‘Morgana’ variety, alkaloid yield was enhanced significantly (+25.2%) in the Asco Alga treatment, due to the combined effect of capsule production and alkaloid concentration. According to our data, the variety determines whether the result is influenced primarily through an increased capsule yield and/or through an elevated alkaloid concentration. The results are of practical importance in poppy production.

Keywords: alkaloid, *Ascophyllum nodosum* biostimulant, *Ecklonia maxima*, morphine *Papaver somniferum*

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A mák (*Papaver somniferum* L.) a magyar mezőgazdaság egyik különleges növénykultúrája, melyet a világon csak néhány országban termesztenek legálisan (INCB 2021). Kettős hasznú növény: magtermése kedvelt élelmiszer, elsősorban Közép- és Kelet-Európában, valamint toktermése fontos gyógyszeralapanyag (Salamon és Fejér 2010). Kifejezetten gyógyszeripari feldolgozásra azon fajtákat termesztik, amelyek tokja nagy mennyiségben halmozza fel a kívánatos alkaloidokat (Karácsony et al. 2011). Ezek közül a legfontosabb az erős fájdalomcsillapító hatású morfin, a főként köhögéscsillapító hatásáról ismert kodein, és a tebain, ami többféle félszintetikus opioid hatóanyag kiindulási anyaga (Schiff 2002).

1. kép. Ipari mák állománya teljes virágzásban. Fotó: Májér Péter, Nagyecsed, 2021.



A mákot hazánkban döntően öntözetlen körülmények között termesztik, minek következtében a mind gyakrabban jelentkező tavaszi és nyáreleji aszályok jelentős termés kiesést okozhatnak. A szárazság ellen többféleképpen védekezhetünk a mezőgazdasági termelésben: alkalmazkodhatunk többek között az okszerű fajta- és termőhelyválasztással, vízmegőrző talajműveléssel, vagy a vetésforgó helyes alakításával (Hansen et al. 2012). A tápanyagpótlás szintén fontos elem: bár a makro- és mezoelemek pótlása elsősorban talajon keresztül célszerű, a levélen keresztül megfelelő mennyiségben és időben kijuttatott tápelemek segíthetnek a növénynek átvészelni a kedvezőtlen időszakot (Waraich et al. 2011). A lombtrágyázást nemcsak stressz állapotban használják, mivel intenzíven termesztett gazdasági növényeink esetén általában megfelelő vízellátás mellett is képesek a hozam vagy a minőségi paraméterek növelésére (Akin et al. 2012).

Újabban elterjedőben vannak az alternatív termésnövelő anyagok, melyek elsősorban nem tápelemeket tartalmaznak, hanem speciális anyagokkal hivatottak az ellenálló képesség és a produkció növekedését elérni (Du Jardin 2015; Yakhin et al. 2017). Az alternatív termésnövelők használatának a jelenlegi magyar agrártámogatási környezet is kedvez. E készítményeket biostimulátoroknak is szokták nevezni, közös jellemzőjük, hogy a növényt természetes teljesítőképességének meghaladására serkentik, függetlenül a

tápanyagtartalmuktól. Ezek a készítmények legtöbbször humuszanyagokat vagy növényi kivonatokat és hormonokat tartalmaznak (Brown and Saa 2015; Roupheal and Colla 2020). Egyik legtöbbet kutatott és legrégebben használt csoportjuk a különböző algakivonatok, melyek közül mi, kísérletünkben az *Ascophyllum nodosum* és az *Ecklonia maxima* alapú készítményekkel foglalkoztunk.

Az *A. nodosum* a barnamoszatokhoz (Phaeophyceae) sorolható tengeri algafaj, mely általánosan elterjedt az Atlanti-óceán északi partvidékein. Európában a Spitzbergáktól Portugáliáig előfordul (Bertness et al. 2014; Moreira et al. 2017). Felhasználása nagyon széles körű, a belőle készített termékek megtalálhatók élelmiszerekben, étrend-kiegészítőkben, kozmetikumokban, állati takarmányokban és különböző mezőgazdasági termékekben: talaj- és növénykondicionálókban is. Ez az alga hatékonyan halmozza fel a tengervízből a tápelemeket és számos speciális vegyületet szintetizál, melyek felhasználásának alapját képezik (Pereira et al. 2020). Nagy mennyiségben tartalmaz polifenolokat, alginátot és különböző növényi hormonokat, hormonhatású anyagokat (Wu et al. 1997; Kumari et al. 2023). Betainokat és mannitolt is szintetizál, melyek kiemelt jelentőségűek az ozmotikus alkalmazkodásban. Nagy mennyiségben megtalálhatók benne a florotanninok, melyek speciális polifenolok és csak néhány barnamoszat fajra jellemzőek (Blunden et al. 2010; Connan et al. 2004). A növényt támogató hatásért nem tudunk egy-egy összetevőt megjelölni, azok komplexen felelősek a szalicilsav-, citokinin- és auxin-jelátviteli útvonalak aktiválásáért, ezáltal fokozva a növény természetes védekezőképességét és termelését (Olaetxea et al. 2024).

Az *E. maxima* szintén a barnamoszatok osztályába sorolandó. Az Atlanti-óceán déli részén jellemző, areája Nambiától egészen Dél-Afrikai Köztársaságig húzódik. Intenzíven kutatják lehetséges gyógyászati felhasználását, a benne található fukoidán hatóanyag potenciális gyulladáscsökkentő lehet és a diabétesz kezelésében is ígéretes (Daub et al. 2020; Lee et al. 2022). Emellett különböző halak és egyéb tenyésztett vízi állatok takarmány-kiegészítésére is használható (Ngoepe et al. 2024). A növénytermesztési felhasználása hasonló az előző algafajéhoz: extraktumból biostimulátor készítményeket állítanak elő. Bár a pontos hatásmechanizmus ezen faj esetében sem teljesen ismert, elsősorban magas citokinintartalma és a brasszinoszteroidok felelősek pozitív élettani hatásáért, ami főként a gyökérnövekedés serkentésén keresztül jelentkezik (Featonby-Smith and Van Staden 1984a,b; Stirk et al. 2014). Jelentős mennyiségben tartalmaz továbbá ozmoprotektáns anyagokat (prolint, mannitolt, betainokat), poliaminokat és mikroelemeket (González et al. 2013; Papefus et al. 2012).

A nevezett algákból készített biostimulátorok hatását számos növényfaj esetén vizsgálták. Ali et al. (2016) megállapította, hogy az *A. nodosum* kijuttatása jelentős hozamnövekedést eredményezett paradicsom termesztése során. Paprikában is észlelték a termésmennyiség emelkedését a kezelés hatására (Eris et al. 1995). Kocira et al. (2018) megállapította, hogy az *E. maxima* kezelés növelte a bab hozamát és javította a termés minőségét a beltartalmi értékek leromlása nélkül. Hasonló kezelések Stasio et al. (2017) kísérleteiben a *Brassica rapa* hozamának emelkedését, az antioxidáns aktivitás és a tápelemfelvétel növekedését okozták. Különböző gyógynövénykultúrákban is beszámoltak az algakivonatok jótékony hatásairól. Pacheco et al. (2019) a biomassa és a fenolos vegyületek mennyiségének emelkedését tapasztalta cickafark növényekben *A. nodosum* kezelés hatására. Rasouli et al. (2023) az algakivonatot kombinációban alkalmazva az édeskömény illóolajában az (E)-anetol és fenkon tartalmának növekedését tapasztalta. Más kultúrában alig áll rendelkezésre hasonló, dokumentált adat, ezért kezdtük meg vizsgálatainkat 2022-ben. Hipotézisünk szerint az algalapú biostimulátorok képesek növelni az alkaloidhozamot, de

ennek mértékét és a hatáskifejtés módját nem ismerjük. Ennek ellenére a kísérletsorozat első évében a két kezelés nem volt képes szignifikánsan növelni sem a mák hozamát sem pedig az alkaloidszintet - így az alkaloidprodukción sem (Májér et al. 2022). Többek között Matysiak et al. (2012) felhívja a figyelmet arra, hogy az alkalakészítmények hatását nagyban befolyásolhatják a környezeti körülmények. 2022-ben történelmi aszály volt tapasztalható a kísérleti helyszínen, ezért indokoltnak láttuk a vizsgálatot 2023-ban megismételni, amiről jelen közleményben számolunk be.

Anyag és módszer

Vizsgálatainkat 2023-ban Nemesbikk és Oszlár külterületén végeztük 'Meara' és 'Morgana' fajtán, melyek korszerű, kifejezetten gyógyszeripari célra nemesített tavaszi mákfajták. Viráguk fehér, lila szíromfolttal, magvuk kék, száruk 90-120 cm magas. Tokjukban az összes alkaloidtartalom gépi betakarítással általában 1,8-2,5% közötti, de kézi töréssel akár a 2,5-3%-ot is elérheti. Fő alkaloidjuk a morfin, de főként a 'Morgana' kisebb mennyiségben kodeint és tebaint is felhalmoz.

Kisparcellás szabadföldi kísérletünkben a parcellák 5m² nagyságúak voltak, melyeket véletlen blokk elrendezésben helyeztünk el, a kezeléseket 4 ismétlésben vizsgáltuk. A kísérleti terület kialakításánál Olasz és Tökés (1997) módszertani ajánlásait vettük figyelembe. A mák vetését március 3-án végeztük el dupla gabona sortávolságra, 1,5 cm vetésmélységben, 0,2 g/m² vetőmagnormával. A vegyszeres gyomirtást a mákban engedélyezett mezotrión, tembotrión és fluazifop-P-butil hatóanyagú herbicidekkel végeztük pre- illetve posztemergensen.

A biostimulátorokat két alkalommal juttattuk ki, levélre permetezéssel. Az első kezelést május 22-én, a szárbaindulás elején végeztük, míg a másodikat június 14-én, a szíromhullást követően – korai zöldtokos állapotban. A máknövény a hosszú tölevélrózsás állapot után intenzíven növeli vegetatív tömegét, a virágzást követően pedig a generatív részek kialakítása is gyorsan végbemegy. A készítmények kijuttatást éppen ezért e két szakasz kezdeti fázisára időzítettük, hiszen ekkor láttuk a legnagyobb esélyt arra, hogy kedvező hatásukat kifejtsék. Az egyik kezelésben a kereskedelmi forgalomban is kapható Asco Alga (gyártó: Techsealab Company, Penmarc'h, Franciaország) nevű készítményt juttattuk ki 0,3 ml/m² mennyiségben, mely 20%-os koncentrációban tartalmazza az *Ascophyllum nodosum* tengeri alga vizes kivonatát. A kezelést a készítmény alapjául szolgáló algafaj nevéből képzett ANOD kóddal jelöltük. A másik kezelés során a Kelpak (gyártó: Kelp Products (Pty) Ltd., Muizenberg, Dél-Afrikai Köztársaság) készítményt juttattuk ki, szintén 0,3 ml/m² mennyiségben. Utóbbi az *Ecklonia maxima* alga kivonatát tartalmazza 34%-os koncentrációban. Ezt a kezelést EMAX kódnévvel láttuk el, utalva az algafaj tudományos nevére. A biostimulátorok dózisát mindkét esetben az engedélykiratukban szereplő legnagyobb dózisban határoztuk meg. A készítményeket 30 ml/m² permetlé mennyiséggel juttattuk ki, tehát a készítmények koncentrációja a permetlében 1% volt. A kezeletlen kontrollt, ami csak vizes permetezést kapott, KONT kóddal jelöltük.

A teljes érést és leszáradást követően négyzetméterenként kézzel takarítottuk be a tokterméseket, szár nélkül, közvetlenül a gallér alatt törve, július 15-én. A terméseket feltörtük, majd a tok és a mag frakciókat hengerrosta segítségével elkülönítettük, azok tömegét külön-külön megmértük. Minden parcella homogénizált tokterméséből mintát vettünk, majd azt porrá őröltük. Ebből az őrleményből került meghatározásra a három fő alkaloid (morfin, kodein, tebain) koncentrációja, parcellánkénti ismétlésben, HPLC módszerrel, a korábban közölt beállításokkal (Májér et al. 2022).

A vizsgált toktermések morfintartalmára a fajta ($p < 0,05$), a kezelés ($p < 0,05$) és a kettő interakciójának ($p < 0,001$) hatása is szignifikáns volt, míg a kodeintartalom esetében a fajta és a kezelés hatásai is szignifikánsnak bizonyultak, ellenben kettő közötti kölcsönhatás nem. A tebain tartalomra kizárólag a fajta főhatása volt szignifikáns, sem a kezelés, sem az interakció nem mutatott statisztikailag igazolható különbséget. Az összesített alkaloidtartalom vizsgálata során érdekes módon azt tapasztaltuk, hogy a fajta hatása nem szignifikáns, a kezelés, illetve a két tényező interakciója ugyanakkor igen.

Az alkaloidkoncentrációra vonatkozó eredményeket a 2. táblázat mutatja be. A 'Meara' fajta esetében a kezeletlen kontrollnövények morfintartalma 2,00% volt átlagosan, míg kodeinből 0,16%-ot, tebainból pedig 0,02% volt mérhető. Az ANOD kezelés ezen fajtánál a morfintartalmat statisztikailag nem befolyásolta, a kodein (0,12%) és tebain (0,00%) szintjét azonban szignifikánsan csökkentette. Az összes alkaloidtartalom változatlan maradt: az ANOD kezelés és a kontroll minták is 2,18%-os eredményt mutattak. Az EMAX kezelés hatására a kodein és a tebain szintje sem különbözött statisztikailag a kontrollétől, az ANOD kezelés értékeit azonban mindkettő meghaladta. Ezzel szemben a morfintartalom, és ezáltal az összes alkaloidtartalom jelentősen emelkedett (2,18-2,34%).

A 'Morgana' kontroll mintáinak átlagos morfintartalma 1,97% volt, míg kodeinből 0,19%-ot, tebainból pedig 0,10%-ot halmozott fel a toktermésében – az alkaloidok együttes szintje így 2,26%. Az ANOD kezelés a morfintartalmat, és ezen keresztül az összes alkaloidtartalmat is szignifikánsan növelte, míg a kodein és a tebain szintjét nem befolyásolta a kontrollhoz képest. Ezzel szemben az EMAX kezelés a morfintartalmat, a kodein és az alkaloidok összesített szintjét is csökkentette, a tebain koncentrációjának változatlansága mellett.

A gyógyszeripari mák termelésének célja, hogy az értékes alkaloidokból minél nagyobb mennyiséget termeljünk meg egységnyi földterületen. Az alkaloidtermés a száraz toktermés mennyiségének és a benne található összes hatóanyagkoncentrációnak a szorzata, így a különböző termésmenvelő anyagok ezen két hatásirányon keresztül befolyásolhatják a termesztés eredményességét. A 1. ábrán ezt a mutatót részletezzük.

A 'Meara' fajta összes alkaloidtermése $1,25 \text{ g/m}^2$ volt, míg ugyanez az érték a 'Morgana' fajtában $1,39 \text{ g/m}^2$. Az algás kezelések hatására az alkaloidhozam mindkét fajtában emelkedett, azonban szignifikáns különbség eltérő fajta-kezelés párosítások esetén jelentkezett. A 'Meara'-mintáiban az EMAX hatására mutattunk ki szignifikáns, 21,6%-os emelkedést, míg a 'Morgana'-ra az ANOD kezelés gyakorolt statisztikailag kimutatható pozitív hatást (+25,2%).

2. táblázat. A két különböző mákfajta toktermésének alkaloidtartalma (m/m%) a kezelések hatására (Nemesbikk, Oszlár, 2023)

Hatóanyag	Kezelés	‘Meara’ fajta	‘Morgana’ fajta	Szign.*
morfin (m/m%)	KONT	2,00±0,18 aA	1,97±0,28 bA	
	ANOD	2,06±0,27 aA	2,16±0,09 cA	F: p<0,05
	EMAX	2,18±0,10 aB	1,83±0,04 aA	K: p<0,05
	Kezelések átlaga	2,08	1,99	I: p<0,001
kodein (m/m%)	KONT	0,16±0,00 aA	0,19±0,04 aB	
	ANOD	0,12±0,02 aA	0,17±0,01 aB	F: p<0,001
	EMAX	0,14±0,01 aA	0,16±0,02 aB	K: p<0,001
	Kezelések átlaga	0,14	0,17	I: p=0,167
tebain (m/m%)	KONT	0,02±0,01 aA	0,10±0,08 aB	
	ANOD	0,00±0,00 aA	0,11±0,05 aB	F: p<0,001
	EMAX	0,01±0,01 aA	0,10±0,02 aB	K: p=0,809
	Kezelések átlaga	0,01	0,10	I: p=0,370
fő alkaloidok összesen (m/m%)	KONT	2,18±0,17 aA	2,26±0,26 bA	
	ANOD	2,18±0,29 aA	2,43±0,07 cA	F: p=0,472
	EMAX	2,34±0,08 bA	2,09±0,06 aA	K: p=0,079
	Kezelések átlaga	2,23	2,26	I: p<0,001

A számértékek melletti kisbetűk a kezelések közötti szignifikáns eltéréseket, a nagybetűk pedig a fajták szignifikáns ($p<0,05$) különbségét mutatják. *Az F, K, I betűk az egyes hatások szignifikancia szintjét jelzik. F: fajta, K: kezelés, I: fajta x kezelés interakciója.

Lowercase letters next to the numerical values indicate significant differences between treatments, and uppercase letters indicate significant ($p<0,05$) differences between varieties. *The letters F, K, I indicate the significance level of each effect. F: variety, K: treatment, I: variety x treatment interaction.

Table 2. Alkaloid content (m/m%) of the capsules of the two different poppy varieties as result of the treatments (Nemesbikk, Oszlár, 2023)

1. ábra. A területegységre jutó összes alkaloidhozam alakulása a kezelések hatására (g/m^2) (Nemesbikk, Oszlár, 2023). A számértékek melletti kisbetűk a kezelések közötti szignifikáns ($p < 0,05$) eltérést jelzik

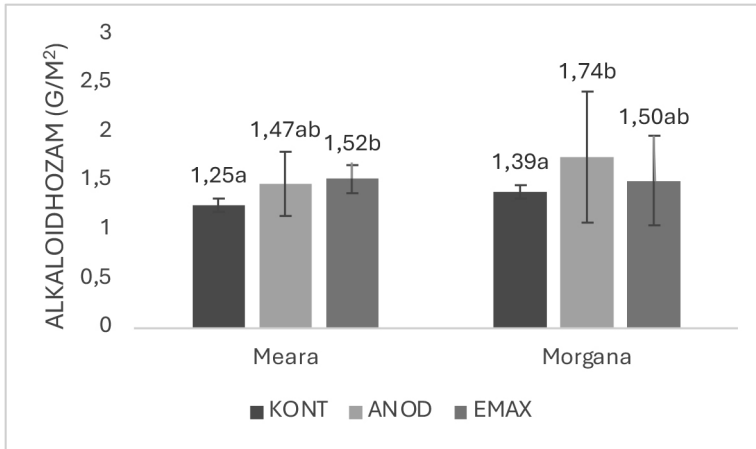


Figure 1: Total alkaloid yield per unit area as a result of treatments (g/m^2) (Nemesbikk, Oszlár, 2023). Lowercase letters next to numerical values indicate significant ($p < 0,05$) differences between treatments

Következtetések

Eredményeink alapján elmondható, hogy a vizsgált algaalapú biostimulátorok 2023-ban képesek voltak növelni a mák tokprodukciónak, az alkaloidok felhalmozási szintjét, ezeken keresztül pedig a területegységre vetített alkaloidhozamot is. Ugyanakkor a kísérletünk eredményei azt is bizonyítják, hogy a vizsgált kezelések hatása nem ugyanaz az egyes ipari mák fajtákra: a válaszreakciók erősen függenek a fajtától; így a gyakorlati felhasználás során ezt kiemelten figyelembe kell venni. Hasonló eredményt kaptunk a mák mag hozamával kapcsolatban is. Míg a magasabb maghozamú 'Morgana' fajta eredményét már nem javította tovább egyik kezelés sem, a 'Meara' fajta kisebb értékeit a kezelések képesek voltak némileg növelni. Összességében a 'Meara' fajta alkaloidtermését az *E. maxima* algakészítmény növelte szignifikánsan, elsősorban az alkaloidszint emelésével. Ezzel szemben a 'Morgana' eredményét a másik kezelés, az *A. nodosum* volt képes javítani, kétféle hatásirányon keresztül: a felhalmozási szint mellett a tokprodukciónak is jelentősen nőtt. A megfigyelések alátámasztják gyakorlati tapasztalatainkat, miszerint az optimális hatóanyagtartalom eléréséhez a fajtaválasztásnak és a természetesi technológiának – így a növénykondicionálók használatának is – gondos összehangolása szükséges. Az alga alapú biostimulátorok protektív hatása valószínűleg hozzájárul a zavartalan alkaloidszintézishez szükséges komplex feltételrendszer optimalizálásához. A máknövény jó általános kondíciója segítheti a gyógyászati értékes morfinán alkaloidok képződését, többek között a szárstruktúra erősítésével, hiszen az alkaloidszintézis itt, a tejedényrendszerben történik. Az algakivonatok hatása természetesen esetleges gén vagy enzimindukciós folyamatokon keresztül is megnyilvánulhat, de ennek igazolása további kutatást igényel.

Köszönetnyilvánítás

A KDP-5-3/2022 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a KDP-2021 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Felhasznált irodalom

1. Akin, A., Dardeniz, A., Ates, F., & Celik, M. 2012. Effects of various crop loads and leaf fertilizer on grapevine yield and quality. *Journal of plant nutrition*, 35(13), 1949-1957.
2. Ali, N., Farrell, A., Ramsubhag, A., & Jayaraman, J. 2016. The effect of *Ascophyllum nodosum* extract on the growth, yield and fruit quality of tomato grown under tropical conditions. *Journal of applied phycology*, 28(2), 1353-1362.
3. Bertness, M. D., Bruno, J. F., Silliman, B. R., & Stachowicz, J. J. 2014. Marine community ecology and conservation.
4. Blunden, G., Morse, P. F., Mathe, I., Hohmann, J., Critchley, A. T., & Morrell, S. 2010. Betaine yields from marine algal species utilized in the preparation of seaweed extracts used in agriculture. *Natural product communications*, 5(4), 1934578X1000500418.
5. Brown, P., & Saa, S. 2015. Biostimulants in agriculture. *Frontiers in plant science*, 6, 671.
6. Connan, S., Goulard, F., Stiger, V., Deslandes, E. & Ar Gall, E. 2004 Interspecific and temporal variation in phlorotannin levels in an assemblage of brown algae. *Botanica Marina*, 47(5), 410-416.
7. Daub, C. D., Mabate, B., Malgas, S., & Pletschke, B. I. 2020. Fucoidan from *Ecklonia maxima* is a powerful inhibitor of the diabetes-related enzyme, α -glucosidase. *International journal of biological macromolecules*, 151, 412-420.
8. Du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia horticulturae*, 196, 3-14.
9. Eris, A., Sivritepe, H. Ö., & Sivritepe, N. 1995. The effect of seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract on yield and quality criteria in peppers. In: I. International Symposium on Solanacea for Fresh Market 412, 185-192.
10. Featonby-Smith, B. C., & Van Staden, J. 1984a. Identification and seasonal variation of endogenous cytokinins in *Ecklonia maxima* (Osbeck) Papenf. *Botanica Marina*, 27, 527-531.
11. Featonby-Smith, B. C., & Van Staden, J. 1984b. Cytokinins in *Ecklonia maxima* and the effect of seaweed concentrate on plant growth. PhD thesis. University of Natal, Pietermaritzburg.
12. González, A., Castro, J., Vera, J., & Moenne, A. 2013. Seaweed oligosaccharides stimulate plant growth by enhancing carbon and nitrogen assimilation, basal metabolism, and cell division. *Journal of Plant Growth Regulation*, 32(2), 443-448.
13. Hansen, N. C., Allen, B. L., Baumhardt, R. L., & Lyon, D. J. 2012. Research achievements and adoption of no-till, dryland cropping in the semi-arid US Great Plains. *Field Crops Research*, 132, 196-203.
14. INCB 2021. Narcotic Drugs 2020 – Estimated World Requirements for 2021 – Statistics for 2019. United Nations, Vienna.
15. Karácsony, P., Tóth, K., Pinke, G., & Pál, R. 2011. Amagyarországi máktermelésről. *GAZDÁLKODÁS: Scientific Journal on Agricultural Economics*, 55(5), 529-533.
16. Kocira, A., Świeca, M., Kocira, S., Złotek, U., & Jakubczyk, A. 2018. Enhancement of yield, nutritional and nutraceutical properties of two common bean cultivars following the application of seaweed extract (*Ecklonia maxima*). *Saudi journal of biological sciences*, 25(3), 563-571.

17. Kumari, S., Sehrawat, K.D., Phogat, D., Sehrawat, A.R., Chaudhary, R., Sushkova, S.N., Voloshina, M.S., Rajput, V.D., Shmarava, A.N., Marc, R.A., & Shende, S. S. 2023. *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, a Pivotal Biostimulant toward Sustainable Agriculture: A Comprehensive Review. *Agriculture* 2023, 13, 1179.
18. Lee, H. G., Nagahawatta, D. P., Liyanage, N. M., Jayawardhana, H. H. A. C. K., Yang, F., Je, J. G., Kang, M.C., Kim, H.S, Jeon, Y. J. 2022. Structural characterization and anti-inflammatory activity of fucoidan isolated from *Ecklonia maxima* stipe. *Algae*, 37(3), 239-247.
19. Marysiak, K., Kaczmarek, S., & Kierzek, R. 2012. Effect of algae *Ecklonia maxima* (Kelpak SL) on winter oilseed rape. *Rośliny Oleiste*, 33(1), 81-88.
20. Májer, P., Sotkó, G. & Zámorinó Németh, É. 2022. Terménövelő anyagok szerepe az aszály okozta stresszhatások kivédésében ipari mák kultúrában. *Kertgazdaság*, 54(4), 51-65.
21. Moreira, R., Sineiro, J., Chenlo, F., Arufe, S., & Díaz-Varela, D. 2017. Aqueous extracts of *Ascophyllum nodosum* obtained by ultrasound-assisted extraction: effects of drying temperature of seaweed on the properties of extracts. *Journal of Applied Phycology*, 29(6), 3191-3200.
22. Ngoepe, T. K., Okpeku, M., Mbokane, E. M., Madibana, M. J., Maulu, S., Mphalo, S. J., Nemakhavhani, R. L. & Ndlela, S. Z. 2024. Potential of *Ecklonia maxima* as a feed supplement in aquafeed: a review. *Cogent Food & Agriculture*, 10(1), 2435586.
23. Olaetxea, M., Garnica, M., Erro, J., Sanz, J., Monreal, G., Zamarréno, A. M., & García-Mina, J. M. 2024. The plant growth-promoting effect of an *Ascophyllum nodosum* (L.) extract derives from the interaction of its components and involves salicylic-, auxin- and cytokinin-signaling pathways. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 11(1), 190.
24. Olasz, Z. & Tökés, G. 1997. Hatósági regulátor és tápanyag vizsgálati módszertan. FM Növényvédelmi és Agrárkörnyezet-gazdálkodási Főosztálya, Budapest.
25. Pacheco, A. C., Sobral, L. A., Gorni, P. H., & Carvalho, M. E. A. 2019. 'Ascophyllum nodosum' extract improves phenolic compound content and antioxidant activity of medicinal and functional food plant '*Achillea millefolium*' L. *Australian Journal of Crop Science*, 13(3), 418-423.
26. Papenfus, H. B., Stirk, W. A., Finnie, J. F., & Van Staden, J. 2012. Seasonal variation in the polyamines of *Ecklonia maxima*. *Botanica Marina*, 55(5), 539-546.
27. Pereira, L., Morrison, L., Shukla, P. S. & Critchley, A. T. 2020. A concise review of the brown macroalga *Ascophyllum nodosum* (Linnaeus) Le Jolis. *Journal of Applied Phycology*, 32(6), 3561-3584.
28. Rasouli, F., Nasiri, Y., Hassanpouraghdam, M. B., Asadi, M., Qaderi, T., Trifa, A., Strzemski, M., Dresler, S. & Szczepanek, M. 2023. Seaweed extract and arbuscular mycorrhiza co-application affect the growth responses and essential oil composition of *Foeniculum vulgare* L. *Scientific Reports*, 13(1), 11902.
29. Roupshael, Y., & Colla, G. 2020. Biostimulants in agriculture. *Frontiers in plant science*, 11, 40.
30. Salamon, I., & Fejer, J. 2010). Poppy cultivation in Slovakia. In: XXVIII. International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): A New Look at Medicinal and 925, 249-255.
30. Schiff, P. L. 2002. Opium and its alkaloids. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 66(2), 188-196.
31. Stasio, E. D., Roupshael, Y., Colla, G., Raimondi, G., Giordano, M., Pannico, A., El-Nakhel, C. & Pascale, S. D. 2017. The influence of *Ecklonia maxima* seaweed extract on growth, photosynthetic activity and mineral composition of *Brassica rapa* L. subsp. *sylvestris* under nutrient stress conditions. *European Journal of Horticultural Science*, 82 (6), 286-293.
32. Stirk, W. A., Tarkowská, D., Turečová, V., Strnad, M., & Van Staden, J. 2014. Abscisic acid, gibberellins and brassinosteroids in Kelpak®, a commercial seaweed extract made from *Ecklonia maxima*. *Journal of applied phycology*, 26(1), 561-567.

33. Waraich, E. A., Ahmad, R., & Ashraf, M. Y. 2011. Role of mineral nutrition in alleviation of drought stress in plants. *Australian journal of crop science*, 5(6), 764-777.
34. Wu, Y., Jenkins, T., Blunden, G., Whapham, C., & Hankins, S. D. 1997. The role of betaines in alkaline extracts of *Ascophyllum nodosum* in the reduction of *Meloidogyne javanica* and *M. incognita* infestations in tomato plants. *Fundamental and applied nematology*, 20(2), 99-102.
35. Yakhin, O. I., Lubyarov, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in plant science*, 7, 2049.
36. *1. táblázat*. A két fajta tok- és magprodukcója a kezelések hatására (Nemesbikk, Oszlár, 2023).

Szerzők:

Májer Péter – PhD hallgató, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet, Gyógy- és Aromanövények Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.; agrónómus, 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.