

Biostimulátorok hatása a dió (*Juglans regia* L.) termésminőségére és magbél fenolos összetevőire

SIMON GERGELY¹, BUJDOSÓ GÉZA², OZAN TEVFIK ALP¹, SHERIF MEHMETI¹,
OLÁH RICHÁRD³, VÉGVÁRI GYÖRGY⁴, FICZEK GITTA¹

¹Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet,
Gyümölcsstermesztési Tanszék, Budapest

²Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet,
Gyümölcsstermesztési Kutatóközpont, Budapest

³Aro-Peritum Kft. Diósvizlő

⁴Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Természettudományi Kar,
Szőlészeti és Borászati Intézet, Eger

E-mail: Simon.Gergely@uni-mate.hu

Összefoglalás

A biostimulátorok különböző hatásokkal rendelkezhetnek a növényekre. Jelen cikkben a levélen keresztül kijuttatott, ökológiai termesztésben is engedélyezett biostimulátorok (Wuxal Ascofol, Kondisol, Alga K Plus) 'Alsószentiváni 117' diófajta termésének minőségére és beltartalmi értékeire gyakorolt hatását kívánjuk bemutatni. A kísérlet szabadföldi kezelése a Hilltop Kft. Kocson található dió gyümölcsösében került beállításra. A vizsgált dióminták esetében a következő paramétereket vizsgáltuk: terméshossz, termésátmérő, termés tömege, magbél-tömege és a magbél polifenol profilja.

A biostimulátor kezelések mindkét vizsgálati évben a vizsgált fajta termésének legtöbb fizikai paramétereire (terméshossz, átlagos termésméret, magbél tömeg és magbél arány) kedvező hatást gyakoroltak.

2020-ban a melegebb kora tavaszi időjárási és kedvezőbb termékenyülési viszonyok mellett, a Kondissal kezelt magbelek klorogénsav- és kvercetin-tartalma magasabb volt, mint a kontrollban. Valamennyi vizsgált biostimulátor pozitív hatással volt a katechin- és rutin-tartalomra, valamint a Wuxal Ascofol és Kondissal végzett kezelések növelték a magbél juglontartalmát is.

2021-ben, amikor szokásos tavaszi időjárás volt, csak a Kondisol kezelések voltak pozitív hatással a katechin- és klorogénsav-tartalomra a kontrollhoz képest. Az Alga K Plus kezelés eredményezte a magbél legmagasabb rutin- és a kvercetin-tartalmát. A juglontartalom ebben az évben csökkent a kontrollhoz képest.

A pirokatechin-, fahéjsav- és gallussavtartalom (kivéve a 2021-es Wuxal Ascofol kezelést) minden kezelés esetében mindkét vizsgálati évben alacsonyabb volt, mint a kontroll terméseké. A fásszárú gyümölcsfajok esetében biostimulátorok alkalmazásának hatásossága, az arra adott válaszreakció nagymértékben függ az időjárási viszonyoktól.

Kulcsszavak: dió (*Juglans regia* L.), mag, HPLC, fenolos vegyületek, biostimulátorok

Bevezetés

Világszerte élénk érdeklődés övezi a dióféléket, termelésük számos országban erőteljesen növekvő tendenciát mutat. Az elmúlt két évtizedben a nemes - vagy királydió - (*Juglans regia* L.) termelése a szárított héjas dió mennyisége alapján évente mintegy 20%-kal nőtt. Jelenleg világszerte 3,5 millió tonna a betakarított szárított héjas dió mennyisége (FAO 2023). Hazánkban a dió ökológiai igénye hasonló a borszőlőhöz (*Vitis vinifera* L.) (Nyitrai et al. 2022) és a kajszizhoz (*Prunus armeniaca* L.) (Mendelné et al. 2023). A dió termőterülete az elmúlt három évtizedben megduplázódott, 6000 ha-ra nőtt, a termelés pedig elérte az évi 6000 tonna szárított héjas diót (FAO 2023). A nagy, legalább 32 mm termésátmérőjű diófajták a legértékesebbek a héjasdió piacon (Sutyemez et al. 2016, 2022; Vahdati et al. 2019; Lordănescu et al. 2021; Sokolova 2022; Özcan et al. 2022; Paunović és Rade 2023). A természetőknek lehetőségük van a dió méretének növelésére és a magvak fenolos vegyület-tartalmának növelésére is. A fenolos vegyületek közül az ellagsav, a ferulinsav, a galluszsav, a katechin, a vanillinsav, a kávésav, a szinapinsav, a szalicilsav, a rutin és az epikatekin bőségesen fordult elő a magban és a maghéjban (Colaric et al. 2005; Gharibzahedi et al. 2014; Bujdosó et al. 2014; Kónya et al. 2015; Trandafir et al. 2016/a; Rahmani et al. 2018; Trandafir és Cosmulescu 2020; Kafkas et al. 2020; Medic et al. 2021/a, 2021/b; Shen et al. 2021; Li et al. 2023; Wu et al. 2023). A különböző publikációk arról számolnak be, hogy három különböző formában jelennek meg a fenolos anyagok, de a nagyságrendbeli sorrendjük mindig azonos. A fenolos anyagok legnagyobb mennyisége szabad formában van jelen, ennek aránya 51,1%-75,8%, ezt követi a kötött forma (17,7%-38,0%) és az észterezett forma (1,3%-18,7%) (Persic et al. 2018/a; Wu et al. 2021, 2023; Wang et al. 2022). A fenolos vegyületek fő forrása a maghéj (Colaric et al. 2005; Persic et al. 2018/a; Medic et al. 2021/a; Sheng et al. 2021; Jin et al. 2022), amely a magban található összes fenolos vegyület mintegy 95%-át tartalmazza (Slatnar et al. 2015). Pozitív és nagyon erős korrelációt találtak a maghéjban lévő szabad, észterezett és kötött formákban lévő összes fenoltartalom és a belsőmaghéj színe között (0,920; 0;990, 0,940) (Wang et al. 2022). A sárga színű belső maghéjjal rendelkező magbelek magasabb összes fenol és flavonoid tartalommal rendelkeznek, mint a vörös maghéjú magvak (Trandafir et al. 2016/b, Persic et al. 2018/b). Mivel a dió esetében még nem alkalmaznak semmilyen termésritkítási technológiát, ezért a fajtamegválasztás, és a fajtában rejlő genetikai potenciál mellett, a biostimulátorok alkalmazása az egyetlen lehetőség, amellyel a termés fizikai paraméterei és a fenolos anyagok mennyisége növelhető. A növényi biostimulátorok alkalmazása pozitív hatást fejt ki mind a látható külső, mind a mérhető belső paraméterekre, használatukra leginkább a légyszárú növények esetében van példa, de sikeresen alkalmazzák a benziladenint a gyümölcsfaiskolai termesztésben az oltványok elágazódásának fokozására is (Magyar és Hrotkó 2002). Továbbá a biostimulátorok (Kelpak® 0,3%, Yeald Plus® 1,5%, Bistep 0,5% dózisban) pozitívan befolyásolták a konténeres cserjék növekedését javítva piaci értéküket (Kovács

et al. 2017). Növelték a különböző növények terméshozamát a bab (Lammas et al. 2022), árpa (Lakic et al. 2022), tavaszi búza (Lozowicka et al. 2022), búza (Iwaniuk et al. 2022), paprika (Ombódi és Toók 2022), valamint a burgonya (Mystkowska et al. 2022) esetében. Földimogyoró esetében a biostimulátorok alkalmazása 25%-kal növelte a hozamot a kontrollhoz képest (Khudaykulov et al. 2021). A tavaszi árpánál a biostimulátor kezelés jelentősen növelte a kalászok hosszát és 30-31%-kal a szemek tömegét is (Lammas et al. 2022), a kukorica esetében is hasonló hatásokat tapasztaltak (Ajaj et al. 2020). A bab hüvelyenkénti magszáma 22%-kal nőtt (Lammas et al. 2022), a földimogyoró olajtartalma 2%-ról 7%-ra nőtt a biostimulátor kezelés következtében (Khudaykulov et al. 2021). A tavaszi árpa fehérjetartalma 11,9%-kal 12,8%-ra nőtt a Restart Zh használatával (Lakic et al. 2022). Az 'Oita 4' mandarinfajta esetében a könnyen extrahálható, glomalinnal összefüggő talajfehérje kijuttatása kombinálva természetstechnológiai kezelésekkel (gyümölcscsacsokzás, fényvisszaverő fólia talajtakarás és agroszövet) pozitív hatással volt a gyümölcsminőségére (gyümölcsszíneződés, reológiai jellemzők, gyümölcsméretparaméterek, gyümölcsvelőkihozatal mértéke) (Lei et al. 2023). Szamóca esetében a biostimulátorok pozitív hatást gyakoroltak a terméshozamra és az összes antocianintartalomra, ezzel szemben nem volt hatásuk az összes cukor- és savtartalomra (Popovic et al. 2022). Arra is volt példa, hogy a biostimulátor kezelések csökkentették a tavaszi búza (Lozowicka et al. 2022) és a tavaszi árpa (Lammas és mtsai 2022) magvak mikotoxin szennyezettségét. A kelet-bolgár körülmények között a 'Lozen 1' korianderfajta illóolajtartalma 2,9%-ról 9,6%-ra nőtt a biostimulátor kezelések (Fertigrain biostimulátor 1,26%-os töménységben és a Masterblend lombtrágya 1,25%-os koncentrációban) hatására (Georgieva et al. 2022). Olajos magvak esetében a HL100, HLN55 és TH1 biostimulátorok 20%-os töménységben történő alkalmazása csökkentette a telített (3,5%-kal, 1,74%-kal és 4,7%-kal) és többszörösen telítetlen zsírsavak mennyiségét (2,74%-kal, 0,59%-kal és 3,1%-kal), azonban az egyszerűen telítetlen zsírsavtartalom (0,99%-kal, 0,58%-kal, 1,47%-kal) nőtt (Petrova et al. 2023). A kálium (K) lombtrágyák (pl. Alga K Plus – 1% töménységben) kijuttatása a 'Zéta' borszőlőfajta esetében mérsékelt, de mérhetően növelte a fürttömeget. Ezzel párhuzamosan növelte a must cukortartalmát és az érési folyamatokat is a kontrollhoz képest. Ezek az eredmények rámutattak a kálium (K) lombtrágyázás pozitív hatásaira az érés során olyan tökékek esetében, amelyek káliumhiányban szenvednek (Zsigrai és Juhász 2000).

Jelenleg nincs adat a biostimulátorok alkalmazásának héjas termésűekre gyakorolt hatásairól, ezért szükséges dió esetében alkalmazásuk lehetséges hatásait kísérletekben megvizsgálni. Jelen kísérleti munka célja az alkalmazott különböző biostimulátor kezelések a termésméretparaméterekre, valamint a diómag egyes fenolos vegyületeinek mennyiségére gyakorolt hatásának vizsgálata volt termő dióültetvényben hazai körülmények között.

Anyag és módszer

A vizsgált növényanyag és növényállomány

A kísérletet szabadföldi kezelése a Hilltop Kft. Kocson található dió gyümölcsösében került beállításra (GPS koordináták 47°34'57" É, 18°15'04" K, 193 m tengerszint feletti magasság). Az ültetvény 1999 őszén létesült 10 x 10 m-es térállásban 'Alsószentiváni 117' nemes fajtával *Juglans regia* magoncalanyokra oltva, és hagyományos központi tengelyes koronaforma került kialakításra. A dióültetvényben a kísérlet időtartama alatt öntözés nem volt. A kísérleti ültetvény fái

30 - 50 cm hosszúságú éves hajtásnövekedéssel rendelkeztek, amely közepes növénykondícióra utal. A vizsgált fajta - 'Alsószentiváni 117' - a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Gyümölcskutató Központ Budapest – Érd diónemesítési programjából származik, korai – április eleji - fakadási időponttal és korai - szeptember második dekádja – szüreti időponttal rendelkezik. Az 'A 117' hímelőző virágzású és kölcsönösen együtt virágzik az 'Alsószentiváni 118', amely az ültetvényben a pollenadó fajta volt. Termése ovális alakú 33-35 mm-es átmérővel, a magbél arány 40-45%, a csonthéj és a maghártya színe egyaránt világosbarna (Bujdosó et al. 2022).

Talajtani és klimatikus jellemzők

A kísérleti ültetvény agyagos talajon került eltelepítésre (AK = 49), amely közepes kötöttséget mutat (Dobos et al. 2010), mésztartalma magas (pH = 7,5, teljes mésztartalom a felső 120 cm-es rétegben 5%), a humusztartalom (0,8-1,5%). A termőhely meteorológiai viszonyait az 1. táblázat mutatja be. A 2020-as tavasz melegebb volt a bibevirágzás fogadóképessége idején, mint 2021 tavasza.

1. táblázat. A vizsgálati időszak meteorológiai adatai (2020 és 2021)

Paraméter/Parameters	2020	2021
évi középhőmérséklet/average yearly temperature	11,4 °C	10,6 °C
középhőmérséklet a vegetációs időszakban/ average yearly temperature during the growing season, March–September	16,1 °C	15,4 °C
fagyos éjszakák száma a tavaszi időszakban, március – május/ number of frosty nights during spring, between March and May	28	34
tavaszi időszak átlagos léghőmérséklete március – május/ average air temperature during spring, between March and May	2,5 °C	2,9 °C
átlaghőmérséklet a bibe fogékonysági időszakában/ average air temperature during the pistillate flowering receptivity	11,6 °C	9,6 °C
fagyos éjszakák száma a bibe fogékonysági időszakában/ days with frosty nights during the pistillate flowering receptivity	1	2
éves átlagos fényáram/average yearly luminous flux in l/m ² /day	1015 l/m ² /nap	996 l/m ² /nap
éves napsütése órák száma/annual average of sunshine hours	2065	2001
éves átlagos csapadékmennyiség/average yearly precipitation	434,1 mm	404,5 mm

Table 1. Meteorological data during the data collection in 2020 and 2021

Alkalmazott kezelések

A kísérletben alkalmazott biostimulátorok kispárcellás kísérlet keretében kerültek kijuttatásra azonos dió táblában. Kezelésenként 10-10 minta diófát választottunk ki úgy, hogy az reprezentálja a terület eltérő termesztési viszonyait. Kezelésenként (három biostimulátor és a kezeletlen kontroll) öt ismétlést alkalmaztunk, ahol egy minta 50 dióból állt, így kezelésenként 250 dió fizikai paramétereit egyedileg mértük. Három, kereskedelmi forgalomban is kapható az ökológiai gazdálkodásban is használható biostimulátor hatását vizsgáltuk a termésméret növelés és a dió minőségének javítása érdekében: a Wuxal Ascofol (Kwizda Agro Hungary Kft.), az Alga K Plus (Leili Agrochemistry Co. LTD) és a Kondisol (Huminizs Kft.). Minden vizsgált biostimulátort a termékleírásnak és az utasításoknak megfelelően alkalmaztunk.

Használt biostimulátorok:

Wuxal Ascofol: Ez a biostimulátor a sárga algák csoportjába tartozó *Ascophyllum nodosum* tengeri moszattól származó algakivonatokból került előállításra. Hatóanyagai N – 30 g/l; K – 20 g/l; B – 38 g/l; Mn – 10 g/l; Zn – 6,3 g/l. A csonthéjas fajok esetében a termés méretnövelésére (a sejtsztódás és a megnyúlásos növekedés serkentésére) javasolt adag 3 l/ha. A kijuttatás módja a kilombosodás utáni levélpermetezés volt, amikor a levélfelület már kellően fejlett volt. Természetes növényi hormontartalmának köszönhetően növeli a növények stressztűrő képességét, különösen a termésnövekedés korai szakaszában, serkenti a sejtsztódást és a sejmegnyúlást, amely a termések minőségi és mennyiségi mutatóinak a javulását eredményezi. Magas mikroelem-tartalmának köszönhetően elősegíti a terméskötődést és erősíti a növények természetes ellenálló képességét, javítja a fagyűrő képességet (Internet 1.).

Alga K Plus: Nagyon magas kálium- (K_2O 30%) és alगतartalmú biostimulátor lombtrágya. A benne található algakivonat és a kálium kombinációja nagyon hatásos lehet a dió esetében figyelembe véve a dió magas káliumigényét. Alkalmazása a legtöbb gyümölcsfajnál az érés kezdetétől javasolt. Az algakivonat és a kálium kombinációja hatékonyan javítja a gyümölcs minőségét, különösen a cukor- és szárazanyagtartalmat, az íz- és zamatanyagok mennyiségét, hozzájárul a piacképes szín kialakulásához. A szőlő és a gyümölcsök esetében a termés minőségének javítására, a cukortartalom növelésére, a színeződés elősegítésére javasolt dózis 3-5 kg/ha, a maximális koncentráció 0,7-1,0%. Az Alga K Plus kezelés dózisa a kezelt dió ültetvényben 3 kg/ha volt (Internet 2.)

Kondisol: A Kondisol termékcsalád élettani hatása elsősorban a különböző méretű huminsavaknak és fulvosavaknak köszönhető. Ezen kívül a termékek enzimeket, koenzimeket, poliszacharidokat, különféle makro-, mikro- és mezelemeket tartalmaznak. Hatásmechanizmusuk, hogy a huminsavak „hordozó” szerepet töltenek be, hozzájárulva a makro-, mikro- és mezelemek gyorsabb felvételéhez és jobb hasznosulásához, mivel fémionokat adszorbeálnak fémhumátok formájában. A huminsavak oxigénszállító és légzőfolyamat-gyorsító hatásának köszönhetően (serkentik a peroxidáz aktivitást) a Kondisol fokozza a gyökérképződést, a növénynövekedést, az enzimaktivitást és a fehérjeszintézist, ami termésnövekedést eredményez. Alkalmazható az évjárat hatás csökkentésére, a relatív tápanyaghiányok (ionantagonizmusok: pl. P-Zn, K-Mg) kezelésére, megszüntetésére. Kedvezőtlen talajviszonyok esetén (pl. tömörödés, túlzott víztelítettség) segíti az ásványi elemek, tápanyagok felvételét, hasznosítását. Csökkenti a növényeket érő

stressz mértékét szélsőséges időjárási és stresszhelyzetekben (pl. szárazság, hideg időjárás, heves esőzések). Gyors felszívódás és kiváló hasznosulás jellemzi (a hagyományos lombtrágyákhoz képest többszörösen gyorsabb). A kezeléseknél alkalmazott dózis 6 l/ha volt, ami megfelelt az alkalmazási ajánlásoknak (Internet 3).

A kezelések időpontja: A fent bemutatott készítmények finomporlasztású motoros permetezőgéppel kerültek kijuttatásra, hogy minél egyenletesebben fedjék a lombfelületet. Az alkalmazás időpontja mindhárom termék esetében 2020. május 11. és 2021. május 7. volt. A kezeléseket szélcsendes időben végeztük. A különböző készítményekkel végzett kezeléseket egy biztonsági (kezeletlen) diófásor választotta el egymástól, ezzel biztosítottuk, hogy az esetleges szerelsodródás ne legyen hatással a kísérlet eredményeire.

Minta gyűjtése, mintaszedés: A három készítménnyel végzett kezeléssel származó diómintákat és a kezeletlen kontroll mintáit a laboratóriumi vizsgálatokhoz akkor szedtük meg, amikor a zöld burkok 50%-a felrepedt és a dió elkezdett belőle kihullani. Kezelésként összesen 250 diót (5 ismétlésben, ismétlésként 50 diót) szedtünk a gyümölcsösben véletlenszerűen. Az Alga K Plus és a Kondisol mintavételi időpontja 2020. szeptember 24. volt. Ekkor a Wuxal Ascofollal kezelt fákon a dió még éretlen volt, a zöld burok még nem kezdett el felrepedni, ezért az Ascofollal kezelt fák mintái egy héttel később, 2020. szeptember 30-án kerültek begyűjtésre. 2021-ben az összes minta gyűjtése október 1-én történt.

A laboratóriumi vizsgálatok során a fenolos vegyületek (pirokatechin, katechin, klorogénsav, rutin, kvercetin, juglon, fahéjsav és galluszsav) és fizikai paramétereik (termésméret (héjas dió hossza, héjas dió átmérője), szárított dió tömege, szárított mag tömege, mag-bél arány, szárított mag tömege / szárított dió tömege) kerültek meghatározásra.

HPLC mérések

Vegyszerek: a katechin (CAS: 154-23-4), klorogénsav (CAS: 327-97-9), fahéjsav (CAS: 621-82-9), epikatekin (CAS: 490-46-0), juglon (CAS 481-39-0), pirokatechin (CAS 120-80-9), kvercetin (CAS: 117-39-5), rutin (CAS: 153-18-4) HPLC minőségű standardek és az oldószereket (foszforsav és metanol) a Sigma Aldrich Chemical Co.-tól szereztük be (St. Louis, MO, USA). A standardokat (0,5 g ml⁻¹) metanolban oldottuk, és 100-szoros hígítást használtunk a HPLC méréshez.

Minta előkészítés: 1000 g dióbelet 30°C-on 10% nedvességtartalomig szárítottunk, ebből 2 g mintát Falcone-csővekbe mértünk, és 10 ml metanolban extraháltuk 12 órán keresztül (4°C, Edmund Bühler SM 30 kontroll rázógéppel, 250 rpm min⁻¹, sötétben tartva). A felülűszót dekantáltuk, és Eppendorf-csővekben centrifugáltuk Hettich Mikro 22R (Andreas Hettich GmbH & Co. KG Tuttlingen, Németország) centrifugában (15 000 rpm perc⁻¹ 5 percig). A felülűszót egy 0,45 µm-es MILLEX® HV fecskendővel (SLHV 013 NL, PVDF Durapore) szűrtük, amelyet a Millipore Co.-tól (Bedford, MA, USA) vásároltunk, és a HPLC rendszerbe injektáltuk. Az egyes fenolos vegyületek mennyiségét mg g⁻¹ mértékegységben adjuk meg.

HPLC berendezés: A vizsgálatot a MATE Kertészettudományi Intézet Gyümölcsstermesztési Tanszék HPLC Laboratóriumában végeztük. WATERS gyártmányú HPLC berendezés (Waters Co., Milford, MA, USA) összetétele a következő volt: 2487 Dual λ abszorpciós detektor, 1525-ös bináris HPLC-pumpa, in-line degasser, oszloptermosztát (35 °C-ra), autosampler 717plus (a

mintatartó tér hőmérséklete: 5°C) A kromatográfias folyamatot EMPOWER TM² szoftver vezérelte. Az egyes összetevők szétválasztása Atlantis dC18 5 µm 4,6x150 mm kromatográfias oszlopon történt (Waters Co., Milford, MA, USA). A gradiens mozgófázis: A: H₂O:MeOH:H₃PO₄ = 940:50:1; B: MeOH (0–30 perc: A 100%–10%, 30–30,1 perc: 10%–100%, 30,1–31: A 100%), áramlási sebesség 1 cm³ perc⁻¹, a nyomás az oszlopban 2500±10 psi volt 30 °C-os oszlophőmérsékleten. A kromatográfias detektálás 35 perc volt. Az injektált mintamennyiség 20 µl volt, a mintavétel 10 db/másodperc. A fenolos komponenseket 280 nm hullámhosszon detektáltuk.

Statistikai értékelés

A mintavételekből és a laboratóriumi vizsgálatokból származó adatokat az SPSS szoftver (IBM SPSS 27.0, Chicago, IL, USA) segítségével értékeltük ki. Az a, b, c betűk szignifikánsan eltérő csoportokat jelölnek SD_{5%}-os szint mellett, míg a nem szignifikánsan eltérő csoportok ugyanazzal a betűvel kerültek jelölésre. Az értékek az egyes mintákból származó öt ismétlés átlagát és szórását jelentik.

Eredmények

A kísérletben alkalmazott biostimulátorok eltérő hatással voltak a vizsgált diófajta termésének fizikai paramétereire. A dió terméshosszúság esetében mindkét évben minden kezelés pozitív hatással volt a kontrollhoz képest (1. ábra).

1. ábra. Különböző biostimulátorok hatása az 'Alsószentiváni 117' diófajta héjas terméshosszára (mm) (SD_{5%(2020)}=0,6; SD_{5%(2021)}=0,6)

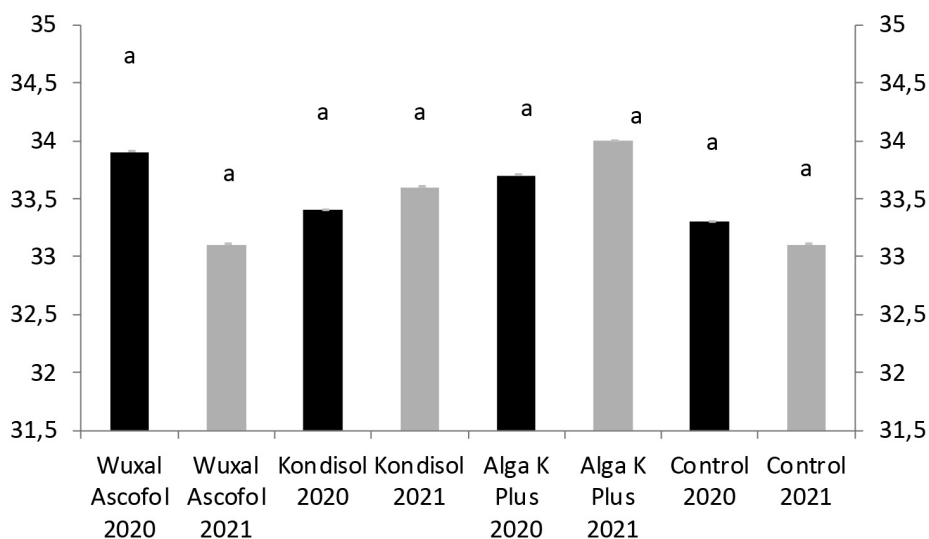


Figure 1. Performance of nut length (mm) of 'Alsószentiváni 117' walnut cultivar on trees treated by different biostimulants (SD_{5%(2020)}=0.6, SD_{5%(2021)}=0.6)

Minden alkalmazott kezelés nagyobb termésátmérőt eredményezett, mint a kezeletlen kontroll. A vizsgált dió héjas termékek átmérője mindkét évben elérte az első osztályú kategória legalacsonyabb határát (2. ábra).

2. ábra. Különböző biostimulátor kezelések hatása az 'Alsószentiváni 117' diófajta héjas termésátmérőjére (mm) ($SD_{5\%(2020)}=0,4$; $SD_{5\%(2021)}=0,25$)

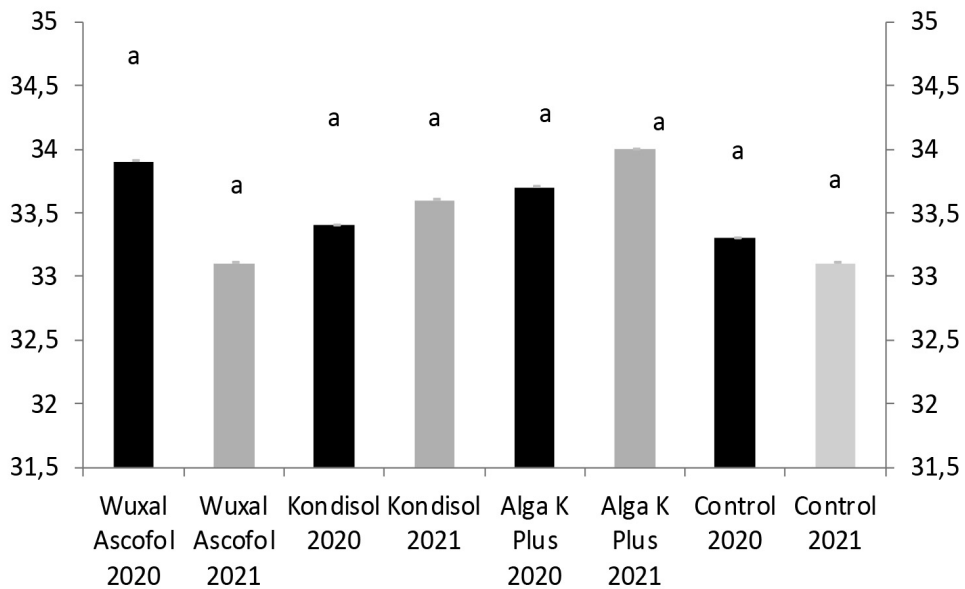


Figure 2. Performance of nut diameter (mm) of 'Alsószentiváni 117' walnut cultivar on trees treated by different biostimulants ($SD_{5\%(2020)}=0,4$, $SD_{5\%(2021)}=0,25$)

Mindkét vizsgálati évben mindegyik alkalmazott biostimulátor kezelés nagyobb szárított héjas diótömeget eredményezett a kontrollhoz képest. 2020-ban a kezelések közül a legnagyobb szárított diótömeget a Wuxal Ascofol eredményezte. 2021-ben a szárított héjas diók tömegében nem volt kimutatható, szignifikáns különbség. Megemlíthető, hogy az Alga K Plus kezelés mindkét vizsgált évben azonos szárított héjas diótömeget eredményezett, itt az évjáratnak nem volt hatása (3. ábra).

3. ábra. Különböző biostimulátorok hatása a szárított héjas dió tömegére (g) 'Alsószentiváni 117' diófajta esetében ($SD_{5\%(2020)}=0,5$; $SD_{5\%(2021)}=0,3$)

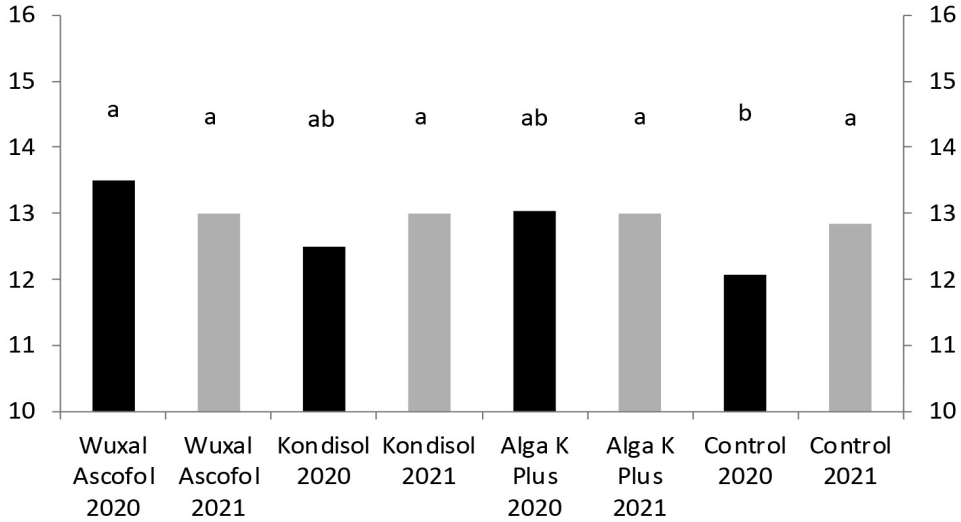


Figure 3. Effects of different biostimulants on dried nut weight (g) of 'Alsószentiváni 117' walnut cultivar ($SD_{5\%(2020)}=0.5$, $SD_{5\%(2021)}=0.3$)

Mindkét vizsgálati évben - 2020-ban és 2021-ben – mindegyik alkalmazott kezelés esetében a magbél tömege magasabb volt a kontrollénál. A Wuxal Ascofol kezelések 2020-ban nagyobb magtömeget produkáltak, mint 2021-ben. A Kondisol, Alga K Plus kezelések és a kontroll esetében 2021-ben magasabb volt a szárított magbél tömege, mint 2020-ban (4. ábra).

Az alkalmazott biostimulátor kezelések mindkét vizsgálati évben pozitív hatást gyakoroltak a mag – bél arányra, kivéve a Kondisol kezelést, amely 2020-ban a többi kezeléshez és a kontrollhoz képest is alacsonyabb mag – bél arányt eredményezett (5. ábra).

A 6. ábra az 'Alsószentiváni 117' tipikus HPLC-kromatogramját mutatja (megfigyelt fenolos vegyületek retenciós ideje: pirokatechin 8,6 perc, katechin 9,5 perc, klorogénsav 12,2 perc, rutin 16,3 perc, kvercetin 18,5 perc, juglon 19,4 perc, fahéjsav 21,2 perc, galluszsav pedig 32,9 perc).

2021-ben a magbélben található pirokatechin koncentrációja 5-14-szer magasabb volt, mint 2020-ban. 2020-ban a legmagasabb pirokatechin koncentrációt a kezeletlen kontroll adta, amelyet az Alga K Plus-szal, Wuxal Ascofollal és Kondissal kezelte termékek magbélben mért érték követett. 2021-ben a magbél pirokatechin koncentrációja az összes alkalmazott kezelés esetében alacsonyabb volt, mint a kontroll termékek magbélben (7. ábra).

4. ábra. Különböző biostimulátorok hatása az 'Alsószentiváni 117' diófajta szárított magbél tömegére (g) ($SD_{5\%(2020)}=0,4$; $SD_{5\%(2021)}=0,5$)

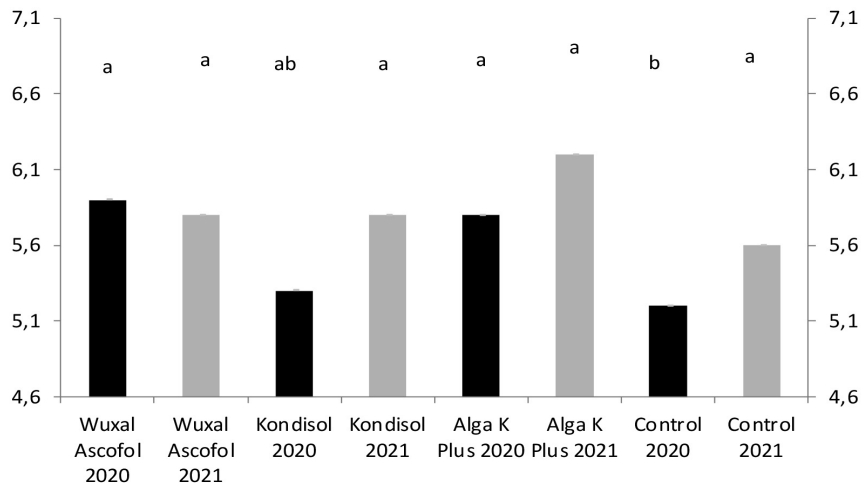


Figure 4. Effects of different biostimulants on dried kernel weight (g) of 'Alsószentiváni 117' walnut cultivar ($SD_{5\%(2020)}=0,4$; $SD_{5\%(2021)}=0,5$)

5. ábra. Különböző biostimulátor kezelések hatása a mag- bél arányra (%) 'Alsószentiváni 117' diófajta ($SD_{5\%(2020)}=6,1$, $SD_{5\%(2021)}=5,2$)

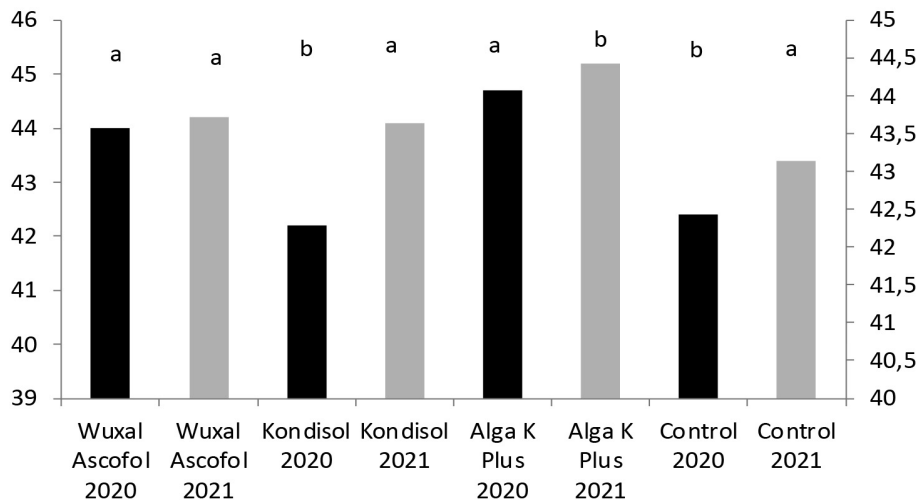


Figure 5. Effects of different biostimulants on kernel recovery (%) of 'Alsószentiváni 117' walnut cultivar ($SD_{5\%(2020)}=6,1$, $SD_{5\%(2021)}=5,2$)

A magban kimutatott fenolos vegyületek mennyiségében nagy különbséget tapasztaltunk a két vizsgálati év között. 2021-ben az összes vizsgált vegyület magasabb koncentrációt mutatott a 2020-ban mért mennyiségekhez képest.

6. ábra. A dióbél extrakciójának tipikus HPLC kromatogramja ('Alsószentiváni 117') 280 nm-en

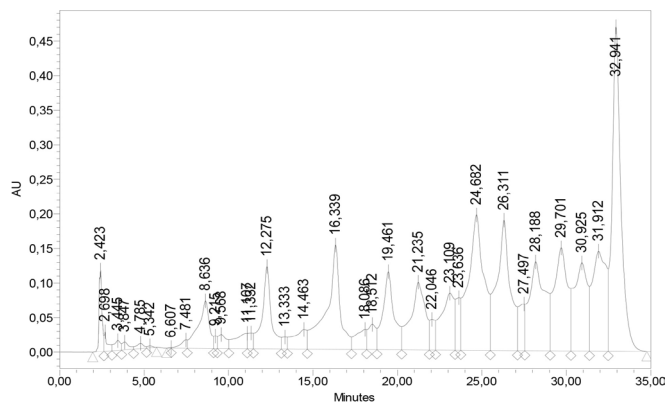


Figure 6. A typical HPLC chromatogram of walnut extraction ('Alsószentiváni 117') at 280 nm

7. ábra. Különböző biostimulátorok hatása az 'Alsószentiváni 117' diófajta magbelének pirokatechin tartalmára (mg/g mag) 2020-ban (a) és 2021-ben (b) ($SD_{5\%(2020)}=0,01$; $SD_{5\%(2021)}=0,15$)

Megjegyzés: Az Y tengely léptéke az a és b ábrákon eltérő az évjárat okozta mennyiségeltérés miatt.

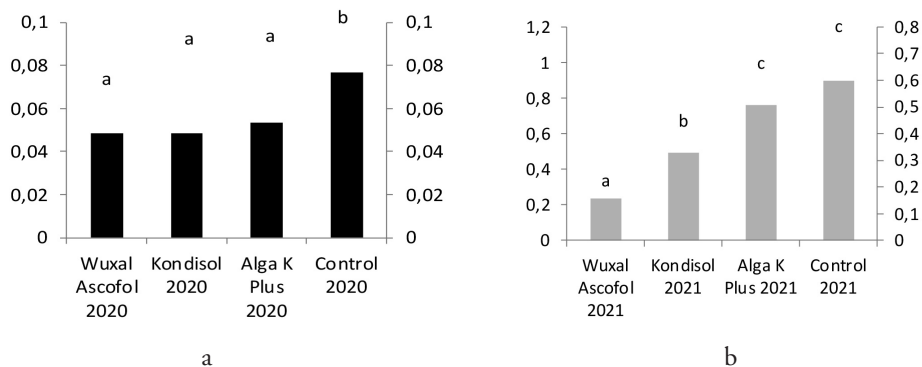


Figure 7. Effects of different biostimulants on pirocatechin content (mg/g kernel) of 'Alsószentiváni 117' walnut kernel in 2020 (a) and 2021 (b) ($SD_{5\%(2020)}=0.01$, $SD_{5\%(2021)}=0.15$)

Note: The scale on the Y axis is different on the a and b figures due to quantities caused by effects of the year.

2020-ban a Wuxal Ascofollal és Alga K Plus-szal kezelt fák magbele tartalmazta a legmagasabb katechin koncentrációt. Míg 2021-ben a Kondisol kezelésnél volt a legmagasabb a katechin koncentrációja, ezt követte a kontroll, az Alga K Plus és a Wuxal Ascofol kezelések. A két vizsgálati évet összehasonlítva a katechin koncentrációja 7-szer magasabb volt a kontroll és a Kondisol kezelésben, 4-szeres a Wuxal Ascofol és Alga K Plus következtében 2021-ben 2020-hoz képest (8. ábra).

8. ábra. Különböző biostimulátorok hatása az 'Alsószentiváni 117' dió magbél katechin tartalmára (mg/g mag) 2020-ban (a) és 2021-ben (b) ($SD_{5\%(2020)}=0,05$; $SD_{5\%(2021)}=0,6$)

Megjegyzés: Az Y tengely léptéke eltér az a és b ábrákon az évszámot követően fellépő mennyiségi különbség miatt.

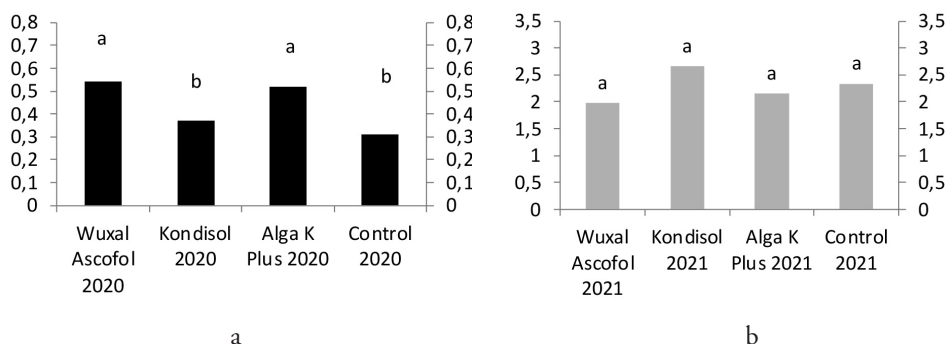


Figure 8. Effects of different biostimulants on catechin content (mg/g kernel) of 'Alsószentiváni 117' walnut kernel in 2020 (a) and 2021 (b) ($SD_{5\%(2020)}=0.05$, $SD_{5\%(2021)}=0.6$)

Note: The scale on the Y axis is different on the a and b figures due to quantities caused by effects of the year.

A klorogénsavtartalom mindkét megfigyelt évben hasonló tendenciát mutatott, de minden kezelés esetében a 2021-es érték 4-szerese volt a 2020-asnak. A legmagasabb koncentrációt a Kondissal kezelt magbelek adták, ezt követte az Alga K Plus, a Wuxal Ascofol kezelések és kontroll (9. ábra).

2020 és 2021 között nagy különbséget tapasztaltunk a magbelek rutin koncentrációban. Az Alga K Plus, a kontroll kezelésekből származó magbelek 17-szer, a Wuxal Ascofol-kezelés 15-ször, a Kondisol-kezelés pedig 10-szer nagyobb rutinmennyiséget mutatott 2021-ben, mint 2020-ban. A biostimulátorok hatásának sorrendje a két vizsgálati évben eltérő volt. 2020-ban a Kondissal tartalmazó magokban volt a legmagasabb rutin koncentráció, ezt követte a másik két biostimulátor és a kontroll, amelyek hasonló értéket mutattak. 2021-ben az Alga K Plus-szal kezelt fák magbelei adták a legmagasabb rutin koncentrációt, ezt követték a Kondisol, a kontroll és a Wuxal Ascofol kezelések (10. ábra).

9. ábra. Különböző biostimulátorok hatása az 'Alsószentiváni 117' diófajta magbelének klorogénsavtartalmára (mg/g mag) 2020-ban (a) és 2021-ben (b) ($SD_{5\%(2020)}=0,11$; $SD_{5\%(2021)}=0,3$)

Megjegyzés: Az Y tengely léptéke eltér az a és b ábrákon az évszám hatására bekövetkezett mennyiségkülönbség miatt.

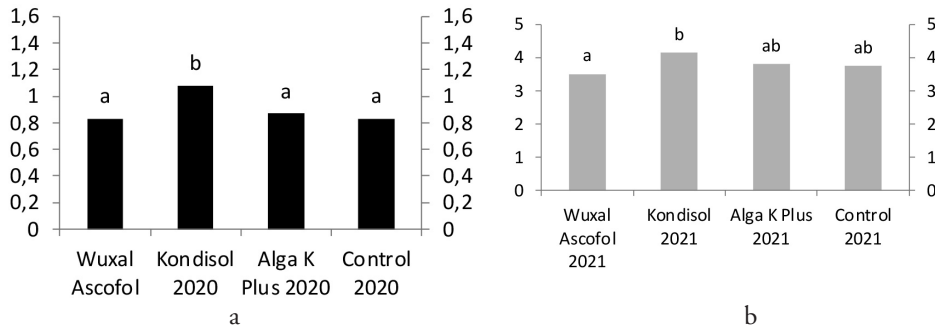


Figure 9. Effects of different biostimulants on chlorogenic acid content (mg/g kernel) of 'Alsószentiváni 117' walnut kernel in 2020 (a) and 2021 (b) ($SD_{5\%(2020)}=0.11$, $SD_{5\%(2021)}=0.3$)

Note: The scale on the Y axis is different on the a and b figures due to quantities caused by effects of the year.

10. ábra. Különböző biostimulátorok hatása az 'Alsószentiváni 117' diófajta magbelének rutintartalmára (mg/g mag) 2020-ban (a) és 2021-ben (b) ($SD_{5\%(2020)}=0,12$; $SD_{5\%(2021)}=0,3$)

Megjegyzés: Az Y tengely léptéke eltér az a és b ábrákon az évszám hatására bekövetkezett mennyiségkülönbség miatt.

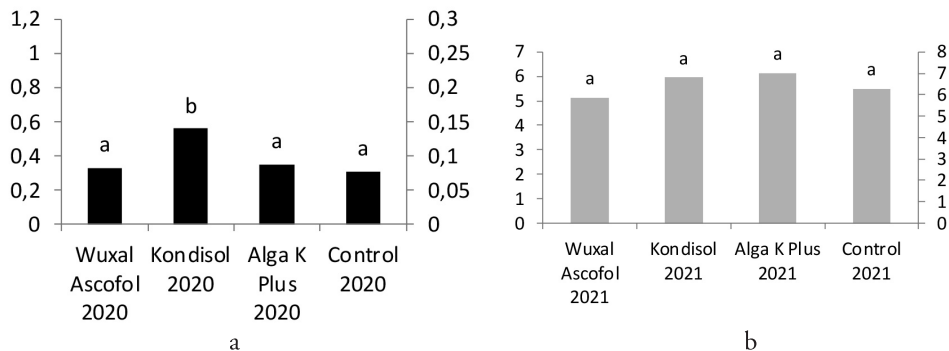


Figure 10. Effects of different biostimulants on rutin content (mg/g kernel) of 'Alsószentiváni 117' walnut kernel in 2020 (a) and 2021 (b) ($SD_{5\%(2020)}=0.12$, $SD_{5\%(2021)}=0.3$)

Note: The scale on the Y axis is different on the a and b figures due to quantities caused by effects of the year.

Az összes kezelés esetében 2021-ben kvercetin koncentrációja négyszerese volt a 2020-asnak. 2020-ban a kezelések nem gyakoroltak szignifikáns hatást a kvercetin koncentrációjára. 2021-ben az Alga K Plus, a Kondisol kezelések szignifikánsan magasabb kvercetin szintet eredményeztek, mint a kontroll és a Wuxal Ascofol kezelések (11. ábra).

11. ábra. Különböző biostimulátorok hatása az 'Alsószentiváni 117' fajta magbelének kvercetin tartalmára (mg/g mag) 2020-ban (a) és 2021-ben (b)
($SD_{5\%(2020)}=0,08$, $SD_{5\%(2021)}=0,2$).

Megjegyzés: Az Y tengely léptéke eltér az a és b ábrákon az évjárat hatására bekövetkezett mennyiségkülönbség miatt.

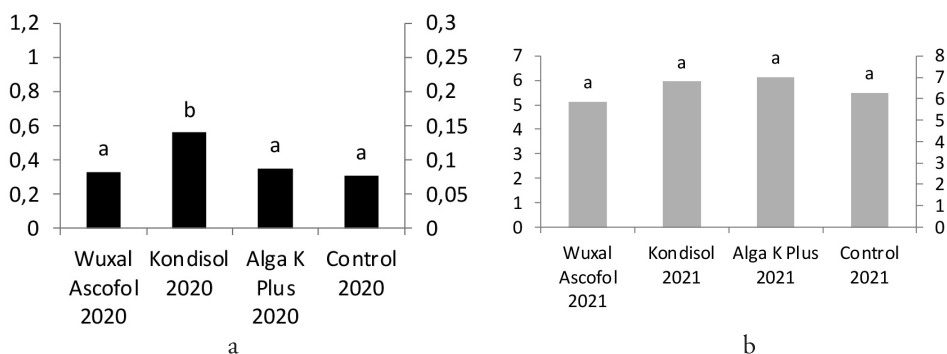


Figure 11. Effects of different biostimulants on quercetin content (mg/g kernel) of 'Alsószentiváni 117' walnut kernel in 2020 (a) and 2021 (b)
($SD_{5\%(2020)}=0.08$, $SD_{5\%(2021)}=0.22$)

Note: The scale on the Y axis is different on the a and b figures due to quantities caused by effects of the year.

A juglon a dió egyik legfontosabb vegyülete, ezért nagyobb figyelmet fordítunk rá. A vizsgált évjáratok szignifikáns hatást gyakoroltak a magvak juglontartalmára. 2021-ben a kontroll, a Wuxal Ascofol és az Alga K Plus biostimulátorokkal kezelt fák termésének magbelei 3-szoros juglontartalommal rendelkeztek, a Kondissal kezelt termések 2-szer magasabb juglontartalmat mutattak, mint 2020-ban. A kezelések évjáratonként eltérő hatást gyakoroltak a juglontartalomra, 2020-ban a Kondisol, a Wuxal Ascofol, a kontroll és az Alga K Plus volt a kezelések sorrendje (csökkenő). A legmagasabb juglontartalmat 2021-ben a kontroll érte el, ezt követte a Wuxal Ascofol, az Alga K Plus és a Kondisol kezelés eredményezte a legalacsonyabban (12. ábra).

12. ábra. Különböző biostimulátorok hatása az 'Alsószentiváni 117' diófajta magbelének juglon tartalmára (mg/g mag) 2020-ban (a) és 2021-ben (b) ($SD_{5\%(2020)}=0,2$; $SD_{5\%(2021)}=1,1$).

Megjegyzés: Az Y tengely léptéke eltér az a és b ábrákon az évjárat hatására bekövetkezett mennyiségkülönbség miatt.

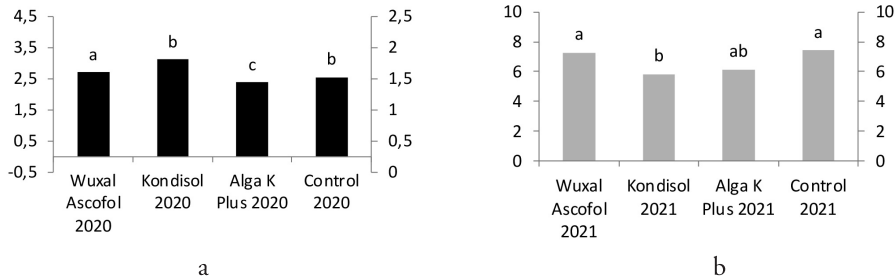


Figure 12. Effects of different biostimulants on juglon content (mg/g kernel) of 'Alsószentiváni 117' walnut kernel in 2020 (a) and 2021 (b) ($SD_{5\%(2020)}=0,2$, $SD_{5\%(2021)}=1,1$)

Note: The scale on the Y axis is different on the a and b figures due to quantities caused by effects of the year.

A fahéjsav-koncentráció 1,2-1,4-szeres növekedést mutatott 2020-ról 2021-re. Az egyes kezelések között egyik évben sem volt kimutatható szignifikáns különbség. 2020-ban a kontroll fák termései mutatták a legnagyobb fahéjsavtartalmat, ezt követték a Kondisol, Wuxal Ascofol és Alga K Plus kezelésekkel végzett minták. 2021-ben ismét a kontroll érte el a legmagasabb fahéjsav koncentrációt, ezt követte a Kondisol, Alga K Plus és Wuxal Ascofol kezelések (13. ábra).

13. ábra. Különböző biostimulátorok hatása az 'Alsószentiváni 117' diófajta magbelének fahéjsavtartalmára (mg/g mag) 2020-ban (a) és 2021-ben (b) ($SD_{5\%(2020)}=0,9$; $SD_{5\%(2021)}=0,7$)

Megjegyzés: Az Y tengely léptéke eltér az a és b ábrákon az évjárat hatására bekövetkezett mennyiségkülönbség miatt.

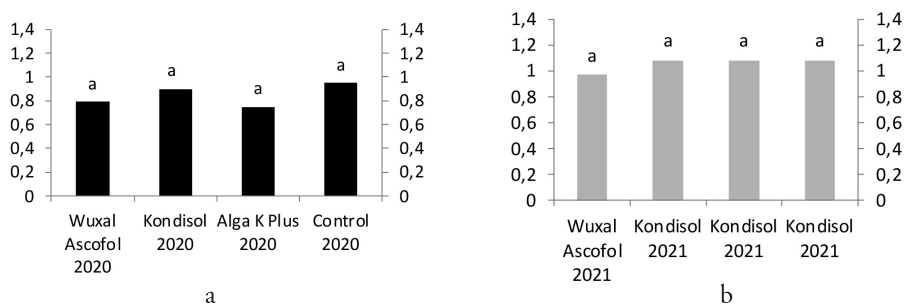


Figure 13. Effects of different biostimulants on cinnamic acid content (mg/g kernel) of 'Alsószentiváni 117' walnut kernel in 2020 (a) and 2021 (b) ($SD_{5\%(2020)}=0,9$; $SD_{5\%(2021)}=0,7$)

Note: The scale on the Y axis is different on the a and b figures due to quantities caused by effects of the year.

Galluszsav tekintetében a két évjárat között lényeges különbséget tapasztaltunk. 2021-ben minden kezelés 3-4-szer magasabb galluszsavkoncentrációt eredményezett, mint 2020-ban. 2020-ban szignifikáns különbségek voltak kimutathatók, a kontroll termékek magjában volt a legmagasabb galluszsav koncentráció, ezt követték a Wuxal Ascofollal, Alga K Plus-szal és Kondisolal kezelt minták. 2021-ben a legmagasabb galluszsavkoncentrációt a kontrollban és a Wuxal Ascofol kezelés mintájában mértük, az Alga K Plus és Kondisol kezeléseket alacsonyabb galluszsavtartalmat eredményeztek (14. ábra).

14. ábra. Különböző biostimulátorok hatása az 'Alsószentiváni 117' diófajta magbelének galluszsavtartalmára (mg/g mag) 2020-ban (a) és 2021-ben (b) ($SD_{5\%(2020)}=0,5$; $SD_{5\%(2021)}=1,8$).
Megjegyzés: Az Y tengely léptéke eltér az a és b ábrákon az évjárat hatására bekövetkezett mennyiségkülönbség miatt.

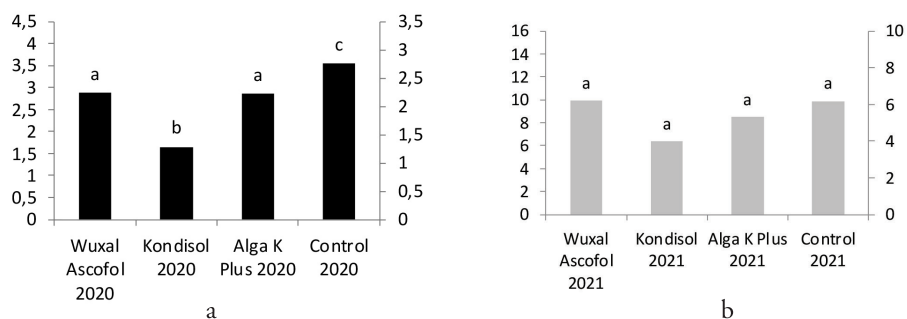


Figure 14. Effects of different biostimulants on gallic acid content (mg/g kernel) of 'Alsószentiváni 117' walnut kernel in 2020 (a) and 2021 (b) ($SD_{5\%(2020)}=0.5$, $SD_{5\%(2021)}=1.8$)

Note: The scale on the Y axis is different on the a and b figures due to quantities caused by effects of the year.

Megvitatás

A kísérletben alkalmazott biostimulátor kezelések különböző hatásokat gyakoroltak a diótermés és a magbél vizsgált fizikai paramétereire, valamint a magokban lévő fenolos vegyületek mennyiségére a két kísérleti évben. A biostimulátor kezeléseket hatására mindkét vizsgálati évben nőtt a diótermések összes fizikai paramétere és a magbél jellemzői, kivéve a 2020-as évben a Kondisol-kezelést követően a magbél aránya. 2020-ban szignifikáns különbség volt a kezelt dió hossza és a kontroll között, ez a különbség 2021-ben nem volt megfigyelhető. A két vizsgálati évben nem volt szignifikáns különbség a héjas dió termékek átmérőjében az egyes kezeléseket között. 2020-ban szignifikáns különbség mutatkozott a szárított héjas dió tömegében a kontroll és a Wuxal Ascofollal kezelt fák termése között. 2021-ben az Alga K Plus kezelés szignifikánsan növelte a termékek magbél arányát a többi kezeléshez és a kontrollhoz

képest. Az „Anyag és a módszer” fejezetben korábban bemutatott adatokból egyértelműen látszik, hogy a két vizsgálati év meteorológiai viszonyai között óriási különbség volt. A kora tavaszi időjárás, a bibe virágzás fogadóképessége idején melegebb volt 2020-ban, mint 2021-ben, ez okozhatta ezt a különbséget. Wielgolaski (2001) szerint az éghajlati tényezők és a dió fenológiai szakaszai között erős kapcsolat mutatkozik, és a léghőmérséklet a kora tavaszi fenológiai szakaszok kezdetének – mint például a bibe fogékonyságának – a meghatározó tényezője (Rodriguez-Rajo et al. 2003; Wielgolaski 2003; Cosmulescu et al. 2010, 2015; Birsanu Ionescu és Cosmulescu et al. 2015; Crepinsek et al. 2009, 2012; Bujdosó et al. 2022). A kora tavaszi fenológiai szakaszok hőigénye és a napi léghőmérséklet közötti negatív összefüggés azt jelzi, hogy a korai virágzáshoz meleg időjárás szükséges (Emberlin és mtsai 2007). Az 'Alsószentiváni 117' diófajta az egyik legkorábbi virágzású és bibefogékonysággal rendelkezik a magyar dió fajtaválasztékban megtalálhatók között.

A fenolos vegyületek tekintetében ez a cikk nyolc vegyületet elemzett. 2020-ban a biostimulátorral kezelt fák terméseiben a pirokatechintartalom jelentősen alacsonyabb volt, mint a kontrollban. 2021-ben a kontroll esetében ismét szignifikánsan magasabb volt a pirokatechintartalom, mint a Wuxal Ascofol és Kondisol kezelteknél. A Wuxal Ascofollal és Alga K Plussszal kezelt fák termésének magjaiban a katechintartalom 2020-ban szignifikánsan magasabb volt, mint a kontroll és a Kondissal kezelteké. A rákövetkező évben – 2021-ben - nem volt jelentős különbség a kezelt egyedek magjában mért katechintartalomban.

A Kondissal kezelt fákról származó termések magjának klorogénsavtartalma mindkét vizsgálati évben magasabb volt, mint a többi kezelés esetében. 2020-ban a Kondisol kezelése szignifikánsan magasabb klorogénsavtartalmat eredményeztek. 2021-ben a diómagvak klorogénsavtartalmában csak a Wuxal Ascofol és a Kondisol kezelések között volt szignifikáns különbség.

2020-ban csak a Kondisol kezelés eredményezett szignifikánsan magasabb rutintartalmat a diótermések magjában.

A kvercetin tartalom tekintetében 2020-ban egy alacsonyabb kvercetin szint mellett, nem volt szignifikáns különbség a kezelések között. 2021-ben a Kondisol és az Alga K Plusz kezelése szignifikánsan magasabb kvercetin tartalom értékeket eredményeztek a magokban.

2021-ben lényegesen magasabb juglontartalmat mértünk az összes kezelés esetében, mint 2020-ban, de mindkét évben szignifikáns különbségeket tapasztaltunk az egyes kezelések között. 2020-ban az Alga K Plusz és a Wuxal Ascofol kezelése eredményeztek a kontrolltól szignifikánsan eltérő juglontartalmat. A következő évben (2021-ben) a kezeletlen magok juglontartalma volt a legmagasabb, majd a Wuxal Ascofollal kezelt magoké, mindkettő szignifikánsan különbözött a Kondissal kezelt magok juglontartalmától.

A fahéjsavtartalomban a kezelések egyik vizsgálati évben sem eredményeztek szignifikáns különbségeket.

A galluszsav esetében a kezeletlen fák termésének magvainak volt a legmagasabb a galluszsav tartalma, amely 2020-ban szignifikánsan különbözött az összes többi kezeléstől. A 2021-es méréseinkben nem tapasztaltunk kimutatható szignifikáns különbséget az egyes kezelések galluszsav tartalomra gyakorolt hatásában.

Vizsgálataink eredményei megerősítik Popovic et al. 2022, valamint Petrova et al. 2023 azon megállapításait, miszerint a biostimulátorok különböző hatásokat gyakorolhatnak a beltartalomra, az egyes biológiailag aktív anyagok szintjére.

Következtetések

A biostimulátorok különböző szinteken hatnak a növényekre, és ki kell emelnünk, hogy a fászszerű gyümölcsfajok biostimulátor kezelésekre adott reakciói nemcsak a biostimulátor és a gazdanövény közötti kölcsönhatásoktól, hanem a kijuttatásuk alatti és utáni időjárási viszonyoktól is függenek. A meleg tavaszi időjárási körülmények bekövetkeztekor nemcsak a dióméret jellemzőiben figyeltünk meg jelentős különbségeket, hanem valamennyi vizsgált tulajdonság kedvezőbb értéket mutatott. Kedvezőtlen időjárási körülmények esetén a biostimulátorok a növények gyorsabb regenerálódását, anyagcseréjük normál szintre történő visszaállítását segítik. A biostimulátorok alkalmazásának elsődleges célja, hogy a szélsőséges helyzetből minél hamarabb segítsünk a növényeknek újra megerősödni (támogatják a növény növekedését, a gyökérfejlődést és fokozzák a biotikus és abiotikus stresszekkel szembeni ellenálló képességüket), hogy a lehető legkevesebb termésvesztés következzen be.

Vizsgálataink rámutattak, hogy az eltérő időjárású években a biostimulátorok eltérő mértékben és módon befolyásolhatják a dió aktív hatóanyagainak mennyiségét, ezért a pontosabb összefüggések megállapításához hosszabb tartamkísérletben történő vizsgálatokra lenne szükség.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők szeretnének köszönetet mondani „Eltérő fajtájú, nagyüzemi művelésű, dió- és szőlőkultúrák ellenállóképességét fokozó, gazdaságos és hatékony növényvédelmi és agrotechnológiai eljárásrendszerek kialakítása” című projekt támogatásáért (GINOP-2.1.2-8-1-4-16 -2018-0580-Vállalatok K+F+I tevékenységének támogatása kombinált hiteltermék keretében).

Vizsgálataink a projekt megvalósításához kapcsolódtak.

Felhasznált irodalom

1. Ajaj, H.A., Abood, N.M., Noiman, Z.A.J. and Sirhan, S.A. 2020. Response of several maize (*Zea mays* L.) cultivars to spray with Novalon biostimulant. *Mesopotamia Journal of Agriculture*, 47: 407-427.
2. Bîrsanu Ionescu, M. and Cosmulescu, S. 2017. Effect of climatic conditions on flowering of walnut genotypes in Romania. *J. Nuts*. 8(2): 161–167.
3. Bujdosó, G., Lengyel-Kónya, É., Berki, M., Végh, A., Fodor, A. and Adányi, N. 2022: Effects of Phenolic Compounds on Walnut Bacterial Blight in the Green Husk of Hungarian-Bred Cultivars. *Plants*. 11: 2996. doi: 10.3390/plants11212996
4. Bujdosó, G., Végvári, Gy., Hajnal, V., Ficzek, G. and Tóth, M. 2014. Phenolic profile of the kernel of selected Persian walnut (*Juglans regia* L.) cultivars. *Not. Bot. Horti. Agrobo.* 1(42): 24-29.
5. Colaric, M., Veberic, R., Solar, A., Hudina, M. and Stampar, F. 2005. Phenolic acids, syringaldehyde and juglone in fruits of different cultivars of *Juglans regia* L. *J. Agr. Food. Chem.* 53(16): 6390–6396. doi: 10.1021/jf050721n.

6. Cosmulescu, S., Baciú, A., Botu, M. and Achim, G. 2010. Environmental factors' influence on walnut flowering. *Acta Hort.* 861:83–88.
7. Cosmulescu, S., Baciú, A. and Gruia, M. 2015. Influence of climatic factors on the phenology spring in southern Oltenia (Romania). *J. Horticult. Forest. Biotechnol.* 19(1): 147–157.
8. Crepinsek, Z., Solar, M., Stampar, F. and Solar, A. 2009. Shifts in walnut (*Juglans regia* L.) phenology due to increasing temperatures in Slovenia. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 84(1): 59–64.
9. Crepinsek, Z., Stampar, F., Kajfez-Bogataj, L. and Solar, A. 2012. The response of *Corylus avellana* L. phenology to rising temperature in north-eastern Slovenia. *Int. J. Biometeorol.* 56(4): 681–694.
10. Dobos, E., Bialko, T., Micheli, E. and Kobra, J. 2010. Legacy soil data harmonization and database development. in *Digital Soil Mapping, Progress in Soil Science*, eds. Boettinger, J.L., Howell, D.W., Moore, A.C., Hartemink, A.E. and Kienast-Brown S., (Springer, Dordrecht, Germany) 215–223.
11. Emberlin, J., Smith, M., Close, R. and Adams-Groom, B. 2007. Changes in the pollen season of the early flowering trees *Alnus* spp. and *Corylus* spp. in Worcester, United Kingdom 1996–2005. *Int. J. Biometeorol.* 51: 181–191.
12. Food and Agricultural Organisation. FAO. 2023. Database. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
13. Georgieva, R., Delibaltova, V. and Chavdarov, P. 2022. Change in agronomic characteristics and essential oil composition of coriander after application of foliar fertilizers and biostimulants. *Ind. Crop. Prod.* 181: 114819. doi: 10.1016/j.indcrop.2022.114819.
14. Gharibzahedi, S., Mousavi, M., Hamed, M. and Khodaiyan, F. 2014. Determination and characterization of kernel biochemical composition and functional compounds of Persian walnut oil. *J. Food. Sci. Technology-mysore.* 51: 1-9. doi: 10.1007/s13197-011-0481-2.
15. Iordănescu, O., Radulov, I., Buhan, I., Cocan, I., Berbecea, A., Popescu, I., Poșta, D., Camen, D. and Lalescu, D. 2021. Physical, Nutritional and Functional Properties of Walnuts Genotypes (*Juglans regia* L.) from Romania. *Agronomy*, 11: 1092. doi: 10.3390/agronomy11061092.
16. Iwaniuk, P., Konecki, R., Kaczyński, P., Rysbekova, A. and Lozowicka, B. 2022. Influence of seven levels of chemical/biostimulant protection on amino acid profile and yield traits in wheat. *The Crop Journal*, 10(4): 1198-1206. doi: 10.1016/j.cj.2021.12.007.
17. Jin, F., Wang, Y., Huang, R., Li, B., Zhou, Y. and Pei, D. 2022. Phenolic extracts from colored-walnut pellicles: antioxidant efficiency in walnut oil preservation. *Int. J. Food Prop.* 25: 1458-1471. doi: 10.1080/10942912.2022.2082466.
18. Kafkas, E., Attar, S., Gundesli, M., Özcan, A. and Ergun, M. 2020. Phenolic and Fatty Acid Profile, and Protein Content of Different Walnut Cultivars and Genotypes (*Juglans regia* L.) Grown in the USA. *International Journal of Fruit Science.* 20: 1711-1720. doi: 1-10. 10.1080/15538362.2020.1830014.
19. Khudaykulov, J., Togaeva, S., Kashkabaeva, C., Abirov, Z. and Shodmonov, S. 2021. Effects of terms and norms of biostimulant application on local peanut yield and seed quality. *E3S Web of Conferences.* 244. doi: 10.1051/e3sconf/202124402046.
20. Kónya, É., Bujdosó, G., Berki, M., Nagy-Gasztonyi, M. and Adányi, N. 2015. Effect of short term storage on walnut fruit quality. *Acta Aliment. Hung.* 4(44): 601-608.
21. Kovács, D., Magyar, L., Sütöriné, D.M. and Hrotkó, K. 2017. Treatments affecting the growth of *Forsythia x intermedia* Zabel. 'Beatrix Farrand' container grown shrubs. *Gradus*, 4(2): 284-289.
22. Lakić, Ž., Nozinic, M., Antic, M. and Popovic, V. 2022. The influence of the biostimulant on the yield components and yield of faba bean (*Vicia faba* var. *minor*). *Not. Bot. Horti Agrobo.* 50: 12998. doi: 10.15835/nbha50312998.
23. Lammas, M., Shitikova, A. and Savoskina, O. 2022. The role of growth biostimulants in obtaining a high-quality crop of spring barley plants. *АгроЭкоИнфо.* 6: 7-7. doi: 10.51419/202126607.
24. Lei, A.Q., Yang, Q.H., Zhang, Y., Liao, W.Y., Xie, Y.C., Srivastava, A., Hashem, A., Alqahtani, M., Abd A., Elsayed, F., Wu, Q.S. and Zhang, Y. 2023. Agronomic Practices Alter Regulated Effects of Easily Extractable Glomalin-Related Soil Protein on Fruit Quality and Soil Properties of Satsuma Mandarin. *Agronomy*, 13: 881. doi: 10.3390/agronomy13030881.

25. Li, M., Lu, P., Wu, H., Souza, T. and Suleria, H. 2023. *In vitro* digestion and colonic fermentation of phenolic compounds and their bioaccessibility from raw and roasted nut kernels. *Food Funct.* 14: 2727-2739. doi: 10.1039/d2fo03392e.
26. Lozowicka, B., Iwaniuk, P., Konecki, R., Kaczyński, P., Kuldybayev, N. and Dutbayev, Y. 2022. Impact of Diversified Chemical and Biostimulant Protection on Yield, Health Status, Mycotoxin Level and Economic Profitability in Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivation. *Agronomy*, 12: 258. doi: 10.3390/agronomy12020258.
27. Magyar, L. and Hrotko, K. 2002. Effect of 6-benzyladenine (BA) and gibberellic acid (GA4+7) application on feathering of plum cultivars in nursery. *Acta Hort.* 577: 345-349. doi: 10.17660/ActaHortic.2002.577.59.
28. Medic, A., Hudina, M., Jakopič, J., Solar, A. and Veberic, R. 2021/b. Identification and quantification of the major phenolic constituents in *Juglans regia* L. peeled kernels and pellicles, using HPLC-MS/MS. *Food Chem.* 352, 129404. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.129404.
29. Medic, A., Jakopič, J., Solar, A., Hudina, M. and Veberic, R. 2021/a. Walnut (*J. regia*) Agro-Residues as a Rich Source of Phenolic Compounds. *Biology.* 10(6): 535. doi: 10.3390/biology10060535.
30. Mendelné Pászti, E., Bujdosó, G., Ercsli, S., Hrotkó, K. and Mendel, Á. 2023. Apricot Rootstocks with Potential in Hungary. *Horticulturae*, 9: 720. doi: 10.3390/horticulturae9060720
31. Mystkowska, I., Zarzecka, K., Gugala, M. and Sikorska, A. 2022. Profitability of Using Herbicide and Herbicide with Biostimulants in Potato Production. *Journal of Ecological Engineering*, 23: 223-227. doi: 10.12911/22998993/146687.
32. Nyitrai Sárdy, Á.D., Ladányi, M., Varga, Z., Szövényi, Á.P. and Matolcsi, R. 2022. The Effect of Grapevine Variety and Wine Region on the Primer Parameters of Wine Based on ¹H NMR-Spectroscopy and Machine Learning Methods. *Diversity*, 14: 74. doi: 10.3390/d14020074
33. Ombódi, A. and Toók, B. 2022. Biostimulátor kezelés hatása szabadföldi paprikatermesztésben különböző indítórágák alkalmazása esetén. *Kertgazdaság*, 54 (3): 51-62.
34. Özcan, A., Sutyemez, M. and Bükcü, Ş. 2022. Kurtulus 100, a New Superior Walnut Cultivar in Turkey; Field Experimental Comparative Results with Chandler. *Erwerbs-Obstbau*, 65: 1-7. doi: 10.1007/s10341-022-00673-y.
35. Paunović, M. and Rade, C. 2023. Fruit characteristics of promising walnut genotypes from the region of eastern Serbia. *Genetika-Belgrade*, 55: 193-202. doi: 10.2298/GENSR23010193P.
36. Persic, M., Mikulic-Petkovsek, M., Halbwirth, H., Solar, A., Veberic, R. and Slatnar, A. 2018/a. Red Walnut: Characterization of the Phenolic Profiles, Activities and Gene Expression of Selected Enzymes Related to the Phenylpropanoid Pathway in Pellicle during Walnut Development. *J. Agr. Food Chem.* 66(11): 2742-2748. doi: 10.1021/acs.jafc.7b05603
37. Peršič, M., Mikulic-Petkovsek, M., Slatnar, A., Solar, A. and Veberic, R. 2018/b. Changes in phenolic profiles of red-colored pellicle walnut and hazelnut kernel during ripening. *Food Chem.* 252: 349-355. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.01.124.
38. Petrova, I., Ivanova, S., Stoyanova, S., Mincheva, R. and Pavlova, M. 2023. Influence of biostimulants and humic extracts treatment on the fatty acid profile of the spring oilseed rape variety. *Agricultural Science and Technology*, 15: 52-59. doi: 10.15547/ast.2023.01.006.
39. Popovic, B., Engler, M., Kovačić, Đ., Herman, G., Bukvić, G. and Ergović, L. 2022. The influence of biostimulants on strawberries yield, nutritional and sensory fruit quality. *Glasnik zaštite bilja*. 45: 84-89. doi: 10.31727/gzb.45.6.8.
40. Rahmani, F., Dehghaniasl, M., Heidari, R., Rezaee, R. and Darvishzadeh, R. 2018. Genotype impact on antioxidant potential of hull and kernel in Persian walnut (*Juglans regia* L.). *International Food Research Journal*, 25: 35-42.
41. Rodriguez-Rajo, F.J., Frenguelli, G. and Ato, M.V. 2003. Effect of air temperature on forecasting the start of the Betulapollen season at two contrasting sites in the south of Europe (1995-2001). *Int. J. Biometeorol.* 47: 117-125.
42. Shen, D., Yuan, X., Zhao, Z., Wu, S., Liao, L., Tang, F., Bi, L. and Liu, Y. 2021. Determination of Phenolic Compounds in Walnut Kernel and Its Pellicle by Ultra-high-Performance Liquid

- Chromatography-Tandem Mass Spectrometry. Food Anal. Method. 14. doi: 10.1007/s12161-021-02069-2.
43. Sheng, F., Hu, B.Y., Jin, Q., Wang, J.B., Wu, C. and Luo, Z. 2021. The analysis of Phenolic Compounds in walnut Husk and Pellicle by UPLC-Q-Orbitrap HRMS and HPLC. *Molecules*, 26: 3013. doi: 10.3390/molecules26103013.
 44. Slatnar, A., Mikulic-Petkovsek, M., Stampar, F., Veberic, R. and Solar, A. 2015. Identification and quantification of phenolic compounds in kernels, oil and bagasse pellets of common walnut (*Juglans regia* L.). *Food Res. Int.* 67, 255-263. doi: 10.1016/j.foodres.2014.11.016.
 45. Sokolova, V. 2022. Selection of a breeding source material in the collection of the walnut (*Juglans regia* L.) of the Main Botanical Garden RAS. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 70: 7-18. doi: 10.31676/2073-4948-2022-70-7-18.
 46. Sutyemez, M., Özcan, A., Yılmaz, A., Yildirim, E. and Bükücü, Ş. 2022. Determining phenological and genetic variation in genotypes obtained from open-pollinated seeds of 'Maraş 12' walnut (*Juglans regia* L.) cultivar. *Genet. Resour. Crop E.* 69: 823-838. doi: 10.1007/s10722-021-01267-5.
 47. Sutyemez, M., Yılmaz, S. and Karadağ, H. 2016. The new walnut variety breeding program in Turkey. Abstract received from the AGROSYM 2016 Conference. doi: 10.7251/AGRENG1607064.
 48. Trandafir, I. and Cosmulescu, S. 2020. Total Phenolic Content, Antioxidant Capacity and Individual Phenolic Compounds of Defatted Kernel from Different Cultivars of Walnut. *Erwerbs-Obstbau*, 62: 1-6. doi: 10.1007/s10341-020-00501-1.
 49. Trandafir, I., Cosmulescu, S., Botu, M. and Nour, V. 2016/b. Antioxidant activity, and phenolic and mineral contents of the walnut kernel (*Juglans regia* L.) as a function of the pellicle color. *Fruits*, 71: 177-184. doi: 10.1051/fruits/2016006.
 50. Trandafir, I., Cosmulescu, S. and Nour, V. 2016/a. Phenolic Profile and Antioxidant Capacity of Walnut Extract as Influenced by the Extraction Method and Solvent. *Int. J. Food Eng.* 13. doi: 10.1515/ijfe-2015-0284.
 51. Vahdati, K., Arab, M., Sarikhani, S., Sadat-Hosseini, M., Leslie, C. and Brown, P. 2019. Advances in Persian Walnut (*Juglans regia* L.) Breeding Strategies, in *Advances in Plant Breeding Strategies: Nut and Beverage Crops*, eds. Al-Khayri, J., Jain, S., Johnson, D. (Springer, Dordrecht, Germany), 401-472. doi: 10.1007/978-3-030-23112-5_11.
 52. Wang, R., Tian, X., Li, Q., Liao, L., Wu, S., Tang, F., Shen, D. and Liu, Y. 2022. Walnut pellicle color affects its phenolic composition: Free, esterified and bound phenolic compounds in various colored-pellicle walnuts. *J. Food Compos. Anal.* 109: 104470. doi: 10.1016/j.jfca.2022.104470.
 53. Wielgolaski, F.E. 2001. Phenological modifications in plants by various edaphic factors. *Int. J. Biometeorol.* 45: 196-202.
 54. Wielgolaski, F.E. 2003. Climatic factors governing plant phenological phases along a Norwegian fjord. *Int. J. Biometeorol.* 47: 213-220.
 55. Wu, S., Mo, R., Wang, R., Li, Q., Shen, D. and Liu, Y. 2023. Identification of Key Antioxidants of Free, Esterified, and Bound Phenolics in Walnut Kernel and Skin. *Foods*, 12: 825. doi: 10.3390/foods12040825.
 56. Wu, S., Shen, D., Wang, R., Li, Q., Mo, R., Zheng, Y., Zhou, Y. and Liu, Y. 2021. Phenolic profiles and antioxidant activities of free, esterified and bound phenolic compounds in walnut kernel. *Food Chem.* 350: 129217. doi: 10.1016/j.foodchem.2021.129217.
 57. Zsigrai Gy. és Juhász Cs. 2000. Különböző ökológiai K- és Mn-lombtrágya készítmények hatásának összehasonlító vizsgálata a Tokaji Borvidéken: - a fűrttömeg, a mustminőség és a levélnyel kémiai összetételének változásai. *Szőlő-Levél*, 10(5): 32-49.
 58. Internet 1: Kwizda honlapja. 2023. <https://kwizda.hu/wuxal-ascfofol-p13394>
 59. Internet 2: Kwizda Garden honlapja 2023. <https://kwizdagarden.hu/professzionalisterteszet/termekek>
 60. Internet 3: a Huminisz Kft honlapja 2023. <https://huminizs.hu/project/kondisol/>

Effect of biostimulant treatments on fruit quality and phenolic profile of walnut (*Juglans regia* L.)

SIMON, G.¹, BUJDOSÓ, G.², ALP, O.T.¹, MEHMETI, S.¹, OLÁH, R.³,
VÉGVÁRI, GY.⁴, FICZEK, G.¹

¹Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Horticultural Sciences,
Department of Fruit Growing, Budapest

²Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Horticultural Sciences,
Research Center of Fruit Growing, Budapest

³Aro-Peritum Ltd. Diósvizlő

⁴Eszterházy Károly Catholic University, Faculty of Natural Sciences,
Institute of Viticulture and Oenology, Eger

E-mail: Simon.Gergely@uni-mate.hu

Sumamry

Biostimulants can have different effects on plants. In this article, the effects of foliar-applied biostimulants (Wuxal Ascofol, Kondisol, Alga K Plus), which are also approved for organic production, on the quality and nutritional value of the fruits of the walnut cultivar ‚Alsószentiváni 117’ are presented. The experiment was carried out in the field treatments of Hilltop Ltd. in a walnut orchard in Kocs. The following parameters of the tested nut samples were studied: nut length, nut diameter, nut weight, kernel weight) and phenolic profile of the kernel.

In both study years, biostimulant treatments had a positive effect on most of the physical parameters of the yields (nut length, average nut weight, kernel weight and kernel recovery = dried kernel weight / dried nut weight).

In 2020, under warmer early spring weather and more favourable fertility conditions, the chlorogenic acid and quercetin contents of the nut kernels treated with Kondisol were higher than measured in the control.

All the biostimulants tested had a positive effect on catechin and rutin content, and treatments with Wuxal Ascofol and Kondisol also increased the juglone content.

In 2021, when normal spring weather was observed, only Kondisol treatments had a positive effect on catechin and chlorogenic acid content compared to the control. The Alga K Plus treatment resulted in the highest rutin and quercetin content of the kernel. The juglone content decreased this year compared to the control.

Pyrocatechine, cinnamic acid and gallic acid (except for the Wuxal Ascofol 2021 treatment) were lower than in the control crops in all treatments in both study years. The efficacy and response to biostimulants in woody fruit species is highly dependent on weather conditions.

Keywords: walnut (*Juglans regia* L.), biostimulants, HPLC, kernel, phenolic compounds

Szerzők:

Simon Gergely (kapcsolattartó szerző) – PhD, egyetemi docens, MATE, Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Bujdosó Géza – PhD, tudományos tanácsadó, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Kutatóközpont, 1223 Budapest, Park utca 2.

Ozan Tevfik Alp – volt PhD hallgató, MATE, Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Sherif Mehmeti – PhD hallgató, MATE, Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.

Oláh Richárd – kertészmérnök, növényorvos, Aro-Peritum Kft. 7817 Diósvizsló, Petőfi S. u. 3.

Végvári György – PhD, egyetemi tanár, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Természettudományi Kar, Szőlészeti és Borászati Intézet, 3300 Eger, Eszterházy tér 1.

Ficzek Gitta – PhD, egyetemi docens, MATE, Kertészettudományi Intézet, Gyümölcsstermesztési Tanszék, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.