

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

TÉZISFÜZET

NOTTERPEK T. JÁCINT

**MOSONMAGYARÓVÁR
2023**

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
ALBERT KÁZMÉR MOSONMAGYARÓVÁRI KAR
NÖVÉNYTUDOMÁNYI TANSZÉK
MOSONMAGYARÓVÁR

Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer-tudományi
Multidiszciplináris Doktori Iskola
Haberlandt Gottlieb Növénytudományi Doktori Program

Doktori Iskola vezetője:
Prof. Dr. Varga László, egyetemi tanár, az MTA doktora

Program Vezető:
Prof. Dr. Pinke Gyula
az MTA doktora

Témavezetők:
Prof. Dr. Ördög Vince
professzor emeritus
az MTA doktora

Dr. Gergely István, PhD
egyetemi docens

Biostimuláns mikroalgák alkalmazása az őszi
káposztarepce (*Brassica napus* L.) növekedésének és
fejlődésének a befolyásolására

KÉSZÍTETTE:
Notterpek T. Jácint

MOSONMAGYARÓVÁR
2023

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

Az ember nagyjából 10.000 éve folytat tudatos mezőgazdasági termelést. A mezőgazdasági kártevők elleni védekezés az elmúlt évtizedekben főként kémiai növényvédő szerekkel történt. Az alkalmazásuk során felmerült környezeti és egészségügyi gondok azonban egyre inkább a biológiai védekezés felé irányították a figyelmet. Az eddig jól működő termesztés - technológiai irányelveket felváltják a modern, környezetkímélő gazdálkodást szorgalmazó törekvések. Cél a környezetre káros peszticidek lehető legkisebb mértékű felhasználása. A fenntartható fejlődés és a környezetkímélő gazdálkodás előtérbe kerülése maga után vonja a mezőgazdasági termelés megváltoztatását is.

Ma már bizonyított tény, hogy a cianobaktériumok és eukarióta mikroalgák számos bioaktív vegyületet, például a biostimuláns hatásért leginkább felelős növényi hormonokat (auxin, citokinin, gibberelin, stb...) termelnek, halmoznak fel, vagy választanak ki környezetükbe. Előnyük a szintetikus hormonkészítményekkel szemben, hogy a sejtekből kikerült több hormon együttesen hat a növényekre, ezért széles hatásspektrumúak. A cianobaktériumok közül az *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Calothrix*, *Chlorogloeopsis*, *Cylindrospermum*, *Gloeotheca*, *Nostoc*, *Plectonema*, *Haplosiphon*, *Synechocystis*, *Arthrospira*, és *Oscillatoria* törzsek hormonjai mellett másodlagos anyagcseretermékei között vannak lipopeptidek (40%), aminosavak (5,6%), zsírsavak (4,2%), makrolidok és amidok (9%) is.

Növényi biostimulánsok kijuttatásával fokozható a termesztett növények környezeti stresszel szembeni ellenálló képessége, kedvezően befolyásolható növekedésük, fejlődésük és a terméseredményük.

A repce (*Brassica napus* L.) vetési időpontjának helyes megválasztása, illetve a növények sikeres teelése szignifikánsan növelheti a termés mennyiségét, ugyanakkor mérsékelt tápanyag utánpótlással és biostimulánsok segítségével biztosítható a repce sikeres teelése, növelhető a termés mennyisége. Számos kutatás bizonyította, hogy a biostimulánsok erőteljes gyökérfejlődést indukáltak, amelynek hatására növekedett a repcegyökér hossza és tömege, a repce levélfelülete és a hajtástömege, ami kedvező hatással lehet a teelésre, végső soron a termés mennyiségére és minőségére. A mikroalgákban található növényi hormonok és másodlagos anyagcsere termékek pozitívan befolyásolták a gyökérzet fejlődését, illetve a növényi növekedést szabályozó anyagok használatával növelhető a növények hideggel szembeni tűrőképessége, valamint a termésképző elemek és a generatív szervek aránya. Biológiaiilag a növekedés mértéke és a fejlődési ciklus hossza határozzák meg a termés mennyiségét, de még kevés információval rendelkezünk arról, hogy milyen fiziológiai változások vezetnek a biomassza és a termés kialakulásához.

Napjainkban egyre nagyobb jelentősége van azoknak a másod-harmad generációs regulátoroknak, amelyek kis mennyiségben is szelektíven fejtik ki hatásukat a különböző növények szerveinek fejlődésére, ugyanakkor nem létfontosságú elemei a termesztésnek, nincsenek sem metabolitjaik, sem maradványanyagaik a növényekben, amelyek károsak lehetnek a fenntartható fejlődésre és az emberi egészségre.

Célkitűzések:

1. A Mosonmagyaróvári Algagyűjteményben található egyes (16 törzs) cianobaktérium és eukarióta algatörzsek közül biotesztekkel kimutatható auxin- és citokinin-szerű hatásuk alapján a növénykísérletekre legalkalmasabb törzsek kiválasztása.
2. Kisparcellás szántóföldi őszi káposztarepce kísérletek beállítása, a kiválasztott mikroalgás kezelések legalkalmasabb idejének, azaz a legalkalmasabb növényi fenofázisok meghatározására.
3. A mikroalga kezelések őszi káposztarepce áttelelését befolyásoló tulajdonságok meghatározása.
4. A mikroalga kezelések által bekövetkezett termésváltozás magyarázata bizonyos terméselemek változásával.
5. Javaslat új termesztéstechnológiai eljárás bevezetésére, amely biztosítja az évjáratonként, illetve évszakonként eltérő időjárási viszonyok mellett a repce termésnövekedését és a termésbiztonságot.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérleti növény mindkét évben, az” *Orlando 1*” hibridrepce volt (*Brassica napus* L. cv. 'Orlando 1'). A kísérleti növények kezelésére a Mosonmagyaróvári Algagyűjtemény két törzsével, az MACC-612 *Nostoc piscinale* cianobaktériummal és az MACC-430 *Tetracystis* sp. zöldalga használatával történt (1. ábra).



1. ábra Az MACC-612 *Nostoc piscinale* (bal kép) és az MACC-430 *Tetracystis* sp. mikroalgák mikroszkópi képei 400-szoros nagyításban

2.1 A repce szántóföldi kísérlet beállításai

Mindkét évben a randomizált, 7 kezeléssel kísérletben az ismétlések száma 4 volt. A kezelések a kereskedelmi forgalomban kapható, a repce növényvédelmi technológiájában alkalmazott készítményeket mellett algapreparátummal kombinálva, vagy a nélkül történtek: a) Route: nagy cink tartalmú folyékony műtrágya; b) Wuxal® Boron: bór tartalmú koncentrált levéltrágya; c) Folicur: 250 g L⁻¹ tebukonazol, gombaölő és regulátor.

A növények kezelése mindkét évben három fenológiai fázisban történt:

- (1) 4-6 leveles állapotban-BBCH-14-16, 2010. október 15-én; 2013. október 10-én.
- (2) Szárba induláskor – BBCH-30, 2011. március 29-én; 2014. március 15-én
- (3) virágzás kezdetén, zöldbimbós állapotban – BBCH-51, 2011. április 13-án; 2014. április 5-én



2. ábra A kísérletekhez használt szárított *Nostoc piscinale* cianobaktérium biomassza a Növénytermesztési Tanszék laboratóriumában 2010. október 12-én.

A kijuttatott permetlé mennyisége a parcellák növényállományainak teljes befedéséhez az első és második alkalommal 400 liter, a harmadik kezelésnél 700 liter volt hektáronként. A kontroll parcella növényeinek csak vízzel történő kezelése mellett, a két mikroalga 0,3 és 1,0 g L⁻¹ koncentrációban került a növényekre, amelyek 0,03 és 0,1 százalékos szuszpenzióknak felelnek meg. A hatodik parcellánál kombinált kezelésre került sor, ahol az első permetezést az MACC-612 cianobaktérium 400 L ha⁻¹, 0,1%-os, a másodikat és harmadik esetben pedig a Wuxal[®] Boron 200 L ha⁻¹, 0,5%-os magas bórtartalmú lombtrágyával történt. A hetedik parcella növényeinél a repcetermesztés növényvédelmében általánosan alkalmazott kezeléssorozatot esetében az őszi időszakban, 4-6 lombleveles állapotban Route[®] 200 L ha⁻¹, 0,4 %-os, valamint Folicur[®] Solo 200 L ha⁻¹, 0,5%-os,

a tavaszi vegetációs időszakban, zöldbimbós állapotban Wuxal®Boron 400 L ha⁻¹, 0,5-os oldata került az állományra.

Az egyes permetezések időpontjai úgy kerültek beillesztésre a növényvédelmi kezelések sorába, hogy azok alkalmazhatóak legyenek az általános nagyüzemi gyakorlatban is, illetve a tábla állományát érintő egyéb kezelések ne befolyásolják a mikroalgás kezelések hatásait.

A tavaszi periódus kezdetén, az áttelelő állomány vizsgálatát követően, meghatározásra került a parcellánkénti, valamint a hektáronkénti növényszám. Szárba indulás kezdetén, illetve zöldbimbós állapotban (2011.04.13; 2014.03.15.) az állományban a kísérleti tervnek megfelelően került végrehajtásra a második és harmadik kezelés. A beavatkozásokat követően, csak állomány szintű megfigyelés történt. Betakarítás előtt mérésre és meghatározásra került a növények átlagos magassága, a növények elágazásainak átlagos száma, betakarítást követően az elágazásonkénti, illetve növényenkénti becőszáma.

2.3 A repace laboratóriumi vizsgálatai

A laboratóriumi vizsgálatokra a Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság és Élelmiszertudományi Kar, Növénytudományi Tanszék laboratóriumaiban került sor 2010 szeptember és 2014 júniusa közti időszakban. Az első kezelést követően az őszi megfigyelés időszakában öt héten keresztül hetente egy alkalommal friss levélmintákból került meghatározásra a levelek, szárazanyag tartalma, klorofill-a, klorofill-b, illetve összes karotinoid tartalma. A hajtáscsúcs fejlettsége, az átlagos levélszám, a gyökérzet hossza, elágazásainak száma, friss és szárított tömege, valamint a gyökérnyak vastagságának vizsgálatai mindkét kísérleti évben december közepén, az őszi vegetációs periódus végén, a

talaj lefagyásának kezdetén történtek. A becők hosszúságának, össztömegének, a becőkben lévő magok számának és azok tömegének a vizsgálata a betakarítást követően történt. A szántóföldön gyűjtött minták segítségével meghatározásra került a magok ezermag tömege és az összes termés mennyisége (g/m^2 ; t ha^{-1}), majd a betakarított termés, átlagos olaj és nedvességtartalmának meghatározása NIR (near infrared) InfratecTM 1241 Grain Analyzer készülékkel történt.

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

3.1 Szántóföldi mérések eredményei

Tavaszi tőszám

A tavaszi tőszám vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy a cianobaktérium és a zöldalga alacsonyabb dózisu (0,3 g L⁻¹) kezelései mindkét kísérleti évben 21-32%-kal (P=5%) növelték a sikeresen áttelelt növények számát a kontrollhoz viszonyítva. A hagyományos termesztéstechnológiai eljárásban alkalmazott készítmények az első kísérleti évben 17%-kal, míg 2014-ben 24%-kal (P=5%) növelték a sikeresen áttelelt növények számát.

Növénymagasság

A növények magasságának vizsgálata mindkét évben 2-2 alkalommal (telelés előtt 2010.12.13; 2013.12.07. és betakarításkor 2011.06.20; 2014.06.06.) történt. Az MACC-612 cianobaktérium 0,3 és 1 g L⁻¹ dózisu, valamint a Wuxal Boronnal alkotott kombinált permetezései, mindkét kísérleti évben 22-65%-kal szignifikánsan (P=0,1 – P=5%) növelték az őszi növénymagasságot. Az MACC-430 kezelést követően csak az első kísérleti évben volt igazolható eltérés (28-30%; P=0,1%) a kontrollhoz viszonyítva. A hagyományos termesztéstechnológiai eljárást követően mindkét kísérleti évben 21-26 %-kal alacsonyabbak voltak a növények a kontroll viszonylatában.

A betakarításkor mért növénymagasságokat mindkét évben csak az MACC-612 *Nosotoc piscinale* permetezései növelték (7-12%) szignifikánsan.

Elágazások száma

A vezér elágazások számát mindkét évben 17-99%-kal ($P=0,1$; $P=1\%$; $P=5\%$) növelték a *Nostoc piscinale* 1 és 0,3 g L⁻¹, illetve az MACC-430 0,03% levélkezelései (3. ábra). Az alacsonyabb rendű elágazások számát a két kísérleti évben csak az MACC-612 1 és 0,3 g L⁻¹ dózisú kezelése növelték (70-100%).



3. ábra Az MACC-612 cianobaktérium hatására kialakult repce betakarításkori növénymagassága és növényhabitusa. (Balról jobbra az MACC-612 0,3 g L⁻¹, 1 g L⁻¹, 1 g L⁻¹ + Wuxal és a hagyományos termesztéstechnológiai eljárás parcelláról gyűjtött minták)

3.2 Laboratóriumi vizsgálatok

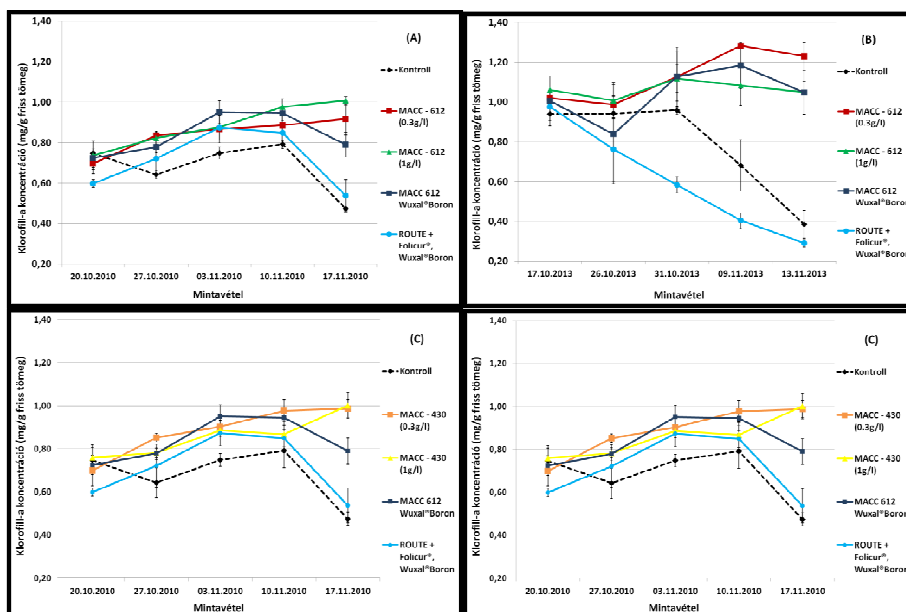
A vizsgált mikroalga törzsek hormonhatása

A kísérleti munka kezdetekor 16 MACC mikroalga törzs került kiválasztásra a hormonszerű hatás igazolására. A törzsek kiválasztásának elsődleges szempontja a tenyésztési idő hossza, és az időegység alatt termelt szárazanyag tartalom volt. A vizsgálatok során az MACC-612 (*Nostoc piscinale*) és az MACC 430 (*Tetracystis* sp.) törzsek hatására bekövetkezett uborka sziklevel gyökeresedés és sziklevel

tömegnövekedés az egyes ismétlések során a legkisebb varianciát mutatta. A maximálisan elérhető biomassza a cianobaktériumoknál kisebb ($0,75-1,75 \text{ g L}^{-1}$) mint az eukarióta algáknál ($1-3 \text{ g L}^{-1}$). Az uborka sziklevél vizsgálatok eredményei alapján egy cianobaktérium (MACC-612) és egy zöldalga (MACC-430) törzs került kiválasztásra a további szántóföldi kísérletek elvégzéséhez.

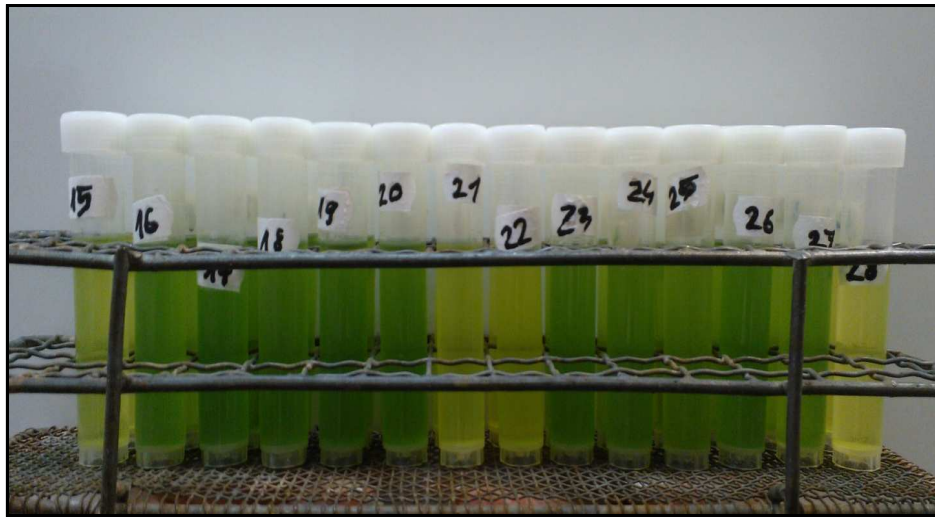
A levelek színanyag- és szárazanyag tartalma

A két kísérleti évben a legnagyobb eltérést a kontrollhoz viszonyítva az MACC-612 $0,3 \text{ g L}^{-1}$ (+219%) koncentrációjú kezelései eredményezték a klorofill-a tartalom vizsgálatok az ötödik mérési időpontban, míg a cianobaktérium 1 g L^{-1} -es beavatkozásai 99-138%-kal növelték a levelekben található színalkotók mennyiségét (4. ábra). Az MACC-612 $0,3$ és 1 g L^{-1} koncentrációjú kezelései mindkét évben átlagosan 93-219%-kal, míg az MACC-430 zöldalga levélkezelései 108-185%-kal növelték a klorofill-a mennyiségét. A klorofill-b tartalom legnagyobb mennyiségi változását az MACC-612 0,03% koncentrációjú kezelései okozták (+184%). Az MACC-430 $0,3 \text{ g L}^{-1}$ levélkezelései átlagosan 91-16%-kal, míg az 1 g L^{-1} koncentrációjú permetezések 101-122%-kal növelték a levelek klorofill-b tartalmát. A levelek karotinoid tartalma mindkét évben az MACC-612 *Nostoc piscinale* 0,03%-os kezeléseit követően volt a legnagyobb a kontrollhoz viszonyítva ($0,34 - 0,37 \text{ mg/g}$). A mikroalgás kezelések a kísérleti években átlagosan 23-85 %-kal növelték a karotinoidok mennyiségét a kontroll viszonylatában. A második kísérleti év ötödik mérés időpontjában készült acetonos oldatok eltérő klorofill tartalmát az ötödik ábra szemlélteti.



4. ábra Klorofill-a koncentrációjának változásai mikroalga tartalmú és cianobaktériummal kombinált levélkezelések (2010.10.15 és 2013.10.10) hatására friss repce levélmintákban 2010.10.20-2010.11.17.(A; C), valamint 2013.10.17-2013.11.13 (B; D) között Mosonmagyaróváron

A repce levelek szárazanyag tartalmai a mikroalgás kezelések hatásaira a vizsgált időszakban folyamatosan növekedtek. A legmagasabb szárazanyag tartalmat 2010-ben az MAAC-612 0,3 g L⁻¹ kezelése, míg a második kísérleti évben a *Tetracystis* sp. 1 g L⁻¹ koncentrációjú permetezései eredményezték. A kontroll és a hagyományos termesztéstechnológiai eljárások esetében mindkét évben csökkent a levelek szárazanyag tartalma.



5. ábra Az egyes kísérleti parcellák levélmintáiból a Növénytermesztési Tanszék laboratóriumában készített acetonos oldatok 2013.11.13-án. (15-kontroll;16-MACC 612 0,03%; 17-MACC-612 0,1%; 18-MACC-430 0,03%; 19-MACC-430 0,1%; 20-MACC-612+Wuxal; 21-Route+Folicur Solo)

A gyökérmérés eredményei

A gyökérszet vizsgálatát az őszi levélszám meghatározását, minkét évben egyidejűleg történt (6. ábra). A gyökérszet vastagságát 36%-kal növelte az MACC-612 nagyobb dózisú (0,1%), míg 39%-kal (P=1%) a 0,03% dózisú kezelése. Az MACC-430 0,03, 0,1%-os, valamint az MACC-612-es törzs Wuxal® kombinációja átlagosan 29,3%-kal (P=5%) növelte a gyökérszet átmérőjét. Az MACC-612-es törzs magasabb dózisú kezelése, valamint az MACC-612-es törzs Wuxal® kombinációja 16-17%-kal (P=5%) növelte a gyökérszet hosszúságát a kontroll viszonylatában. Az MACC-430-es törzs 0,03%-os kezelése 44%-kal több (P=0,1), 3 mm átmérőnél vastagabb gyökérelágazást eredményeztek.



6. ábra Az MACC-612 1g/L (bal, III/3) és a hagyományos kezelés sorozat (III/7) növénymintái a Növénytermesztési Intézet laboratóriumában 2013.12.07-én

A hagyományos kezeléssorozat nem okozott bizonyítható változást a gyökérszámának és elágazásainak számában. A gyökérszám friss tömegét csupán tendenciájában növelték a kezelések. A gyökérminták szárítása minden esetben 106 C°-on tömegállandóságig (4 nap) történt. Az eredmények azt mutatták, hogy az MACC-430-as törzs mindkét koncentrációjú kezelése átlagosan 12,5%-kal növelte a száraz gyökértömeget. Az MACC-612-es cianobaktérium 0,03% koncentrációjú permetezései 38%-kal (P=5%) növelték a száraz gyökértömeget a kontroll parcellákhoz képest.

A levél és hajtáscsúcs mérési eredményei

A tenyészcsúcs hosszúságát mindkét évben csak az MACC-612-es cianobaktérium levélkezelései növelték (14-36%) szignifikánsan. A

tenyészcsoecs vastagságát mindkét évben minden mikroalga tartalmú kezelés a kontrollhoz viszonyítva szignifikánsan (25-39%) növelte, míg a hagyományos kezeléssorozat nem okozott statisztikailag is igazolható változást a hajtáscsoecs vastagságában. A növények őszi levélszámát mindkét évben szignifikánsan növelték a mikroalgás kezelések. A telelés beállta előtt mindkét évben a kontroll növények átlagosan 8-10, míg a mikroalgás kezelések hatására 11-13 kifejlett levéllel rendelkeztek a növények, ami 15-40%-os eltérést jelentett.

Becőmérés eredményei

A növényenkénti becők számát a hagyományos termesztéstechnológiai eljárásán kívül minden mikroalgás és a kombinált kezelések átlagosan 72-134%-kal ($P=0,1\%$; $P=1\%$) növeltek, míg az elágazásonkénti becők számát csupán az MACC-612 1 g L^{-1} permetezései növelték (16-33%) statisztikailag is igazolható módon. A becők átlagos hosszúságát minden mikroalga tartalmú kezelés átlagosan 7-25 %-kal növelte, ugyanakkor a becők össztömegét mindkét kísérleti évben csak az MACC 430 $0,3 \text{ g L}^{-1}$, valamint az MACC-612 1 g L^{-1} és Wuxal Boron kombinált kezelései növelték (20-41%). A becőkben található magok számát mindkét évben az MACC-612 mindkét dózisu (0,3; 1 g L^{-1}), valamint a Wuxal Boronnal kombinált kezelési, illetve az MAC-430 alacsonyabb dózisu ($0,3 \text{ g L}^{-1}$) kezelései növelték (12-49%), ugyanakkor a becőkben található magok átlagos össztömegét mindkét évben az MACC-430 $0,3 \text{ g L}^{-1}$ dózisu kezelése növelte statisztikailag is igazolható módon.

Terméseredmények, beltartalmi mutatók

Az MACC-430 0,3 g L⁻¹ permetezései mindkét kísérleti évben szignifikánsan (P=5%), átlagosan 18-25 %-kal növelte az ezermag tömeget. Az MACC-612 alacsonyabb dózisú (0,3 g L⁻¹) kezelései 7-18%-kal, míg az 1 g L⁻¹ koncentrációjú kezelései 4-25%-kal növelték az ezermag tömeget. A magok nedvesség tartalmát mindkét évben a *Tetracystis* sp. 0,3 g L⁻¹ dózisú kezelése 5-11%-kal növelte, míg a magok olaj tartalma mindkét évben átlagosan 4-4%-kal volt alacsonyabb a kontrollhoz viszonyítva. Az MAAC-612 cianobaktérium 0,3 g L⁻¹ dózisú kezelései mindkét kísérleti évben átlagosan 28-33%-kal (P=0,1%, P=1%), míg az 1 g L⁻¹ koncentrációjú permetezései 12-28%-kal (P=5%) növelték a termés mennyiségét. A zöldalga alacsonyabb dózisú permetezéseit követően mindkét kísérleti évben átlagosan 28-33%-kal (P=1%) növekedett a termésmennyiség, míg a magasabb dózisú permetezéseket követően átlagosan 16-28%-kal (P=5%) volt több az összes termés mennyisége.

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. A Mosonmagyaróvári Alga Törzsgyűjteményből (MACC) először választottam ki célzottan a repcetermesztés elősegítésére 16 igazoltan hormonszerű hatást mutató cianobaktérium és eukarióta törzset. A kiválasztott törzsek közül bioteszt-eredményeik és szaporodásuk alapján a *Nostoc piscinale* és a *Tetracystis* sp. mikroalga törzseket használtam fel a repce (*Brassica napus* L.) kisparcellás kísérleteinek lebonyolításához.

2. A repce természetesen elsőként határoztam meg a *Nostoc piscinale* és a *Tetracystis* sp. 0,3 és 1 g L⁻¹ koncentrációjú levélkezelések kijuttatásának, a repce BBCH-14-16, BBCH-30 és BBCH-51 fenológiai fázisaihoz köthető alkalmazását.

3. Bizonyítottam, hogy az MACC-612 és MACC-430-as mikroalgák 0,3 és 1 g L⁻¹ dózisú, a repce 4-6 leveles fenológiai fázisban (BBCH-14-16) történő levélkezeléseinek alkalmazásával évjáráttól függetlenül biztosítható, az őszi káposztarepce leveleinek magasabb szín-és szárazanyag tartalma. Először bizonyítottam a *Nostoc piscinale* és *Tetracystis* sp. 0,3 és 1 g L⁻¹ levélkezeléseinek pozitív hatását a repce őszi vegetatív fejlődésére (levélszám, növénymagasság, hajtáscsúcs hossza, gyökérnyak vastagsága, gyökérszétlet fejlettsége) ezáltal bizonyítottam a levélkezelések pozitív hatását a repce telelésére.

4. Kisparcellás repce kísérleteim során először bizonyítottam, hogy az MACC-612 és MACC-430 törzsek a repce 4-6 leveles (BBCH-14-16), szárba indulás (BBCH-30) és zöldbimbós (BBCH-51) fenológiai fázisban történő 0,3 g L⁻¹ dózisú kezelése, pozitívan befolyásolták a termésképző elemek (repce elágazásainak száma, növényenkénti becőszám, becők hossza és magszáma) fejlődését, valamint a permetezések évjáráttól függetlenül, szignifikánsan 24-25%-kal növelték az ezer mag tömeget és az összes termés mennyiségét.

5. A kisparcellás kísérletek eredményeit követően elsőként javaslom egy mikroalga alapú, a repcetermesztésben alkalmazható speciális új bio-termesztéstechnológiai eljárást, amely a következő kezeléseket tartalmazza:

A repce növények 4-6 leveles állapotában (BBCH 14-16) 400 L ha⁻¹ permetlé mennyiség mellett 0,3 - 1 g L⁻¹ koncentrációjú *Nostoc piscinale*, vagy *Tetracystis* sp. törzseket tartalmazó szuszpenziós oldattal történő permetezése. A második permetezés a repce növények szárba indulásakor (BBCH-30) 400 L ha⁻¹ permetlé mennyiség mellett 0,3 - 1 g L⁻¹ koncentrációjú *Nostoc piscinale*, vagy *Tetracystis* sp. törzseket tartalmazó szuszpenziós oldattal esedékes. A harmadik kezelés a repce növények zöldbimbós állapotában (BBCH-51) 700 L ha⁻¹ permetlé mennyiség mellett 0,3 - 1 g L⁻¹ koncentrációjú *Nostoc piscinale*, vagy *Tetracystis* sp. törzseket tartalmazó szuszpenziós oldattal történjen.

Az őszi kezelés igazoltan kedvező hatásának további növelése a tavaszi kezelésekkal (2. és 3.) elsősorban akkor a legvalószínűbb és javasolt, ha a növények általános élettani állapota azt szükségessé teszi.

5. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT TUDOMÁNYOS KÖZLEMÉNYEK

Hazai ismeretterjesztő folyóiratban megjelent publikáció:

Tóth J. (Notterpek, T. J.); Iváncsics J. 2009: A fűszerpaprika termesztése és tápanyagellátása., Értékálló Aranykorona. - 2009. 9. 12./2010. 10. 1. 13-15.p., pp. 13-15

Hazai és nemzetközi konferencián tartott idegen nyelvű előadások:

Tóth, J. (Notterpek, T. J.), Berzsenyi, Z., Ördög, V. 2019: Effect of *Arthrospira platensis* on the growth and condition of nursery plants, 9th Symposium on "Microalgae And Seaweed Products In Plant/Soil-Systems", Mosonmagyaróvár, 25-26 June, 2019.

Tóth, J., (Notterpek, T. J.), Ördög, V., Kramer, B. 2017: *Nostoc piscinale*, *Tetracystis* sp. and *Arthrospira platensis* are promising plant biostimulants, 8th Symposium on "Microalgae And Seaweed Products In Plant/Soil-Systems", Mosonmagyaróvár, 26-27. June 2017.

Pöthe, P., Gergely, I., Ördög, V., **Tóth, J. (Notterpek, T. J.)** 2016: Effect of a plant biostimulating cyanobacterium *Nostoc piscinale* on sunflower and winter rapeseed in field experiments, 18th Annual Meeting of the Research Centre for Plant Growth and Development, University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg Campus, Republic of South Africa, 17-18 november 2016.

Tóth, J. (Notterpek, T. J.), Gergely, I., Ördög, V. 2015: Winter oilseed rape stimulated by *Nostoc piscinale* and *Tetracystis* sp., 7th Symposium on "Microalgae And Seaweed Products In Plant/Soil-Systems", Mosonmagyaróvár, 29-30 June 2015.

Tóth, J. (Notterpek, T. J.), Ördög, V. 2014: Effect on the growth, condition, number of quality and other parameters of red pepper Kaldom by using *Nostoc enthophytum* microalgae-treatment, Advances in Plant Breeding and Biotechnology Techniques” Pannonian Plant Biotechnology Association Conference, Mosonmagyaróvár, 274-29 April, 2014.

Tóth J. (Notterpek, T. J.), Ördög, V. 2014: Effect on the growth and development of MACC-612 *Nostoc piscinale* on red pepper Kaldóm, XXXV. ÓVÁRI TUDOMÁNYOS NAP, A magyar és nemzetközi agrár- és élelmiszer gazdaság lehetőségei, Mosonmagyaróvár, 2016.11.10.

Tóth, J. (Notterpek T. J.), Ördög V. 2011: Effect of MACC-612 *Nostoc piscinale* on red pepper, 5th Symposium on "Microalgae And Seaweed Products In Plant/Soil-Systems", Mosonmagyaróvár 23-24. June 2011.

Hazai konferencián tartott magyar nyelvű előadások

Notterpek T. Jácint – Daood H. – Gergely I. – Berzsényi Z. – Ördög V. 2023: Szántóföldi és kertészeti növények színanyag tartalmának változása, mikroalgával történt levélkezelés és talajkezelés hatására, XXXIX. Óvári Tudományos Nap – „Az agrár-, élelmiszer- és vidékgazdaság kihívásai” 2023. november 16., pp. 1-10

Tóth, J. (Notterpek, T. J.), Berzsényi, Z., Ördög, V. 2018: Az *Arthrospira platensis* cianobaktérium és a Steinkraft biopellet hatása faiskolai növényekre, XXXVII Óvári Tudományos Napok, Fenntartható Agrárium és Környezet az Óvári Akadémia 200 éve-múlt, jelen, jövő, Mosonmagyaróvár 2018.11.9-10

Tóth, J. (Notterpek, T. J.), Gergely, I., Ördög, V. 2016: Mikroalga tartalmú biostimulánsok hatása a repce őszi fejlődésére, XXXVI. Óvári Tudományos Nap - Hagyomány És Innováció Az Agrár- És Élelmiszergazdaságban, Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- És Élelmiszertudományi Kar, Mosonmagyaróvár, 2016.11.10-11

Megjelent tudományos cikkek

Stirk, W., Bálint, P., Široká, J., Novák, O., Rétfalvi, T., Berzsenyi, Z. – **Notterpek, T. J.**, Varga, Z., Maróti, G., van Staden J., Strnad, M., Ördög, V. 2024: Comparison of plant biostimulating properties of *Chlorella sorokiniana* biomass produced in batch and semi-continuous systems supplemented with pig manure or acetate, *Journal of Biotechnology*, ISSN:0168-1656, Vol.381, pp.27-35, IF: 4.1

Abstract

Microalgae-derived biostimulants provide an eco-friendly biotechnology for improving crop productivity. The strategy of circular economy includes reducing biomass production costs of new and robust microalgae strains grown in nutrient-rich wastewater and mixotrophic culture where media is enriched with organic carbon. In this study, *Chlorella sorokiniana* was grown in 100 l bioreactors under sub-optimal conditions in a greenhouse. A combination of batch and semi-continuous cultivation was used to investigate the growth, plant hormone and biostimulating effect of biomass grown in diluted pig manure and in nutrient medium supplemented with Na-acetate. *C. sorokiniana* tolerated the low light (sum of PAR 0.99 ± 0.18 mol/photons/ (m² /day) and temperature (3.7-23.7° C) conditions to maintain a positive growth rate and daily biomass productivity (up to 149 mg/l/day and 69 mg/l/day dry matter production in pig manure and acetate supplemented cultures respectively). The protein and lipid content was significantly higher in the biomass generated in batch culture and dilute pig manure (1.4x higher protein and 2x higher lipid) compared to the Na-acetate enriched culture. Auxins indole-3-acetic acid (IAA) and 2-oxindole-3-acetic acid (oxIAA) and salicylic acid (SA) were present in the biomass with significantly higher auxin content in the biomass generated using pig manure (> 350 pmol/g DW IAA and > 84 pmol/g DW oxIAA) compared to cultures enriched with Na-acetate and batch cultures (<200 pmol/g DW IAA and <27 43 pmol/g DW oxIAA). No abscisic acid and jasmonates were detected. All samples had plant biostimulating activity measured in the mungbean rooting bioassay with the Na-acetate supplemented biomass eliciting higher rooting activity (equivalent to 1-2 mg/l IBA) compared to

the pig manure (equivalent to 0.5-1 mg/l IBA) and batch culture (equivalent to water control) generated biomass. Thus *C. sorokiniana* MACC-728 is a robust new strain for biotechnology, tolerating low light and temperature conditions. The strain can adapt to alternative nutrient (pig manure) and carbon (acetate) sources with the generated biomass having a high auxin concentration and plant biostimulating activity detected with the mungbean rooting bioassay.

Keywords: Auxin; Low light; Low temperature; Proteins; Rooting activity; Salicylic acid

Notterpek, T. J., Ördög, V. 2021: Az *Arthrospira platensis* cianobaktérium hatása bogyós gyümölcsű faiskolai növényekre; Acta Agronomica Óváriensis, Vol62 No1; pp 4-20; Mosonmagyaróvár

Összefoglaló

Kísérleteink célja az volt, hogy talajba adagolt *Arthrospira platensis* cianobaktérium biomasszával javítsuk konténeres faiskolai növények növekedését és fejlődését. Az ausztriai Kramer & Kramer faiskolában 2017 tavaszán kezeltük a kísérleti növényeket, nevezetesen a: *Ribes sativum* cv. *Weißer Versailler*, a *Ribes rubrum* cv. *Jonkheer van Teets*, a *Ribes nigrum* cv. *Titania* ribizli fajtákat. A kísérletben használt por alakú száraz cianobaktérium biomasszát (*Arthrospira platensis*) az Agro-Bioferment Kft szállította MyanmARBól. A konténeres (5 L) növények talajához 2, 4 vagy 6 gramm cianobaktérium biomasszát adagoltunk a kísérlet kezdetén. Mértük a levelek relatív klorofill tartalmát, törzsvastagságát, a növények magasságát és az elágazások számát. A 120-napos kísérlet végén mért adatok szerint az *Arthrospira platensis* talajkezelések kedvezően, de eltérő módon befolyásolták a vizsgált három ribizli fajta egyes tulajdonságait. A levelek klorofill tartalma a legnagyobb mértékben (75-88 %) a vizsgált *R. rubrum* fajtájánál növekedett, ami 4 g kezelésnél a törzsvastagság (42 %) és az elágazások számának (37 %) növekedésével járt együtt. A vizsgált *R. sativum* és *R. nigrum* fajtánál 6 g talajkezeléssel az elágazások számának jelentős növekedése (81-85 %) volt elérhető, míg a törzsvastagság a kontrolltól nem tért el. A fajták törzsvastagsága és az elágazások száma között ellentétes tendencia volt megfigyelhető. A több elágazás kisebb törzsvastagsággal járt együtt és fordítva, az elágazások kisebb száma nagyobb törzsvastagsággal.

Kulcsszavak: cianobaktérium, biostimuláns, bogyós gyümölcs, növekedés, fejlődés, klorofill-tartalom

Tóth, J. (Notterpek T. J.), Gergely, I., Berzsenyi, Z., Ördög, V. 2019: Influence of *Nostoc piscinale* and *Tetracystis* sp. on winter survival of rapeseed, *Journal of Agricultural Science and Technology B* 9, pp. 251-271, DOI 10.17265/2161-6264/2019.04.004

Abstract

Bioassay results proved that several microalgae strains of the Mosonmagyaróvár Algal Culture Collection (MACC) enhanced plant growth, due to their hormone content and other secondary metabolites. The aim of the current research was to improve autumn growth and winter survival of rapeseed (*Brassica napus* L.) by treatment with two microalgae strains selected by bioassay results. Experimental plots were set up in Mosonmagyaróvár in 2010 and 2013. Winter rapeseed hybrid (*Brassica napus* L. cv. *Orlando*) plants were treated in 4-6 leaf stage with 0.3 and 1 g L⁻¹ suspensions of MACC-612 *Nostoc piscinale* Bornet & Flahault and MACC-430 *Tetracystis* sp in middle of October. After the treatments, the following parameters were recorded: chlorophyll-a, and b, carotenoid, dry matter content of leaves, average amount of autumn foliage, diameter of root collar, length of shoot tips, fresh and dry weight of root, and number of plants in autumn and spring. Both microalgae treatments significantly increased pigment concentration and dry matter content of leaves, number of fully grown leaves (13-46 %), and dry root weight (16-36 %). Treatments with 0.3 and 1 g L⁻¹ MACC-612 suspensions increased the length of shoot apices by 14-18% and 25-35%, respectively. Number of overwintered control plants decreased significantly in both years (31 %), but there was no decrease in parcels treated with 1 g L⁻¹ of MACC-612 and MACC-430. Microalgae treatments could increase plant growth and survival, which contributed to the significant increase of thousand seed weight (18-25 %) and total yield (by 10-24 %).

Keywords: microalgae, photosynthetic pigments, winter oilseed rape, winter survival

Tóth, J. (Notterpek T. J.), Gergely, I., Ördög, V. 2016: Mikroalga kezelések hatása az őszi káposztarepce (*Brassica napus*) növekedésére és fejlődésére, Növénytermelés 65 (2016) 1, pp. 81-106

Összefoglaló:

Földünk éghajlatának átalakulása nagymértékben megnehezíti a biztonságos mezőgazdasági termelést. A fenntartható fejlődés és a környezetkímélő gazdálkodás előtérbe kerülésével változik a mezőgazdasági termelés is. Kísérletünk célja az volt, hogy két kísérleti évben mérjük mikroalga kezelések hatását a repce (*Brassica napus* L.) növekedésére és fejlődésére. Közleményünkben az első kísérleti év részletes eredményeit, összehasonlításként pedig a 2013/14-es vegetációs időszakban megismételt kísérlet terméseredményeit mutatjuk be. A kísérleti parcellákat 2010-ben Mosonmagyaróvár közelében állítottuk be. Kísérleti növényünket, egy őszi káposztarepce hibridet (*Brassica napus* L. cv. *Orlando*) az MACC-612 *Nostoc piscinale* és az MACC-430 *Tetracystis* sp. 0,03 %-os és 0,1 %-os szuszpenzióival, valamint a hagyományos repce termesztéstechnológiában is alkalmazott készítménnyel kombinálva, illetve a nélkül kezeltük. Vizsgáltuk a növények növekedését jellemző mutatókat, a fotoszintetikus pigmentek mennyiségét, valamint a termésképző elemeket és a magok minőségi paramétereit. Az MACC-612 és az MACC-430 0,03 % és 0,1 %-os őszi kezelései 90-110 %-kal növelték a levelek klorofill-a, 80-101 %-kal a klorofill-b, 66-81 %-kal az összes karotinoid és 25-37 %-kal a levelek szárazanyag tartalmát. A két mikroalga törzs mindkét évben növelte az összes termés mennyiségét 2010/11-ben (10-14 %) és 2013/14-ben (10-21%) a kontroll parcellához viszonyítva, de a magok átlagos olajtartalma egyik évben sem változott a kezelések hatására.

A kétéves kísérletsorozat eredményei szerint, az MACC-612 0,03% koncentrációjú, illetve kombinált kezelése, valamint az MACC-430 0,03 %-os szuszpenziója kedvezően befolyásolták a repce növekedését és fejlődését, növelték a termés mennyiségét.

Kulcsszavak: mikroalga, repce, organikus, élettani stimulálás, fotoszintetikus pigmentek, morfológia, termésnövekedés