

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

Notterpek T. Jácint

Mosonmagyaróvár

2023

**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
ALBERT KÁZMÉR MOSONMAGYARÓVÁRI KAR
MOSONMAGYARÓVÁR
NÖVÉNYTUDOMÁNYI TANSZÉK**

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

**HABERLANDT GOTTLIEB NÖVÉNYTUDOMÁNYI
DOKTORI PROGRAM**

**Doktori Iskolavezető:
Prof. Dr. Varga László
egyetemi tanár
az MTA doktora**

**Programvezető:
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**

**Írta:
*Notterpek T. Jácint***

**Mosonmagyaróvár
2023**

**BIOSTIMULÁNS MIKROALGÁK ALKALMAZÁSA AZ
ŐSZI KÁPOSZTAREPCE (*BRASSICA NAPUS* L.)
NÖVEKEDÉSÉNEK ÉS FEJLŐDÉSÉNEK A
BEFOLYÁSOLÁSÁRA**

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

Írta:

Notterpek T. Jácint

Készült a Széchenyi István Egyetem

Albert Kázmér Mosonmagyaróvári Kar

Wittmann Antal Növény, Állat- és Élelmiszer-tudományi

Multidiszciplináris Doktori Iskola Haberlandt Gottlieb növénytudományi
program keretében.

Témavezetők: Prof. em. Dr. Ördög Vince, Dr. Gergely István

Elfogadásra javaslom (igen/nem)

(aláírás)

A jelölt a doktori szigorlaton%-ot ért el,

Mosonmagyaróvár,.....

.....
a Szigorlati Bizottság elnöke

Az értekezést bírálóként elfogadásra javaslom (igen/nem)

Első bíráló (Stefanovitsné Prof. em. Dr. Bányai Éva) igen/nem

(aláírás)

Második bíráló (Dr. Pénzes Éva) igen/nem

(aláírás)

A jelölt az értekezés nyilvános vitáján%-ot ért el.

Mosonmagyaróvár,.....

a Bírálóbizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése

Az EDT elnöke

TARTALOMJEGYZÉK

KIVONAT	8
ABSTRACT	9
1. BEVEZETÉS.....	11
CÉLKITŰZÉS	14
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	15
2.1. NÖVÉNYI HORMONOK	15
2.1.1. <i>A növényi hormonok előfordulása és élettani hatása</i>	15
Auxinok.....	15
Citokininek.....	19
Gibberellinek	21
Etilén.....	22
Abszizinsav	23
2.1.2. <i>Mikroalgák hormontermelése</i>	23
2.1.3. <i>Tengeri algakivonatok és mikroalgák a növénytermesztésben</i>	26
Növényi biostimulánsok	31
Tengeri algakivonatok	33
Mikroalga készítmények	34
2.4. A REPCE.....	37
2.4.1. <i>A termésbiztonságot befolyásoló tényezők</i>	37
2.4.2. <i>A repce gazdasági jelentősége</i>	40
3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK.....	44
3.1. ANYAGOK	44
3.1.1. <i>A kísérletben alkalmazott alga törzsek</i>	44
3.1.2. <i>A vizsgált repce hibrid</i>	45
3.1.3. <i>A kísérletekben használt növényvédő és gyomszabályozó szerek</i>	46
3.2. A KÍSÉRLETI HELYSZÍN.....	46
3.2.1. <i>A kísérleti területek talajtani adottságai és tápanyag utánpótlása</i>	46

A területek talajtani adottságai	47
3.2.2. A repce kísérleti területei	47
3.2.3. Agrotechnikai adatok	48
3.2.4. A területek meteorológiai és klimatikus adatai	48
3.3. ALKALMAZOTT MÓDSZEREK	55
3.3.1. Laboratóriumi kísérletek mikroalgákkal	55
A kiválasztott törzsek felszaporítása.....	55
A citokinin- és auxin szerű hatás kimutatása	57
Nyers levélminták klorofill-a és b, valamint az összkarotinoid tartalmának meghatározása közös extraktumból.....	58
Növényi minták szárazanyag tartalmának meghatározása	60
Hajtások vizsgálatai	60
Gyökérzet vizsgálatai	61
3.3.2. Szántóföldi kísérletek.....	61
A repce szántóföldi kísérletek beállítása	61
3.3.3. Repce szabadföldi vizsgálatok	63
3.3.4. Repce laboratóriumi vizsgálatok	64
3.3.5. Statisztikai elemző módszerek.....	66
4. EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK	68
4.1. LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI	69
4.1.1. A vizsgált mikroalga törzsek hormonhatása	69
4.2. AZ ŐSZI NÖVÉNYVIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI	71
4.2.1. A repcelevél szín- és szárazanyag tartalma	72
A repce levél klorofill-a vizsgálat eredményei	72
A repce levél klorofill-b vizsgálati eredményei	82
A repce levél összes karotinoid vizsgálatának eredményei	90
A repce levél szárazanyag tartalma	99
4.2.2. A gyökérmérés eredményei	108
A gyökérzet átlagos hosszúsága	108
A gyökérzet elágazásainak száma	110
A gyökérzet friss és szárított tömege	112

4.2.3. A levél és hajtáscsúcs mérési eredményei	116
A tenyészőcsúcs hossza és a gyökérnyak vastagsága	116
Az őszi levélszám	119
Telelés előtti állománymagasság	121
4.3. A TAVASZI NÖVÉNYVIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI.....	123
4.3.1. Szántóföldi mérések eredményei.....	123
Tavaszi tőszám.....	123
Betakarításkor mért állománymagasság	125
A vezér és alacsonyabb rendű oldalelágazások száma	126
Növényenkénti összes becőszám	129
Elágazásonkénti becőszám	130
4.3.2. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei	131
A becők átlagos össztömege.....	131
A becők átlagos hosszúsága.....	133
A becőnkénti magszám.....	134
A becőnkénti magtömeg	135
4.3.3. Terméseredmények és beltartalmi mutatók.....	137
Ezer mag tömeg.....	137
Az összes termés mennyisége	138
A magok olaj és nedvességtartalma	139
5. KÖVETKEZTETÉSEK	141
5.1 BIOTESZTEK ALKALMAZHATÓSÁGA HORMONSZERŰ HATÁS KIMUTATÁSÁRA	141
5.2 A MIKROALGA TÖRZSEK HATÁSA A REPCE TELELÉSÉRE	141
5.3 A MIKROALGA TÖRZSEK HATÁSA A REPCE TERMÉSKÉPZŐ ELEMÉIRE	144
5.4 GYAKORLATI ALKALMAZHATÓSÁG	145
5.5 ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	147
6. ÖSSZEFOGLALÁS.....	149
7. IRODALOMJEGYZÉK.....	152
8. FÜGGELÉK	175

Rövidítések jegyzéke

AGKI	Agrárgazdasági Kutató Intézet
BBCH	Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie
BBCH 14-16	A repce 4-6 leveles fejlődési fázisa
BBCH 30	A repce szárba indulásának fejlődési fázisa
BBCH 51	A repce zöldbimbós fejlődési fázisa
FAO	Food and Agriculture Organization
fm	Folyóméter
GC	Gázkromatográfia
HPLC	Magasnyomású folyadék kromatográfia
IAA	Indolecetsav
IPA	Indol-3-propionsav
IAM	Indol-3-acetamid
IES	Indol-3-ecetsav
IVS/IBA	Indol-3-vajsav
KIN	kinetin (6-furfuril-amino-purin)
KSH	Központi Statisztikai Hivatal
MACC	Mosonmagyaróvári Algagyűjtemény
MACC-430	<i>Tetracystis</i> sp.
MACC-612	<i>Nostoc piscinale</i>
MS	Tömegspektrometriá
NES	1 – naftil ecetsav
OECD	Organization of Economic Co-operation and Development
PGPR	Plant-growth promoting rhizobacteria
PPP	Teljes növényvédő szer (Plant Protection Product)
POP	Szerves növényvédő szer (Persistent Organic Pesticides)

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

Kivonat

Ma már bizonyított, hogy a cianobaktériumok és eukarióta mikroalgák számos bioaktív vegyületet, például a biostimuláns hatásért leginkább felelős növényi hormonokat 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. Növényi biostimulánsok kijuttatásával fokozható a termesztett növények környezeti stresszel szembeni ellenálló képessége, kedvezően befolyásolható növekedésük, fejlődésük és a termés mennyisége, valamint minősége.

Munkám során biotesztek segítségével egy jól szaporodó és bizonyíthatóan magas hormontermelő cianobaktérium (MACC-612) és egy eukarióta mikroalga (MACC-430) törzset választottam ki a szabadföldi kísérletekhez. Szántóföldi randomizált kisparcellás kísérletekben, két eltérő évben (2010/11 és 2013/14), de azonos termőhelyen, az évjáráti hatásoktól függetlenül bizonyítottam a törzsek kedvező hatását a repcére. Mindkét évben ősszel, 4-6 leveles fejlődési stádiumban kezeltem a növényeket. A kezelést követően öt héten keresztül a klorofill-a és b, valamint az összes karotinoid jelentős növekedését mértem a levelekben, és növekedett a levelek szárazanyagtartalma is. Az őszi szántóföldi és laboratóriumi vizsgálatok bizonyították, hogy mindkét mikroalga törzs, kedvezően hatott a repcére. Az MACC-612 *Nostoc piscinale* a vegetatív növényi részekre, valamint a

gyökér hosszúságára, míg az MACC-430 *Tetracystis* sp. A gyökérzet száraz tömegére hatott erőteljesebben. Mindkét törzs javította a repce kondícióját, így a telelés jobb, a tavaszi fejlődés gyorsabb és erőteljesebb volt. Az áttelelést követő tavaszi kezelés kedvező hatása a terméselemekre és a termésre mindkét kísérleti évben igazolható volt. Az eredmények bizonyították, hogy az MACC-612 *Nostoc piscinale*, és az MACC-430 *Tetracystis* sp. része lehet egy új termesztéstechnológiai eljárásnak. Mindkét mikroalga 0,3% szuszpenziójával történő levélkezelések mindkét évben előnyösen befolyásolták a repce növekedését, fejlődését és telelését, valamint az évjáráti és időjárási hatásoktól függetlenül növelték az összes termés mennyiségét.

Application of biostimulant microalgae to influence the growth and development of rapeseed (*Brassica napus* L.)

Abstract

It is now proven that cyanobacteria and eukaryotic microalgae produce, accumulate, or secrete many bioactive compounds into their environment, including plant hormones, most responsible for the biostimulant effect. Their advantage over synthetic hormone preparations is that several hormones released act together on plants and therefore have a wide spectrum of action. Plant biostimulants enhance the resistance of cultivated plants to environmental stress, and positively influence their growth, development and the quantity and quality of the crop.

The aim of my work was to select a well-growing and demonstrably high hormone-producing cyanobacteria (MACC-612) and a eukaryotic microalgae (MACC-430) strain for field experiments. In field randomized small parcel experiments, in two different years (2010/11 and 2013/14), but in the same region, regardless of the vintage effects, I proved the beneficial effects of the studied strains on rapeseed. In both years, I treated the plants in the fall, at the stage of development of 4-6 leaves. For five weeks after treatment, I detected significant increases in chlorophyll a and b, as well as in all carotenoids, in the leaves, in addition to an increase in the dry matter content of the leaves. Autumn field and laboratory studies have shown that both strains of microalgae have had beneficial effects on rapeseed. MACC-612 *Nostoc piscinale* had stronger effects on vegetative plant parts and the length of the roots, while MACC-430 *Tetracystis* sp. Had a stronger effect on the dry mass of the root sensation. Both strains improved the condition of rapeseed, which resulted in better wintering, along with faster and more powerful spring development. The beneficial effects of spring treatment after saturation on crop elements and fruiting in both experimental years was justified. Furthermore, leaf treatments with a suspension of 0.3% of both microalgae have had beneficial effects on rapeseed growth, development and wintering over the years and increased the total crop yields regardless of vintage and weather effects.

Together, these results proved that MACC-612 *Nostoc piscinale*, and MACC-430 *Tetracystis* sp. Can be part of a new cultivation technology process.

1. BEVEZETÉS

A fenntartható fejlődés és a környezetkímélő gazdálkodás előtérbe kerülése maga után vonja a mezőgazdasági termelés megváltozását is. A világon a megújuló energiaforrások növelése nem csupán az energiaellátás, hanem a légkörbe történő CO₂, illetve egyéb üvegházhatású gázok kibocsájtásának, ezzel a globális felmelegedés ütemének csökkentése miatt is fontos. Földünk éghajlatának szélsőséges változásai megnehezítik a biztonságos mezőgazdasági termelést a világ minden részén, így Magyarországon is.

A változó klíma hatására új mezőgazdasági kártevők és kórokozók jelentek meg. A mezőgazdasági kártevők elleni védekezés az elmúlt évtizedekben 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. Az őszi vetésű növényeink közül a repce az egyik legérzékenyebb a biotikus és abiotikus stresszhatások tekintetében, ezért növényvédelme kiemelt jelentőségű. A repcetermesztés őszi kihívásai közül a legfontosabb a vontatott kelésből eredő erőteljes gyomosodás, és így az egységnyi területért folytatott kompetíciós harc elkerülése. A korábban említett egészségre és környezetre is ártalmas peszticidek kivonása miatt jelentősen csökkent azon készítmények száma, amelyekkel a fiatal növényeket megvédhetjük a talajban lakó kórokozók és kártevők támadásaitól.

A legnagyobb problémát azonban a klímaváltozás okozta lokális csapadékhiány jelenti. A térben és időben is egyenetlen csapadékeloszlás jelentősen csökkenti a sikeres telelés esélyeit, és ezzel károsan befolyásolja a termés mennyiségét, így a végleges árbevételt is. A hagyományos repcetermesztésben alkalmazott gyomszabályozó készítményekkel sikeresen védekezhetünk a magról kelő egy és kétszikű gyomok ellen. A talajlakó kártevők támadásait leghatékonyabban a vetőmagok csávázásával háríthatjuk el, míg a megfelelő őszi kondíció kialakításában a különféle regulátorok és fungicid készítmények segíthetnek.

Az őszi káposztarepce tekintetében az elmúlt években egyre inkább előtérbe került a lombon keresztüli tápanyag-utánpótlás, kifejezetten a mikroelem pótlás lehetősége. Ezen készítmények segítik a növényeket a klimatikus anomáliák okozta stresszhelyzetek leküzdésében. Amennyiben a repce a kelést követően hozzájut a talajokban addigra oldott állapotba került tápanyagokhoz, kezdeti fejlődése biztosítottá válik. Abban az esetben azonban, ha egy őszi csapadékmentes időjárás következtében a repce a fejlődése kezdeti szakaszában nem jut elegendő tápanyaghoz, indokolt egy „stesszoldó”, kondicionáló lombtrágyázás elvégzése. A repce sikeres telelésében számos biotikus és abiotikus tényező is fontos szerepet játszik. A kifejlett levelek száma, valamint a téli melegebb, naposabb periódusok segítik (a fotoszintetikus aktivitás meghosszabbodása miatt) a repce sikeres telelését.

A növényi növekedést szabályozó anyagok használatával növelhető a növények hideggel szembeni tűrőképessége is. A jarovizációban és a telelés sikerességében döntő szerepe van a gibberellineknek. Mérsékelt

tápanyag utánpótlással és biostimulánsok segítségével biztosítható a repce sikeres telelése, növelhető a termés mennyisége. Biostimulánsok alkalmazásával hatékonyan stimulálható a repce primer gyökérfejlődése, gyorsítható az anyagcseréje, javítható a növények stresszhelyzetekkel szembeni ellenálló képessége.

Tengeri algakivonatokkal és mikroalga készítményekkel kedvezően befolyásolhatók a növények életfolyamatai és ezzel együtt a termés mennyisége és minősége. A kedvező hatások a termesztett növényekre, leginkább a növényi hormonokra vezethetők vissza, amihez egyéb bioaktív vegyületek is hozzájárulnak. Számos cianobaktérium és zöldalga törzsben mutatták ki az IES (indol-3-ecetsav) jelenlétét, analitikai módszerek segítségével. Az IES élettanilag aktív auxin, amely egyebek között hatással van a megnyúlásos növekedésre és a sejtosztódásra, valamint fontos szerepe van a járulékos és oldal gyökerek képződésében is. A citokininek szabályozzák a növényi sejtosztódást és az egyedfejlődés szinte valamennyi fázisát. Legjelentősebb szerepük a sejtciklus és a sejtosztódás szabályozásában, valamint az auxinnal való kölcsönhatásban, a sejtmeinyulás serkentésében van.

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.

CÉLKITÚZÉS

Értekezésem alapjául szolgáló kísérleti munka általános célja az volt, hogy a hormontermelése alapján kiválasztott két mikroalga törzs különböző koncentrációjú szuszpenzióival kedvezően befolyásoljam a kezelt őszi káposztarepce (*Brassica napus* L.) őszi és tavaszi fejlődését, telelését, az egyes terméselemek alakulását, valamint az összes termés mennyiségét.

A laboratóriumi, valamint a szabadföldi kísérletek, mérések és vizsgálatok a következő célkitűzéseket foglalták magukba:

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. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az elmúlt évtizedekben exponenciálisan növekedett az algákkal foglalkozó kutatások és publikációk száma. Ez a tendencia töretlenül folytatódik és várhatóan a következő évtizedekben teljesedik ki igazán a mikroalga kutatás.

2.1. Növényi hormonok

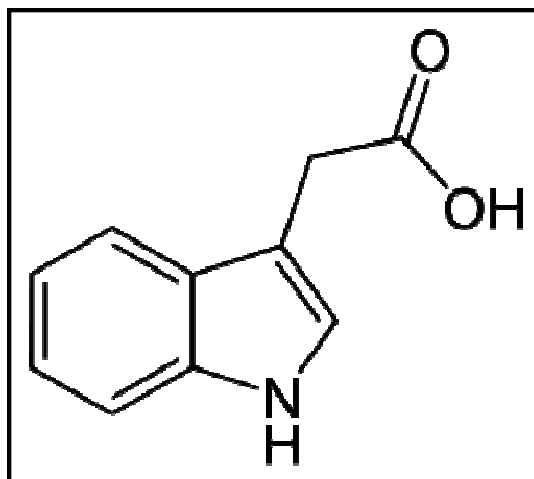
2.1.1. A növényi hormonok előfordulása és élettani hatása

Bayliss és Starling első alkalommal 1904-ben „Aktivitást kiváltóként” definiálta a hormon kifejezést. A növényélettani terminológiában először „a növényben szabályozó funkcióval bíró, a természetben előforduló szerves vegyület” meghatározásaként volt fellelhető. Növényi növekedésserkentő vegyületeket, más néven növényi hormonokat, számos szervezet szintetizálta, kezdve a növényi növekedést elősegítő rizoszféra baktériumoktól (PGPR) a talajlakó és tengeri és édesvízi algákon át a magasabb rendű virágos növényekig. A „klasszikus öt” növényi hormoncsoport az auxinok, citokininek, gibberellinek, abszcizinsav és etilén (*van Overbeek et al.*, 1941) közül, az első három csoport vegyületeinek a fejlődésben és növekedésben betöltött szerepe a legjelentősebb. Az auxinokat, citokinineket és gibberellinek a növényi szövettenyészetekben és a növénytermesztésben is rutinszerűen alkalmazzák.

Auxinok

Az auxinok a merisztémákban képződő, több növényi életfolyamatban létfontosságú szerepet játszó növényi hormonok egyik

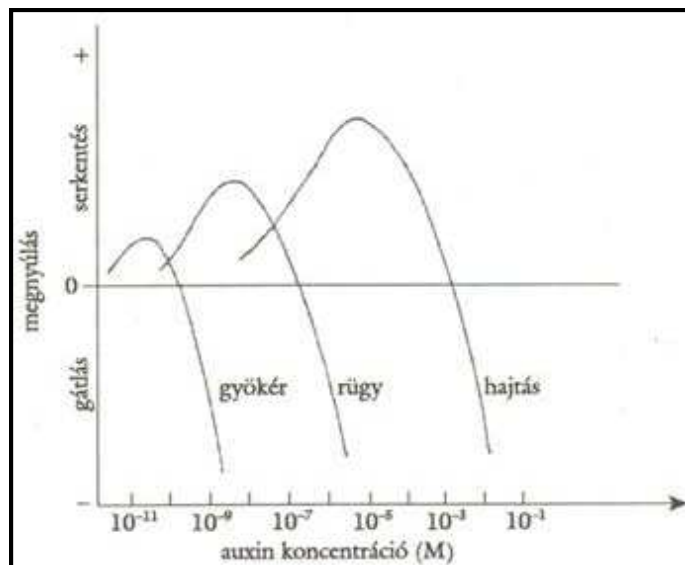
csoportja. A szár és a gyökér növekedésének irányításában, valamint termésképződésben, a levél- és terméshullás kémiai szabályozásában vesznek részt, és elősegítik a környezeti stresszel szembeni ellenálló képességet (*Pozo, et al., 2005, Han et al., 2018*), ugyanakkor *Perrot-Rechenmann* (2010) szerint az indolecetsav (IAA) a biológiailag legaktívabb auxin, hatása a sejtosztódással és sejtmeinyúlással kapcsolatos. Hatásuk a szövetekben lévő koncentrációtól függ. Kis mennyiségben elősegítik a növekedést, nagyobb mennyiségben pedig gátolják azt. Széles körben használják őket, gyökésképződést elősegítő vegyületként, gyomirtóként, valamint megtermékenyítés nélkül meginduló termésfejlődés elősegítésére. *Salkowski* már 1885-ben kolorimetriás módszer segítségével kimutatta indol vázas vegyületek jelenlétét. Az emberi vizeletből izolált növényi növekedés serkentő vegyületek csoportját *Kögl és Haagen-Smith* 1931-ben auxinoknak nevezték el, majd az IES-ként (1. ábra) ismert indol-3-ecetsavat (IES) szintén *Kögl et al.*, kimutatták vizeletből 1934-ben. Az IES-t növényi mintákban, éretlen kukorica szemtermésben *Haagen-Smith és munkatársai* 1946-ban izolálták elsőként.



1. ábra: Indol - 3 ecetsav (forrás: URL⁷, 2022)

Számos természetes auxint ismerünk, mint például 4-klórindol-3-ecetsav, az indol-3-aldehyd, illetve az indol-3-valsav. Az indolacetyl-peptidok, -glükóz-észterek, -mioinozitol-észterek a növények raktározott auxinformái. A triptofán – IES bioszintetikus út köztes termékei, az indol-3-ecetsav és az indol-3-etanol szintén mutatnak auxin hatást. Az indol vázas auxinok mellett a növényekben számos gyenge auxin hatást mutató fenolos vegyület található, mint pl. a fenil-ecetsav és a fenil-acetamid. Az IES a fiziológiailag legaktívabb auxinforma (Jäger, 2005). Általánosságban elmondható, hogy a koncentráció és érzékenység egyaránt meghatározó tényező lehet a hormonhatás jellegében (Ördög és Molnár, 2009). Pramanik és Mohaparta (2017) szerint, az IES fontos szerepet játszik agravitropizmusban, fototropizmusban, az apikális dominanciában, gyümölcs-, és gyökérbérbézésben. Egy meghatározott növény adott hormonra való reagáló képességét az érzékenység (2. ábra) mértékegységével jellemezhetjük. Az érzékenységet fajtól, szervtől, szövettípustól az adott fejlődési stádiumig számos tényező

befolyásolhatja, így a receptor molekulák száma, azok hozzáférhetősége, kompartmentációja (elérhetőség), a hormonális arányok, a receptorok affinitásának változása stb. (Ördög és Molnár, 2009).



2. ábra: Egyes növényi részek auxin érzékenysége (Erdei, 2008)

Gaveliené és munkatársai (2013) auxin analógok segítségével a repce 4-5 levelés állapotában történő kezelésével stimulálta a hajtáscsúcsokban felhalmozódó prolinok és szacharidok felhalmozódását, ezáltal javította a repce télálóságát. *Chauvaux és munkatársai* (1997) bizonyították, hogy a repce becők érése és felrepedése folyamán azok nedvességtartalmának csökkenésekor a felnyílási zónában növekszik az auxinok mennyisége, amely további enzimatikus folyamatokat indukál. Az auxinok befolyásolják a repce magasságát, leveleinek állását, azok redőzöttségét, a hipokotil méretét és számos egyéb tulajdonságát (*Li et al.*, 2018).

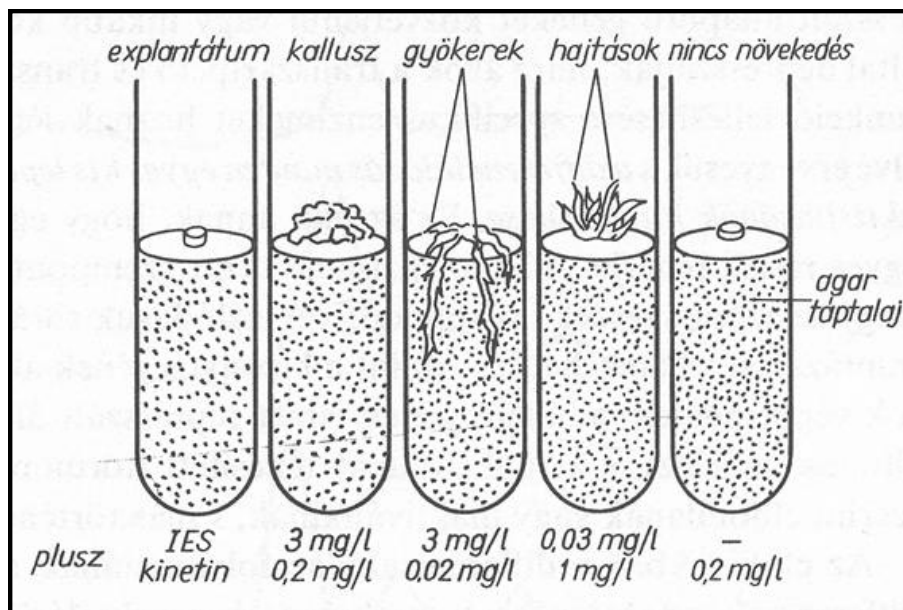
Citokininek

Minden a természetben előforduló és csaknem az összes szintetikus előállított citokinin aminopurin-származék, amelyben a molekula vázát alkotó adeninhez izoprenoid lánc, vagy hidroxibenzilgyök kapcsolódik (Allaga és Bódis, 2014).

Haberlandt (1913) munkásságával vette kezdetét a citokininek vizsgálata. A citokininek számos folyamatot szabályoznak, de a növény növekedése és fejlődése szempontjából legfontosabb szerepük a sejtosztódás és az ontogenezis szinte összes fázisának szabályozásában van (Ördög és Molnár, 2011). Jablonski és Skoog (1954), valamint den Boer és Murray (2000) leírták, hogy a legjelentősebb szerepük a sejtciklus és sejtosztódás szabályozásában, valamint az auxinnal kölcsönhatásban, a sejtmegegyülés serkentésében van. A növényi szervek differenciálódását, az embriófejlődést (Chaudhury et al., 1993), annak növekedését (Kuraishi, 1959) és a kloroplasztiszok érését (Fletcher és McCulloch, 1971) is szabályozzák. Van Staden és munkatársai 1990-ben leírták, hogy a citokininek gátolják az öregedést, serkentik a tápanyagok felvehetőségét, valamint elősegítik a gumóképződést (Gregory, 1956; Guivarc'h et al., 2002). Wickson és Thimann (1958) megállapította, hogy az auxin hatásával ellentétesen serkentik az oldalrügyek kihajtását, illetve bizonyos növényfajok esetén szerepet játszanak a dormancia megszakításában (Miller, 1956), így alkalmazásukkal helyettesíthető a vernalizáció. A szűk auxin/citokinin arány szövettenyészetekben elősegíti a hajtásképződést (Skoog és Miller, 1957; Yamada et al., 1971), míg Wybouw és Rybel (2019) szerint a citokininek szabályozzák a gyökérszónában kialakuló bilaterális szimmetriát, a sztómák és a gyökér

xilémsejtjeinek differenciálódását is. A kutató megfigyelte, hogy a burgonya floémnedve a gumó szöveteinek osztódását idézte elő. *Van Overbeek és munkatársai* 1941-ben kimutatták, hogy a kókuszdió folyékony endospermiuma, az élesztőgombák, a búzaszem és a mandula mag kivonatai *Datura* embriókultúrákban sejtosztódást indukálnak. *Miller és munkatársai* (1956) azonosították az első citokinint, a 6-furfuriladenint ismertebb nevén kinetint (KIN) hőkezelt heringspermából. *Letham* (1963; 1964) elsőként mutatta ki kukoricából a KIN-nel azonos hatást mutató növényi citokinint a zeatint, és határozta meg annak kémiai sajátosságait (*Jäger, 2005*).

A szövettenyészetek morfogenezisét az auxin: citokinin- arány szabályozza. Míg az alacsony auxin: citokinin- arány a hajtásképződést segíti elő, addig az alacsony arány a gyökérképződést serkenti (3. ábra) (*Ördög és Molnár, 2011*).



3. ábra: Auxin-citokinin arány hatása a kallusztenyészetek fejlődésére (*Szalai, 1994*)

Nehnevajova és munkatársai (2019) kísérleteikben olyan, az *Arabidopsis thaliana*-ban található CKX1 és CKX2 géneket építettek be *Brassica napus* génállományába, amelyek a dohányban közismerten erőteljes gyökérfejlődés indukáltak. A repcében indukált erőteljes gyökérfejlődést a korábban említett génszekvenciák citokinin oxidáz/dehidrogenáz túlzott aktiválódásával magyarázták. *De Bouille és munkatársai* összefüggéseket találtak a repce termés képzése (növényenkénti becőszám, becőnkénti magszám és magtömeg) és a növény citokinin tartalma közt (*De Bouille et al.*, 1989).

Gibberellinek

A gibberellinek diterpén növényi hormonok (*Yamaguchi*, 2008) maguk is endogén regulátorok (*Ördög és Molnár*, 2011), bár régebben a gibberellineket olyan anyagoknak tekintették, amelyek a növekedésre és a fejlődésre gyakorolt hatásukat az auxin anyagcsere szabályozásán keresztül fejtik ki. Direkt, vagy indirekt kölcsönhatásban lehetnek az auxinnal, vagy más növényi hormonnal. Számos specifikus reakciójuk ismert, amelyre sem az auxinok, sem más hormonok nem képesek. Elengedhetetlen jelentőségük van a magok csírázásában, szár megnyúlásában, levelek hosszanti növekedésében, és a pollenek érésében (*Davière és Achard*, 2013). A gibberellinek normalizálják a fiziológiai vagy genetikai törpességet, indukálják a fény- és hidegigényes magvak csírázását, megszakítják a rügyek nyugalmi állapotát, serkentik az alfa-amiláz és más enzimek, de novo szintézisét és a virágzást, befolyásolják a virágok nemi jellegének kialakítását a hím jelleg irányába. Gátolhatják a termésérést, ugyanakkor serkentik a termés-kötést (*Ördög és Molnár*,

2011). *Huang és munkatársai* különböző koncentrációjú GA₃ oldatokkal kezelte *Brassica napus* L. növényeket a teljes virágzást követően a becőképződés időszakában, amelyek hatására a becőfejlődés korai szakaszában növekedett a szárazanyagra vonatkoztatott olajtartalom, de csökkent a fehérjetartalom (*Huang et al.*, 2014). A vizsgált időszak végére az olajtartalom nem csökkent, ugyanakkor a fehérje tartalom jelentősen megnőtt a késő őszi szakaszban.

Etilén

Az etilén egy a növekedést és fejlődést befolyásoló gáz halmazállapotú anyag, amely a növényi anyagcsere természetes produktuma. Az etilén gátolja a megnyúlásos növekedést, fokozza a sejtek laterális expanzióját, megakadályozza az epikotil és a hipokotil kampók kiegyenesedését, fokozza a hajtás gibberelin érzékenységét, az epinasztiát (növényi ingermozgás, amelynek során egyes növényi részek, szervek a tengelytől elhajló irányba növekednek), öregedés-serkentő, gyökeresedést indukál, megtöri a magvak és a rügyek nyugalmi állapotát, serkenti a virágkezdemények képződését, terméskötést, a termés növekedését és érését, fokozza a gabonamagvak csírázását, késlelteti a virágzást, az ivari jelleget a nőivarúság felé tolja (*Ördög és Molnár*, 2011). *Meakin és Roberts*, (1990) a repce érése során termelődő etilén mennyiségének elemzése során felismerték az etilén, mint klímakritérium létezését, és annak időbeli összefüggését a celluláz aktivitás szövetspecifikus növekedésének összefüggésében. A termés etiléntermelésének fő helyét a fejlődő mag kialakulási helyén azonosították. Mivel az érintetlen hüvelyek etilén tartalma felgyorsítja a

szövet öregedését és felrepedését megállapították, hogy az etilén fontos szerepet játszik a hüvelyek felnyílásának folyamatában.

Abszcizinsav

Az abszcizinsav (ABS) jelenléte minden növényi szövetben kimutatható, de legnagyobb mennyiségben a termésben és a magvakban található. Fontos szerepe van a magok érése, és a csírázás, valamint az abiotikus környezeti stresszhez való alkalmazkodás során (*Leung és Giraudat, 1998*). Gyakran nevezik stresszhormonnak a szárazság-, só-, és hidegstressz túrésben játszott fontos szerepe miatt. Míg az exogén ABS csírázás gátló hatású, vízhiány esetében elősegíti a sztómák záródását. A gibberellinek antagonistája, gátolja a megnyúlásos növekedést (*Ördög és Molnár, 2011*). *Farhoudi és Saeedipour, 15 μmol/L* koncentrációjú ABS levélkezeléseivel növelte a repce hajtásainak szárazanyag tartalmát, a fotoszintetikus aktivitást, peroxidáz és kataláz aktivitást és a gyökerek K^+ koncentrációját *15 μmol/L* sóterhelés mellett (*Farhoudi és Saeedipour, 2011*).

2.1.2. Mikroalgák hormontermelése

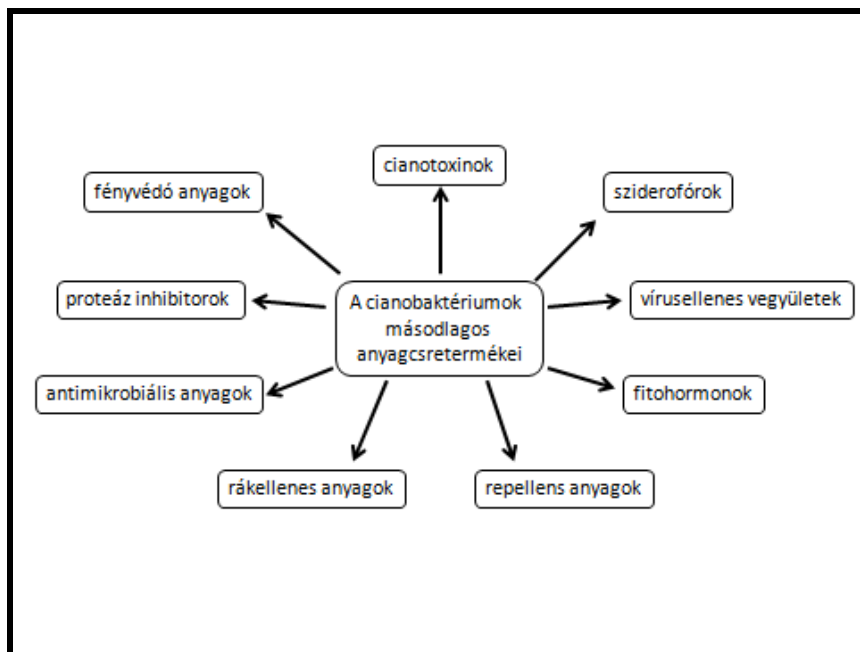
Napjainkban már az egyes mikroalgák növényi hormontartalmának a jellemzésére változatos hormonösszetételt és különböző koncentrációkat magában foglaló listák állnak rendelkezésünkre (*Ördög, 2014*).

Napjainkban már bizonyított tény, hogy minden mikroalga képes intra- és extracelluláris anyagokat, hormonokat, vagy hormonszerű vegyületeket termelni (*Tarakhovskaya et al., 2006*), felhalmozni, vagy kiválasztani a környezetükbe (*Stirk et al., 2013; Ördög, 1999*). Az intra–

és extracelluláris anyagok közül az elsődleges anyagcseretermékek esszenciálisak az algák növekedése és szaporodása szempontjából. Ezek a vegyületek a sejtek elhalása utáni autolízist követően, vagy lebontó szervezetek útján kerülnek a talajba és állnak a növények rendelkezésére (Boussiba, 1988). A másodlagos anyagcseretermékek főként a környezettel való kapcsolattartás miatt fontosak. A mikroalgák életciklusuk során a talajba bocsátják azokat, ugyanakkor minőségük és mennyiségük szoros összefüggésben áll a tenyészetek fejlődési fázisával, valamint a rendelkezésre álló tápanyagok mennyiségével, minőségével, illetve a rájuk ható környezeti tényezőkkel. Számos másodlagos anyagcsereterméknek allelopátiás hatást tulajdonítanak. Az allelopátia a növényfajok - mikroorganizmusok is - közötti előnyös, vagy ártalmas, anyagcseretermék okozta biokémiai kölcsönhatást jelenti (Molisch, 1937). A talajlakó és édesvízi cianobaktériumok, valamint mikroalgák növényi hormon termeléséről, illetve azok magasabb rendű növényekre gyakorolt hatásairól az utóbbi évtizedekben számos publikáció jelent meg (Függelék 6. és 7. táblázat).

A cianobaktériumok az élőlények azon kivételes csoportjába tartoznak, amelyek a legtöbb bioaktív vegyületet termelik. Az *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Calothrix*, *Chlorogloeopsis*, *Cylindrospermum*, *Gloeotheca*, *Nostoc*, *Plectonema*, *Haplosiphon*, *Synechocystis*, *Spirulina* (*Athrospira*), és *Oscillatoria* fajok nagy mennyiségben állítanak elő másodlagos anyagcseretermékeket (Prasana, 2010). Ezek közül a legfontosabbak a lipopeptidok (40%), aminosavak (5,6%), zsírsavak (4,2%), makrolidok és amidok (9%) (4. ábra). A cianobaktériumok által termelt lipopeptidok további vegyületeket tartalmaznak, amelyek

lehetnek citotoxikusak, tumorellenesek, antivirálisok, antibiotikumok, illetve anyagcserét serkentő, immunszuppresszív, antimikotikus, gyomirtó hatásúak is (Yadav *et al.*, 2011; Soha, 2012).



4. ábra: A cianobaktériumok másodlagos anyagcsere-termékei (Yadav *et al.*, 2011)

A cianobaktériumok másodlagos anyagcsere-termékeikkel hozzájárulhatnak a növénytermesztés sikerességéhez. Előnyeik a szintetikus hormonkészítményekkel szemben, hogy a fitohormonok jóval szélesebb hatásspektrumú aktivitással rendelkeznek, amelyre a növényi sejteknek és molekuláknak *in vivo* és *in vitro* is szükségük van (Sergeeva *et al.*, 2002; Prasanna *et al.*, 2010, Yadav *et al.*, 2011). Az auxin és más hormonok szerepe az algákban és a magasabb rendű növényekben hasonló (Stirk és van Staden, 1996). Romanenko és munkatársai (2015) a *Cyanophyta* és a *Chlorophyta* törzshöz tartozó 46 mikroalgában mutatták

ki IAA, Indol-3-vajsav (IBA), indol-3-propionsav (IPK) és indol-3-acetamid (IAM) jelenlétét.

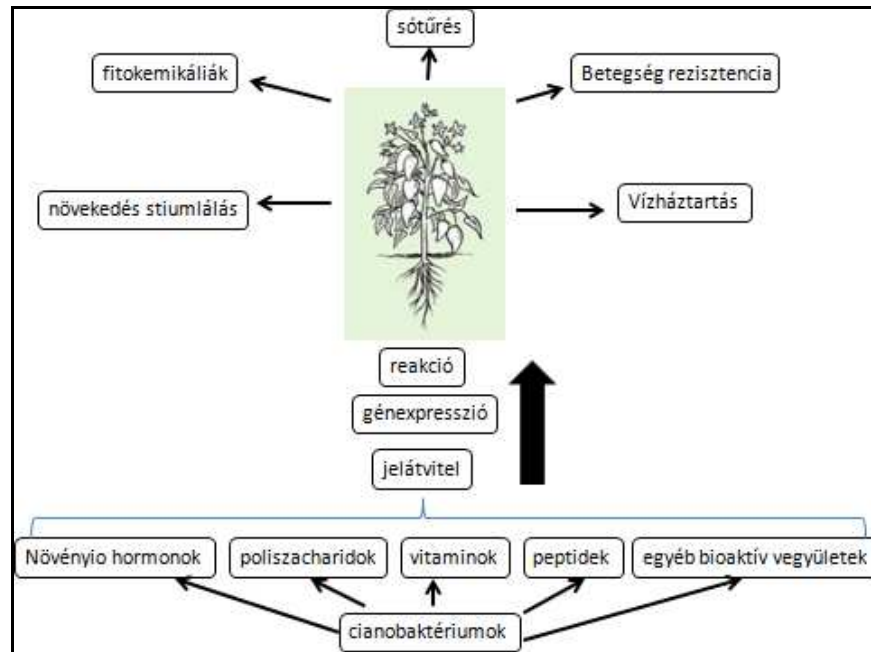
2.1.3. Tengeri algakivonatok és mikroalgák a növénytermesztésben

A szárított tengeri makroalgákat a tengermelléki országokban évszázadok óta alkalmazzák zöldtrágyaként. Mivel a nagy tömegű biomassza szárítása és kijuttatása rendkívül költségigényes, ezért jelentős volumenű makroalga feldolgozóipart hoztak létre (*Jäger, 2005*). Az iparág termékei bizonyítottan auxint és citokinint tartalmaznak, amelyek hatékonyságát számos szántóföldi kísérlet is alátámasztja. Az algák mezőgazdasági hasznosítása nem újkeletű dolog, így azok használhatók a termés minőségének, hozamának javítására, másodsorban pedig növényvédelmi célokra. A távol keleten, Kínában már évszázadok óta az étkezés nélkülözhetetlen részét képezik az algák. Az első algafarmok Japánban az 1600-as években alakultak ki (*Mészáros, 2013*). Hatékonyan gátolják egyes növény patogéngombák fertőzését, szaporodását, vagy közvetetten a növény érzékenységét, fogékonyságát csökkentik bizonyos növényi betegségekre. Gazdaságossági szempontból lényeges különbségek mutatkoznak a makro és mikroalgákból származó termékek piaci térnyerése között, hiszen ez utóbbiakból sokkal bonyolultabb készterméket előállítani.

Az elmúlt években a mikroalgák ára 10-20 euró/kg volt, amely napjainkra 10 euró alá csökkent, köszönhetően a biodízelgyártásra szánt algák maradékanyagainak mezőgazdasági célzatú felhasználása miatt. Az üzemanyaggyártásra az alga biomassza 20-30 százalékát tudják kinyerni, a többit a mezőgazdaság kiválóan tudja használni sok célra, szervesanyag-tartalma miatt még talajjavításra is. Magyarországon, egy

hektáron 50-60 tonna algát lehet előállítani, ha ennek a harmadát kinyerik biodízelnek, a megmaradt biomasszából biogázt lehet előállítani, vagy más célokra hasznosíthatja a mezőgazdaság (URL⁴, 2011). Az intenzív mezőgazdasági termelés széles körben alkalmaz szintetikus műtrágyákat, kémiai növényvédő szereket, amelyek világszerte környezeti és egészségügyi problémákat okoznak. A legújabb vizsgálatok bebizonyították, hogy számos mikroorganizmus használata nem csak környezetkímélő, hanem jövedelmező is lehet a mezőgazdasági termelés számára (Sahin, 2011). A világ számos régiójában régóta használják a mikro- és makroalgákat a növényi eredetű élelmiszer-alapanyagok termelésében jótékony hatásuk miatt (Craigie, 2011; Zodape, 2001). A mikroalgák és cianobaktériumok a talajokban általánosan előforduló mikroszervezetek, amelyek hasznos tulajdonságukkal és kedvező hatásukkal befolyásolják a növény-talajrendszereket, képesek a légköri nitrogén megkötésére is. Elsődleges termelésükkel növelik a talajok szervesanyag tartalmát, az általuk termelt poliszacharidok révén javítják a talajok szerkezetét. Antagonistái a talajból fertőző növényi kórokozóknak, szinergistái más hasznos mikroszervezeteknek, illetve mobilizálják a talajban lévő foszfort és serkentik felvételét. Oxigén-termelésükkel csökkentik a szulfid okozta károsodást a szulfát-redukcióra hajlamos talajokban. A cianobaktériumok számos extracelluláris anyagcsereterméket termelnek (Haroun és Hossein, 2003; Rodríguez et al., 2006). Növényi növekedést szabályozó anyagokat (PGR), antibiotikumokat, biocidokat, biosztatikus vegyületeket, vitaminokat, valamint szideroforokat termelnek és bocsátanak ki környezetükbe,

amelyek befolyásolják a növényi növekedést és fejlődést (5.ábra) (Haroun és Hossein, 2003; Rodriguez *et al.*, 2006, Sing, 2014).



5. ábra: A cianobaktériumok elicitor molekulái és a növények által kiváltott válaszreakcióinak vázlatos bemutatása (Sing, 2014)

A mezőgazdaságban leggyakrabban biotrágyaként és talajkondicionálóként használták, ill. használják, de az utóbbi időben növekszik az érdeklődés antimikrobiális- és PGR-anyagaik iránt is (Rathore *et al.*, 2009; Papenfus *et al.*, 2012, Pranarik és Mohaparta, 2017).

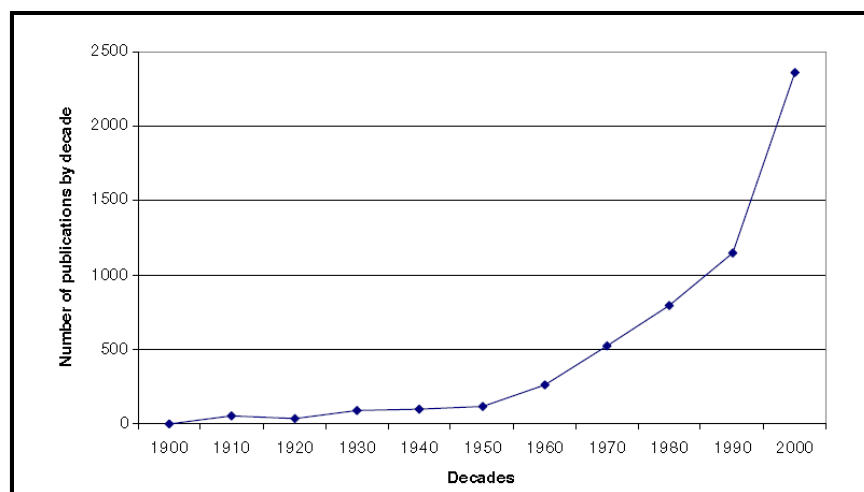
A mezőgazdasági hasznosíthatóság történhet talajműveléssel, vagy különböző szintetikus talajkondicionálók, szerves trágyák vagy mikrobiális eredetű poliszacharidok adagolásával. A poliszacharidok elsősorban alacsony szervesanyag tartalmú talajokban hatékonyak. A mikrobiális talajkondicionálók alkalmazásának a feltétele az, hogy a

kijuttatott mikroszervezet szaporodjon a talajban és *in situ* jelentős mennyiségű extracelluláris poliszacharidot termeljen (Jäger, 2005). Japán rizsföldeket 1951-ben nitrogén-kötő cianobaktériumokkal (algalizálás) kísérleti jelleggel kezdtek el oltani, de hamarosan abbahagyták. Az algalizálás korlátozott elterjedése a technikai akadályok mellett főleg a kismértékű és nagy szórást mutató bizonytalan eredményekkel magyarázható.

A cianobaktériumok és a mikroalgák, valamint a makroszkopikus tengeri algák egyaránt termelnek növényi hormonokat (Stirk *et al.*, 2103; Sing, 2014). Ez a felismerés vezetett oda, hogy ma már a nitrogénkötő cianobaktériumok kedvező hatását is jórészt az általuk termelt PGR anyagokkal magyarázzák. Mikroalgák és cianobaktériumok sűrű szuszpenziója, vagy annak kivonata olyan biológiailag aktív vegyületek együttesét tartalmazza, amely speciális növénykezelésekre alkalmas (du Jardin, 2015). Csökkenti az öregedést és a transzspirációt, javítja a gyenge csírázóképeségű magvak csírázóképeségét (Ördög, 1999, Gaveliene *et al.*, 2005; Papenfus *et al.*, 2012) növeli a terméskötődést, a levelek klorofill (Tóth *et al.*, 2010, Tóth *et al.*, 2016; Tóth *et al.*, 2019; Takács *et al.*, 2019), illetve a termés fehérjetartalmát, valamint serkenti a gyökér- és hajtásfejlődést (Takács *et al.*, 2019; Tóth *et al.*, 2016, Notterpek *et al.*, 2021) Számos tengeri algakivonat van forgalomban, amelynek oka leginkább a tengeri algák könnyű begyűjtése, míg a felsorolt kedvező hatások ellenére cianobaktérium- és mikroalgakészítményekkel alig találkozunk a piacon (Sharma *et al.*, 2014). A hasznos mikroszervezetek szaporodását serkentő vagy növénypatogéneket gátló cianobaktériumok és mikroalgák kutatása még

kezdeti fázisban van, ugyanakkor az utóbbi évtizedekben a tengeri és édesvízi algák hasznosításával foglalkozó publikációk száma jelentős emelkedést mutat (6. ábra), amely bizonyítja a téma jelentőségét.

Míg korábban a gyógyszer, és szépségipar érdeklődött az algák iránt, napjainkban kiterjedt kutatások folynak az algák olajtartalmának feltárása, valamint a mezőgazdasági hasznosíthatóságuk érdekében (Craigie, 2011).



6. ábra: Az algákkal foglalkozó publikációk száma 1900-2000 között évtizedes bontásban a CAPLUS és BIOSIS adatbázisai alapján, *Number of publications related to seaweed use by decade for 1900–2000. CAPLUS and BIOSIS data bases were searched. Courtesy of B. Kennedy, CISTI, NRCC (Craigie, 2011.)*

Horrigan és munkatársai (2002) kisparcellás kísérletben bizonyították a kémiai úton előállított tápanyagok talajban élő mikroorganizmusokra gyakorolt negatív hatásait. A talajok biodiverzitásának és termőképességének megővésére a legjobb mód, ha a lehető legnagyobb mértékben használunk mikrobiális termékeket, funkcionális bio levél- és talaj trágyákat, illetve bio növénykondicionáló, növényvédő készítményeket (*Horrigan et al.*, 2002). A mezőgazdaságban alkalmazható mikroalgákkal - mint növényvédő

készítményekkel, vagy levéltrágyákkal, biostimulánsokkal – foglalkozó publikációk számának növekedése arra utal, hogy az elmúlt két évtizedben jelentősen nőtt a mikroalgák gyakorlati hasznosításának lehetősége.

Növényi biostimulánsok

A biostimulánsokkal foglalkozó publikációk száma az utóbbi években jelentősen megugrott, ezért egy külön fejezetet szentelek a növényi biostimulánsoknak.

A növényi biostimulánsok számos kategóriába sorolhatók, így megkülönböztethetünk természetes, vagy organikus anyagokat (huminsavak, állati eredetű protein-hidrolizátumok, stb...), szervetlen vegyületeket (réz, alumínium, nátrium, stb...), valamint mikroorganizmusokat (nitrogén fixáló baktériumok, mikorhizza gombák, stb...) (Gupta et al., 2021).

Sahrama és munkatársai (2014) szerint a növényi biostimulánsok olyan szerves anyagok, amelyek kis mennyiségben alkalmazva úgy fokozzák a növényi növekedést és fejlődést, hogy az nem tulajdonítható a hagyományos növényi tápanyagok által indukált fejlődésnek (*Sahrama et al.*, 2014). Egy másik, összetettebb megfogalmazás szerint a biostimulánsok olyan anyagok, vagy keverékek - a tápanyagok és a növényvédő szerek kivételével - amelyekkel a növényeket, a vetőmagokat vagy a talajokat kezelve, előnyösen befolyásolják a növények fiziológiai folyamatait, a növények növekedését, fejlődését és a biotikus - abiotikus stressztűrő képességét (*Craigie*, 2011; *du Jardin*, 2015), ugyanakkor nincsenek közvetlen hatással a növényi kártevőkre, vagy kórokozók életfolyamataira, így azokra nem esnek a peszticidekre

vonatkozó szabályozás keretei közé (EBIC, 2012). A biostimulánsok tulajdonképpen „növénykondicionálók”, amelyek a tápanyagforgalmat, a trágyaféleségektől eltérő, a növények biotikus stressztűrő képességét (a növényi kártevőkkel és betegségekkel szembeni ellenálló képességét) pedig a növényvédő szerektől eltérő módon befolyásolják (Ördög, 2014).

A hazai első jogszabályi említés a 2000. évi növényvédelmi törvény szerint növénykondicionáló szeren a növényi anyagcserét befolyásoló, nem tápanyagjellegű anyagokat értjük, míg a növénykondicionáló készítmény a növények fejlődésére, terméshozamára és általános állapotára kedvezően ható, szerves vagy szervesetlen anyagokból előállított készítmény, amely a növényi életfolyamatokra elsődlegesen a tápanyag-forgalom befolyásolásán keresztül hat. (36/2006. FVM r.). Talajkondicionáló készítménynek nevezzük a talaj fizikai, kémiai, illetve biológiai tulajdonságaira kedvezően ható, iparilag előállított termésnövelő anyagokat (8/2001. FVM r. majd a 36/2006. FVM r.) (Olasz, 2013).

A biostimulánsok és növénykondicionáló készítmények lehetnek aminosavak, hidrolizált fehérjék, poliamidok. Ezeket a vegyületeket nagy többségében növény- és mag, vagy talajkezelésekre használják. Serkentik a nitrogén anyagcsere-folyamatokat, stimulálják az enzim tevékenységet, javítják a nitrogén trágyázás hatékonyságát, növelik a stressztűrő képességet (prolin, hisztidin, glicin). A poliaminok serkentik a sejtosztódást, a sejtmegnyúlást, növelik a sóval, faggyal és hóval szembeni toleranciát. A triptofán csökkenti a cseresznye felrepedés-hajlamát (Olasz, 2013).

A huminsavak, fulvósavak, humátok, a növény- és talajkezelést követően serkentik a kezelt növények anyagcseréjét (légzés, tápanyag felvétel, sejtnövekedés), a gyökérnövekedést, a vegetatív fejlődést, a biotikus és abiotikus stressztűrést (Olasz, 2013).

Az algakivonatok általában makro- és mikroelem, poliszacharid, hormon és szerves nitrogéntartalmuk miatt kedveltek. A poliszacharidok növelik a talajok víz-visszatartó (gél forma) és tápanyag megkötő képességét. Fokozzák a magvak csírázását, serkentik a tápanyagfelvételt, gyökeresedést, növekedést, fejlődést, gyümölcs-kötődést és érést (Olasz, 2013).

Tengeri algakivonatok

A tengeri algák nagy többsége zöld, vörös, vagy barna makroalga. A tengerialga-kivonatok vegyi összetevői komplex vegyületek (poliszacharidok, zsírsavak, vitaminok, fitohormonok és ásványi anyagok). A növénytermelésben főként a növényi növekedés serkentése, a biotikus és abiotikus stressz-hatások csökkentése, a tápanyaghiány és az aszály okoztak károk enyhítése (vízháztartás javítás, talajok vízkapacitásának javítása) miatt alkalmazzák (Battacharyya et al., 2015).

Az 1950-es évektől robbanás-szerűen növekedett a tengeri algakivonatok száma, és azok használatának elterjedési területe. Napjainkban a tengeri algakivonatok is a növényi biostimulánsok közé sorolják, hiszen kis koncentrációjú alkalmazásukat követően a növények fiziológiai válaszainak sorát indukálják (Craigie et al., 2008; Battacharyya et al., 2015, Khan et al., 2009). A mezőgazdasági és kertészeti termelésben alkalmazott kivonatok előállításához leggyakrabban barnamoszatokat (*Phaeophyta*) használnak (Khan et al.,

2009). A legismertebb fajok az *Ascophyllum nodosum*, az *Ecklonia maxima*, *Macrocystis pyrifera* és a *Durviella potatorum*. A tengeri alga kivonatok szintén tartalmazznak mikro és makroelemeket (Rayorath et al., 2009), vitaminokat (betain) (Blunden et al., 2009; MacKinnon et al., 2010), fehérjéket (Fleurence, 1999; Fike et al., 2001; Nagahama et al., 2009); bioaktív másodlagos anyagcseretermékeket (Berlyn és Russo, 1990; Blunden et al., 1978), poliszacharidokat (Rayorath et al., 2009, Khan et al., 2009), szerves savakat (Craigie, 2011), fenol vegyületeket (Nakamura et al., 1996; Wang et al., 2009) stb. A tengeri alga készítmények folyékony, vagy por formában is kaphatóak. Felhasználási körük igen széles. Folyékony extraktumként a gyökérszónában juttatva (csepegtető öntözéssel), vagy levélkezelésekkel pozitívan befolyásolható a gyümölcsfák, paradicsom, egyéb lágyszárú virágok és zöldségfélék, a burgonya növekedése, fejlődése, termésképzése (Haider et al., 2012; Fornes et al., 2002; Rao, 1991; Selvaraj et al., 2004). Az algakivonatok levélkezeléseken alapuló hatékonysága akkor a legnagyobb, ha a permetezések a reggeli órákban történnek (nyitott sztomák), de függ a kezelt növény növekedési fázisától is (Battacharayya et al., 2015; Dwelle és Hurley, 1984).

Mikroalga készítmények

A mikroalgákat először 2000 éve Kínában, mint táplálék kiegészítőt használták, ugyanakkor a mikroalga-biotechnológia csupán a múlt század közepén kezdett el fejlődni. Kezdetben élelmiszerek és állati takarmányok tápértékének növelésére használták, majd később a kozmetika, a gyógyszer, és egyéb iparágak is elkezdtek hasznosítani a mikroalgák által kínált lehetőségeket (Spolaore et al., 2005). A

mikroalgák a mezőgazdaság számára leginkább biotrágyaként, vagy nitrogén fixáló képességük miatt, mint talajkondicionáló ismertek (*Wang et al.*, 2014). Fontos szerepet töltenek be a rizs termesztésében azokon a termőterületeken, ahol a talajok nitrogén tartalma nem elegendő a növények rendeltetésszerű fejlődéséhez (*Malik et al.*, 2001). A cianobaktériumok számos anyagcsereterméket (aminosavak, auxin, citokinin, gibberelin) is termelnek (*Sood et al.*, 2010), amelyek segítik a növények tápanyagfelvételét (*Mäder et al.*, 2011). A modern mezőgazdasági termelés erősen függ az agrokémiai vegyületektől (herbicidek, rovarölő és fungicid), ugyanakkor azok környezet- és egészségkárosító hatása miatt egyre inkább a biológiailag bontható növényvédő, növénystimuláló készítmények használatát szorgalmazzák a növénytermelők.

A mezőgazdasági hasznosítás fontosságának szempontjából leginkább kutatott édesvízi mikroalgák az *Anabaena*, *Nostoc* és *Oscillatoria* törzsek. A növénykísérletek leggyakoribb alanya a rizs (*Oryza sativa* L.), amelynek legfőbb oka népelelmezési jelentősége, illetve a különböző, korábban végzett cianobaktériumos nitrogén fixációval foglalkozó tanulmányokból származó tapasztalatok, és a növény jól megfigyelhető reakcióképessége miatt alakulhatott ki. A függelék 7. táblázatban található a leggyakoribb édesvízi algákkal foglalkozó növénykísérletekben szereplő mikroalgák és növények neveit, a mikroalgák főbb hatóanyagköreit, és a kísérletet lebonyolító kutatók névsorát. A leggyakoribb növénykísérletek az *Anabaena* törzsekhez köthetők (függelék 5-7 táblázat). A cianobaktérium törzsek különböző koncentrációjú kezeléseinek hatását vizsgálták *Oryza sativa* L., *Solanum*

tuberosum L., *Heliantus annuus*, *Nicotiana tabacum* L., *Lupinus albus* subsp *termis* F., *Triticum aestivum* L., illetve egyéb *Solanum*, *Sorghum*, *Phaseolus*, *Pisum* fajokon (Bashan et al., 2005; Shanab, 2001; Shanab et al., 2003; Vashampayan et al., 2001; Skinea et al., 2010; Ibrahim et al., 2010; Saadatnia et al., 2008). A mezőgazdaság számára fontos kutatások nagy részében a *Nostoc* nemzetség is szerepel. A leggyakrabban vizsgált törzsek a *Nostoc commune*, *Nostoc piscinale*, *Nostoc linkcia*, *Nostoc muscorum*, *Nostoc paludosum*, *Nostoc* sp., amelyek hatásait *Pisum*, *Solanum*, *Nicotiana*, *Beta*, *Lupinus*, *Daucus* nemzetségek tagjain, valamint *Lycopersicum esculentum*-ra gyakorolt hatásukat vizsgálták (Kim et al., 2008; Molnár és Ördög, 2005; Osman et al., 2010; Shanab, 2001, 2003; Sekina et al., 2010; Ghasolia et al., 2013; Wake et al., 1991). Az analitikai mérések a *Nostoc piscinale* törzsből több exopoliszacharidot, auxint és citokinint, míg az *Oscillatoria angustissima* törzsből több gibberellint mutattak ki, ami magyarázat lehet a borsó növényre gyakorolt hatásra (Osman et al., 2010).

2.4. A repce

A repce (*Brassica napus* L.) a káposztafélék (*Brassicaceae*) családjának *Brassica* nemzetségébe tartozó tagja. A mediterrán eredetű növényt az Indus völgyében az időszámításunk előtti 3000-ben is termesztették. Az ókorban eljutott Kínába és Japánba. Napjainkra a mérsékelt éghajlati övben az egész világon termesztik a káposztarepce őszi vagy tavaszi formáját. Magyarországon az őszi változat terjedt el, melynek jelentősége az elmúlt évtizedekben jelentősen növekedett (Szabó, 1993).

2.4.1. A termésbiztonságot befolyásoló tényezők

Az őszi káposztarepce termesztésére inkább a hűvösebb vagy mérsékelt meleg őszi és kora nyári időjárás a megfelelő. Ilyen körülmények között éri el a tél beállta előtt a 8-10 leveles rozetta állapotot, amely megfelelő gyökérnagysággal párosulva lehetővé teszi a -16 - -20 °C hideg elviselését. Nagymértékű lehet a téli kipusztulás azon talajtípusok esetében, amelyek hajlamosak a felfagyásra (Antal, 1978; Antal, 2005 a, b; Antal és Jolánkai, 2008). A repce biztonságos áttelelésére hazánkban azokon a területeken számíthatunk, ahol nagy a valószínűsége a hótakarónak. A repce fagyűrő képessége akkor csökken leginkább, ha a tavaszi regenerálódás után hirtelen -8 - -10 °C-os átmeneti lehülés következik be. A virágzás idején ismét megnő a fagyérzékenysége (Antal, 2005; Gráber, 1975). A növekedéséhez és fejlődéséhez 7 °C feletti hőmérsékletet, a télre való felkészüléshez pedig két-három napig tartó +3 és -2 °C közötti hőmérsékletingadozást igényel. Egy őszi levél kifejlődéséhez 5 °C küszöbérték feletti legalább 90 °C hőösszeg, virágzásához pedig 8 °C küszöbérték feletti 190-210 °C

hőösszeg szükséges. A tenyészidőszakban 1700-2500 °C hasznos hőösszegnek kell összegyűlnie. Mivel a repce hosszúnappalos növény, így a virágzás idején legalább 12 órás nappali megvilágítást igényel. A megfelelő fejlődéshez a vegetációs időszakban 1300-1500 napsütéses órára van szüksége (Eőry, 2001).

A repce vízigénye 580-700 mm. A vízigény szempontjából kritikus fenofázisok a repcetermesztésben a kelés, illetve a megerősödés (szeptember, október, BBCH-10-15), az oldalhajtások számának kialakulása (május; BBCH-51) és június eleje, a becőszám, becőben lévő magok számának és az ezerszemtömeg kialakulásának időszaka (BBCH 70). A repce az egész tenyészidőszakban igényli a kedvező vízellátást, a terméskötődés során pedig a párás (virágzáskor 80% páratartalom), csapadékos időjárást igényel. Alacsonyabb páratartalom esetén a bimbók egy részét megtermékenyülés nélkül lerúgja (Eőry, 2001; Antal, 2005 a, b; Stanacev, 1975).

A repce mérsékelten igényes a talaj tulajdonságaival szemben, de a megfelelő terménymennyiség eléréséhez (3,5-4 t ha⁻¹) a közép-kötött, legalább közepes tápanyag-szolgáltató képességű, 50-60 cm-es termőréteggel rendelkező, 40-50 Arany-féle kötöttségi számú, jó mészállapotú, cserepesedésre nem hajlamos talajokon számíthatunk. A repce a gyengén lúgos kémhatású talajokat szereti, savanyú kémhatású, sekély termőréteggű talajok nem alkalmasak a repce termesztésére (6,5 pH-nál alacsonyabb érték termés-csökkenést okoz). A belvizes területek, ill. homoktalajok szintén nem megfelelőek a növény számára. A téli fagykár esélye nagyobb azokon a talajokon, ahol az altalaj kötött, és 20-50 cm-es rétegben vízzáró réteg található. Legmegfelelőbb talajtípusok a repce

számára a barna erdő-, a csernozjom-, csernozjom réti-, réti csernozjom és réti talajok (Eőry, 2001; Antal, 2005 a, b).

Az 1. táblázat szemlélteti az egy tonna terméshez szükséges tápanyagok fajlagos mennyiségét. A nitrogén hiánya csökkenti a növekedést és a termést, túladagolása viszont kifagyást, megdőlést, és alacsonyabb olaj tartalmat eredményezhet ezért ősszel csak 0-40 kg N/ha-os adag javasolt. A növény a N-felvételi maximumát virágzáskor éri el, amelyet megosztott fejtrágyázással elégíthetik ki a téli időszak végén (~55%), valamint zöldbimbós állapotban (~35%). A foszfor pozitívan hat a termékenyülésre, magfejlődésre, az elágazások számára és az olajtartalomra.

1. táblázat: A repce fajlagos tápanyag igénye

Tápanyagigény					
Tápelem	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
(kg/t)	55	35	43	30	10

(Hoffmann, 2011.)

Maximális foszfor-igény a virágzás végén - magkötés elején jelentkezik. A kálium pozitívan hat a betegségekkel szembeni ellenállásra, szárszilárdságra, aszálytűrésre és télállóságra. A nagyobb K-igény a szárnövekedéstől kezdődik, maximumát virágzásra éri el. A növény nagy mennyiségben vesz fel a talajból CaO-ot, illetve MgO-ot, továbbá igényli a kén és a bór jelenlétét is (Hoffmann, 2011).

Számos kutatás bizonyította az algás kezelések jótékony hatásait különböző növényi kultúrák esetében. Ferrera és Lourens 1999-ben auxin és citokinin tartalmú (KELPAK) növényi növekedést serkentő készítmény, illetve 9,52% clopyralid tartalmú gyomirtó szer (Lontrel® 100) elegyének hatékonyságát vizsgálta *Brassica napus* L.

terméseredményeire. Kísérletüket az 1998-99-es vegetációs évben a dél-afrikai köztársaságban végezték. Eredményeik szerint, mindkét területen, a kezeléseket követően szignifikánsan növekedtek a terméseredmények. A legmagasabb terméseredményeket a Kelpak 2 1 ha⁻¹ (3 leveles állapotban) kezelést követően mérték. Míg a korábban megjelent publikációk szerint mérsékelt tápanyag-utánpótlással és biostimulánsok segítségével biztosítható a repce sikeres teelése, növelhető a termés mennyisége (*Namvar és Khandan, 2015*), ugyanakkor célszerű különbséget kell tenni a biostimulálás és a tápanyag-utánpótlás hatására bekövetkezett pozitív hatások között.

2.4.2. A repce gazdasági jelentősége

A repce jelenleg a világ harmadik legfontosabb olajnövénye, amelyet megközelítőleg 25 millió ha -on termesztnek. Az összes termőterület 52%-a Ázsiában, 23%-a Amerikában, 20%-a Európában és 5%-a Ausztráliában található. A világ repcetermelésének több mint 2/3-át a tavaszi változat teszi ki (Kanada, Kína, India). Az őszi változatot főleg Európában termesztik.

Magyarországon a repce termésterülete az elmúlt 34 évben jelentős változáson esett át. A 2. táblázat adatai azt mutatják, hogy az 1990-es évek 60 ezer ha-os vetésterületei napjainkra 200 ezer hektárra, vagy azt meghaladó termőterületre növekedett, amely a világ összes repce termőterületének 0,8%-a. A világ olajosmag-termelése 280–290 millió tonna, ebből a repce részesedése 12,6%.

Az Európai Unió termése az utolsó 10 éves adatok szerint 15-20 millió tonna, mely nagyjából 30%-os részesedést jelent a globális termésből. Magyarországon az elmúlt évtizedekben 44 ezer - 1 millió

tonna össztermést takarítottak be a gazdálkodók, 1,3-3,0 tonnás hektáronkénti termésátlag mellett.

A repce számos iparág alapanyagául szolgál. Legnagyobb jelentőséggel népelelmezési alapanyagként hasznosul, hisz a különféle margarinok, étolajok alapanyagául szolgál, ugyanakkor jelentős mennyiségben dolgozza fel a festékipar, a szappan- és kozmetikai ipar, műanyag ipar, textil, bőr, műgumi, nehézipar. Mezőgazdasági szempontból kiemelt jelentősége van a repcepogácsa, repcedara, illetve szálas takarmányként való hasznosításának. Az őszi árvakelések kiváló tápanyag utánpótlást jelenthetnek a zöldtrágya talajba juttatásával. Nem elhanyagolható gazdasági jelentőséggel bír a különféle világító- és kenőolajok, valamint üzemanyagok alapanyagául szolgáló repce mennyisége sem.

2. táblázat: A repce termésterülete, összes termésmennyisége, és termésátlaga Magyarországon 1990-2020 között (Forrás: *KSH, AGKI, 2020*)

Évek	Termőterület (ezer ha)	Összes termés (ezer tonna)	Termésátlag (kg/ha)
1990	60	104	1740
1991	65	112	1680
1992	34	44	1280
1993	22	22	1000
1994	28	53	1810
1995	45	89	1960
1996	94	138	1470
1997	89	145	1620
1998	52	73	1400
1999	181	328	1820
2000	114	179	1550
2001	110	205	1870
2002	129	208	1600
2003	71	108	1490
2004	105	291	2770
2005	122	283	2310
2006	142	338	2380
2007	225	496	2200
2008	247	655	2650
2009	261	579	2220
2010	259	531	2050
2011	234	527	2250
2012	165	415	2510
2013	198	533	2690
2014	214	699	3270
2015	221	590	2680
2016	257	924	3600
2017	303	939	3080
2018	331	1003	3030
2019	301	912	3030
2020	310	876	2830
2021	258	734	2850
2022	205	505	2470

A *FAO* és az *OECD* közös előrejelzése szerint 2020–ban az EU–ban a felhasznált növényi olajok felét biodízel üzemek dolgozhatják fel. A Közösség azonban belső igényeit saját forrásból kielégíteni nem tudja, a kieső mennyiség pótlása elsősorban a kanadai gazdáktól remélhető. A repceolaj előállítása Kanadában egyre jobb üzletnek tűnik, az ország növényolaj iparának repcemag–felhasználása alig fél évtized alatt 4 millió tonnáról 6 millió tonna felé emelkedett (*Kozmáné*, 2013).

3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

3.1. Anyagok

3.1.1. A kísérletben alkalmazott alga törzsek

Kísérleteimet a Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Növénytudományi Tanszékén fenntartott több mint 1000 törzset tartalmazó Mosonmagyaróvári Algagyűjtemény 16 törzsével (3. táblázat) végzett biotesztek eredménye és szaporodási képességeik alapján kiválasztott MACC-612 *Nostoc piscinale* cianobaktériummal és az MACC-430 *Tetracystis sp.* zöldalgával végeztem.

3. táblázat: A kísérleti munka során biotesztekkel vizsgált mikroalga törzsek tudományos megnevezése és a Mosonmagyaróvári Algagyűjteményben (MACC) megadott kódszáma

	Név	Törzsgyűjtemény kód
1.	<i>Scenedesmus sp.</i>	MACC-401
2.	<i>Scotiella sp.</i>	MACC-389
3.	<i>Chlamydomonas sp.</i>	MACC-785
4.	<i>Scotiellopsis terrestris</i>	MACC-695
5.	<i>Coccomyxa curvata</i>	MACC-697
6.	<i>Coenochloris sp.</i>	MACC-604
7.	<i>Protococcus viridis</i>	MACC-379
8.	<i>Nostoc piscinale</i>	MACC-612
9.	<i>Chlorococcum humicolum</i>	MACC-387
10.	<i>Bracteacoccus medionucleatus</i>	MACC-680
11.	<i>Neochlorosarcina sp.</i>	MACC-504
12.	<i>Neochlorosarcina sp.</i>	MACC-606
13.	<i>Stigeochlonium nanum</i>	MACC-790
14.	<i>Oocysts sp.</i>	MACC-367
15.	<i>Tetracystis sp.</i>	MACC-430
16.	<i>Chlorella sp.</i>	MACC-400

A 16 mikroalga törzs kiválasztásának fő szempontjai a korábban Prof. Dr Ördög Vince közel 30 évet felölelő munkáságának eredményei, a törzsek szaporodási képességei és a szakirodalomban fellelhető, a különböző törzsek hormontartalmaira utaló irodalmi hivatkozások voltak. Az MACC-612 törzsből a kísérlet elvégzéséhez szükség mennyiségű biomasszát az IGV, Institut für Getreideverarbeitung GmbH (Potsdam, Németország) egyik fotobioreaktorában szaporították fel, és szárítva bocsájtották rendelkezésemre, míg az MACC-430 zöldalgát a Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Növénytudományi Tanszék laboratóriumaiban, Bálint Péter intézeti mérnök állította elő Prof Dr Ördög Vince saját tervezésű laboratóriumi tenyésztő berendezései (Ördög, 1982) segítségével, egyszeri algatermesztési és szinkrontenyésztési eljárással.

3.1.2. A vizsgált repce hibrid

Kísérleti növényem mindkét évben az” Orlando 1” hagyományos nemesítésű hibridrepce (*Brassica napus* L. var 'Orlando 1') volt. A hibrid egy korai érésű és magas termésátlagú őszi káposztarepce, amelynek jelentős előnye a *Phoma lingam* ellenállóságában rejlik. A tavaszi vegetáció kezdetén nagyon jó regenerálódó képességet mutat és kiváló a növekedési, illetve fejlődési erélye. Az Orlando további előnyei: a nagyon magas termésszint, a kimagaslóan magas olajtartalom, a korai virágzás kezdet, a közepes növénymagasság, a jó állóképesség, illetve a jó betegség ellenállóság. Vetőmagmennyisége hektáronként 550000 csíra volt.

3.1.3. A kísérletekben használt növényvédő és gyomszabályozó szerek

Gyomszabályozás

Brasan (500 g/l dimetaklór + 40 g/l klorazon)

- preemergens magról kelő egy és kétszikűek ellen

Fungicides kezelések

Folicur Solo (250g/l tebuconazol)

- 4-6 leveles állapotban történő kijuttatása (2 l/ha dózis).

Amistar (250g/l azoxistrobin)

- szárba szökkenés előtt (1,0 l/ha).

Insekticides kezelések

Mospilan 20 SG (acetaprimid)

- 4-6 leveles állapotban (400l/ha víz, 1kg/ha dózis).

Decis forte (deltamethrin 100g/l)

- zöldbimbós állapotban (1 l/ha dózis).

3.2. A kísérleti helyszín

3.2.1. A kísérleti területek talajtani adottságai és tápanyag utánpótlása

A kísérleti terület talaja többrétegű humuszos dunai öntéstalaj volt. A terület tápanyag utánpótlására ősszel 45 kg/ha nitrogén, 45 kg/ha foszfor, 45 kg/ha kálium hatóanyag került kijuttatásra, 3×15-ös komplex műtrágya formájában. Tavasszal fejtrágyaként 94,5 kg/ha nitrogén hatóanyaggal kezeltük a növényeket, MAS-pétisó ($\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) formájában.

A területek talajtani adottságai

Genetika talajtípus: Öntés réti- kovárványos barna erdő talaj

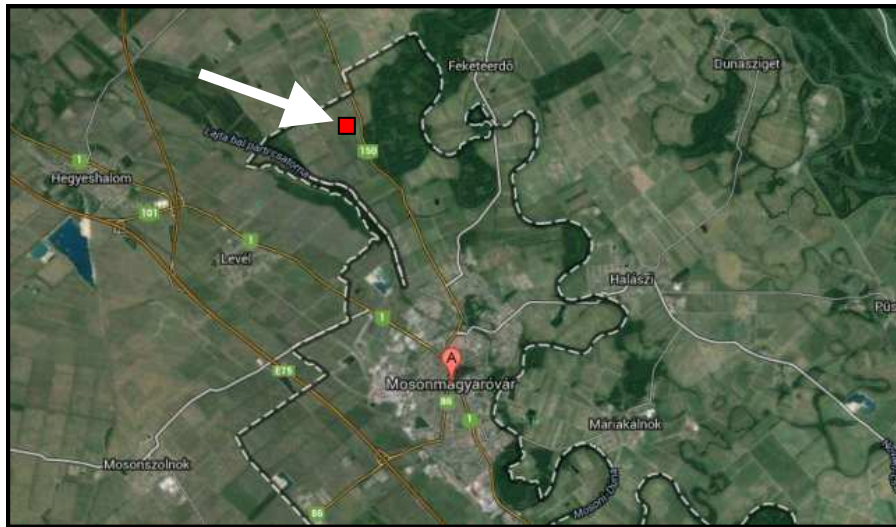
Fizikai talajféleség: agyagos vályog

K_A : 46

pH_{KCl} : 7-7,17

3.2.2. A repce kísérleti területei

A repce szántóföldi kísérletek kivitelezése mindkét kísérleti évben azonos termőterületen, Mosonmagyaróvár közelében történt (47°55'15.6"N 17°14'18.0"E) (7. ábra).



7. ábra: A repce mikroalgás kísérletek helyszíne 2010-11 és 2013-14-ben (forrás: google maps)

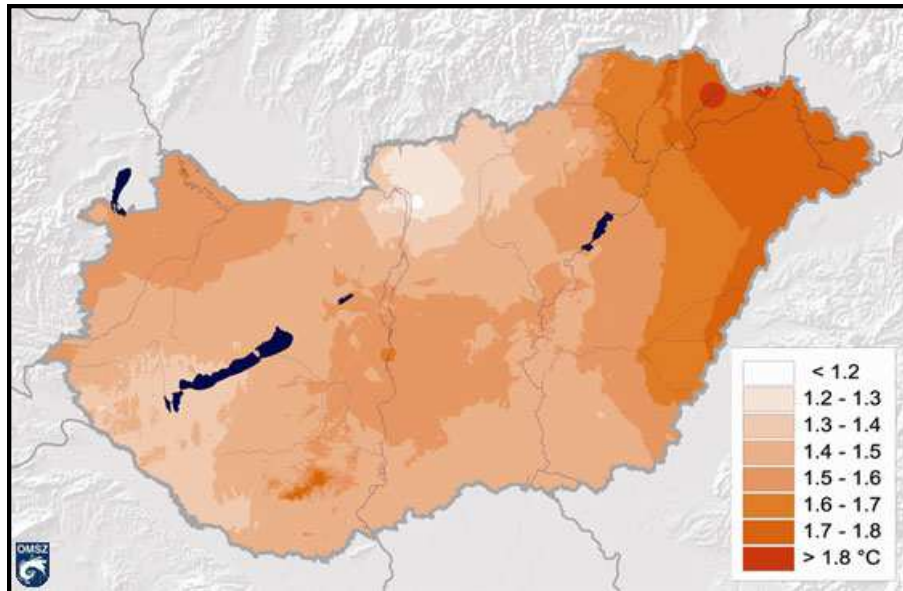
A parcellákat Győr-Moson-Sopron megyében, Mosonmagyaróvár közelében, a Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Tangazdaságának területén jelöltem ki. A parcellák mérete $14,4 \text{ m}^2$ (1,44 m X 10 m) volt.

3.2.3. Agrotechnikai adatok

A repce **vetése** Sulky vetőgéppel dupla gabona sortávra (24 cm), 2010. szeptember 11-én és 2013. szeptember 7-én történt. A szükséges **vetőmag** mennyisége mindkét évben $3,5 \text{ kg ha}^{-1}$ volt. Az átlagosan 2 cm mélyre vetett magból kikelt állomány **tőszáma** 55 db/m^2 volt.

3.2.4. A területek meteorológiai és klimatikus adatai

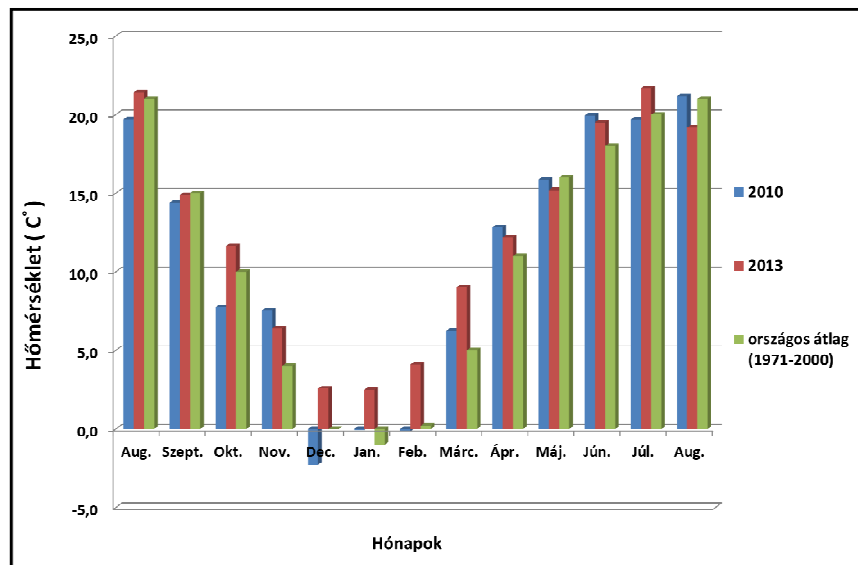
A repce esetében mindkét kísérleti évben Mosonmagyaróvár, illetve a megye éghajlatát a kontinentális klíma legfőbb vonásai jellemezték. A Nyugat-dunántúli régió Mosoni-síksághoz tartozó területein ritka a zord tél és a száraz nyár, időjárási szélsőségek nem, vagy csak ritkán fordultak elő az elmúlt 200 évben. A legújabb vizsgálatok azt mutatták ki, hogy a régió területén lezajlott extrém meteorológiai jelenségek közül számottevően csak a legmagasabb pozitív hőmérsékletű napok számában, illetve a terület átlaghőmérsékleti értékeiben ($+1,4 \text{ C}^\circ$) történt változás (8. ábra). Ugyanakkor a terület meteorológiai adatait vizsgálva azt is megállapították, hogy a legalacsonyabb hőmérsékleti értékek mértéke csökkent, valamint a fagyos napok számában is gyenge csökkenés volt kimutatható. Az elmúlt évszázadban Magyarországon is melegedett az éghajlat. Homogenizált adatsorok vizsgálata alapján elmondható, hogy a magyarországi hőmérsékleti idősorok jellemzői jól illeszkednek a hőmérséklet globális tendenciáihoz, ugyanakkor változékonyságuk nagyobb, mivel sokkal kisebb területi átlagot írnak le (*URL*², 2014).



8. ábra: Az éves középhőmérsékletek változásának területi eloszlása az 1980-2009 időszakban Magyarországon (*URL*¹, 2009)

Az elmúlt 30 év esetében január első hetei voltak a leghidegebbek az év során, de egy adott évben bármely téli hónap lehet a leghidegebb. A januári középhőmérséklet, és általában a tél középhőmérséklete évről évre változóképpen alakul. A nyár időjárása kiegyenlítettebb, a nyári hónapok hőmérsékletének évről évre való változókékonysága általában kisebb, mint a téli hónapoké. Az év legmelegebb időszaka július vége és augusztus eleje (*URL*², 2014). A Nyugat-Dunántúl, így Mosonmagyaróvár hőmérsékleti viszonyai szoros illeszkedést mutatnak az országos mért adatokkal. A 8. ábra alapján elmondható, hogy a 2010-11-es vegetációs periódus időszakának hőmérsékleti adatai, csak kevés esetben mutattak eltérést az országos átlagtól. A 2. kísérleti évben az október és március közötti időszak +3,1 C°-kal tér el, míg a vegetációs periódus többi szakaszában nem volt számottevő eltérés (9. ábra). A repce a fagyra érzékeny, ugyanakkor jelentős károkat nem a téli fagy

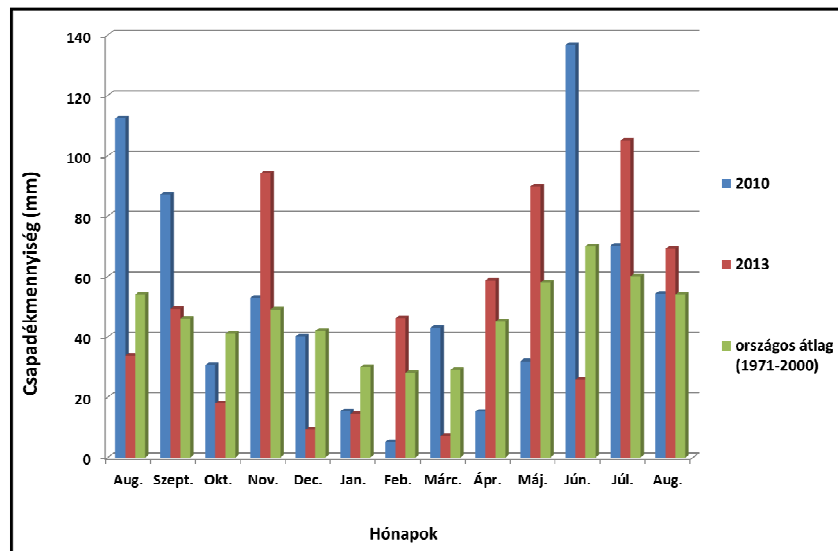
okozza az állományban, hanem a tavaszi felfagyás. Fagytűrő képessége nagymértékben függ a talaj nedvességtartalmától is. A téli enyhébb hőmérsékleti értékek növekedésre készítetik a növényi állományt, majd az így szárba induló állomány fagytűrő képessége jelentősen csökken. A repce regulátorozásával csökkenthető a szárba indulás veszélye, ugyanakkor a készítmények nem nyújtanak védelmet a januári, februári pozitív értékkel szemben.



9. ábra: Mért átlagos havi középhőmérsékleti adatok Mosonmagyaróváron [2010 Aug. - 2011 Aug. (kék); 2013 Aug. - 2014 Aug. (piros)] az országos havi átlagok (1971-2000) viszonylatában (zöld), (forrás: OMSZ, 2016; Kajdi, NYME-MEK, 2010-2014)

Az országos évi átlagos csapadékösszeg 500-750 mm között váltakozik, azonban az egyes tájegységek között jelentős eltérések is lehetnek. Az éves csapadékösszeg területi eloszlásában kettős hatás tükröződik. Csapadék mennyiséget befolyásoló szerepe van a domborzatnak, valamint a Földközi-tengertől és az Atlanti-óceántól való távolságnak is. Kimutatható, hogy 100 méteres magasságnövekedés

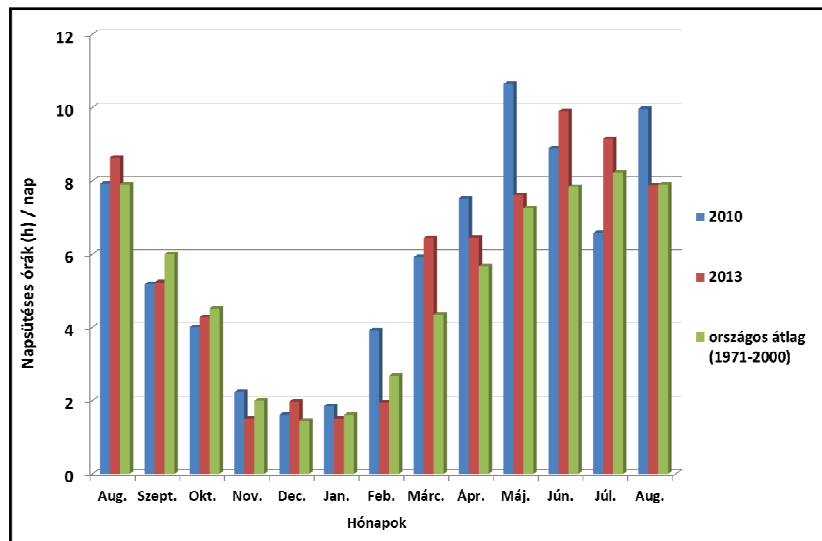
nagyjából 35 mm-nyi évi csapadékhozam növekedést eredményez, ugyanakkor a tengerektől való növekvő távolság a csapadékösszeg csökkenésében mutatkozik meg. A legcsapadékosabb az ország délnyugati része, valamint a magasabban fekvő területek, ahol néhány területen a jellemző csapadékösszeg a 800 mm-t is meghaladhatja. A legkevesebb csapadékot sokéves átlagban az alacsony fekvésű Tisza-völgy kapja, amelynek értékei nem érik el az 500 mm-t sem. Hazánkban a csapadék meglehetősen változékony időjárási elem, mennyisége évről évre nagyon szeszélyesen ingadozik. Bizonytalanságára jellemző, hogy a legcsapadékosabb éveinkben háromszor annyi eshet, mint a legszárazabb éveink során, illetve bármely hónapban előfordulhat teljes csapadékhiány. Az éves csapadékösszeg az elmúlt évszázadban az említett változékonysága mellett is csökkenő tendenciát mutatott, a csökkenés az elmúlt 109 év viszonylatában közel 10%, amely azonban nem jelent szignifikáns eltérést (*URL*³, 2014). A mosonmagyaróvári mért csapadékadatok jelentős egyezést mutatnak a korábban említettekkel. A 10. ábra jól szemlélteti a csapadékeloszlás változékonyságát a kísérleti években, illetve azok viszonyulását az országos átlagokhoz. A káposztarepce rendkívül csapadékigényes növény, ezért hazánkban főleg a Dunántúlon és az ország csapadékosabb tájain termesztethető sikeresen. Az éghajlati tényezők és a csapadékviszonyok nagyban meghatározzák az egyes évjáratok termésátlagait. Az őszi, téli, illetve kora tavaszi csapadékmennyiség döntő jelentőséggel bír a termesztésben (*Kecskés*, 2009).



10. ábra: Mért csapadék adatok Mosonmagyaróváron [2010 Aug. - 2011 Aug. (kék); 2013 Aug. - 2014 Aug. (piros)] az országos havi átlagok (1971-2000) viszonylatában (zöld); (forrás: OMSZ, 2016; Kajdi, NYME-MÉK, 2010-2014)

Egy adott terület éghajlatát alapvetően az a sugárzó energiamennyiség határozza meg, amely a Napból a földfelszínre jut. A besugárzás területi eloszlását a földrajzi szélesség, valamint a felhőzet mennyisége határozza meg, azonban hazánk területén, az országon belül tapasztalható kis szélességekülönbség miatt a döntő szerepet a felhőzet játssza. Globálsugárzás alatt a Napból érkező közvetlen sugárzás, valamint az égbolt minden részéről érkező szórt sugárzás összegét értjük. Magyarországon a legtöbb besugárzás a Tiszántúl déli területein tapasztalható, Szeged környékén ez az érték eléri a 4800-4900 MJ/m² értéket is. A napfénytartam az időtartam, ameddig a felszín közvetlen sugárzás éri. A napfénytartamot befolyásoló tényezők a csillagászatilag lehetséges napfénytartam, a domborzat, valamint a felhőzet - ez utóbbi a napsütést még a besugárzásnál is erősebben

befolyásolja. Magyarországon a legtöbb, 2000 óra fölötti évi napsütés a déli, délkeleti országrészben jellemző, míg a legkevésbé napos területek az ország északi, északkeleti részében, valamint az Alpokalján jelennek meg, 1800 óránál is kevesebb évi napfényösszeggel. A mosonmagyaróvári és országos napfényviszonyok mért adatait összehasonlítva (11. ábra) megállapíthatjuk, hogy a 2010-11-es kísérleti évében a vegetációs periódus kezdetén, szárba induláskor jelentős eltérések mutatkoztak a napfénytartamban.



11. ábra: Mért napsütéses órák száma Mosonmagyaróváron [2010 Aug. - 2011 Aug. (kék); 2013 Aug. - 2014 Aug. (piros)] az országos havi átlagok (1971-2000) viszonylatában (zöld), (forrás: OMSZ, 2016; Kajdi, NYME-MÉK, 2010-2014)

Az érési időszakban ugyanakkor a Mosonmagyaróváron mért értékek elmaradtak az országos átlagtól. A 2. kísérleti évben csak a márciusi, illetve a júniusi értékek tértek el az ilyenkor szokásostól. Az összesített meteorológiai adatok (4. táblázat) alapján elmondható, hogy napsütéses órák száma, illetve a havi középhőmérsékleti értékek igazodnak az országos átlaghoz, viszont a 2013-2014-es téli periódus

átlagos havi középhőmérsékleteinek értékei közel +2,5 C°-kal térnek el az ilyenkor szokásostól, amely a repce korai „rendellenes” fejlődését is indukálhatja.

A csapadék összes mennyisége a 2011-es vegetációs periódusban 695 mm, míg 2014-ben 680 mm volt, amely 70-90 mm-es többletet jelent a régióban mért (1971-2000) átlaghoz viszonyítva (függelék 8. táblázat). Fontos megjegyezni, hogy a csapadék területi eloszlása rendkívül egyenetlen térben és időben is, amely további nehézségeket okoz a környék növénytermesztőinek. Az éves középhőmérsékletek tekintetében az első kísérleti év adatai +1,1 C°-kal térnek el az átlagostól, míg 2014-ben ez az érték +1,6 C° volt. Az éves napsütéses órák száma 2011-ben jóval meghaladta a régióban átlagosnak mondható adatokat, amely köszönhetően így 158-187 órás többlet direkt napsugárzáshoz jutott. Ezek az értékek főleg az Alföld déli területeire jellemzőek.

3.3. Alkalmazott módszerek

3.3.1. Laboratóriumi kísérletek mikroalgákkal

A kiválasztott törzsek felszaporítása

A Mosonmagyaróvári Algagyűjtemény (MACC) közel 1000 cianobaktérium és mikroalga törzse közül kísérleteink céljára 16 törzset választottam ki az átlagosan 14-20 nap közötti, $1,5 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ -t meghaladó szárazanyag termelésük alapján. A mosonmagyaróvári algagyűjteményben $15\pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ -on, agarral szilárdított táptalajon fenntartott algatörzseket először 250 ml tápoldatot tartalmazó 500 ml-es Erlenmeyer-lombikokba oltottam, majd a laboratóriumi algatenyésztés céljára kidolgozott berendezésben (Ördög, 1982) fotoautotróf körülmények között felszaporítottam. A steril vattadugóval lezárt tenyészeteken óránként 20 liter levegőt áramoltattam át, melyet a fényszakaszban 1,5% CO_2 -dal egészítettem ki. A kultúrákat naponta kétszer kevertem. A $25\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ -on, $130 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ fényintenzitás és 14 órás megvilágítás mellett 7 napig tartó szaporítás után meghatároztam a tenyészetek szárazanyag tartalmát, majd azokat $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ induló szárazanyag-tartalommal továbboltottam szintén 250 ml tápoldatot tartalmazó lombikokba. A 7. nap elteltével mértem a tenyészetek szárazanyag-tartalmát, majd $10 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ induló szárazanyag-tartalommal használtam őket oltóanyagként az alga-biomassza előállításához.



12. ábra: A kísérletekhez használt szárított *Nostoc piscinale* cianobaktérium biomassza a Növénytermesztési Tanszék laboratóriumában (forrás: saját fotó, 2011)

A hasonló körülmények között történő alga-biomassza előállítás során a tenyészeteket a szaporodás stacioner szakaszában, délután centrifugálással szüreteltem (15 perc, 3500 min^{-1} , Sigma 6K15, Osterode am Harz, Germany). A felülúszómentes biomasszát 28 órán át fagyasztva szárítottam (ChristGamma I-20, Osterode am Harz, Germany), majd dörzsmozsárban porítottam és felhasználásig -20°C -on tároltam. A kísérletek előtt a mélyhűtött mintákat desztillált vízben szuszpendáltam ($10 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$), majd 180 másodperces ultrahangos kezelést követően (VirSonic 600, VirTis company, Gardiner, NY, USA) a biotesztekben alkalmazva desztillált vízzel, a haploid indukciós és növényregenerációs kísérletben az aktuális, meghatározott összetételű tápfolyadékkal $2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ alगतartalomra hígítottam.

A citokinin- és auxin szerű hatás kimutatása

A mikroalgák hormontermelésének kimutatására számos módszert dolgoztak ki. Az egyik legismertebb a *Zhao et al.*, (1992) által kidolgozott, uborka sziklevel gyökeresedési teszt (IVS, indol-vajsav), illetve az uborka sziklevel növekedési teszt (KIN, kinetin). A két teszt alapján meghatározható adott algatörzsek auxin- és citokinin-szerű hatása és annak mértéke. A biotesztekhez tesztnövényként *Smaragd F1* uborka fajtát használtam (*Cucumis sativus* L. cv. *Smaragd F1*).

Az uborka sziklevel gyökeresedési teszt az auxinok kimutatására szolgáló eljárás, amely során a felszínileg sterilizett uborka magokat csíráztatjuk 7 g L^{-1} agarral megszilárdított Knop-tápadaton (*Knop*, 1865) sötétben 5 napig, $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ -on. Annak érdekében, hogy a magvak esetleges méretbeli eltérése ne fedje el a kezelések hatását, azokat méretük alapján osztályozzuk. A vizsgálni kívánt desztillált vizes alga szuszpenziókat (2 g L^{-1}) 6 cm átmérőjű Petri csészékbe helyezett szűrőpapírra öntjük (3 ml). Az ötnapos csíranövényekről 10-10 db, a szik alatti 1 mm-es szárrészt hordozó sziklevelet Petri csészékbe helyezünk zöld fényű megvilágítás mellett. A szikleveleket 5 napig sötétben, $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ -on inkubáljuk, majd megszámloljuk a képződött gyökerek számát. Eltérő koncentrációjú indol-3-vajsav (IVS) desztillált vizes oldatait (0,1; 0,3; 0,5; 1; 3; 5; 10 mg L^{-1}) használjuk kalibrációs görbe készítésére. Kontrollként a szuszpendálásnál és oldásnál használt desztillált víz szolgál. A biotesztet 4 ismétlésben, 3 alkalommal végezzük el. A kapott értékeket összehasonlítjuk a desztillált vizes kontroll és a kalibrációs sor eredményeivel, majd elvégezzük az eredmények statisztikai értékelését.

Az uborka sziklevel növekedési teszt a citokininek kimutatására szolgáló eljárás. Ebben az esetben szintén felszínileg sterilizett uborka (*Cucumis sativus* L.) magokat csíráztatunk 7 g L^{-1} agarral megszilárdított Knop-tápoldaton (Knop, 1865) sötétben 5 napig, $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ -on. Annak érdekében, hogy a magvak esetleges méretbeli eltérése ne fedje el a kezelések hatását, azokat méretük alapján osztályozzuk. A vizsgálni kívánt desztillált vizes alga szuszpenziókat (2 g L^{-1}) 6 cm átmérőjű Petri csészékbe helyezett szűrőpapírra öntjük (3 ml). Az ötnapos csíranövényekről 10-10 db sziklevelet helyeztünk a Petri csészékbe, ügyelve arra, hogy ne maradjon mezokotil darab rajtuk. A sziklevelek izolálása zöld fényű megvilágítás mellett történik, ezzel kivédjük a proplasztizokérésének indukcióját, mely meghiúsítja a citokininszerű hatás igazolásának pontosságát. A szikleveleket 3 napig sötétben, $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ -on inkubáljuk, majd ezt követően mérjük a sziklevelek friss tömegét. Eltérő koncentrációjú kinetin (KIN) desztillált vizes oldatait (0,1; 0,3; 0,5; 1; 3; 5; 10 mg L^{-1}) használjuk kalibrációs görbe készítésére. Kontrollként a szuszpendálásnál és oldásnál használt desztillált víz szolgál. A biotesztet 4 ismétlésben, 3 alkalommal végezzük el. A kapott értékeket összehasonlítjuk a desztillált vizes kontroll és a kalibrációs sor eredményeivel, majd elvégezzük az eredmények statisztikai értékelését.

Nyers levélminták klorofill-a és b, valamint az összkarotinoid tartalmának meghatározása közös extraktumból

A nyers pigmentek komponenseinek mennyisége meghatározható acetone oldatos kivonatból spektrofotométer segítségével, ha ismertek az abszorpciós maximumok. Az a-klorofill 662 nm, a b-klorofill 644 nm, a karotinoidoknak 440,5 nm az abszorpciós maximuma, amelyek olyan

távol esnek egymástól, hogy nem zavarják az egyes színanyagok mennyiségi meghatározását. A kvantitatív meghatározást tovább pontosítjuk azáltal, hogy az extraktum 720 nm-en mért értékét kivonjuk a 662 és 644 nm-en mért extinkció értékekből. A vizsgálati növény leveléből 0,1 g-ot lemérünk, majd apróra feldaraboljuk. A feldarabolt leveleket előhűtött dörzscsészébe tesszük. A növényi anyagokhoz kevés kvarchomokot, késhegynyi CaCO_3 -ot vagy MgCO_3 -ot adunk. Mindez a homogenizálás során szabaddá váló savas növényi sejtnedv közömbösítéséhez szükséges. Ennek hiányában a klorofillok egy része feofitinizálódik, ezáltal a kvantitatív meghatározás pontatlan lesz. A pigmentek extrakcióját 2 ml aceton hozzáadásával kezdjük. A kivonás során 15 ml acetont használunk fel. Ezt a mennyiséget részletekben adjuk a növényi anyagokhoz, az egyes extrakciós lépésekben keletkező tiszta extraktumot pedig centrifugacsőbe töltjük. A kész extraktumnak homogénnek kell lennie, szövetdarabokat nem tartalmazhat. A kivonat centrifugálása során (3000-es fordulaton 5 percig) azt óvatosan 20 ml-es kalibrált kémcsőbe töltjük és acetonnal 20 ml végtérfogatra egészítjük ki. Ügyeljünk arra, hogy a kivonás ideje 3 percnél ne legyen hosszabb, valamint a kivonatot tartalmazó centrifuga- és kémcsövet fénytől alufóliával gondosan védjük! Az így nyert tiszta kivonatot 100%-os aceton ellenében fotometráljuk 662, 644, 440,5 és 720 nm-es hullámhosszokon. A pigment-tartalom számítása az alábbi képletek segítségével történik:

$$\mathbf{Kl-a = (9.78 \times E662 - 0.99 \times E644) \times \frac{V}{1000 \times W}}$$

$$\mathbf{Kl-b = (21.4 \times E644 - 4.65 \times E662) \times \frac{V}{1000 \times W}}$$

$$\mathbf{Kar = (4,695 \times E440.5 - 0.268 \times Z) \times \frac{V}{1000 \times W}}$$

ahol:

Z= 5,13 x E662 + 2041 x E644

E= az oldat adott hullámhossznál mért extinkciója

V= az extraktum végtérfogata (ml)

W= az extrakcióhoz felhasznált levélanyag friss tömege (g)

A pigment tartalmat mg pigment komponens/ g friss tömegben kapjuk meg (*Lichtenthaler*, 1987).

Növényi minták szárazanyag tartalmának meghatározása

Hajtások vizsgálatai

A levelek szárazanyag-tartalmát az egy-egy kezelésben szereplő 28 parcelláról gyűjtött átlagminta alapján határoztam meg. A méréseket mindkét kísérleti évben a klorofill- és összkarotinoid tartalom meghatározásával azonos időben végeztem. A mintavétel során minden kísérleti parcella területéről szórvány mintavételezéssel, 10-15 növényről 2-3 kifejlett levelet távolítottam el. A levelek leválasztását követően a hajtáscsúcsot a középső tengely menten két egyenlő részre vágtam, majd digitális tolómérővel mértem a hosszát, a gyökérnyak metszéspontjában annak keresztmetszetét. A mintagyűjtést követően a levelek vágását, aprítását és homogenizálását követően 10 g mennyiséget hőálló porcelánedényekbe mértem be, majd 104 C°-on tömegállandóságig

szárítottam (6-8 nap). A friss-és szárított levélminták adataiból meghatároztam a szárazanyag-tartalmat (mg/g).

Gyökérzet vizsgálatai

A repce gyökérzet tömegeinek meghatározást 2010.12.13-án, valamint 2013.12.07-én a Növénytudományi Tanszék laboratóriumaiban végeztem. A tölevélrózsás állapot elérését követően minden kísérleti parcella területéről a középső két sorból 10–15 növényt ástam ki, majd a Növénytudományi tanszék laboratóriumában lemostam a gyökérzetten marad talajmaradványokat. A gyökérnyaknál eltávolítottam a gyökérzetet, majd mértem a gyökerek friss tömegét. Ezt követően a mintákat 106 C °-on tömegállandóságig szárítottam (7-9 nap).

3.3.2. Szántóföldi kísérletek

A repce szántóföldi kísérletek beállítása

A 4. táblázat tartalmazza az állományban elvégzett kezelések fontosabb alapadatait, amely alapján elmondható, hogy mindkét évben randomizált, 7 kezeléssel kísérletet dolgoztam ki, amelyben az ismétlések száma 4 volt.

A kezelésekhez kereskedelmi forgalomban kapható, a repce növényvédelmi technológiájában alkalmazott készítményeket használtam algapreparátummal kombinálva, vagy a nélkül. (Route: magas cink tartalmú folyékony műtrágya; Wuxal® Boron: bór tartalmú koncentrált levéltrágya; Folicur: 250g/l tebukonazol, gombaölő és regulátor).

A növényeket a két kísérleti évben három fenológiai fázisban kezeltem:

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

A parcellák növényállományainak teljes befedéséhez az első és második alkalommal 400, a harmadik kezelésnél 700 liter vizet használtam hektáronként. A kontroll parcella növényeit vízzel kezeltem, a két algát pedig 0,3 és 1,0 g L⁻¹ koncentrációban juttattam ki a növényekre, amely 0,03 és 0,1 százalékos szuszpenzióknak felelnek meg. A hatodik parcellánál kombináltam a kezeléseket, amelyben az első kezelést az MACC-612 cianobaktériummal (400 L ha⁻¹, 0,1%), a másodikat és harmadik pedig Wuxal[®] Boron (200 L ha⁻¹, 0,5%) magas bórtartalmú lombtrágyával végeztem. A hetedik parcella növényeinél a repcetermesztés növényvédelmében általánosan alkalmazott kezeléssorozatot választottam. Ebben az esetben, az őszi időszakban 4-6 lombleveles állapotban Route[®]-ot (200 L ha⁻¹, 0,4%), valamint Folicur[®]Solo-t (200 L ha⁻¹, 0,5%), a tavaszi vegetációs időszakban, zöldbimbós állapotban Wuxal[®]Boron-t (400 L ha⁻¹, 0,5%) vittem fel az állományra. Az egyes permetezések időpontjait úgy illesztettem 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.

4. táblázat: A repce állományban végzett kísérleti kezelések alapadatai

	Kezelések	Dózis (g ha ⁻¹)	Koncentráció (g L ⁻¹) / (ml L ⁻¹)	Fenofázis	Permetlé mennyisége (L ha ⁻¹)
1	Kontroll	-	-	*BBCH-14-16	400
		-	-	*BBCH-30	400
		-	-	*BBCH-51	700
2	MACC-612	120	0,3	BBCH-14-16	400
		120	0,3	BBCH-30	400
		210	0,3	BBCH-51	700
3	MACC-612	400	1	BBCH-14-16	400
		400	1	BBCH-30	400
		700	1	BBCH-51	700
4	MACC-430	120	0,3	BBCH-14-16	400
		120	0,3	BBCH-30	400
		210	0,3	BBCH-51	700
5	MACC-430	400	1	BBCH-14-16	400
		400	1	BBCH-30	400
		700	1	BBCH-51	700
6	MACC-612	400	1	BBCH-14-16	400
	Wuxal Boron [®]	1 l/ha	5	BBCH-30	200
	Wuxal Boron [®]	2 l/ha	5	BBCH-51	400
7	Route [®]	0,8 l/ha	4	BBCH-14-16	200
	Folicur [®] Solo	2 l/ha	1	BBCH-14-16	200
	Wuxal Boron [®]	2 l/ha	5	BBCH-51	400

(* - BBCH14-16 - 4-6 leveles állapot; BBCH-30 - szárba indulás; BBCH-51 - zöldbimbós állapot)

A parcellák egyedi megjelöléséhez minkét évben műanyag botokat és táblákat használtam. A kezeléseket F-200 típusú háti permetezőgéppel végeztem, minden esetben Teejet 11004-es szórófejet használtunk. A permetezőgép üzemi nyomása 2 bar volt.

3.3.3.Repce szabadföldi vizsgálatok

Az 5. táblázatban bemutatottak szerinti fenológiai fázisokban, illetve időpontokban növényi vizsgálatokat, valamint a termésképző elemek vizsgálatát végeztem el. Az **őszi vegetációs periódus** végén vizsgáltam az **állományok magasságát**, valamint a teelő **növények**

számát, illetve azok **általános kondícióját**. Figyeltem a kórokozók és kártevők megjelenését, és kezelések hatására kialakuló fitotoxicitást, vagy egyéb nem kívánatos tünetek megjelenését. A **tavaszi periódus** kezdetén, vizsgáltam az áttelelő állományt, meghatároztam a parcellánként, valamint a hektáronkénti **növényszámot**. Szárba indulás kezdetén, illetve zöldbimbós állapotban (2011.04.13; 2014.03.15.) kezeltem az állományt a kísérleti tervnek megfelelően. A kezeléseket követően, csak állomány szintű megfigyelést tartottam. Betakarítás előtt mértem a növények átlagos **magasságát**, meghatároztam a növények **elágazásainak** átlagos számát, betakarítást követően az elágazásonkénti, illetve növényenkénti **becők számát**.

5. táblázat: A repce szántóföldi vizsgálatai Mosonmagyaróváron 2010 és 2014 közötti időszakban

Vizsgált paraméterek		Vizsgálati időpontok		Fenológiai fázisok
		2010-11	2013-14	
1.	Őszi állománymagasság	2010.12.13.	2013.12.07.	BBCH-19 (tőlevélrózsa)
2.	Őszi tőszám			
3.	Tavaszi tőszám	2011.03.17.	2014.03.15.	BBCH-30 (szárba indulás)
4.	Növényi magasság betakarításkor	2011.06.20.	2014.06.06.	BBCH-99 (betakarítás)
5.	Elágazások száma			
6.	Növényenkénti becőszám			
7.	Elágazásonkénti becőszám			

3.3.4. Repce laboratóriumi vizsgálatok

Laboratóriumi vizsgálataimat a Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság és Élelmiszertudományi Kar, Növénytudományi tanszék laboratóriumában végeztem. A 6. táblázat tartalmazza a vizsgált paramétereket, a vizsgálatok időpontjait és a növények fenológiai fázisait az adott vizsgálati időpontban. Az első kezelést követően az őszi megfigyelés időszakában öt héten keresztül hetente egy alkalommal friss

levélmintákat gyűjtöttem a kísérleti parcellák állományából, majd meghatároztam a levelek, szárazanyag tartalmát, a-klorofill, b-klorofill és összes karotinoid tartalmát. A hajtáscsúcs fejlettségét, az átlagos levélszámot, a gyökérzet hosszát, elágazásainak számát, friss és szárított tömegét, valamint a gyökérnyak vastagságát mindkét kísérleti évben december közepén, az őszi vegetációs periódus végén, a talaj lefagyásának kezdetén vizsgáltam. A betakarítást követően vizsgáltam a becők hosszúságát, össztömegét, a becőkben lévő magok számát és tömegét. A szántóföldön gyűjtött minták segítségével meghatároztam az ezermag tömeget és az összes termés mennyiségét (g/m^2), majd a betakarított termés, átlagos olaj és nedvességtartalmának meghatározása NIR (near infrared) InfratecTM 1241 Grain Analyzer készülékkel történt.

6. táblázat: A kísérletek laboratóriumi mérései és vizsgálatai Mosonmagyaróváron 2010.10.20 és 2014.06.10. között

Vizsgált paraméterek		Vizsgálati időpontok		Fenológiai fázisok
		2010-2011	2013-2014	
1.	Levelek klorofill-a tartalma	2010.10.20;	2013.10.17;	BBCH-16- BBCH-19 (6 leveles-)
2.	Levelek klorofill-b tartalma	2010.10.27;	2013.10.26;	
3.	Levelek összkarotinoid tartalma	2010.11.03;	2013.10.31;	
4.	Levéletet szárazanyag tartalma	2010.11.10; 2010.11.17	2013.11.09; 2013.11.13	
5.	Gyökérzet friss tömege	2010.12.13.	2013.12.07.	BBCH-19 (tőlevélrózsa)
8.	Gyökérzet szárított tömege			
9.	Gyökérzet átlagos hosszúsága			
10.	Gyökérzet elágazásainak száma			
11.	Tenyészőcsúcs hosszúsága			
12.	Tenyészőcsúcs vastagsága			
13.	Őszi levélszám			
21.	Becők átlagos hosszúsága	2011.06.27.	2014.06.10.	BBCH-99 (betakarítás)
22.	Becők átlagos össztömege			
23.	Becőnkénti magszám			
24.	Becőnkénti magtömeg			
25.	Ezer mag tömeg			
26.	Összes termés mennyisége			
27.	Magok átlagos víztartalma			
28.	Magok átlagos olajtartalma			

3.3.5. Statisztikai elemző módszerek

A szántóföldi és a laboratóriumi vizsgálatok eredményeit 2007 Windows 7 Home Premium OA szoftver, Microsoft Excel program IBM SPSSR Statistics 19.0 for Windows szoftver statisztika programjával, egytényezős varianciaanalízissel elemeztem. A kezeléshatások kimutatását variancia-analízissel, a változók közötti összefüggések vizsgálatát korrelációanalízissel, és lineáris regresszió analízissel végeztem.

A két kísérleti év mérési adatait együtt értékeltem kéttényezős, osztott parcellás (split-plot) kísérleti elrendezésnek megfelelően. Főparcella volt az év, alparcella a kezelés. A szignifikáns kezelés-

hatásokat Duncan teszttel (Duncan Multiple Range Test, DMRT) hasonlítottam össze.

Többszörös regresszió analízissel (Multiple Regression Analysis) vizsgáltam az őszi, illetve a tavaszi tőszám (függő változó) és a gyökér száraz tömeg, a gyökérnyak vastagsága, hajtáscsúcs hossza, a levélszám (mint független változók) közötti összefüggéseket.

4. EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

A kísérletek időtartama alatt bekövetkezett legfontosabb állományt érintő fenológiai és egyéb változásokat, valamint a kezelések időpontjait a 7. táblázatban szemléltetem, annak érdekében, hogy könnyebb legyen az eligazodás az eredmények adatai közt. A vetés ideje mindkét kísérleti évben szeptember első dekádjában volt, amelyet a 2010-es évben lassan bekövetkező kelési időszak követett. Az első kezelés időpontjait az állomány 6-8 leveles állapotában végeztem (2010.10.15; 2013.10.10). A növények mindkét évben viszonylag korán, december első napjaira elérték a tölevélrózsás állapotot. A tavaszi vegetáció kezdetén 2014-ben, az enyhe téli időszaknak köszönhetően (+3 C°-os eltérés a sokéves átlagtól) a szárba indulás már február utolsó harmadában elkezdődött.

A második kezelést mindkét évben akkor végeztem, amikor az állomány 90, vagy azt meghaladó százalékban, 3-6 látható internódimmal (BBCH-33-36) rendelkezett. A harmadik kezelést zöldbimbós állapotban (BBCH-51-57) végeztem. Az érés mindkét kísérleti évben az üzemi állománnyal közel azonos időben kezdődött, ugyanakkor a kísérleti parcellák betakarítása 1-1 héttel megelőzte a nagyüzemi aratást.

7. táblázat: A repce állomány fenológiai fázisai és a kezelések időpontjai Mosonmagyaróváron 2010-2014-ben

Fenológiai fázisok	Kezelési időpontok	
Vetés	2010.09.11.	2013.09.07.
Kelés	2010.09.20-2010.10.02.	2013.09.15-2013.09.25.
1. kezelés	2010.10.15.	2013.10.10.
4-6-leveles állapot	2010.10.15-2010.10.25.	2013.10.10-2013.10.15.
Tőlevélrózsás állapot	2010.12.07-	2013.12.01.
Szárba indulás	2011.03.20-	2014.03.01-
2. kezelés	2011.03.29	2014.03.15.
Zöldbimbós állapot-virágzás kezdete	2011.04.13-	2014.04.01-
3. kezelés	2011.04.13.	2014.04.05.
Teljes virágzás	2011.05.02-	2014.04.20.
Érés kezdete (20-25%)	2011.06.01-	2014.05.15-
Teljes érés (75-95%)	2011.06.15-	2014.05.28-
Betakarítás	2011.06.20.	2014.06.06.

4.1. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei

4.1.1. A vizsgált mikroalga törzsek hormonhatása

A kísérleti munkám kezdetekor 16 MACC-mikroalga törzset választottunk ki a hormonszerű hatás igazolására. A törzsek kiválasztásának elsődleges szempontja a tenyésztési idő hossza, és az időegység alatt termelt szárazanyag tartalom volt. A 16 különböző MACC törzs egyszeri algatenyésztéséből, a szaporodás stacioner szakaszában, délután 1 és 3 óra között gyűjtöttem mintákat auxinszerű és citokininszerű hatás kimutatására. A mintákat centrifugálást követően, fagyasztva szárítottam és mélyhűtőben tároltam. A mintákat a biotesztek előtt desztillált vízben szuszpendáltam, ultrahangos sejtroncsolóval feltártam és uborka sziklevél tesztekkel vizsgáltam. Közepesen auxin szerűnek tekintettük a biomassza minta hatását, ha az uborka sziklevél gyökérfejlődési tesztben mért hatása megegyezett 0,1-0,3 mg L⁻¹ IBA hatásával, és erősnek, ha 0,3 mg L⁻¹-nél nagyobb volt a minta hatása.

A biomassza minták citokininszerű hatásának az értékelésénél az uborka megnyúlási teszt kinetinnel készített kalibrációs görbét vettem alapul az auxinszerű hatás értékelésénél említett koncentrációkkal.

A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a mikroalga és cianobaktérium törzsek laboratóriumi körülmények közötti felszaporításával és betakarításával biztosítható azok tesztnövényekre gyakorolt hormonszerű hatásának állandó volta. Az algasejtek korai, stacioner szaporodási fázisukban szintetizálják a legnagyobb mennyiségben a környezettel való kapcsolattartásukat szolgáló másodlagos anyagcseretermékeket. A vizsgált 16 cianobaktérium és mikroalga törzs közül 7-8 mutatott erős citokinin és/vagy auxin szerű hatást (8-9. táblázat).

8. táblázat: Mikroalga törzsek citokinin szerű hatásának eredményei a kontroll viszonylatában 2009-ben Mosonmagyaróváron

Név	MACC	kinetin				
		Átlagok	Kontroll %-ában	SZA g/l	Tenyésztés ideje	~mg/l
<i>Scotiella sp.</i>	MACC-389	0,3987	110,8	3,52	14	~0,5
<i>Oocysts sp.</i>	MACC-367	0,3884	107,9	3,46	15	~0,5
<i>Tetracystis sp.</i>	MACC-430	0,3843	106,8	3,36	15	~0,5
<i>Chlorococcum humicolum</i>	MACC-387	0,3832	106,5	3,24	19	~0,5
<i>Nostoc piscinale</i>	MACC-612	0,3820	106,2	3,14	12	~0,5
<i>Stigeochlonium nanum</i>	MACC-790	0,3699	102,8	3,66	15	0,3-0,5
<i>Voenochloris sp.</i>	MACC-604	0,3682	102,3	3,24	14	0,3-0,5
<i>Coccomyxa curvata</i>	MACC-697	0,3616	100,5	3,60	18	0,3-0,5
<i>Protococcus viridis</i>	MACC-379	0,3602	100,1	4,00	18	0,3-0,5
Kontroll		0,3598	100,0	0	0	0
<i>Scenedesmus sp.</i>	MACC-401	0,3543	98,5	3,66	15	0,3-0,5
<i>Chlamydomonas sp.</i>	MACC-785	0,3543	98,5	4,36	20	0,3-0,5
<i>Bracteacoccus medionucleatus</i>	MACC-680	0,3470	96,4	3,32	13	0-0,3
<i>Chlorella sp.</i>	MACC-400	0,3441	95,6	4,72	15	0-0,3
<i>Neochlorosarcina sp.</i>	MACC-606	0,3426	95,2	3,38	14	0-0,3
<i>Neochlorosarcina sp.</i>	MACC-504	0,3356	93,3	3,20	14	0-0,3
<i>Scotiellopsis terrestris</i>	MACC-695	0,3263	90,7	3,70	18	0-0,3

A hormonszerű hatás kimutatására szolgáló biotesztek nem alkalmasak a hatást kiváltó vegyületek azonosítására és mennyiségük pontos meghatározására. Napjainkban a különféle alga minták tényleges növényi hormontartalmának meghatározása műszeres analitikai módszerekkel (GC-MS, HPLC-MS) végezhető el, ugyanakkor *Weyers és Paterson* szerint nem kapunk információt, a kivonatok növényi szervezetekre gyakorolt hatásáról (*Weyers és Paterson, 2001*).

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.

9. táblázat: Mikroalga törzsek auxin szerű hatásának eredményei a kontroll viszonylatában 2009-ben Mosonmagyaróváron

Név		IVS				
		átlagok	kontroll %-ában	SZA g/l	Tenyésztés ideje	~mg/l
<i>Scenedesmus</i> sp.	MACC-401	48,8	171	3,66	15	0,5-1
<i>Scotiella</i> sp.	MACC-389	47,8	168	3,52	14	0,5-1
<i>Chlamydomonas</i> sp.	MACC-785	44,3	156	4,36	20	0,5-1
<i>Scotiellopsis terrestris</i>	MACC-695	43,9	154	3,70	18	0,5-1
<i>Coccomyxa curvata</i>	MACC-697	43,1	154	3,60	18	0,5-1
<i>Voenochloris</i> sp.	MACC-604	42,0	149	3,24	14	0,5-1
<i>Protococcus viridis</i>	MACC-379	42,0	147	4,00	18	0,5-1
<i>Nostoc piscinale</i>	MACC-612	40,1	142	3,14	12	0,5-1
<i>Chlorococcum humicolum</i>	MACC-387	39,6	141	3,24	19	0,5-1
<i>Bracteacoccus medionucleatus</i>	MACC-680	39,6	139	3,32	13	0,5-1
<i>Neochlorosarcina</i> sp.	MACC-504	39,3	139	3,20	14	0,5-1
<i>Neochlorosarcina</i> sp.	MACC-606	39,0	138	3,38	14	0,5-1
<i>Stigeochlonium nanum</i>	MACC-790	37,1	130	3,66	15	0,1-0,3 vagy 0,5-1
<i>Ooysis</i> sp.	MACC-367	35,8	126	3,46	15	0,1-0,3 vagy 0,5-1
<i>Tetracystis</i> sp.	MACC-430	34,5	122	3,36	15	0,1-0,3 vagy 0,5-1
<i>Chlorella</i> sp.	MACC-400	32,1	112	4,72	15	0,1-0,3 vagy 0,5-1
Kontroll		28,6	100	0,00	0	0,1-0,3

Általában a maximálisan elérhető biomassa a cianobaktériumoknál kisebb (0,75-1,75 g L⁻¹) mint az eukarióta algáknál (1-3 g L⁻¹), de ezek az értékek sem törvényszerűek.

Az elvégzett bioteszt eredmények és a törzsek szárazanyag tartalmai, valamint szaporodási képességeik alapján egy cianobaktérium (MACC-612) és egy zöldalga (MACC-430) törzset választottam ki a további szántóföldi kísérletek elvégzéséhez.

4.2. Az őszi növényvizsgálatok eredményei

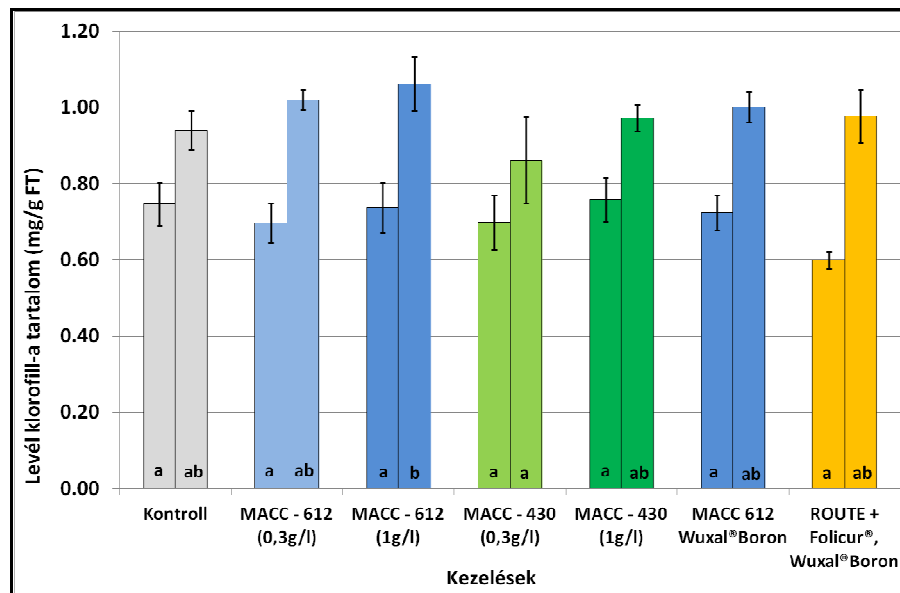
A repce első kezeléseit követően 2010-ben öt, 2013-ban hét nappal később mértem a levelek a-klorofill, b-klorofill és összkarotinoid, valamint a levelek szárazanyag tartalmát. A vizsgálat sorozatot öt héten keresztül folytattam, majd meghatároztam a sejtalkotók időegység alatt bekövetkező mennyiségi változásait.

4.2.1. A repcelevél szín- és szárazanyag tartalma

Az eredményeket minden esetben a mintavétel időpontjainak megfelelően, egymást követően mutatom be 5-5 ábra segítségével, majd az egyes szín- és szárazanyag változásokat összegző diagrammok segítségével szemléltetem. Az egyes ábrákon szereplő adatokat minden esetben az első év (bal oldali oszlop) és második év (jobb oldali oszlop) kezeléseinek eredményeit egymás mellett mutatom be. A repce levél szín- és szárazanyag tartalmaira vonatkozó eredményeket minden esetben hasonló módon szemléltetem.

A repce levél klorofill-a vizsgálat eredményei

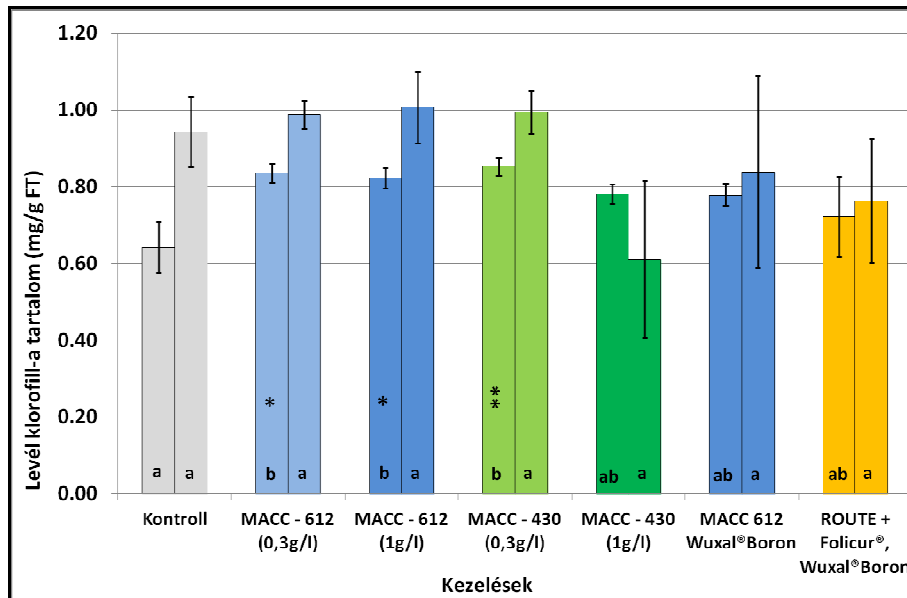
A két kísérleti évben az **első vizsgálatokat** követően (13. ábra) (2010.10.20; 2013.10.17), valamint 2013-ban a második mérés (2013.10.26.) alkalmával (14. ábra) nem sikerült statisztikailag igazolható szignifikáns eltéréseket igazolni a kezelt és kezeletlen állomány leveleinek klorofill-a tartalmi között. A **második mérés**kor 2010-ben három kezelés szignifikáns eltérést eredményezett a kezeletlen parcellákhoz viszonyítva a levelek klorofill-a mennyiségében.



13. ábra: A klorofill-a mennyisége friss repcelevél mintákban mikroalgás levélkezeléseket követően (2010.10.15; 2013.10.10.) az első mérési időpontokban 2010.10.20-án (baloldali oszlopsor) és 2013.10.17-én (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron, „a”, „b”, „ab” - P=5% szignifikancia eltérések a Duncan – multiple Range teszt alapján.

Az MACC-612-es törzs mindkét koncentrációjú permetezései 2010-ben a kontroll parcellákhoz viszonyítva P=5%-os szignifikánsan növelték (20-29%) a levelek színanyag tartalmát.

Az első kísérleti évben a MACC-430 *Tetracystis* sp. 0,03%-os permetezését követően a levelek színanyag tartalma P=1%-os szinten tért el a kontrolltól, míg a törzs 0,1% koncentrációjú kezelését követően a levélminták csupán 12%-kal (ns. -nem szignifikáns) több klorofill-a színalkotót tartalmaztak a kontrollhoz viszonyítva.



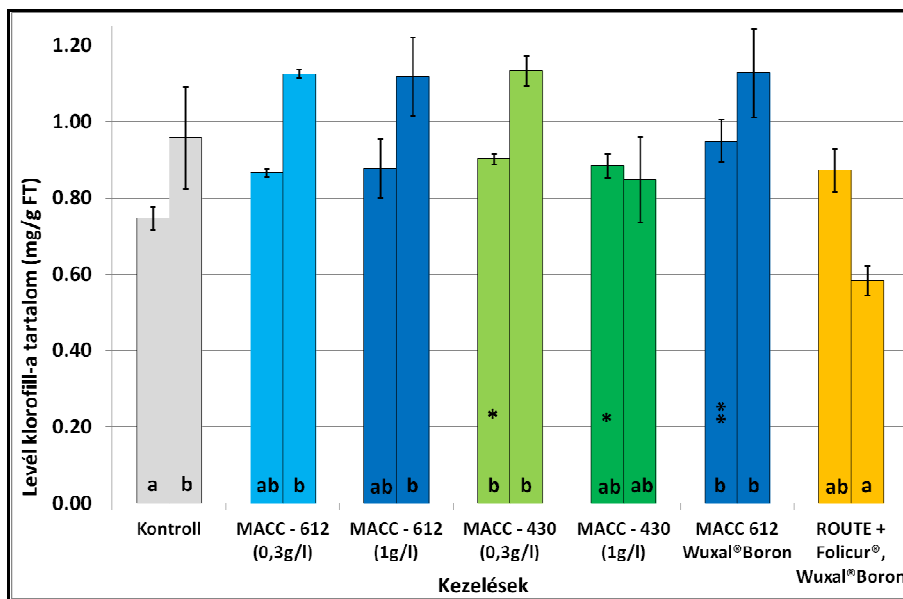
14. ábra: A klorofill-a mennyisége friss repcelevél mintákban mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15;2013.10.10.) követően a második mérési időpontokban 2010.10.27-én (baloldali oszlopsor) és 2013.10.26-án (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD1\%_{2010}=0,205$; $SzD5\%_{2010}=0,150$); „a”, „b”, „ab” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan – multiple Range teszt alapján

Sem a *Nostoc piscinale* 0,1%-os, és a Wuxal®Boronnal kombinált kezelése, sem a hagyományos repce termesztéstechnológiai eljárás nem okozott statisztikailag igazolható eltérést a levelek klorofill-a tartalmaiban.

A **harmadik mérést** követően 2010-ben az MACC-612 0,03%-os és 0,1% koncentrációjú permetezései, valamint a hagyományos termesztéstechnológiai eljárások a levelek klorofill-a tartalmát átlagosan 16-17%-kal növelték (ns) (15. ábra), míg az MACC-430 mindkét dózisú kezelése 18-21%-os változást eredményezett ($P=5\%$) a klorofill-a mennyiségében a kontroll parcellákhoz viszonyítva. A legnagyobb ($P=1\%$) szignifikáns eltérést a *Nostoc piscinale* 0,1% + Wuxal®Boron

kombinált kezelései eredményeztek (27%). Ebben az esetben a kezelt parcellák növényeinek friss levélzetében átlagosan 0,202 mg/g klorofill-a mennyiséget mértem, amely közel 22%-kal több, mint az egy héttel korábban meghatározott színanyagok mennyisége.

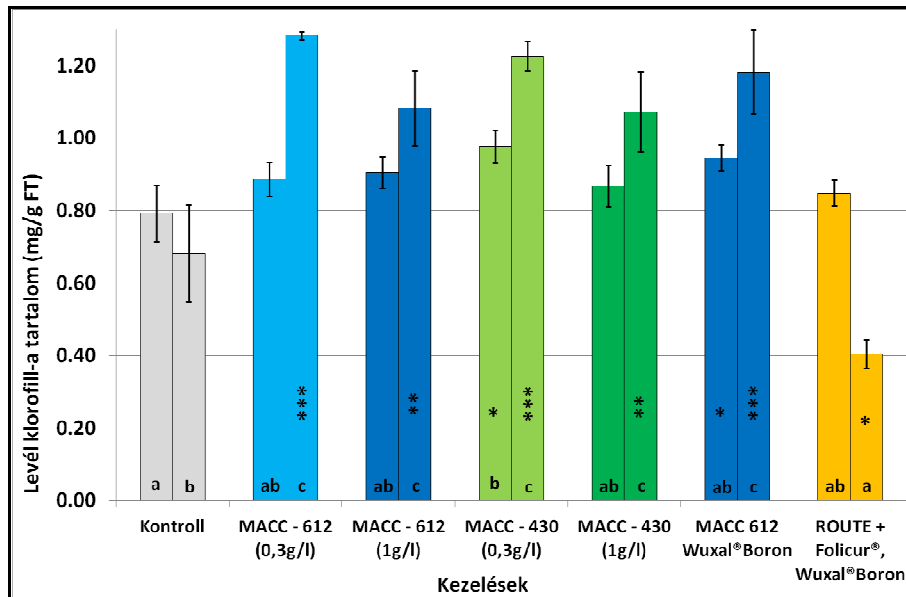
A második kísérleti évben a harmadik mérést követően a permetezések hatására csak tendenciáiban növekedett a klorofill-a tartalom, ugyanakkor a Route –Folicur kombinált kezelését követően 40%-kal kevesebb (ns.) volt a levelek színanyag tartalma a kontrollhoz viszonyítva.



15. ábra: A klorofill-a mennyisége friss repcelevél mintákban mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15;2013.10.10.) követően a harmadik mérési időpontokban 2010.11.03-án (baloldali oszlopsor) és 2013.10.31-én (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD1\%_{2010}=0,182$; $SzD5\%_{2010}=0,134$); ($SzD5\%_{2013}=0,302$); „a”, „b”, „ab” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

Az első kísérleti év **negyedik mérés** szerint az MACC-430 0,03%, és az MACC-612 Wuxal® Boronnal kombinált permetezései P=5%-os szignifikáns eltérést eredményeztek a kontroll parcellákhoz viszonyítva.

A 2013-as év negyedik mérését követően megállapítható, hogy minden algás kezelés pozitívan befolyásolta a levelek klorofill-a tartalmát a kontrollhoz viszonyítva. Három kezelést követően (MACC-612 0,03%; MACC-430 0,03%; MACC-612 0,1%+ Wuxal® Boron) P=0,1%-os szignifikáns eltérést igazoltam (16. ábra).



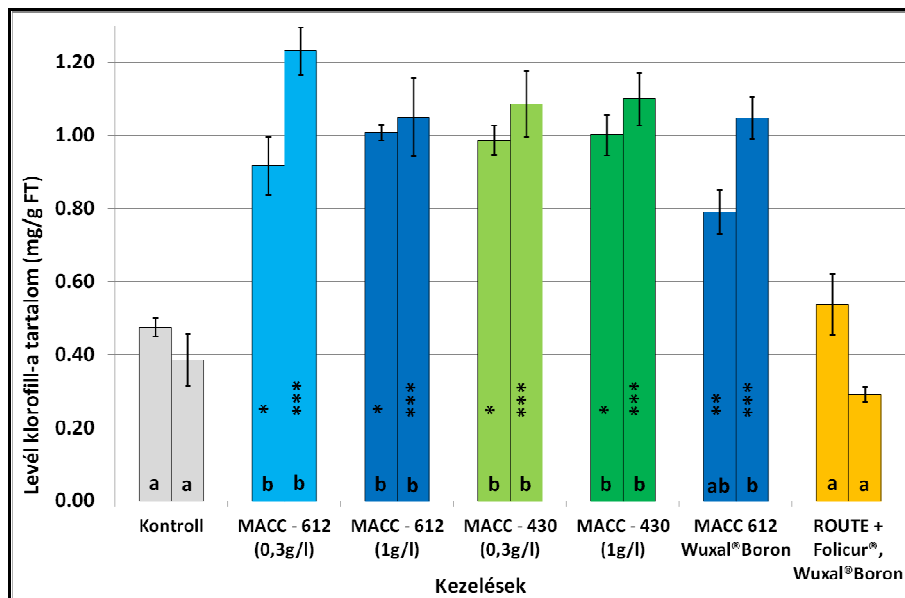
16. ábra: A klorofill-a mennyisége friss repcelevél mintákban mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15;2013.10.10.) követően a negyedik mérési időpontokban 2010.11.10-én (baloldali oszlopsor) és 2013.11.09-én (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; (P***=0,1%; P**=1%; P*=5%); (SzD5%₂₀₁₀=0,149); (SzD0,1%₂₀₁₃=0,488; SzD1%₂₀₁₃=0,362; SzD5%₂₀₁₃=0,266); „a”, „b”, „c” „ab” - P=5% szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

Mindkét mikroalga törzs magasabb dózisu (0,1%) permetezései közel 60%-kal (P=1%) növelték a levelek klorofill-a tartalmát a kezeletlen növényekhez viszonyítva, ugyanakkor a hagyományos

termesztéstechnológiai kezeléseket követően szignifikánsan csökkent a levelek klorofill-a tartalma.

Az **utolsó (5.) mérést** követően 2010-ben minden mikroalgás kezelés $P=5\%$ -os szignifikáns eltérést eredményezett a levelek klorofill-a tartalmaiban a kontroll viszonyítva. A 17. ábra alapján elmondható, hogy öt héttel az első kezeléseket követően a csak algaszuszpenzióval kezelt állományok leveleiben átlagosan közel kétszer nagyobb mennyiségben volt kimutatható a klorofill-a, mint a csak vízzel permetezett növények levélzetében. Az MACC-612 $0,1\%$ -os Wuxal kombinált kezelése $P=5\%$ -os szignifikáns eltérést eredményeztek a levelek színanyag tartalmában, míg a Route – Folicur kombináció hatására csak alig változtatott a sejtalkotók mennyisége a kontrollhoz viszonyítva.

A második kísérleti év ötödik mérése alkalmával (2013.11.13.) az előző kísérleti évhez viszonyítva tendenciáiban hasonló eredményeket igazoltam minden mikroalgás kezelés esetében. A cianobaktériummal és zöldalgával kezelt növények leveleiben $170-270\%$ -kal ($P=0,1\%$) magasabb volt a színalkotó mennyisége a kontrollhoz viszonyítva (17. ábra). A Route – Folicur kezelés nem eredményezett statisztikailag igazolható változást.



17. ábra: A klorofill-a mennyisége friss repcelevél mintákban mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15;2013.10.10.) követően az ötödik mérési időpontokban 2010.11.17-én (baloldali oszlopsor) és 2013.11.13-án (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD1\%_{2010}=0,1653$; $SzD5\%_{2010}=0,1215$); ($SzD0,1\%_{2013}=0,5124$); „a”, „b”, „ab” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

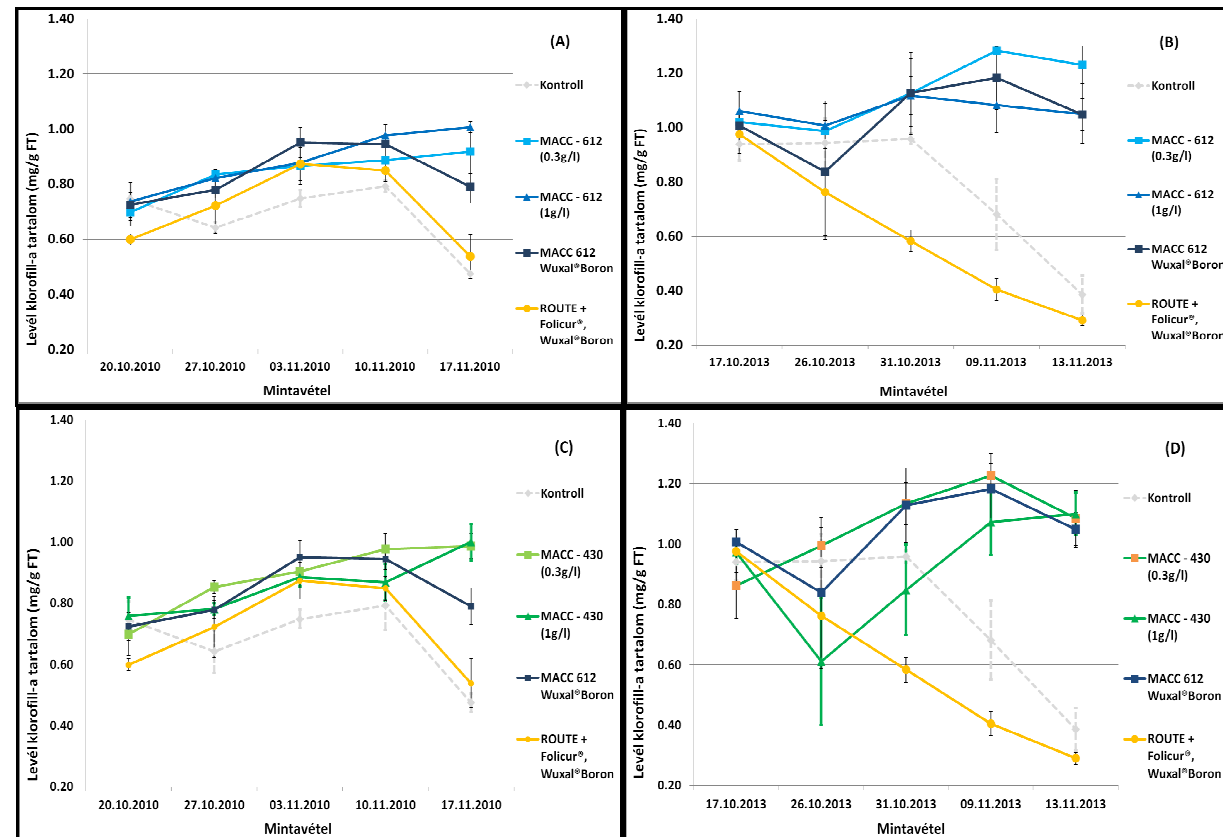
A 17. ábra és a függelék 1-3. táblázatai alapján elmondható, hogy 2010-ben az első kezeléseket követően az ötödik napon a repce levélzetének klorofill-a tartalma közel azonos szinten (0,598 - 0,758 mg/g friss levélben) volt. A második mérés alkalmával a kontroll parcella klorofill-a tartalma csökkent, míg a mikroalgás permetezéseket követően a negyedik mérésig folyamatos emelkedés volt megfigyelhető. Az ötödik mérés időpontjára a mikroalga szuszpenziós kezelések hatására tovább növekedett a levelek klorofill-a tartalma, míg az MACC-612 0,1%-Wuxal® Boron kombinált, illetve a hagyományos termesztéstechnológiai kezelést követően mindkét évben alacsonyabb volt a levelek színanyag tartalma. Az utolsó mérés alkalmával a legkevesebb klorofill-a

mennyiséget a kontroll parcella növényeinek levelében mértem, míg a kontrolltól legnagyobb mértékű színanyag-tartalom-eltérést 2010-ban az MACC-612 és az MACC-430 0,1% koncentrációjával kezelt növényállományok levelzetében regisztráltam (18/A és 18/C).

A második kísérleti évben az első kezelést követő hetedik napon a repce levelzetében közel azonos klorofill-a tartalmakat mértem. A megismételt kísérlet alkalmával a kezdeti klorofill-a tartalom értékek 0,939 - 1,061 mg/g (friss levelben) volt (18/B és 18/D ábra). A második mérés alkalmával a kontroll és az MACC-430-as törzs alacsonyabb dózisú kezeléseitől eltekintve, minden parcella esetében különböző mértékű csökkenés volt kimutatható a levelek színanyag-tartalmaiban.

A második méréskor a MACC-430 magasabb dózisú (0,1%), az MACC-612 Wuxal Boronnal alkotott kezelése, valamint a hagyományos termesztéstechnológiai eljárást követően, a növények átlagos klorofill-a tartalma alacsonyabb volt a kontroll parcellák növényeiben mért mennyiségnél. A harmadik mérést követően a kontroll parcella növényeiben az első méréshez viszonyítva a színanyagok mennyisége csak minimálisan gyarapodott, ugyanakkor a mikroalgás kezelések hatására erőteljes klorofill-a tartalom növekedést igazoltam. A hagyományos termesztéstechnológiai kezelést követően közel 40%-kal csökkent a klorofill-a mennyisége a kezdeti értékekhez viszonyítva. A negyedik mérési időpontban mindkét mikroalga törzs 0,03 %-os kezelése elérték a maximális hatásfokukat, majd ezt követően a csökkent a színalkotó mennyisége. Az utolsó mérést követően a legkevesebb klorofill-a mennyiséget, a hagyományos kezeléseket követően mértem, majd növekvő sorrendben következtek a kontroll

parcella, az MACC-612 Wuxal kombinált kezelései, a 612-es törzs 0,1%-os; 430-as 0,03%-os, MACC-430 0,1% és 0,03% dózissal kezelt állományainak eredményei. A két kísérleti évben a legnagyobb eltérést (+271%) az MACC-612 0,3 g L⁻¹ koncentrációjú kezelése eredményezték a klorofill-a tartalom vizsgálatok az ötödik mérési időpontban. Az összesített eredmények és a függelék 1-4 táblázatai alapján elmondható, hogy sikerült megismételni az őszi permetezések repcelevél klorofill-a tartalmára gyakorolt pozitív hatásait. A kapott eredmények további pozitív változásokat indukáltak a repce fejlődése során, amelyet a következő fejezetekben részletesen szemléltetünk.

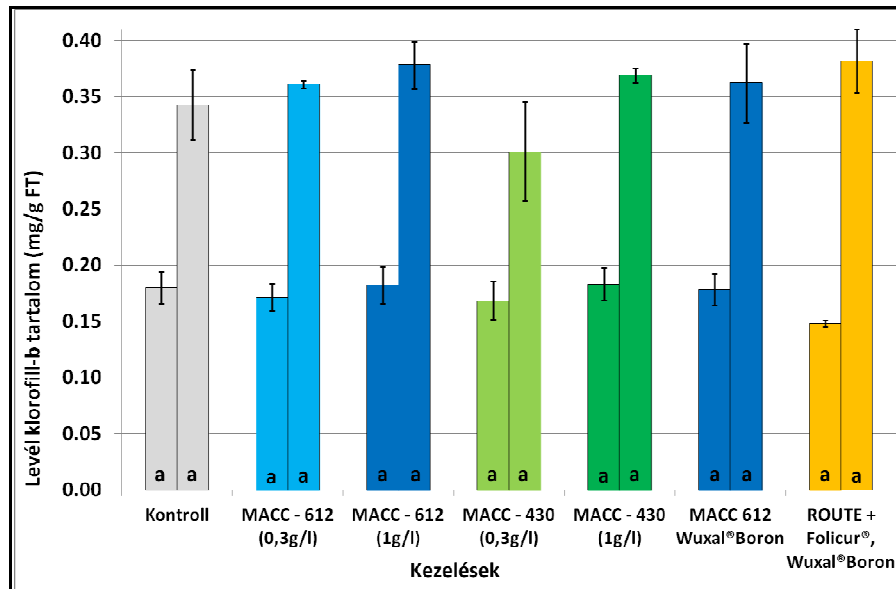


18. ábra: A klorofill-a koncentrációjának változásai mikroalga tartalmú és cianobaktériummal kombinált levélkezelések (2010.10.15 és 2013.10.10) hatására friss repce levélmintákban 2010.10.20-2010.11.17.(A; C), valamint 2013.10.17-2013.11.13 (B; D) között Mosonmagyaróváron

A vizsgálati eredmények szerint a kontroll növények leveleinek *klorofill-a* tartalma a második év első mérésekor 25%-kal volt nagyobb, mint az első évben, ami az utolsó méréskor mindkét évben közel azonos szintre csökkent. A vizsgált időszakban a kontroll növények leveleinek *klorofill-a* tartalma az első évben 37%-kal, míg a második évben 59%-kal csökkent az első mérési időponthoz viszonyítva. A hagyományos termesztéstechnológiai eljárásnál a harmadik és negyedik méréskor 40%-kal csökkent a klorofill-a koncentráció a kontrollhoz viszonyítva. A kontroll növények leveleinek klorofill-b koncentrációja az első méréshez viszonyítva 2013 november 13-ra, 26%-kal csökkent. A hagyományos eljárásnál a vizsgált időszakban nem változott szignifikánsan a levelek szárazanyag tartalma.

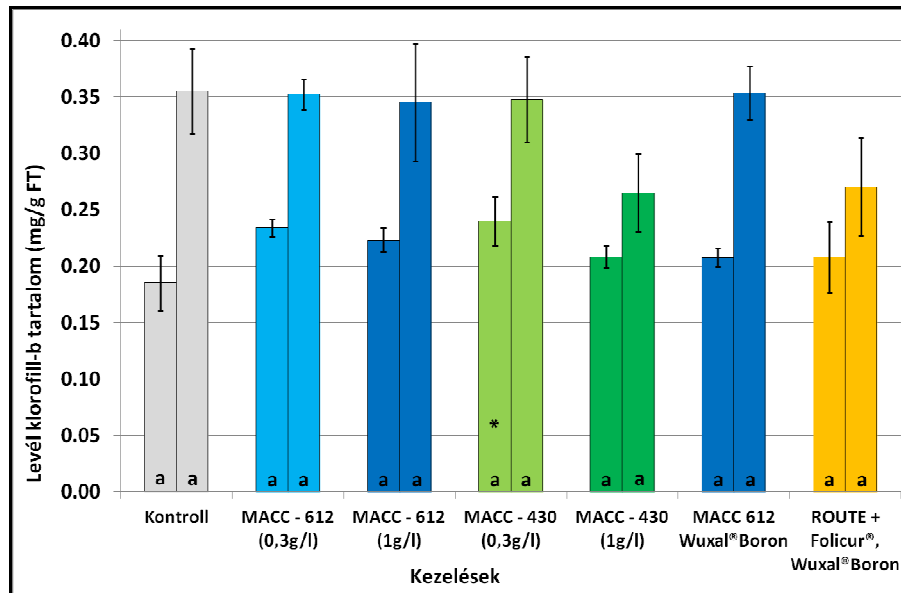
A repce levél klorofill-b vizsgálati eredményei

A levelek klorofill-b tartalmának meghatározása mindkét évben a klorofill-a és az összes karotinoid tartalom meghatározásával egy időben történt. Az első méréseket követően egyik évben sem (2010.10.20; 2013.10.17.) találtam szignifikáns eltérést a kezelt és kezeletlen parcellák klorofill-b tartalmai között (19. ábra). Az első kísérleti év második mérését követően az MACC-430 0,03% koncentrációjú kezelése P=5% -os szignifikánsan növelték a levelek klorofill-b tartalmát a kontroll viszonylatában (20. ábra).



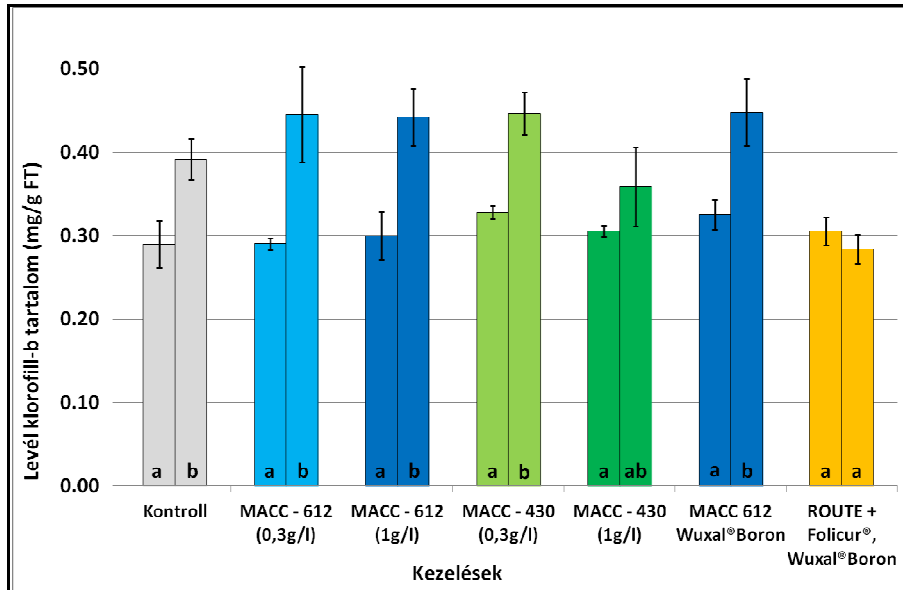
19. ábra: A klorofill-b mennyisége friss repcelevél mintákban mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15; 2013.10.10.) követően az első mérési időpontokban 2010.10.20-án (baloldali oszlopsor) és 2013.10.17-én (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; „a” P=5% szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

A 2014-es kísérleti évben a második méréskor az MACC-430-as törzs 0,1% dózisu permetezését követően 26%-kal (ns.), míg a hagyományos kezelését követően 23%-kal (ns.) kevesebb klorofill-b tartalom volt kimutatható a kontrollhoz viszonyítva.



20. ábra: A klorofill-b mennyisége friss repcelevél mintákban mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15; 2013.10.10.) követően a második mérési időpontokban 2010.10.27-én (baloldali oszlopsor) és 2013.10.26-án (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD5\%_{2010}=0,054$), „a” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

A harmadik mérési időpontban egyik kísérleti évben sem volt statisztikailag igazolható eltérést a kontroll parcellákhoz viszonyítva a levelek klorofill-b tartalmaiban (21. ábra).

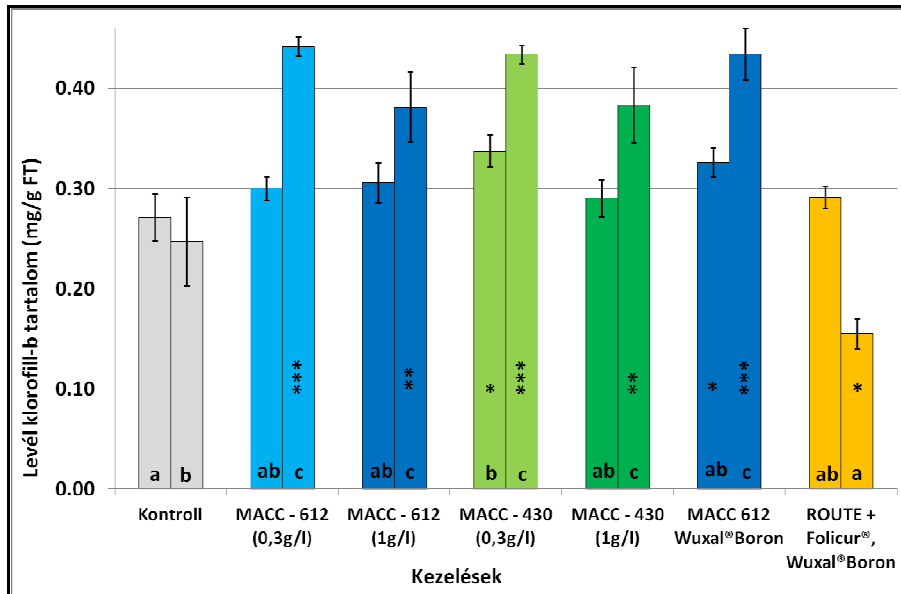


21. ábra: A klorofill-b mennyisége friss repcelevél mintákban mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15; 2013.10.10.) követően a harmadik mérési időpontokban 2010.11.03-án (fehér) és 2013.10.31-én (szürke) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); „a”, „b”, „ab” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

A negyedik mérést követően 2010-ben az MACC-430-as törzs 0,03%-os, valamint az MACC-612 0,1% koncentrációjú permetezései 24 és 18%-kal ($P=5\%$) növelték a színanyagok mennyiségét.

A második kísérleti évben a negyedik mérés alkalmával (22.ábra) a klorofill-b mennyisége minden kísérleti kezelést követően statisztikailag igazolható módon eltért a kontroll parcella növényeihez viszonyítva. Az MACC-612 és az MACC-430 0,03%-os, illetve az MACC-612-es törzs 0,1%-Wuxal® Boronnal kombinált permetezései $P=0,1\%$ -os szinten növelték a rece levelek klorofill-b tartalmát. Szignifikáns ($P=1\%$)

eltérést eredményeztek a klorofill-b tartalmakban mindkét mikroalga törzs 0,1% dózisú kezelései. A ROUTE Folicur® kombinált permetezéseit követően (P=5%) 38%-kal kevesebb volt a klorofill-b mennyiségében a levelekben a kontrollhoz viszonyítva.

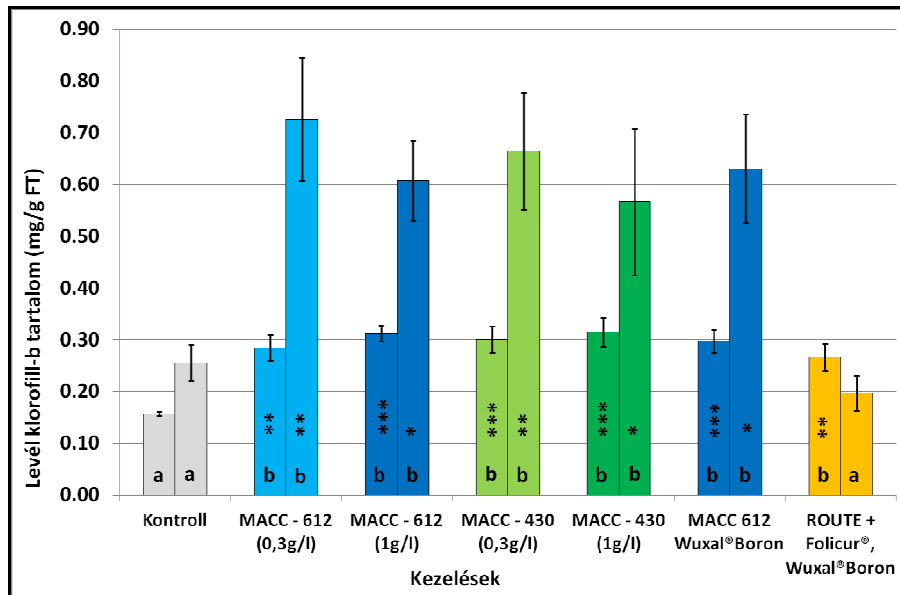


22. ábra: A klorofill-b mennyisége friss repcelevél mintákban mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15; 2013.10.10.) követően a negyedik mérési időpontokban 2010.11.10-én (baloldali oszlopsor) és 2013.11.09-én (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD5\%_{2010}=0,049$); ($SzD0,1\%_{2013}=0,154$; $SzD1\%_{2013}=0,114$; $SzD5\%_{2013}=0,083$), „a”, „b”, „c” „ab” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

Az 5. mérést követően mindkét kísérleti évben, minden mikroalga tartalmú permetezés statisztikailag igazolható eltérést eredményezett a levelek klorofill-b tartalmaiban. Az MACC-612-es törzs 0,1%-os és Wuxal kombinált permetezéseit, valamint az MACC-430 mindkét dózisú beavatkozásait követően $P=0,1\%$ -os, míg az MACC-612-es cianobaktérium törzs 0,03% koncentrációval kezeléseit, valamint a

hagyományos kezelések P=1%-os szénanyag tartalom növekedést eredményeztek.

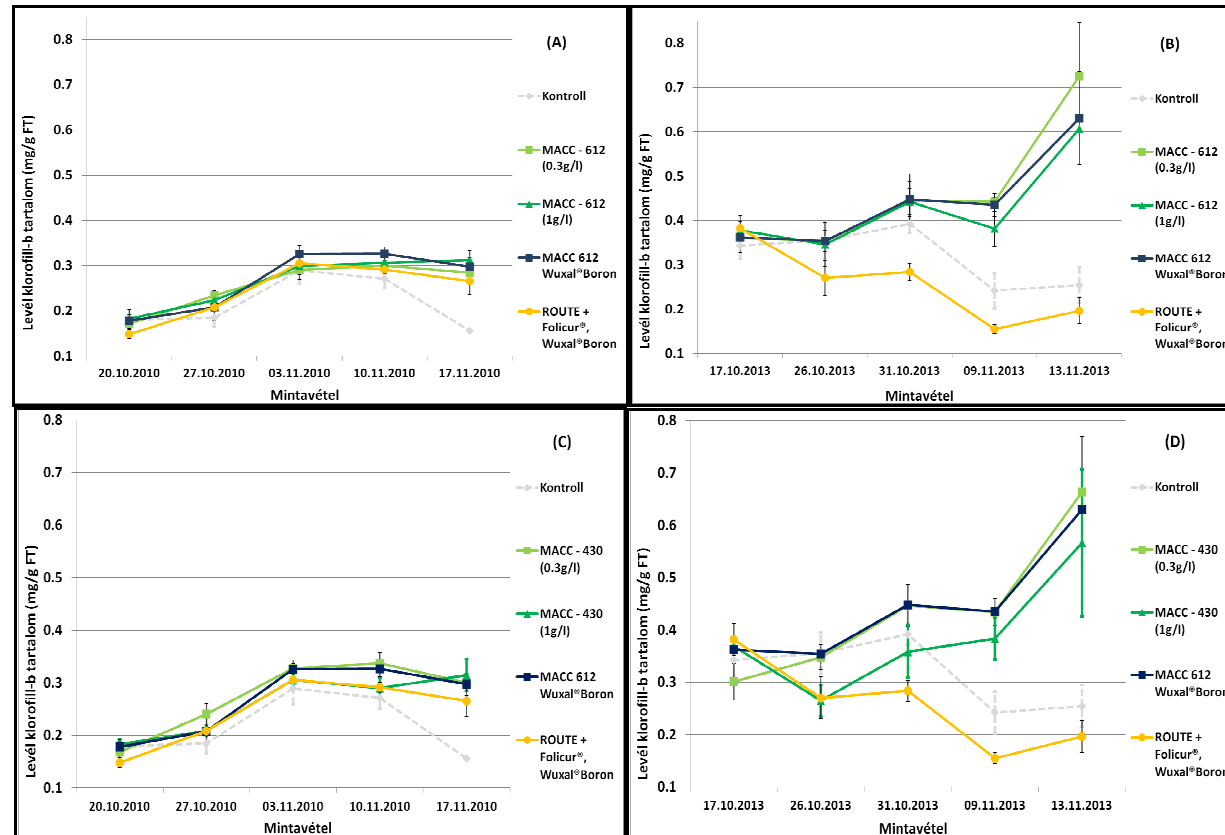
A második kísérleti év utolsó méréseit követően a kontrollhoz viszonyítva az MACC-612 és az MACC-430 0,03%-os kezelései P=1%-os, míg a cianobaktérium és a zöldalga 0,1% dózisú permetezései, illetve az MACC-612 Wuxal Boronnal alkotott kombinációja P=5%-os pozitív változást eredményeztek a kísérleti növények leveleinek klorofill-b tartalmában (23.ábra).



23. ábra: A klorofill-b mennyisége friss repcelevél mintákban mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15; 2013.10.10.) követően az ötödik mérési időpontokban 2010.11.17-én (baloldali oszlopsor) és 2013.11.13-án (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD0,1\%_{2010}=0,128$; $SzD1\%_{2010}=0,095$); ($SzD1\%_{2013}=0,389$; $SzD5\%_{2013}=0,286$), „a”, „b” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

Az összes mérési eredményt összevetve elmondható, hogy a kezdeti közel azonos mennyiségű klorofill-b tartalom a 2010-es évben a mikroalgás kezeléseket követő második és harmadik héten folyamatosan

növekedett (24. ábra). Ezt követően a negyedik mérés idején a színanyagok mennyisége nem változott, majd azok csökkenését tapasztaltam. A kezeletlen parcellák színanyag tartalmai a harmadik mérési időpontot követően erőteljesebben csökkentek. Ezzel szemben az algás kezelések a kezdeti 0,168 - 0,183 mg/g klorofill-b koncentrációról 0,2840,314 mg/g növekedtek, amely átlagosan 71%-os klorofill-b tartalom-gyapadást jelent. A 24/ A és 24/B ábrák jól szemléltetik, hogy a mikroalgával kezelt állományok leveleinek klorofill-b tartalma közel kétszerese a kezeletlen parcellákhoz viszonyítva az utolsó mérési időpontban. A legalacsonyabb klorofill-b tartalmat a hagyományos termesztéstechnológiai kezelést követően mértem. A klorofill-b tartalom legnagyobb mennyiségi változása az MACC-430 0,1% koncentrációjú kezelése okozta, amely a kontroll parcellákhoz viszonyítva a klorofill több mint +100%-os mennyiségi növekedését jelentette.



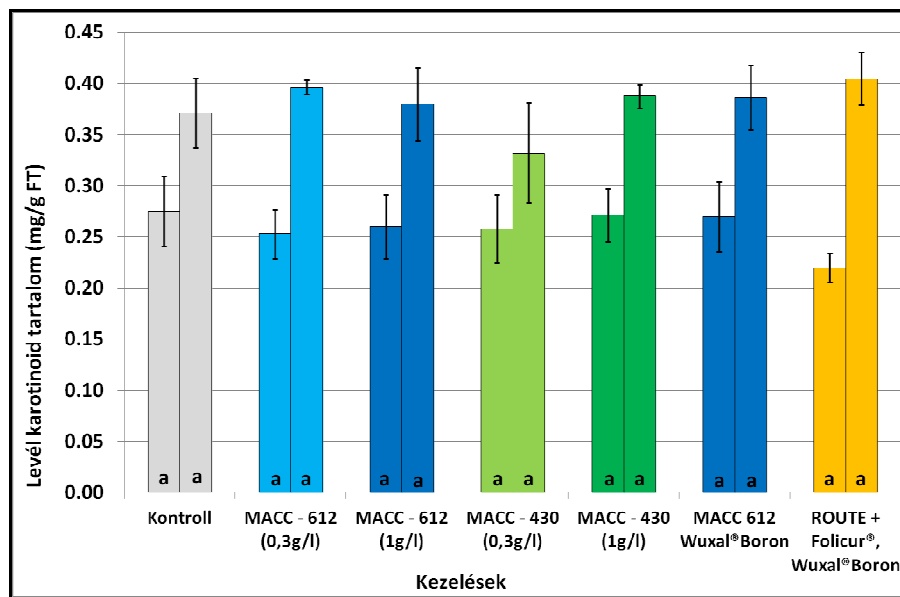
24. ábra A klorofill-b koncentrációjának változásai mikroalga tartalmú és cianobaktériummal kombinált levélkezelések (2010.10.15 és 2013.10.10) hatására friss repce levélmintákban 2010.10.20-2010.11.17.(A; C), valamint 2013.10.17-2013.11.13 (B; D) között Mosonmagyaróváron.

A második kísérleti év összesített eredményei alapján elmondható, hogy a második mérést követően a kontroll és a negyedik (MACC-430 0,03%) parcella eredményitől eltekintve, minden kísérleti parcella esetében a klorofill-b mennyiségének csökkenése volt tapasztalható. A harmadik vizsgálat alkalmával minden mikroalga tartalmú kezelést követően növekedett a levelek klorofill-b tartalma. A negyedik (2013.11.09.) mérést követően az állományban kettősség volt megfigyelhető. Míg a mikroalgával kezelt növények leveleinek színanyag tartalma jelentős mértékben növekedett, addig a kontroll és a Route+Folicur® kombinált permetezéseit követően a színanyagok csökkenését regisztráltam (24/B; 24/D ábra). Az utolsó vizsgálati időpontra a korábban tapasztalt különbségek kifejezőbbé váltak, így az már állományszinten szabad szemmel is szembetűnőek voltak. A legkevesebb mennyiségű színalkotót a hagyományos termesztéstechnológiai kezelést követően mértem, amely közel 20%-kal volt kevesebb, mint a kontroll parcella növényeinek klorofill-b tartalma. A mikroalgás kezelések közül az MACC-612 0,03%-os kezelései 284%-kal növelték a levelek klorofill-b tartalmát, így az a kezdeti 0,361 mg/g-ról 0,725 mg/g (friss levélben) mennyiségre változott.

A repce levél összes karotinoid vizsgálatának eredményei

A repcelevél összes karotinoid-tartalmának vizsgálatait mindkét kísérleti évben a klorofill vizsgálatokkal azonos időben végeztem. Az első mérések idején (2010.10.20; 2013.10.17.) egyik évben sem volt statisztikailag igazolható eltérés a kezelt és kezeletlen állományok színanyag-tartalmai között (24. ábra).

Az első kísérleti évben a második mérési időpontban az MACC-612 és az MACC-430 mikroalga törzsek 0,03%-os kezelése a kontrollhoz viszonyítva statisztikailag igazolható ($P=5\%$) karotinoid tartalom növekedést eredményeztek (26. ábra). A 2013-as kísérleti év második mérésekor a mikroalgás és hagyományos kezelések nem befolyásolták a levelek karotinoid tartalmait, ugyanakkor az MACC-430 0,1%-os permetezéseit követően - a klorofill-a és b tartalomhoz hasonlóan - a karotinoidok mennyisége is jelentősen csökkent a kontrollhoz viszonyítva (26. ábra).

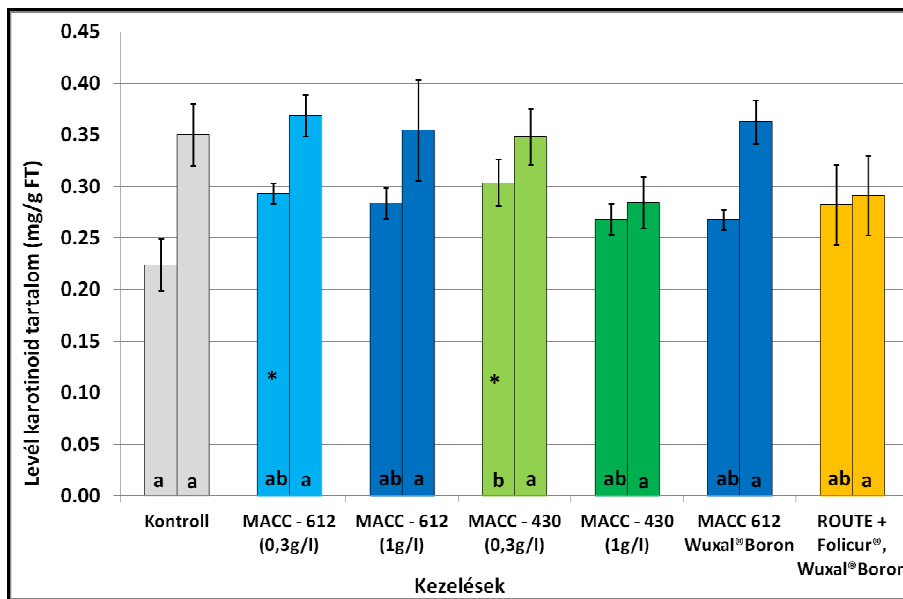


25. ábra: A karotinoidok mennyisége friss repcelevél mintákban mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15; 2013.10.10.) követően az első mérési időpontokban 2010.10.20-án (baloldali oszlopsor) és 2013.10.17.13-én (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron, „a” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

A harmadik mérést követően 2010-ben az MACC-430-as törzs minkét koncentrációjú, valamint az MACC-612 0,1% Wuxal®Boron kombinált kezelése 16-20%-kal, szignifikánsan ($P=5\%$) növelték a

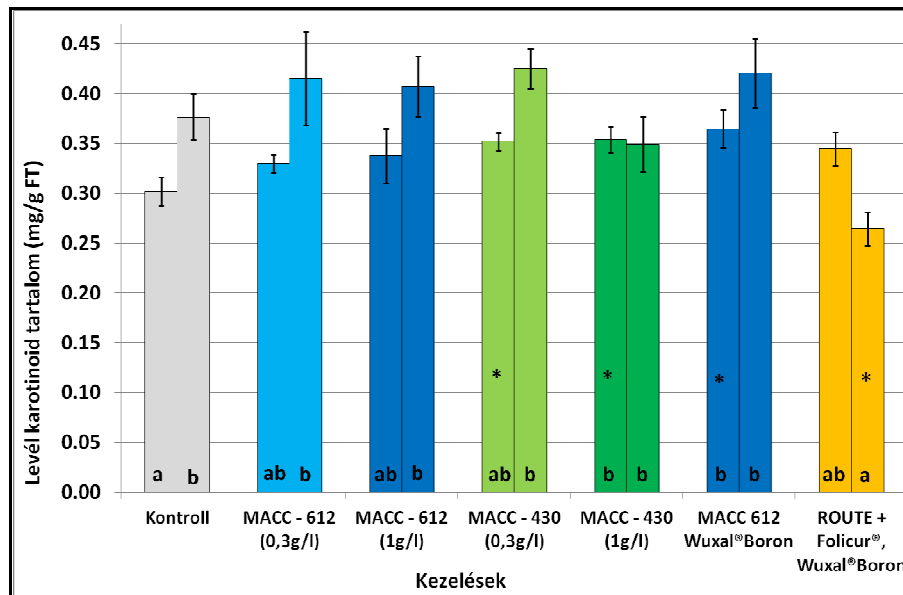
levelek karotinoid tartalmát a kontroll parcellához viszonyítva (26. ábra), míg a hagyományos termesztéstechnológia kezelés hatására átlagos 14%-kal növekedett a levelek karotinoidok tartalma. Az MACC-612 0,03%-os, és 0,1% koncentrációjú kezelései csak tendenciában növelték a kezelt növények leveleinek színanyag tartalmát.

A második kísérleti év harmadik mérését követően a ROUTE-Folicur Solo kombinált permetezését követően közel 30%-kal kevesebb karotinoid tartalmat mértem a növények levélzetében, amely $P=5\%$ szignifikánsan szinten tért el a kontroll parcella színanyag tartalmától. A többi kezeléssorozat nem okozott statisztikailag igazolható változást.



26. ábra: A karotinoidok mennyisége friss repcelevél mintákban mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15; 2013.10.10.) követően a második mérési időpontokban 2010.10.20-án (baloldali oszlopsor) és 2013.10.17-én (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD5\%_{2010}=0,063$), „a”, „b”, „ab” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

A negyedik karotinid-tartalom mérést követően 2010-ben az MACC-430 0,1%, valamint a cianobaktérium Wuxallal kombinált permetezései átlagosan 17-20%-kal ($P=1\%$) növelték a kezelt növények leveleinek karotinoid tartalmát a kontroll viszonylatában. A 27. ábra és a kapott eredmények alapján elmondható, hogy a 430-as törzs 0,1% dózisu kezelése, illetve a hagyományos termesztéstechnológiai eljárások nem eredményeztek statisztikailag igazolható változást.



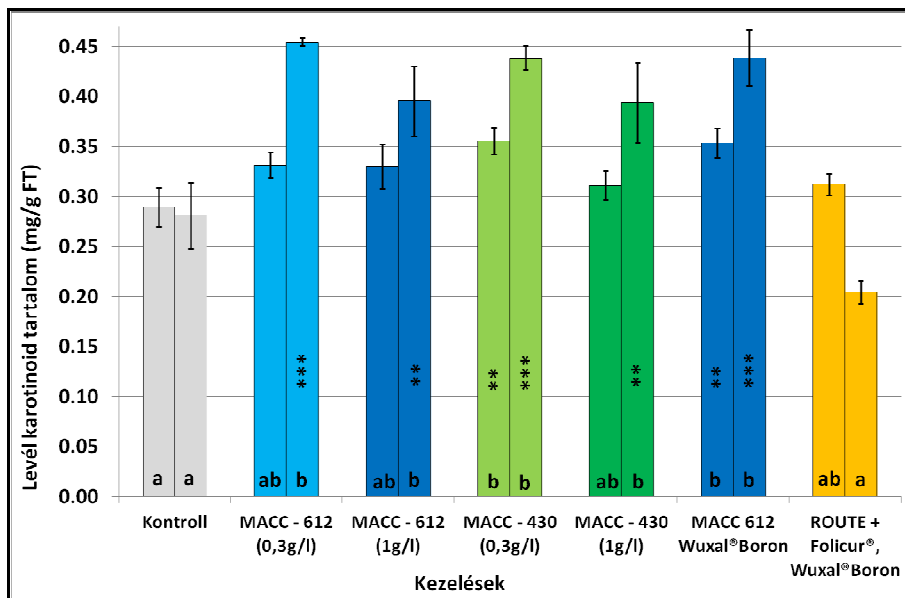
27. ábra: A karotinoidok mennyisége friss repcelevél mintákban mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15; 2013.10.10.) követően a harmadik mérési időpontokban 2010.11.03-án (baloldali oszlopsor) és 2013.10.31-én (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD5\%_{2010}=0,048$); ($SzD5\%_{2013}=0,088$), „a”, „b”, „ab” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan – multiple Range teszt alapján

A második kísérleti év negyedik mérését követően az MACC-612-es és az MACC-430-as törzsek 0,03% dózisu kezelése, valamint az MACC-612 0,1% Wuxal® kombinált permetezését követően a levelek (28. ábra) szignifikáns ($P=0,1\%$) karotinoid tartalom növekedést

igazoltam. A mikroalga törzsek 0,1%-os kezelései +40%-os ($P=1\%$) karotinoid-koncentráció növekedést, míg a hagyományos termesztéstechnológiai eljárást követően a színanyag-tartalom 28%-os (ns.) csökkenését igazoltam.

Az ötödik mérést követően 2010.11.17-én az MACC-612 és az MACC-430-as törzsek 0,1 és 0,03% koncentrációjú kezelései szignifikánsan ($P=1\%$) 66-74%-kal növelték a kísérleti növények leveleinek karotinoid tartalmát. Az MACC-612 0,1% Wuxal kombinált kezelése $P=5\%$ -os szignifikáns változást eredményeztek a karotinoidok koncentrációjában. A ROUTE-Folicur[®] kombinált permetezése nem okozott statisztikailag igazolható változást a színanyagok tartalmában a kontroll parcella növényeihez viszonyítva (29.ábra).

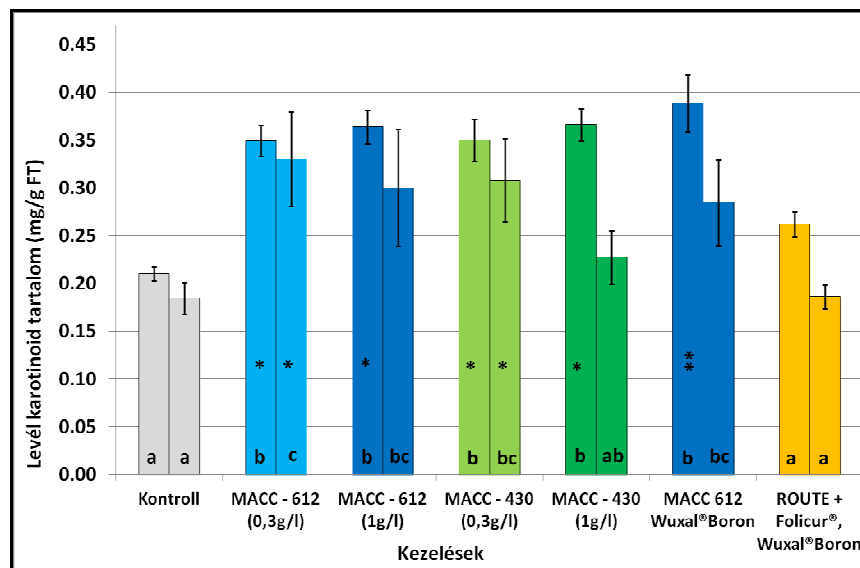
A 2013.11.13-ai mérések szerint az MACC-612 és az MACC-430-as törzsek 0,03% szuszpenziójú kezelése $P=5\%$ szignifikáns eltérést eredményeztek a kezelt növények leveleinek karotinoid tartalmában a kontrollhoz viszonyítva. Az MACC-612-es és az MACC-430-as törzs magasabb dóziszú, illetve a Wuxal[®] Boron kombinált kezelése növelték (ns.) a színanyagok mennyiségét.



28. ábra: A karotinoidok mennyisége friss repcelevél mintákban mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15; 2013.10.10.) követően a negyedik mérési időpontokban 2010.11.10-én (baloldali oszlopsor) és 2013.11.09-én (jobb oldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD1\%_{2010}=0,063$); ($SzD1\%_{2013}=0,106$; $SzD0,1\%_{2013}=0,143$), „a”, „b”, „ab” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

Az összesített eredmények és a 29. ábra lapján elmondható, hogy 2010-ben az első mérést követően a repce levelek összes karotinoid tartalma 0,219 - 0,274 mg/g között változott. A harmadik mérésig a kontroll parcellától eltérően, minden parcella esetében színanyag-tartalom növekedést igazoltam (30/A; 30/C ábra). A harmadik és negyedik mérést követően az addig felhalmozódott karotinoidok koncentrációja nem változott, majd az ötödik mérés alkalmával a hagyományos kezeléssorozat és a kontroll parcella növényeinek kivételével, minden kísérleti parcella esetében újabb karotinid-tartalom növekedést igazoltam. A legalacsonyabb koncentrációjú karotinoid mennyiséget az ötödik mérést követően 2010-ben a kontroll parcella növényeinek leveléből mutattam ki. A legmagasabb színanyag anyag

koncentrációt az MACC-612 Wuxal kombinált kezeléseit (0,388 mg/g), az MACC 430-as törzs 0,1% (0,366 mg/g), valamint az MACC-612 0,1% (0,363 mg/g) kezeléseit követően regisztráltam.



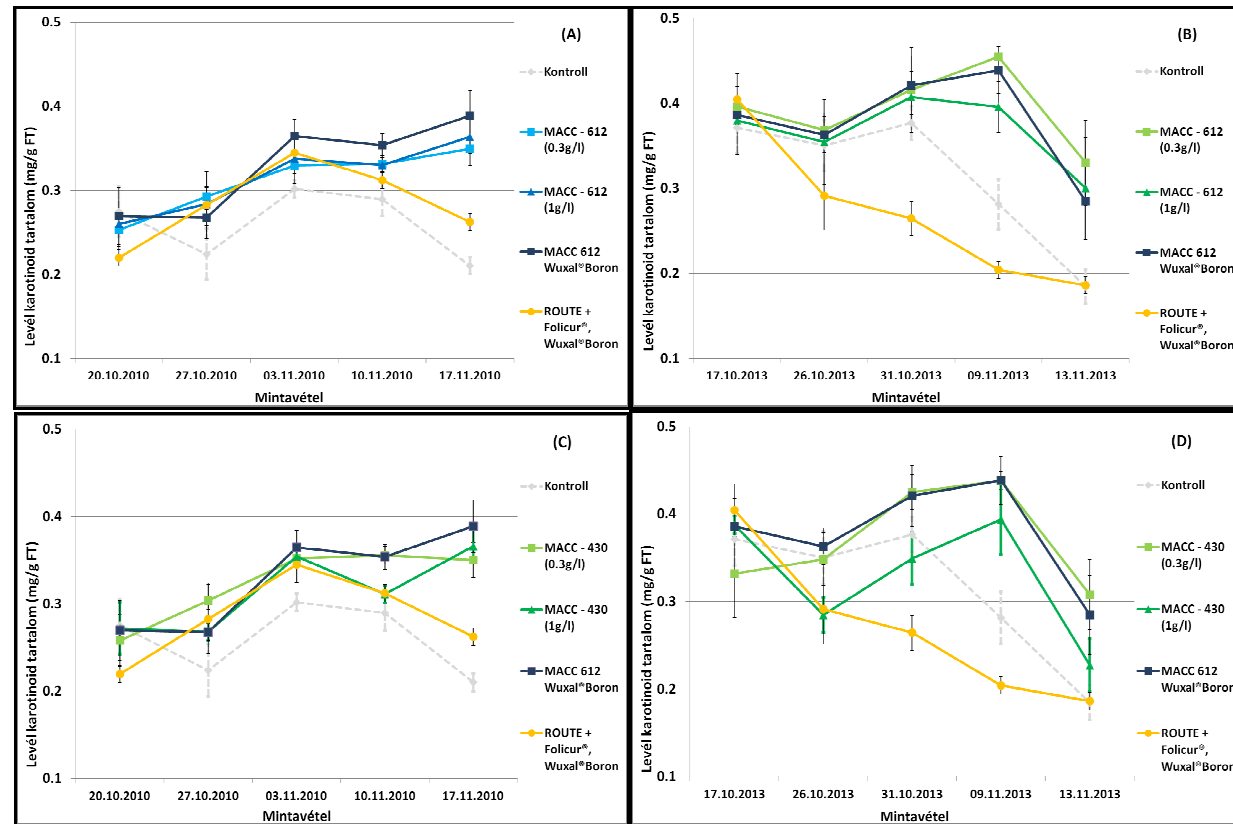
29. ábra: A karotinoidok mennyisége friss repcelevél mintákban mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15; 2013.10.10.) követően az ötödik mérési időpontokban 2010.11.17-én (baloldali oszlopsor) és 2013.11.13-án (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD5\%_{2010}=0,121$; $SzD1\%_{2010}=0,165$); ($SzD5\%_{2013}=0,118$), „a”, „b”, „c”, „ab”, „bc” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

A 2014-es évben elvégzett karotinoid tartalom mérés összesített eredményeit a 30/B és 30/D ábra szemlélteti, amely alapján elmondható, hogy a korábban a klorofill-a és b pigmentek második mérésekor tapasztalt gyenge csökkenése a karotinoid tartalom esetében is megfigyelhető volt.

Ezt követően a negyedik mérésig minden kísérleti kezelést követően a színanyagok koncentrációjának növekedését igazoltam. A harmadik mérést követően a kontroll parcella eredményei azt mutatták, hogy a mikroalga kezelések mellőzésével a karotinoid tartalom jóval

korábban el kezd csökkenni a levelekben. Az ötödik mérést követően a színanyagok legalacsonyabb koncentrációját a kontroll parcellák és a hagyományos termesztéstechnológiával kezelt növények leveleiben mértem (0,184 és 0,186 mg/g). A klorofill koncentrációhoz hasonlóan 2013-ban a legnagyobb karotinid-tartalom az MACC-612 0,03% koncentrációjú kezeléseit követően alakult ki (0,329 mg/g) a levelekben.

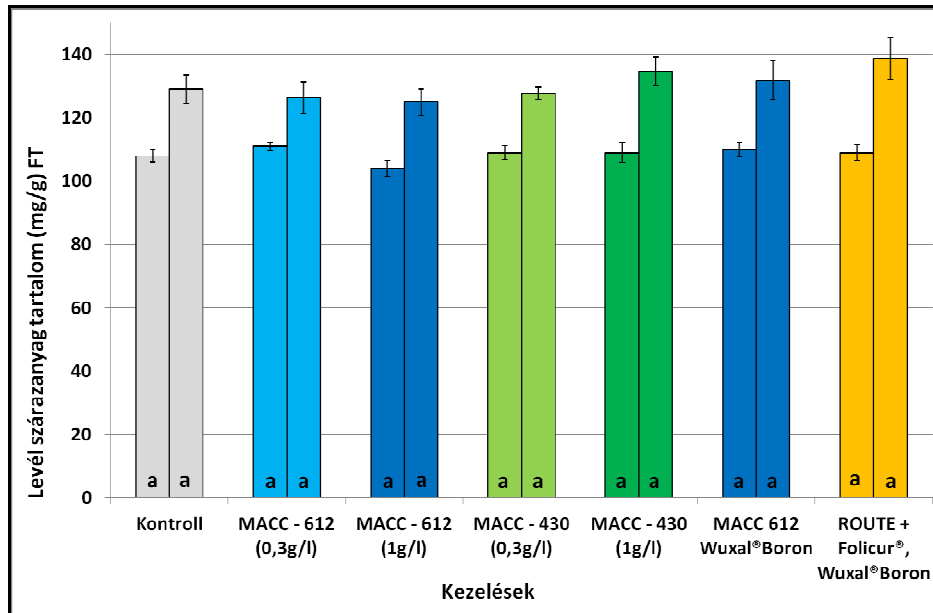
Az adatok kiértékelését követően megállapítható, hogy a klorofill-a és klorofill-b koncentrációja mindkét kísérleti évben növekedett a kísérleti növények levélzetben a mikroalga tartalmú kezeléseket követő ötödik hétig. A mikroalgával kezelt növények karotinoid koncentrációi csak 2010-ben követték a klorofill méréseknél tapasztalt növekvő tendenciákat. A második évben a kezelések hatására magasabb karotinoid mennyiséget mértem a levelekben, de azok koncentrációja csökkent, vagy azonos szinten maradt a kiindulási értékekkel. A kapott eredmények a levelek szárazanyag tartalmainak pozitív változásra utalnak, amelyet a következő fejezetben szemléltetek.



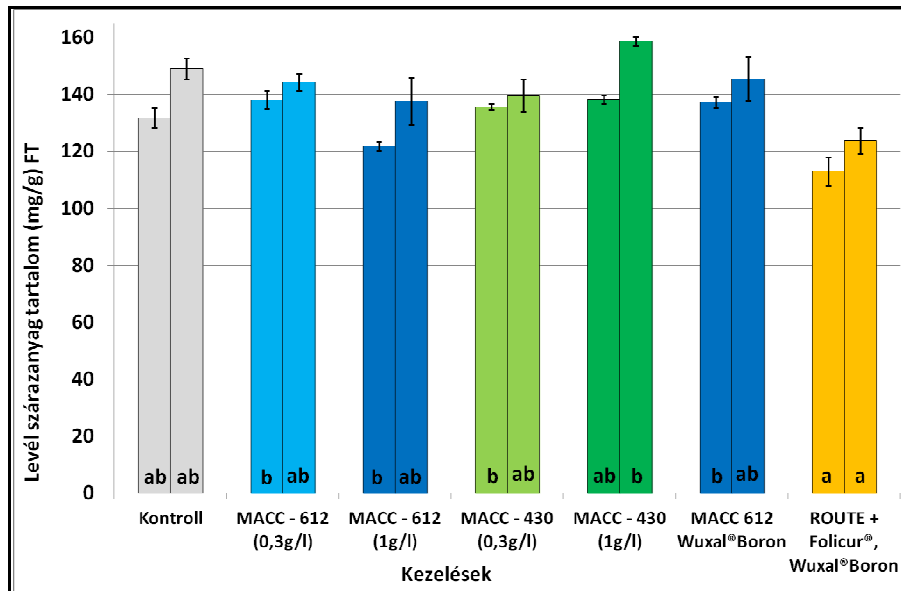
30. ábra: A repce levelek karotinoid koncentrációjának változásai mikroalga tartalmú és cianobaktériummal kombinált levélkezelések (2010.10.15 és 2013.10.10) hatására friss repce levélmintákban 2010.10.20-2010.11.17.(A; C), valamint 2013.10.17-2013.11.13 (B; D) között Mosonmagyaróváron

A repce levél szárazanyag tartalma

Mindkét kísérleti évben az első és második mérést követően nem tapasztaltam szignifikáns eltéréseket az mikroalgával kezelt és a kontroll parcella növények leveleinek szárazanyag tartalmai között (31-32. ábra).



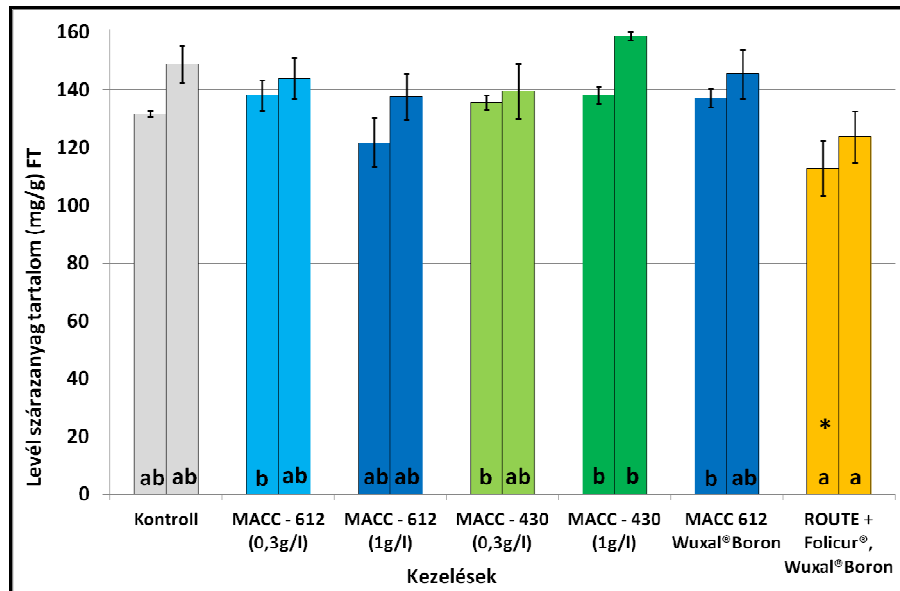
31. ábra: A repce levél szárazanyag tartalmi mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15; 2013.10.10.) követően az első mérési időpontokban 2010.10.20-án (baloldali oszlopsor) és 2013.10.17.13-én (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron, „a” - P=5% szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján



32. ábra: A repce levél szárazanyag tartalmi mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15; 2013.10.10.) követően a második mérési időpontokban 2010.10.27-én (baloldali oszlopsor) és 2013.10.26-án (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); „a”, „b”, „ab” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

Az első kísérleti év harmadik mérését követően egy esetben, a Route+Folicur® kezelést követően a növények leveleinek szárazanyag tartalma 17%-kal alacsonyabb volt ($P=5\%$) a kontroll parcella növényeihez viszonyítva.

Az 2013-es kísérleti év harmadik mérését követően a kezelések nem befolyásolták szignifikánsan az egyes állományok levél szárazanyag-tartalmát.

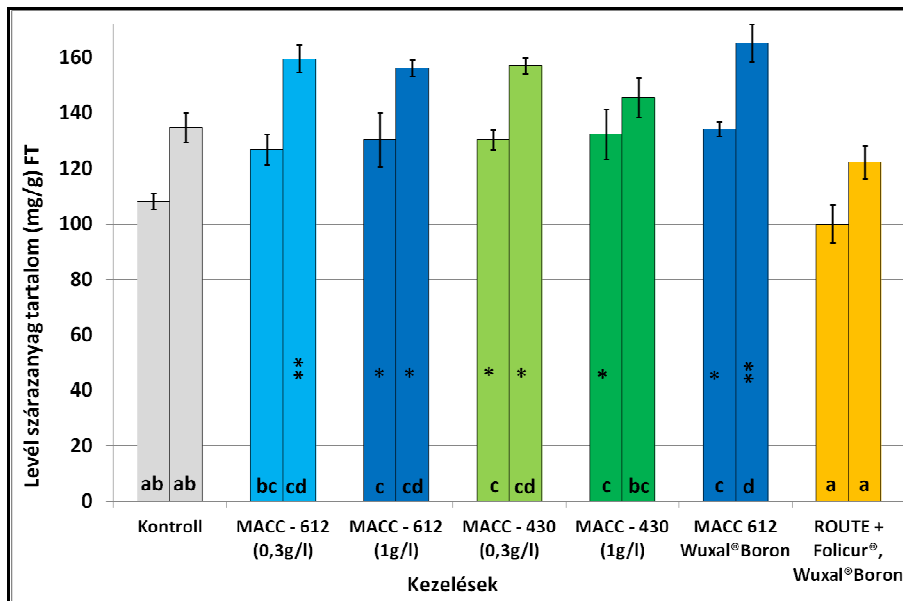


33. ábra: A repce levél szárazanyag tartalmi mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15; 2013.10.10.) követően a harmadik mérési időpontokban 2010.11.03-án (baloldali oszlopsor) és 2013.10.31-én (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD5\%_{2010}=0,160$); „a”, „b”, „ab” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

Az első kísérleti év negyedik mérésekor négy kezelés esetében statisztikailag igazolható eltérést eredményeztek a permetezések a levelek szárazanyag tartalmában (34. Ábra). Az MACC-612-es törzs 0,03% dózisú permetezései átlagosan 17%-kal (ns.), míg a cianobaktérium magasabb (0,1%) koncentrációjú kezelése, illetve az MACC-430-as törzs mindkét dózisú permetezései, az MACC-612 0,1% Wuxal® Boron kombinált beavatkozásai 20-24%-kal növelték ($P=5\%$) a levelek szárazanyag tartalmát a kontrollhoz viszonyítva. A Route+Folicur® kombinációja nem okozott igazolható szignifikáns eltérést a levelek szárazanyag-tartalmában.

A második kísérleti évben a negyedik mérést követően az MACC-612 0,1% + Wuxal® kombinált kezelése, valamint az MACC-612

alacsonyabb (0,03%) dózissal kezelt növények levelei átlagosan 165,3 - 159,5 mg/g szárazanyagot tartalmaztak (P=1%). Az MACC-612 cianobaktérium magasabb (0,1%), valamint az MACC-430 alacsonyabb (0,03%) dózisú kezelései P=5% szignifikáns szárazanyag tartalom növekedést eredményeztek, míg a hagyományos termesztéstechnológiai eljárások nem befolyásolták a kezelt növények levélzetének szárazanyag tartalmát.

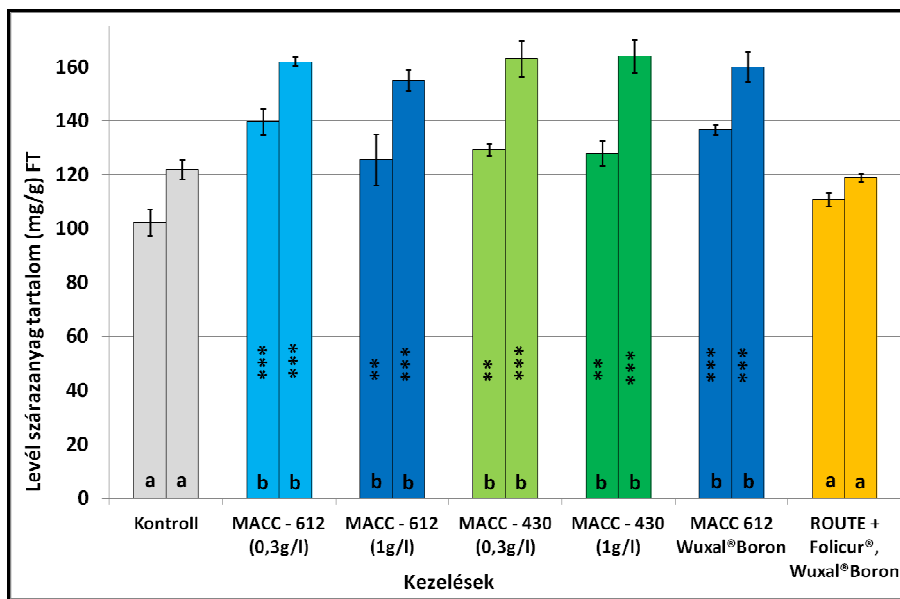


34. ábra: A repce levél szárazanyag tartalmi mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15; 2013.10.10.) követően a negyedik mérési időpontokban 2010.11.10-án (baloldali oszlopsor) és 2013.11.09-én (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; (P***=0,1%; P**=1%; P*=5%); (SzD5%₂₀₁₀=0,212); (SzD5%₂₀₁₃=0,179; SzD1%₂₀₁₃=0,243), „a”, „b”, „c”, „d”, „ab”, „bc”, „cd” - P=5% szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

Az ötödik mérés alkalmával 2010-ben az MACC-612 0,03% és a cianobaktérium Wuxal® Boronnal kombinált kezelése (P=0,1%), míg az MACC-612 0,1%, valamint az MACC-430-as törzs 0,1% és 0,03% dózisú kezelései P=1% szignifikánsan növelték a repcelevél szárazanyag

tartalmát. A Route-Folicur® kezelés nem eredményezett statisztikailag igazolható változást a repce levél szárazanyag tartalmában (35. Ábra).

A 2013-as őszi periódus utolsó mérését követően az MACC-612 és az MACC-430 mindkét dózisu kezelése, valamint a 612-es törzs és Wuxal®Boron kombinált permetezései átlagosan 27-34% növelték (P=0,1%) a levelek szárazanyag tartalmát a kontrollhoz viszonyítva. A hagyományos termesztéstechnológiában alkalmazott eljárás nem eredményezett statisztikailag igazolható szárazanyag-tartalom növekedést.



35. ábra: A repce levél szárazanyag tartalmi mikroalgás levélkezeléseket (2010.10.15; 2013.10.10.) követően az ötödik mérési időpontokban 2010.11.17-én (baloldali oszlopsor) és 2013.11.13-án (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; (P^{***}=0,1%; P^{**}=1%; P^{*}=5%); (SzD1%₂₀₁₀=0,224; SzD0,1%₂₀₁₀=0,302); (SzD0,1%₂₀₁₃=0,221), a”, „b” - P=5% szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

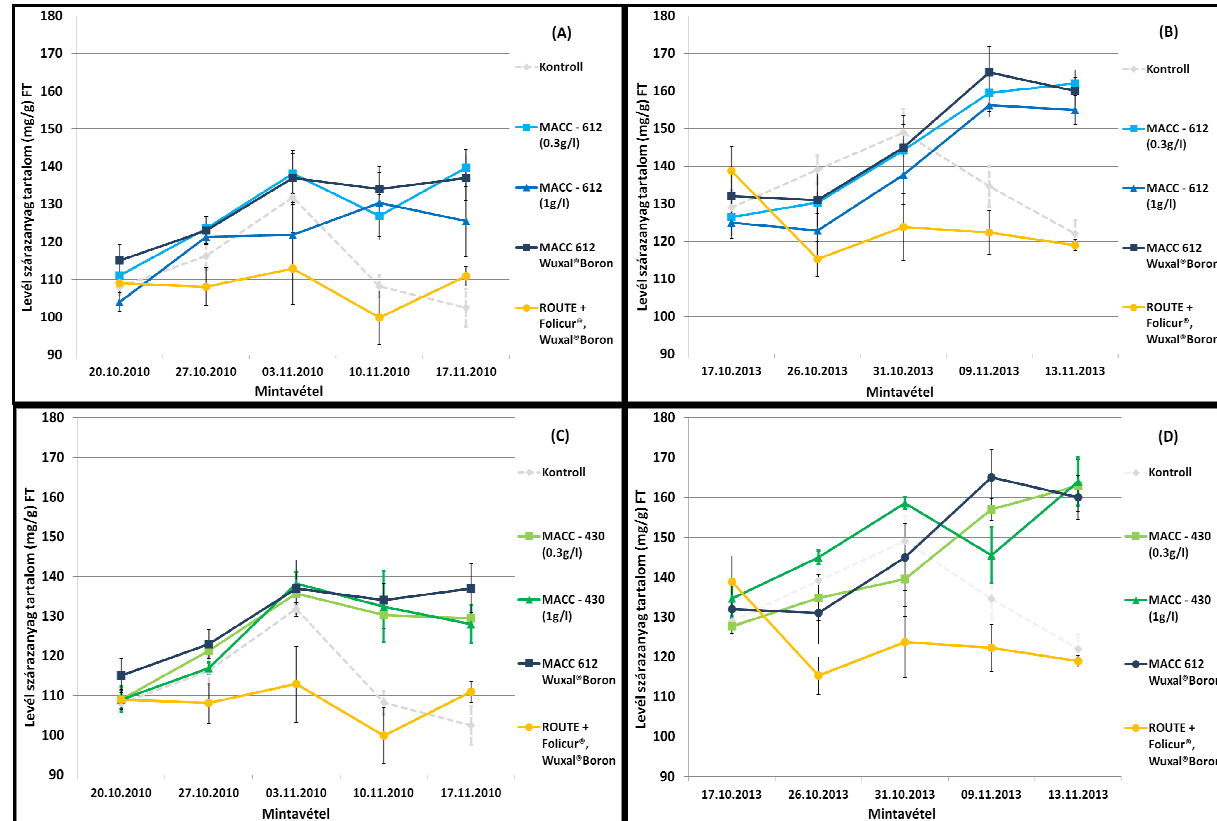
A Route-Folicur Solo kezelését követően a vizsgált időszak végére a levelekben 7%-kal alacsonyabb volt a szárazanyag tartalom a

kontrollhoz viszonyítva, amely csaknem 60%-kal tért el a legmagasabb szárazanyag tartalommal rendelkező MACC-430 0,1% dózissal kezelt növények leveleinek értékeitől.

Az összesített eredmények és a 36/A és 36/C. ábrák alapján elmondható, hogy az első mérés alkalmával 2010-ben az egyes kísérleti parcellák növényállományaiból vett levélminták szárazanyag tartalmi közel azonosak (104-111 mg/g) voltak. A második mérés alkalmával minden kezelést követően, a harmadik mérés alkalmával - az MACC-612 0,1% koncentrációval kezelt állományaitól eltekintve - minden kísérleti parcella esetében a szárazanyag tartalom növekedését igazoltam. A harmadik mérés idejétől a kezeltetlen parcella növényeinek szárazanyag tartalmi az ötödik mérésig folyamatosan csökkentek. A hagyományos termesztéstechnológia kezelést követően a negyedik mérés idején gyenge szárazanyag tartalom csökkenést, majd ezt követően egy közel azonos szintű emelkedést mértem, amely arra enged következtetni, hogy a mérések idejére, már a kezelésektől függetlenül változott a levelek szárazanyag tartalma. Ezt a tényt támasztja alá az is, hogy a harmadik mérést követően nem igazoltam szignifikáns eltérést a hagyományos eljárást követően. Az MACC-612 és az MACC-430 mindkét koncentrációjú kezelése, valamint a kombinált kezelések hatására a növényekben azonos szinten maradt, vagy növekedett a levelek szárazanyag tartalma. Az utolsó mérési időpontban a legmagasabb szárazanyag tartalmat az MACC-612 0,03%-os kezelését követően igazoltam. Az MACC-612 és 430-as törzsek 0,1%, valamint az MACC-430 0,03% kezelése közel azonos (125-129 mg/g) szárazanyag tartalmat eredményeztek a kezelt növények leveleiben.

A második év eredményeinek vizsgálatát követően elmondható, hogy azok igazodtak a korábban tapasztaltakhoz. A kezdeti közel azonos szárazanyag tartalmak a mikroalgás kezeléseket követően növekedtek. A kontroll parcella növényeinek szárazanyag tartalma a harmadik mérésakor csökkent. A hagyományos termesztéstechnológia kezeléseket követően, a második mérési időpontig erősen csökkent, majd a harmadik mérést követően gyengén növekedett a szárazanyag tartalom. Ezt követően a kontroll parcellák értékeivel azonos mértékre csökkent a levelek szárazanyag tartalma. A hagyományos termesztéstechnológiai eljárást követően a levelek szárazanyag tartalma az utolsó mérés idején 15%-kal elmaradtak a kontroll parcella növényeinél tapasztaltaktól. A legnagyobb szárazanyag tartalmat ebben az évben az MACC-430 0,1% dózisú kezeléseit követően mértem (162 mg/g), ugyanakkor a törzs alacsonyabb koncentrációja, valamint az MACC-612 0,03%-os kezelése alig 1-2 mg/g értékkel tértek el a legmagasabb értékektől. A vizsgálati periódus utolsó méréseire a mikroalgával kezelt és a kezeletlen parcellák között átlagosan 45-50% szárazanyag-tartalom különbség volt kimutatható. A két kísérleti év adatait összevetve az eredmények tendenciáinak szinte azonos változásait figyelhetjük meg, amely alátámasztja az mikroalgás kezeléseket hatékonyságát ebben a vegetációs fázisban.

A klorofill-a és- b mennyisége döntő szerepet játszik a fotoszintézisben (Ramírez *et al.*, 2014). Ördög *et al.*, (2012) *Chlorella minutissima* tenyészetek vizsgálatánál azt tapasztalták, hogy a növekvő, egészséges tenyészetekben, a pigmentek aránya (6-8:1) magas. A repcében a második kísérleti évben tapasztalt magas pigment arány jelzi a növényi kultúra egészségi állapotát, következésképpen a növények még



36. ábra: A repce levézetének szárazanyag tartalom-változásai levélkezelések (2010.10.15 és 2013.10.10) hatására friss repcelevél mintákban 2010.10.20-2010.11.17.(A, C) és 2013.10.17-2013.11.13.(B, D) között Mosonmagyaróváron.

késő ősszel is aktívan fotoszintetizáltak, nőttek, míg az első évben ilyen változást nem tapasztaltunk. A második kísérleti évben, mind MACC-612 (0,3; 1 g/l), mind az MACC-430 zöldalgás kezelések hatására közel kétszeresére növekedett a klorofill-karotinoidok aránya a vizsgált időszak végére. Mindkét kísérleti évben, mindkét dózisú mikroalgás kezelések hatására emelkedett a repce levelek összklorofill (klorofill-a + klorofill-b) tartalma.

Ogunlela et al., 1989-ben bizonyították, hogy a repce levélzetének kora és állása befolyásolja a levelek klorofill tartalmát. A klorofillok mennyiségének változása több módon is bekövetkezhet. A növény nagyobb mennyiségű nitrogént képes felvenni, ami elősegíti a klorofillok termelődését (*Ogunlela*, 1989), vagy egyes növényi hormonok növelik annak mennyiségét. A klorofillok koncentrációját számos stressz-hatás, leginkább a szárazság csökkenti (*Paknejad et al.*, 2007; *Sun et al.*, 2011), míg a természetes növényi növekedést szabályozó anyagok megvédik a színtesteket a károsodástól (*Ullah et al.*, 2012).

Eredményeim bizonyítják, hogy az MACC-612 és az MACC-430-as törzsek mindkét évben szignifikánsan növelték a kísérleti növények leveleinek színanyag tartalmát. A nagyobb mennyiségű klorofill-tartalom hatására a növények hosszabb ideig képesek az ATP és a NADPH előállítására. Az így kapott energiatöbbletet a növények a levélzet és a gyökérzet fejlesztésére fordítják az őszi periódusban, növelve a sikeres telelés esélyeit.

4.2.2. A gyökérmérés eredményei

Az eredmények bemutatását a korábban a levelek szín- és szárazanyag tartalmának szemléltetése alkalmával használt módszerrel végzem. Minden ábra esetében a baloldali oszlopsor az első évi eredményeket, míg a jobboldali oszlopsor a második év eredményeit mutatja.

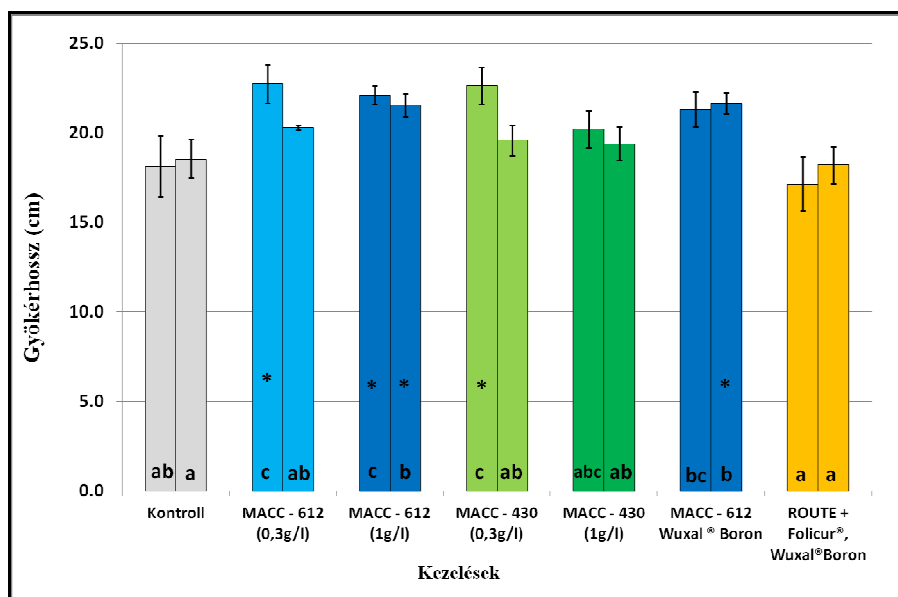
A gyökérszét átlagos hosszúsága

A gyökérszét hosszúságát mindkét kísérleti évben az őszi vegetációs periódus végén egy alkalommal mértem. Miután a kísérleti terület növényei állomány szinten elérték a tölevél rózsás állapotot (BBCH19), minden parcellából ásó segítségével szórt mintavételezéssel eltávolítottam 10-15 növényt. A növényekről a Növénytudományi Tanszék laboratóriumában víz segítségével eltávolítottam a talajt, majd megmértem azok hosszúságát.

Az MACC-612 0,03% és 0,1% koncentrációjú, valamint az MACC-430 alacsonyabb (0,03%) dózisú növénykezelését követően szignifikánsan ($P=5\%$) növekedett a kezelt növények gyökérszétének hosszúsága a kontrollhoz viszonyítva. Az MACC-612 0,1% Wuxal[®] Boron kombinált kezelése nem szignifikáns módon növelték a gyökérszét hosszúságát, míg a 430-as törzs magasabb (0,1%) dózisú kezelése, illetve a hagyományos termesztéstechnológiai eljárás nem okozott változást a kontrollhoz viszonyítva 2010-ben (37. ábra).

A **második kísérleti évben** elvégzett gyökér hosszúság mérés eredményei azt mutatták, hogy két permetezést követően (MACC-612 0,1%; MACC-612+Wuxal[®] Boron), a gyökerek hosszúsága $P=5\%$ -os,

statistikailag is igazolhatóan növekedett a kontroll parcellák eredményeihez viszonyítva. A többi parcella esetében nem volt bizonyítható eltérés.



37. ábra: A repce gyökérzetének átlagos hosszúsága Mosonmagyaróváron 2010.12.13-án (baloldali oszlopsor) és 2013.12.07-én (jobboldali oszlopsor); ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD5\%_{2010}=3,606$) ($SzD5\%_{2013}=2,385$), a'', „b'', „c'', „ab'', „bc'', „abc'' - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

A kétéves eredmények összesített diagramja, illetve a melléklet szignifikancia táblázatai alapján elmondható, hogy évjáratától függetlenül az MACC-612 0,1% szignifikánsan hosszabb gyökérzetet eredményeztek a vizsgálat idején. Az egyes évjáratok közötti átlagos gyökér hosszúság-különbség - a repce karógyökérzeteinek esetében - 0,32 cm volt. Jól megfigyelhető, hogy a mikroalgás kezelések magasabb dózisú permetezései közel azonos mértékben növelték a gyökérzet hosszúságát az egyes kísérleti években. A két mikroalga törzs alacsonyabb koncentrációjú kezelései ugyanakkor 2010-ben – a kétéves eredményeket

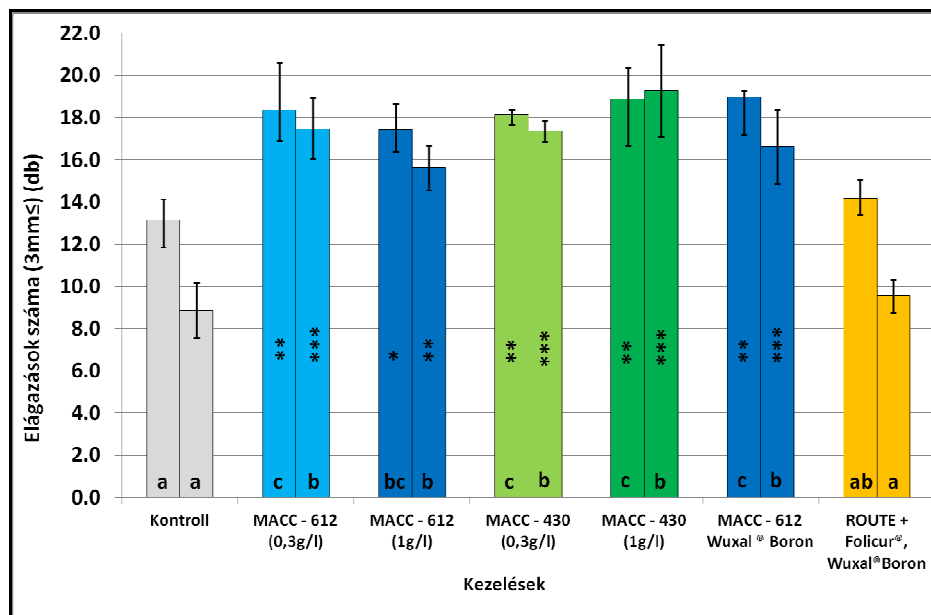
figyelembe véve – a legnagyobb mértékben növelték a gyökérszét átlagos hosszúságát. A 2014-es évben ez a tendencia nem ismétlődött meg, azonban gyökér-vizsgálatok arra engednek következtetni, hogy a 612-es törzs magasabb dózisú kezelése, valamint kombinált kezeléssel, évjárártól függetlenül sikeresen biztosítják a megfelelő gyökérfejlődést.

A gyökérszét elágazásainak száma

A repce gyökérszétén található főbb elágazások számát a korábban közölt hosszúságméréssel azonos időben és módon végeztem. Az **első kísérleti évben** az MACC-612 0,03%, valamint a cianobaktérium Wuxal® Boronnal alkotott, illetve az MACC-430 zöldalga mindkét koncentrációjú kezelése szignifikánsan (P=1%) növelték a 3 mm vastagságot meghaladó gyökér-elágazások számát a kontroll parcellákhoz viszonyítva. Az MACC-612-es cianobaktérium 0,1% dózisú kezeléseit követően a gyökérszét elágazásainak száma P=5%-os szignifikánsan tért el a kontrolltól, ugyanakkor a hagyományos termesztéstechnológiai eljárás nem növelte a gyökerek elágazásainak számát.

A **második kísérlet évben** a kezelt és kezeletlen parcellák közötti eltérés jóval nagyobb volt. Az MACC-612 és MACC-430 0,03% dózisú permetezései, valamint a cianobaktérium Wuxal kombinált, és a zöldalga 0,1% dózisú kezelése P=0,1%-os szignifikánsan növelték a 3 mm-nél vastagabb gyökérelágazások számát (38.ábra). Az MACC-612 magasabb dózisú permetezései 75%-kal (P=1%) növelték az elágazások számát a kontrollhoz viszonyítva.

A korábbi kísérlethez hasonlóan a hagyományos termesztéstechnológiai eljárás nem növelte a 3 mm-nél vastagabb gyökérelágazások számát.



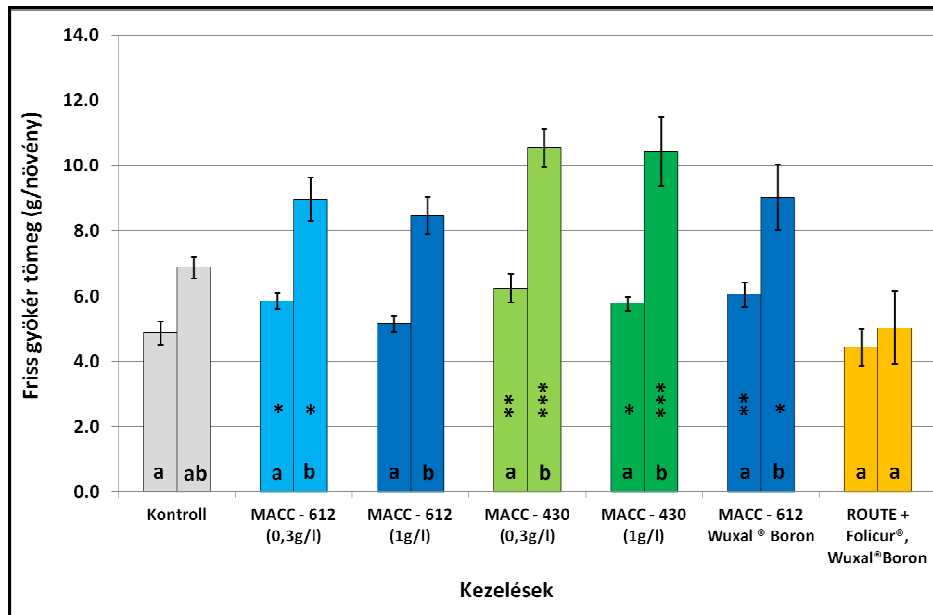
38. ábra: A repce gyökérzetének 3 mm-t meghaladó elágazásainak száma 2010.12.13-án (baloldali oszlopsor) és 2013.12.07 (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); $SzD1\%_{2010}=4,9$; $SzD5\%_{2010}=3,6$; ($SzD1\%_{2013}=5,6$; $SzD0,1\%_{2013}=7,5$), a, „b”, „c”, „ab”, „bc” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

A két év eredményei alapján elmondható, hogy a hagyományos termesztéstechnológiai eljárást követően nem volt változás megfigyelhető, amely arra enged következtetni, hogy a permetezések nem, vagy csak alig befolyásolták a gyökérzet elágazásainak számát. A kísérletben alkalmazott mikroalga törzsek mindkét koncentrációjú kezelése, valamint a cianobaktériummal kombinált kezelése évről-évre függetlenül szignifikáns módon növelték az elágazások számát a kontrollhoz viszonyítva.

A megnövekedett gyökérhosszúság és az elágazások számban bekövetkezett változás prognosztizálta a növény további életfolyamataiban bekövetkező előnyös változásokat. A mélyebbre hatoló, erősebben kiépült fő- és mellékgyökér-rendszer javítja a víz- és tápanyagfelvételt, továbbá stabilan rögzíti a növényt a talajban, így állóképességét már ősszel megalapozza. Száraz körülmények között a repce hosszabb időn keresztül, több vizet és tápanyagot képes felvenni, a szárazság-stresszt könnyebben viseli, a termést tovább őrzi. Feltételezhető, hogy az erőteljesebb gyökérzet jobb telelést, végső soron magasabb terméseredményeket, vegetatív tömegnövekedést, vagy a magok beltartalmi mutatóinak változásait okozhatja.

A gyökérzet friss és szárított tömege

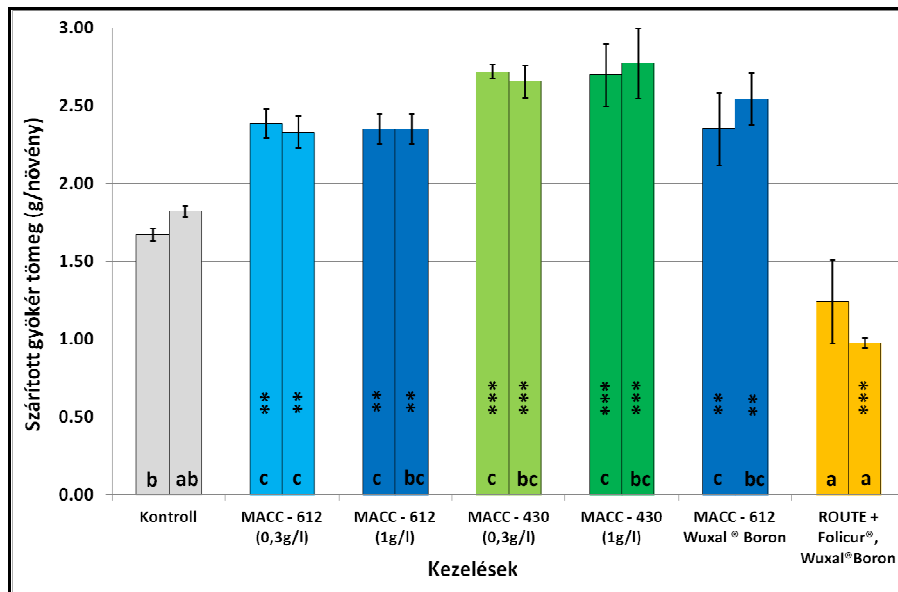
A kapott mérési eredményekből meghatároztam a kezeléskülönbségek szignifikancia szintjeit (39. ábra), amelyek alapján elmondható, hogy az **első kísérleti évben** az MACC-612 0,03%-os és az MACC-430-as mikroalgák 0,1%-os kezelései $P=5\%$, míg az MACC-430 0,3g/L illetve az MACC-612 Wuxal Boronnal alkotott kombinált kezelése $P=1\%$ -os, statisztikailag is igazolható eltérést eredményeztek a gyökérzetek friss tömegeiben.



39. ábra: A repce gyökérzetének friss tömegei 2010.12.13-án (baloldali oszlopsor) és 2013.12.07-én (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$), ($SzD5\%_{2011}=0,899$; $SzD1\%_{2011}=1,08$; $SzD5\%_{2013}=2,01$, $SzD1\%_{2013}=2,43$; $SzD0,1\%_{2013}=3,31$); a”, „b”, „ab” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján.

A 106 C°-on, tömegállandóságig történő szárítást követően elmondható, hogy minden mikroalga tartalmú kezelés, mindkét kísérleti évben szignifikánsan növelte a gyökerek száraz tömegét (40.ábra). Az MACC-612 mindkét koncentrációjú kezeléseit követően, valamint a cianobaktérium Wuxal® Boronnal alkotott kombinált permetezései mindkét évben $P=1\%$ -os szignifikánsan növelték a száraz gyökértömegeket a kontrollhoz viszonyítva. Az MACC-430-as törzs 0,1 és 0,03% koncentrációjú kezeléseit követően mindkét kísérleti évben $P=0,1\%$ szignifikánsan növekedtek a száraz gyökértömegek. A hagyományos termesztéstechnológiai eljárást követően az első évben 30%-kal, míg **2013-ban** 33%-kal voltak alacsonyabbak a vizsgált növények száraz gyökértömegei a kontrollhoz viszonyítva.

A gyökérszet szárazanyag tartalom-vizsgálatok összesített eredményei alapján elmondható a hosszabb vegetációs periódus miatt a növények folyamatosan fejlődtek, tartalék tápanyagokat halmoztak fel gyökérszetükben, így növelték annak szárazanyag tartalmát.



40. ábra: A repce gyökérszetének szárított tömegei 2010.12.13-án (baloldali oszlopsor) és 2013.12.07-én (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$), ($SzD1\%_{2010}=0,65$; $SzD0,1\%_{2010}=0,88$); ($SzD1\%_{2013}=0,48$; $SzD0,1\%_{2013}=0,65$); „a”, „b”, „c”, „ab”, „bc” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

Abban az esetben, ha az enyhe, átlagon felüli hőmérsékleti értékekkel bíró téli hónapok száma szignifikánsan növekszik, a kapott eredmények alapján prognosztizálható a növények folyamatos növekedése a kezelések hatására, amíg a kívánt környezeti tényezők meg nem szakítják a fejlődési ciklust.

Fontos megjegyezni azt is, hogy egy lehetséges hirtelen hideg periódus következtében az esetleges fagykár potenciális esélye jelentősen megnő. A szakirodalom szerint a repce esetében a téli kifagyások, vagy a

fagy okozta sérülések esélye minimális, mivel a repce jól regenerálódó képességgel rendelkezik. A gazdaságilag jelentősebb károkat a nem megfelelően fejlett gyökérzet esetében a tavaszi, nagyobb hőingások következtében kialakult gyökérszakadások, roncsolódások, majd a nyílt sebzéseken, talajlakó szaprofita, kórokozó gombafajok által okozott foltszerű fertőzések eredményezik (Antal és Jolánkai, 2008). A mikroalgákban található növényi hormonok és másodlagos anyagcsere termékek pozitívan befolyásolják a gyökérzet fejlődését (Elanwar et al., 2010; Obana et al., 2007; Shanan és Higazy 2009).

Miliuviene és munkatársai (2004) különböző regulátoros kezelésekkel 14-15%-kal, míg *Bertrand és munkatársai* (2000) 6-21%-kal, *Billard és munkatársai* (2013) 88-102%-kal növelte alga tartalmú biostimulánsok segítségével a repcegyökerek száraz tömegét. *Wang és munkatársai* (2014) szerint a kísérletükben alkalmazott biostimulánsokat tartalmazó tápoldat erőteljes gyökérfejlődést indukált, amelynek hatására növekedett a repcegyökér hossza és tömege, a repce levélfelülete és a hajtástömege. A mikroalgákban található növényi hormonok és másodlagos anyagcsere termékek pozitívan befolyásolják a gyökérzet fejlődését (Elanwar et al., 2010; Obana et al., 2007; Shanan és Higazy, 2009). Az auxin: kinetin-arány növelése szövettenyészetekben serkenti a gyökérképződést (Ördög és Molnár, 2009).

A sikeres telelés javításában fontos szerepet töltenek be a különféle regulátorok is (Antal és Jolánkai, 2008). Ezek nagy többsége fungicid készítmény, amely egyben segíti a gombás eredetű megbetegedések leküzdését is. A fejletlen gyökérzettel rendelkező növény télállósága gyengébb, fogékonyabb a gombás eredetű betegségekre. Általánosságban

elmondható, hogy a kifejlett, erős gyökérrzel telő állomány a tavaszi, esetleg szárazabb periódus alkalmával is sikeresen fejlődik, stressz tűrő képessége nagyobb (*Antal és Jolánkai, 2008*).

Az MACC 612-es törzs minkét évben jobban hatott a kezelt növények gyökérrzetének átlagos hosszúságára, míg az MACC-430-as zöldalga a gyökérrzet elágazásainak számát, illetve a száraz gyökérrtömeget növelte hatékonyabban. A kísérletünkben alkalmazott két mikroalga törzs növényi hormon, aminosav, és egyéb másodlagos anyagcseretermékei minkét évben kedvezően befolyásolták a repce gyökérrképződését, ez által a víz és tápanyagfelvevő képességét. A repce 4–6 leveles fejlettségénél kipermetezett növekedésszabályozó készítmények hatására nemcsak a télállóság javult, hanem tavasszal több oldalhajtás is képződik. Az oldalhajtások számának növekedésével növekszik a becőszám, így a termés mennyisége emelkedhet (*URL⁵, 2013*)

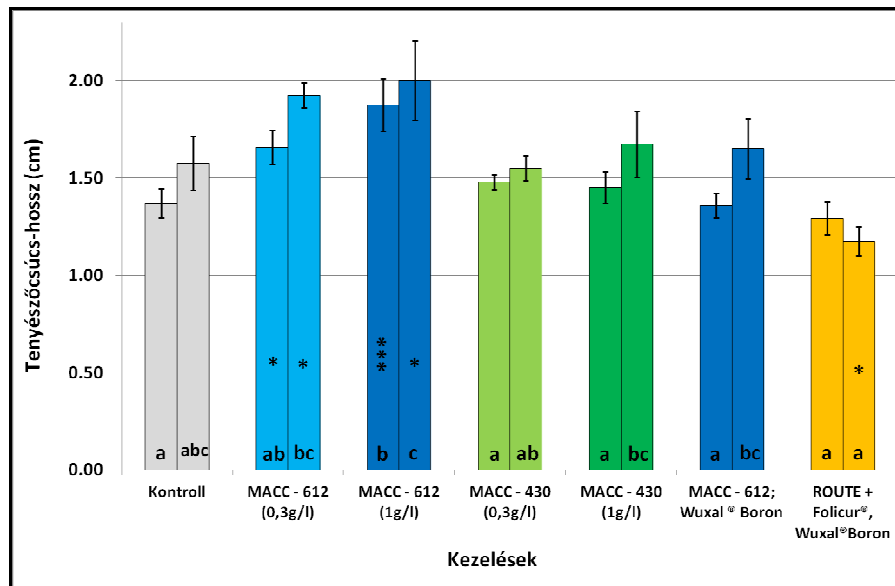
4.2.3. A levél és hajtáscsúcs mérési eredményei

A mérési eredményeket a korábban alkalmazott módszer szerint mutatom be. Minden ábra baloldali oszlop sora az első, míg jobboldali oszlopsora a második kísérleti év eredményeit prezentálják.

A tenyészőcsúcs hossza és a gyökérrnyak vastagsága

A tenyészőcsúcs hosszúságának méréseit követően elmondható, hogy mindkét évben a MACC-612 szuszpenzióival kezelt állományok rendelkeztek a telelés előtt a leghosszabb tenyészőcsúccsal. A cianobaktérium 0,1% kezeléseit követően **2010-ben** 1,87 cm (P=0,1%), míg 2013-ban átlagosan 2 cm (P=5%) volt a tenyészőcsúcs hosszúsága

(41. ábra). Az cianobaktérium alacsonyabb dózisú kezeléseit követően, a tenyészőcsúcsok az **első évben** 1,93 cm (P=5%), míg 2013-ban 1,59 cm (P=5%) hosszúak voltak. Az MACC-430, valamint az MACC-612 kombinált kezeléseit követően nem sikerült statisztikailag igazolható eltérést kimutatni. A hagyományos termesztéstechnológiai kezelést követően a második kísérleti évben 25%-kal (P=5%) rövidebbek voltak a tenyészőcsúcsok. Ezek a növények kisebb levelekkel, és hajtáscsúccsal rendelkeztek, mint a kezeletlen állomány, ugyanakkor azok jóval tömörebb, kompaktabb habitussal rendelkeztek. Az egyes levélörvek szorosan illeszkedtek egymáshoz. A repce őszi hajtáscsúcsának méretéből következtetni lehet a várható termés mennyiségére, mivel az már ebben a fázisban tartalmazza az összes oldalelágazás- és virágkezdeményt (Antal és Jolánkai, 2008).



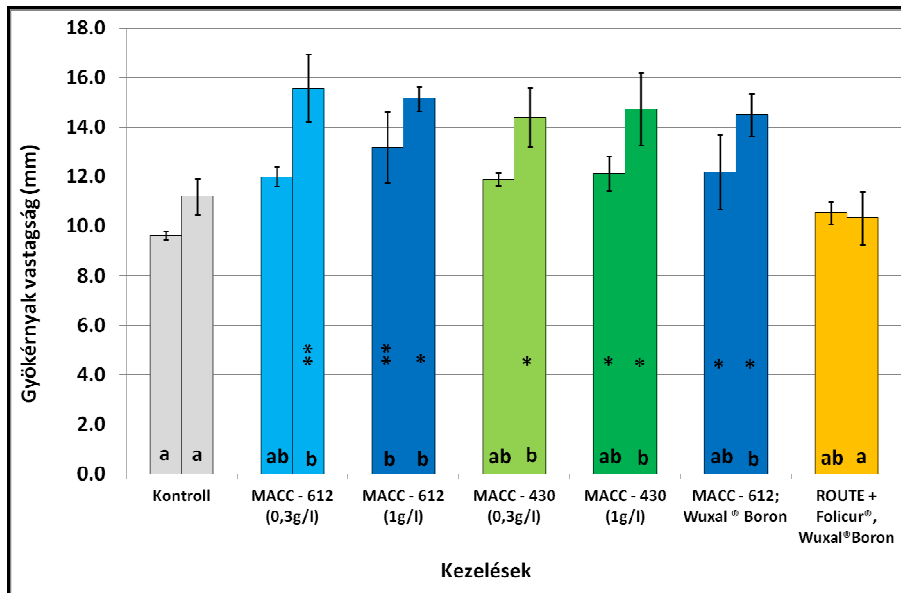
41. ábra: A repce tenyészőcsúcsának hosszúsága 2010.12.13-án (baloldali oszlopsor) és 2013.12.07-én (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; (P***=0,1%; P**=1%; P*=5%); (, SzD5%₂₀₁₀=0,25; SzD0,1%₂₀₁₀= 0,46);

SzD5%₂₀₁₃=0,40), „a”, „b”, „c”, „ab”, „bc”, „abc” - P=5% szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

Az **első kísérleti évben** az MACC-612 és az MACC-430-as törzs alacsonyabb dózisú kezeléseit követően nem történt statisztikailag igazolható változás a gyökérnyak vastagságában. A cianobaktérium 0,1%-os kezelése P=1%, míg a zöldalga magasabb dózisú kezelése, valamint a cianobaktérium 1 g/L Wuxal Boronnal alkotott kombinációja P=5% szignifikáns módon növelte a gyökérnyak átmérőjét. A Route-Folicur kombinációja csak nem növelte szignifikánsan a gyökérnyak vastagságát.

A **második kísérleti év** őszén mért adatok alapján elmondható, hogy az MACC-612-es cianobaktérium 0,03% dózisú szuszpenziója átlagosan 15,6 mm-rel (P=1%) növelték a gyökérnyak vastagságát. A cianobaktérium 0,1%, illetve a Wuxal® Boronnal kombinált, az MACC-430 mindkét dózisú (0,03%, 0,1%) kezelése, valamint a cianobaktérium-Wuxal kombinált permetezései P=5% szignifikáns eltérést eredményeztek a gyökérnyak vastagságában a kontrollhoz viszonyítva (42. ábra).

A Folicur a repcében őszele alkalmazva kiváló regulátorként hat, így a kapott eredmények alátámasztják a termékleírás követelményeit. Az mikroalgás kezelések esetében elmondható, hogy a korábban tapasztalt késő őszi növekedést és fejlődést (klorofill-tartalom, gyökérzet) a hajtáscsúcsokban tapasztalt méretbeli különbségek is alátámasztják. A nagyobb, fejlettebb hajtáscsúcsok több oldalelágazást, több virágzatot, majd nagyobb mennyiségű termést prognosztizálhatnak.



42. ábra: A repce gyökérvastagsága 2010.12.13-án (baloldali oszlopsor) és 2013.12.07-én (jobb oldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD5\%_{2010}=2,56$; $SzD1\%_{2010}=3,48$); ($SzD5\%_{2013}=3,17$; $SzD1\%_{2013}=4,32$); „a”, „b”, „ab” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

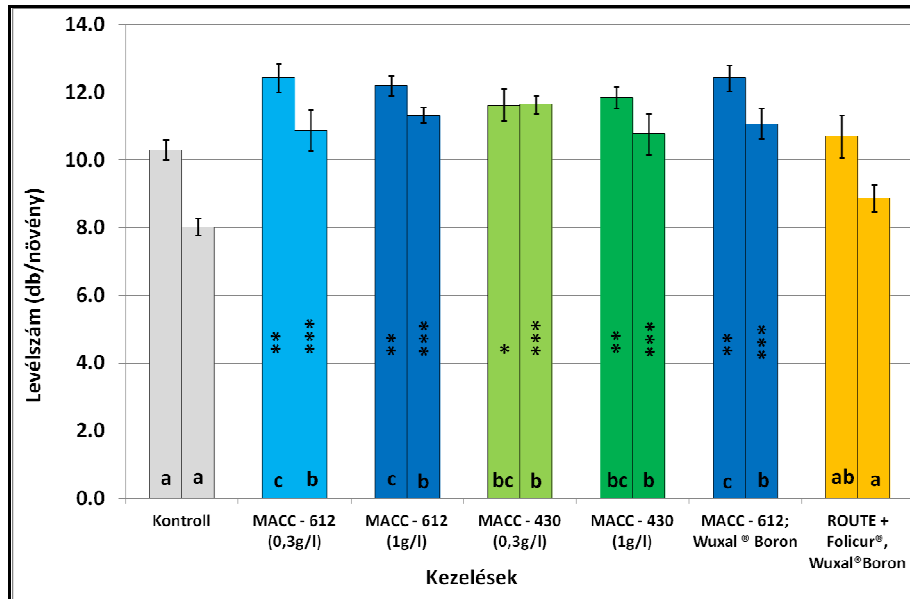
Az őszi levélszám

A tölevélrózsás állapot elérését követően mindkét kísérleti évben megvizsgáltam a repce kifejtett leveleinek számát.

Az 2010-es **őszi levélszám** vizsgálatok eredményei alapján elmondható, hogy az MACC-612-es cianobaktérium mindkét koncentrációja, valamint a Wuxal® Boronnal alkotott kombinációja, illetve az MACC-430-as 0,1%-os kezelése szignifikánsan növelték ($P=1\%$) a kísérleti növények levélszámát a kontrollhoz viszonyítva. Az MACC-430-as zöldalga 0,03% koncentrációjú kezelése 13%-kal ($P=5\%$) növelte a levelek mennyiségét (43.ábra).

A **második kísérleti évben** minden algás és kombinált kezelés 35-46%-kal növelte ($P=0,1\%$) a kifejtett levelek számát a kontrollhoz

viszonyítva. A hagyományos termesztéstechnológiai eljárást követően egyik évben sem igazoltam szignifikáns hatást a kezeléseket követően, ugyanakkora kísérleti növényeken átlagosan egy-egy (ns.) kifejlett levéllel több volt, mint a kezeletlen növényeken.



43. ábra: A repce növényenkénti átlagos levélszáma 2010.12.13-án (baloldali oszlopsor) és 2013.12.07-én (jobb oldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD5\%_{2010}=1,24$; $SzD1\%_{2010}=1,69$); ($SzD0,1\%_{2013}=2,3$); „a”, „b”, „c”, „ab”, „bc” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

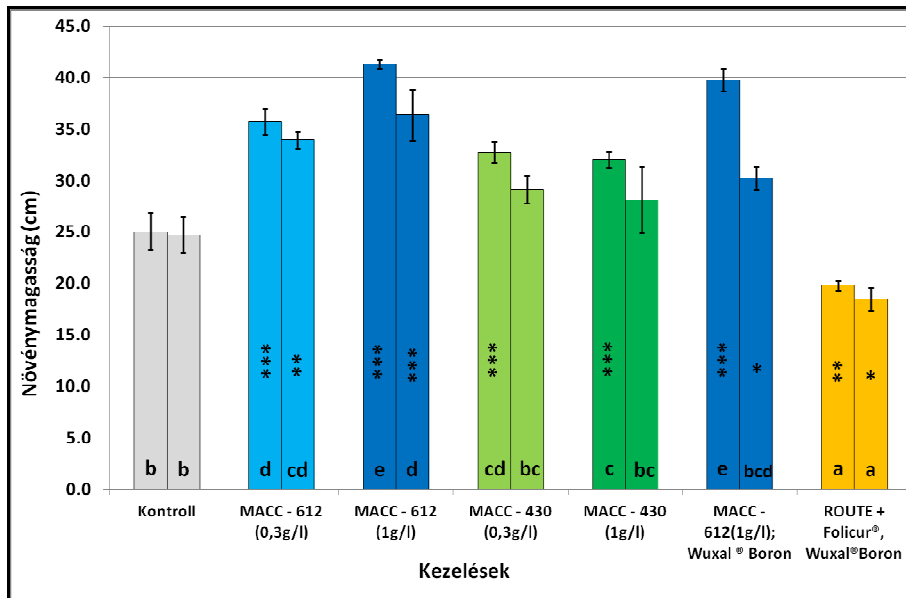
Az egyes évjáratok közötti különbségek az MACC-430 0,03% koncentrációjú kezeléseit követően voltak a kisebbek, míg a legnagyobb őszi levélszámot mindkét évben az MACC-612 cianobaktériumot tartalmazó permetezések eredményezték. A levélzet mennyiségének változásai szorosan összefüggenek a vegetációs periódus hosszával, illetve az őszi alkalmazott készítmények hatékonyságával. A repce legbiztosabban akkor telet, ha 8–11 leveles, földhöz simuló (*Antal és*

Jolánkai, 2008), jól fejlett gyökérrzel 10-12 mm-es gyökérrnyakkal rendelkezik (*URL*⁶, 2012).

Telelés előtti állománymagasság

A növények átlagos magasságát két-két alkalommal, 2010 és 2013 december közepén, valamint mindkét évben betakarításkor is mértem. Minden kísérleti parcellán, 5×1 m²-en vizsgáltuk az átlagos állománymagasságot. A **2010-es mérési eredmények** alapján elmondható, hogy mind az MACC-430-as, mind pedig a MACC-612-es törzs 0,1% illetve 0,03% koncentrációjú, valamint az MACC-612 – Wuxal® Boron kombinált kezelései, P=0,1%-os szinten növelték az őszi átlagos növénymagasságot a kontroll parcella növényeihez viszonyítva. A hagyományos termesztéstechnológiai eljárást követően ugyanakkor szignifikánsan csökkent (P=1%) a kezelt parcellák állomány-magassága (44. ábra).

A **második kísérleti évben** az őszi állománymagasság az MACC-430-as kezeléseitől eltekintve minden esetben szignifikánsan tért el a kontrollhoz viszonyítva. A korábbi évhez hasonlóan az MACC-612 0,1% koncentrációjú kezelését követően 46%-kal (P=0,1%) voltak magasabbak a kísérleti növények, mint a kezeletlen állomány.



44. ábra: A repce átlagos magassága telelés előtt 2010.12.13-án (baloldali oszlopsor) és 2013.12.07-én (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD1\%_{2010}=4,23$; $SzD0,1\%_{2010}=5,71$); $SzD5\%_{2013}=5,47$; $SzD1\%_{2013}=7,45$; $SzD0,1\%_{2013}=10,06$); „a”, „b”, „c”, „ab”, „bc” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

A két kísérleti év összesített eredményei alapján megállapítható, hogy a hagyományos kezeléssorozatban alkalmazott Route® és Folicur® évjáráttól függetlenül hozta az elvárt regulátor-hatást. A kezelések hatására az állományok egyöntetűen alacsonyabbak voltak, leveleik a talajon elterülve várták a tavaszi periódus kezdetét. A mikroalgás kezelésekről elmondható, hogy az MACC-612 mindkét dózisu kezelése évjáráttól függetlenül növelte az átlagos növényi magasságot.

4.3. A tavaszi növényvizsgálatok eredményei

A növényvizsgálatok eredményeinek szemléltetése a korábban alkalmazott módszer szerint történik. Minden ábra esetében a baloldali oszlopsor az első kísérleti év eredményeit, míg a jobboldali oszlopsor a második év eredményeit mutatja be.

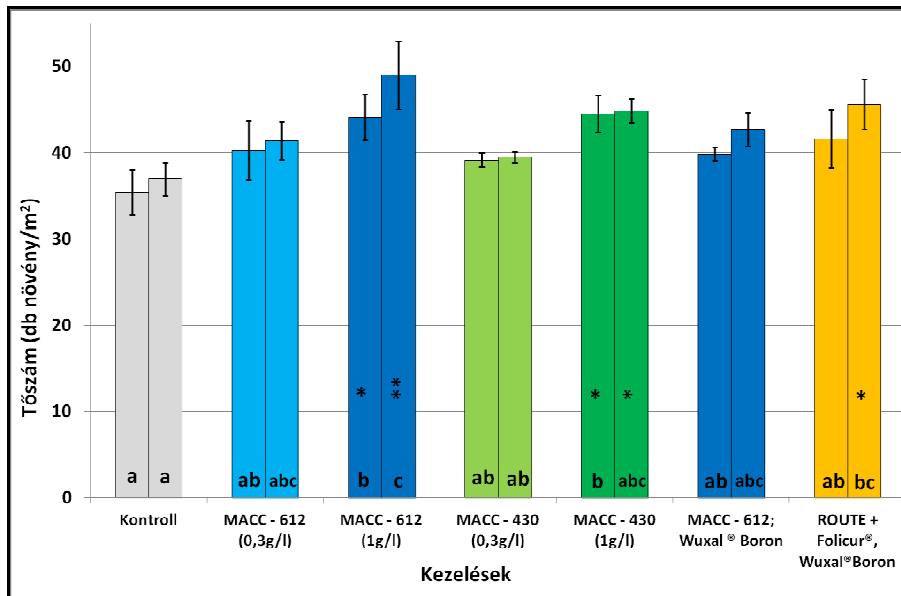
4.3.1. Szántóföldi mérések eredményei

Tavaszi tőszám

Az **őszi tőszámokat** 2010.12.13-án, valamint 2013.12.07-én határoztam meg. Minden kísérleti parcella (14,4 m²) esetében 3 x 1 m²-en számoltam meg az élő növények számát, majd meghatároztam az átlagos négyzetméterenkénti növényszámot.

A 2010/11-es kísérleti év **tavaszi tőszám** vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy az MACC-612-es, valamint az MACC-430-as törzs 0,1% dózisú kezelései szignifikánsan (P=5%) növelték a sikeresen áttelelt növények számát, míg a hagyományos termesztéstechnológiai kezeléssorozat csak tendenciáiban növelte a négyzetméterenkénti tavaszi növényszámot.

A második kísérleti évben az MACC-612 0,1% kezelései P=1%, az MACC-430 magasabb dózisú (0,1%), valamint a hagyományos kezelések P=5% szignifikáns szinten, míg az MACC-612 0,1% +Wuxal® Boron kombinált kezelése tendenciáiban növelték a sikeresen áttelelt növények számát a kontroll viszonylatában (45. ábra).



45. ábra: A repce tavaszi tőszáma 1 m²-en 2011.03.17-én (baloldali oszlopsor) és 2014.03.15-én (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; (P^{***}=0,1%; P^{**}=1%; P^{*}=5%); (SzD5%₂₀₁₁=7,2; (SzD5%₂₀₁₄=6,9; SzD1%₂₀₁₄=9,4); „a”, „b”, „c”, „ab”, „bc”, „abc” - P=5% szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

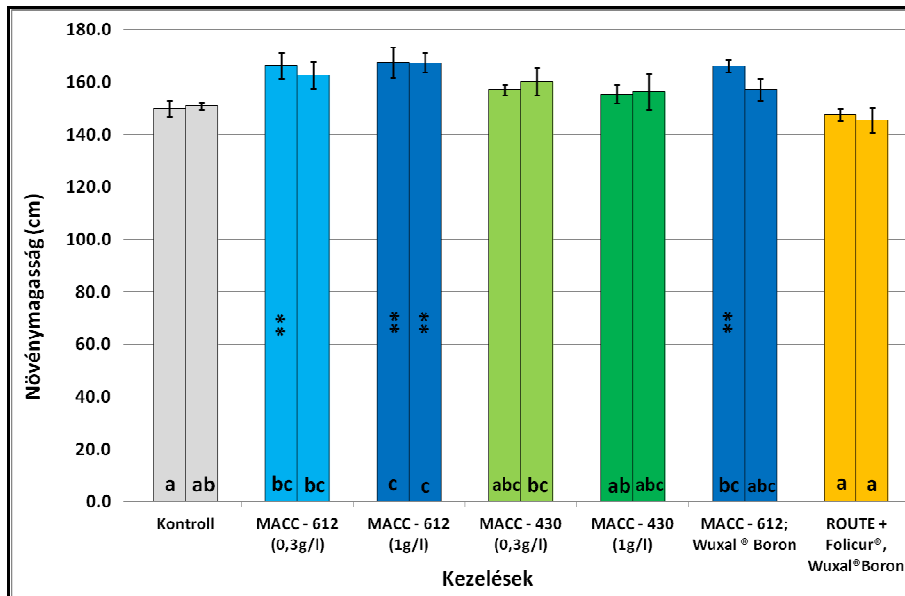
Gaveliene és munkatársai (2005) 2002 és 2004 között auxin analógok segítségével [TA-12 (2·10⁻³ M; 417g/ha); illetve TA-14 (4·10⁻³ M; 369 g/ha)] P=5% szignifikánsan javította a *Brassica napus* L. ssp. *olifera biennis* Metzg. var. ‘Casino’ őszi káposztarepce telelését, amelyet a gyökerekben és hajtáscsúcsban felhalmozódott extra magas prolin és cukor koncentrációval magyaráztak. *Rathore és munkatársai* (2009) *Kappaphycus alvarezii* tengeri alga tartalmú biostimuláns különböző koncentrációjú (0-15%) kezeléseivel átlagosan 7,5%-kal növelte a szója (*Glycine max* L.) négyzetméterenkénti tőszámát. *Gaveliené és munkatársai* (2013) auxinok segítségével úgy stimulálták a 4-5 leveles repcét, hogy a növények leveleiben, hajtáscsúcsában és gyökérvégződéseiben megnövekedett a prolin és a szacharidok (szacharóz és glükóz) koncentrációja, amelynek hatására javult a

növények hideggel szembeni tűrőképessége, ez által növekedett a télállósága. Cuevas és munkatársai (2008) szerint az auxin (IAA) a növények erőteljesebb fejlődés- indukciójával segíti telelésüket, ugyanakkor az egyéb biológiai mechanizmusokról csak keveset tudunk, míg Burbulis és munkatársai (2012) szerint a repce telelése és hideghez való alkalmazkodása, rendkívül összetett folyamat, amelyhez számos biokémiai és élettani változás is párosul.

Betakarításkor mért állománymagasság

A kísérleti növények betakarításkori átlagos magasságát **2011-ben** közel 12%-kal szignifikánsan ($P=1\%$) növelte a MACC-612 0,03% és 0,1% dózisú, valamint Wuxal® Boronnal kombinált kezelése, a csak vízzel kezelt növényekhez viszonyítva. Az MACC-430-as 0,03 % és 0,1%-os kezelései, valamint a hagyományos termesztés-technológiai eljárás nem okozott szignifikáns magasságnövekedést (46.ábra).

A **második évben** a kísérleti növények betakarításkori átlagos magasságát közel 8,5-11 %-kal szignifikánsan ($P=5\%$) növelte a MACC-612 0,03 % és 0,1 % dózisú kezelése a csak vízzel kezelt növényekhez viszonyítva. Az MACC-430-as 0,03 % és 0,1 %-os kezelései, valamint a hagyományos termesztéstechnológiai eljárás egyik évben sem okozott szignifikáns magasságnövekedést.

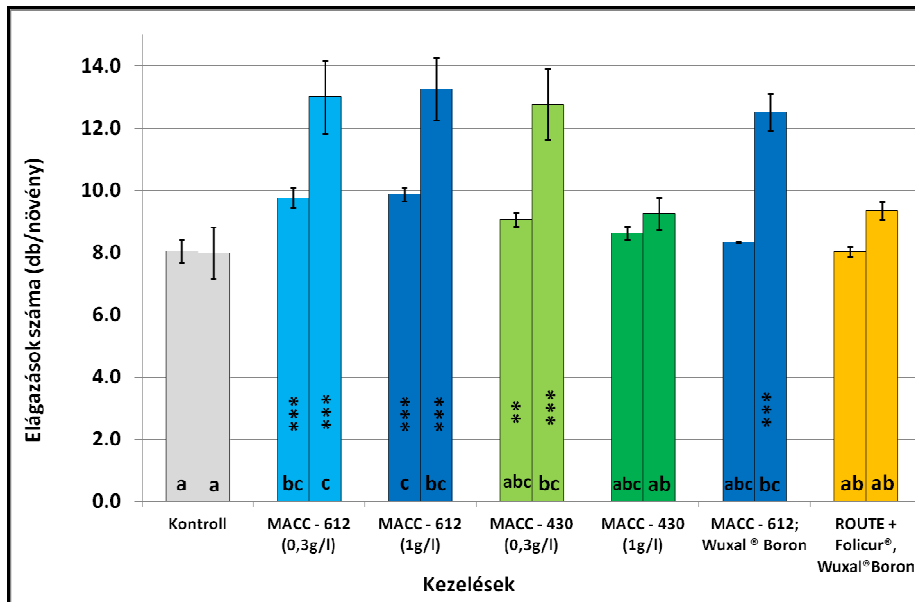


46. ábra: A repce átlagos magassága betakarításkor 2011.06.20-án (baloldali oszlopsor) és 2014.06.06-án (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD1\%_{2010}=14,71$); ($SzD5\%_{2014}=14,13$); „a”, „b”, „c”, „ab”, „bc”, „abc” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

A vezér és alacsonyabb rendű oldalelágazások száma

Mindkét kísérleti évben az MACC-612 cianobaktérium mindkét dózisú kezelése $P=0,1\%$ szignifikánsan növelte az első rendű elágazások számát a kontrollhoz viszonyítva (47. ábra). Az MACC-430 0,03%-os permetezési 2011-ben $P=1\%$, míg 2014-ben $P=0,1\%$ szignifikánsan növelték az elágazások számát. A cianobaktérium-Wuxal kombinált permetezései az első kísérleti évben csupán 2%-kal (ns.), míg a második kísérleti évben 56%-kal ($P=0,1\%$) növelték az vezérelágazások számát.

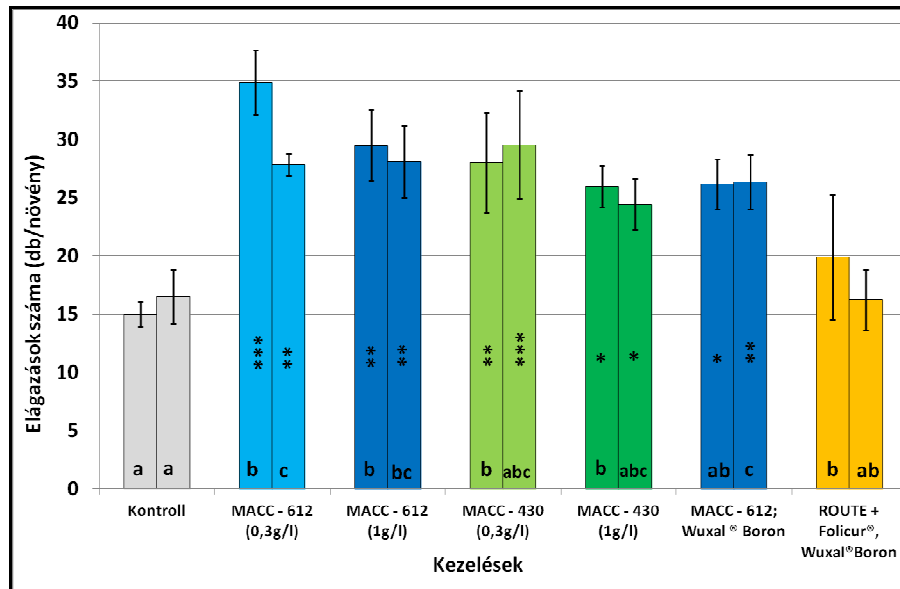
A 2013-14-es kísérleti év hajtáscsúcs mérés eredményi jól illeszkednek az oldalelágazások számának eredményeihez, amely alátámasztja azt a tényt, hogy a fejlettebb hatáscsúcsok már az őszt folyamán tartalmazzák az oldalelágazások és virágok kezdeményeit.



47. ábra: A repce elsőrendű elágazásainak száma 2011.06.20-án (baloldali oszlopsor) és 2014.06.06-án (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD_{0,1\%_{2011}}=1,32$; $SzD_{1\%_{2011}}=0,97$); ($SzD_{0,1\%_{2014}}=4,45$); „a”, „b”, „c”, „ab”, „bc”, „abc” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

A kezelések évjáratonkénti hatása feltételezhetően nem szolgál kizárólagos magyarázattal a 2014-ben tapasztalt eltérésekre, ugyanakkor az MACC-612 mindkét dózisa, illetve az MACC-430 0,03% kezelései mindkét évben szignifikánsan növelték a vezérelágazások számait a kontrollhoz viszonyítva.

A korábban megadott módon vizsgáltam az alacsonyabb rendű elágazások számát is. A kapott eredmények alapján elmondható, hogy mindkét kísérleti évben minden mikroalgát tartalmazó permetezés szignifikánsan növelte az alacsonyabb rendű elágazások számát (48. ábra). A hagyományos kezelések nem eredményeztek statisztikailag igazolható eltéréseket az alacsonyabb rendű elágazások számában.



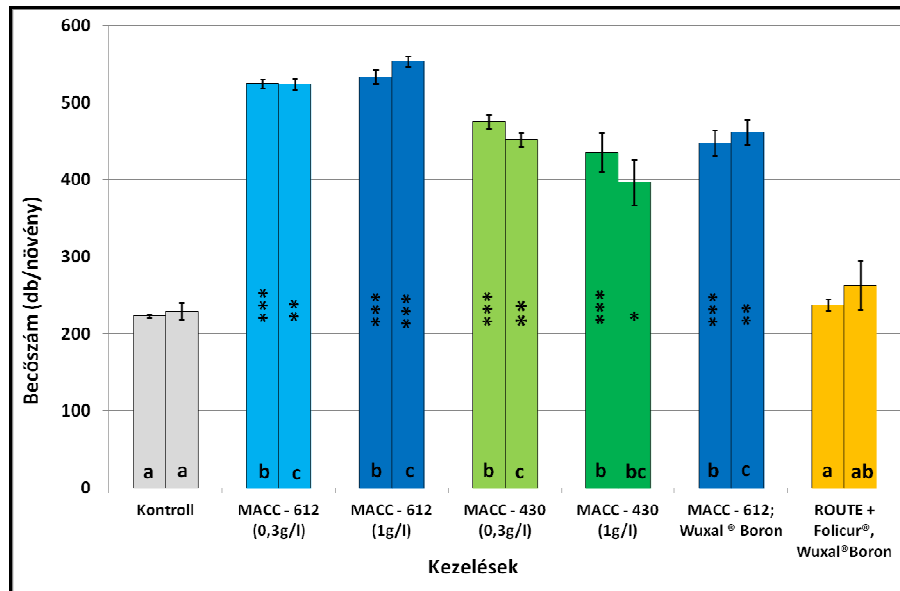
48. ábra: A repcén található alacsonyabb (2-3-4) rendű elágazások száma 2011.06.20-án (baloldali oszlopsor) és 2014.06.06-án (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD5\%_{2011}=9,1$; $SzD1\%_{2011}=12,4$; $SzD0,1\%_{2011}=16,7$); ($SzD5\%_{2014}=6,8$; $SzD1\%_{2014}=9,3$; $SzD0,1\%_{2014}=12,5$); „a”, „b”, „c”, „ab”, „bc”, „abc” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

Mindkét elágazástípus eredményeinek összesítését követően jellemezhetjük a repce habitusát, annak bokrosságát, valamint általános fejlettségét. Az eredmények alapján elmondható, hogy mindkét évben erőteljes elágazás-képzést indukáltak az MACC-612 minkét koncentrációjú kezelése, így utalva a törzs szűk auxin: citokinin arányára, amely hajtásképződést eredményezett az egyes növényeken. A repcetermesztés esetében ugyanakkor nem feltétel a jobb terméseredmények elérésében a magasabb oldalelágazás szám. A túlzott hajtásképzés energiaigényes folyamat a növény számára, amely így károsan befolyásolhatja a berakódott virágok és becők kialakulását, végső soron a termés mennyiségét, vagy annak minőségét is (Antal és Jolánkai, 2008; Kádár, 2008).

Növényenkénti összes becőszám

A betakarítás időszakában vizsgáltam a növényeken található összes becő számát. A **2010/11-es kísérleti év** eredményei azt mutatták, hogy a növényenkénti összes becőszámot, a hagyományos kezeléssorozattól eltekintve, minden kezelés $P=0,1\%$ -os szignifikáns szinten növelte a kezeletlen parcellákhoz viszonyítva (49. ábra).

A **második kísérleti évben** is minden mikroalgás kezelés szignifikánsan növelte a növényenkénti összes becőszámot. Az MACC-612 0,03 és 0,1% dózisú, valamint az MACC 612 0,1% Wuxal Boronnal kombinált kezelése - a két évben átlagosan 100,5-131%-kal ($P=1-0,1\%$), míg az MACC-430 0,03 és 0,1%-os permetezései átlagosan 83,5-104,5%-kal ($P=1-5\%$) növelték a kezeletlen parcellákhoz viszonyítva az összes becőszámot. A hagyományos kezelés egyik évben sem befolyásolta szignifikánsan a növényenkénti összes becők mennyiségét.



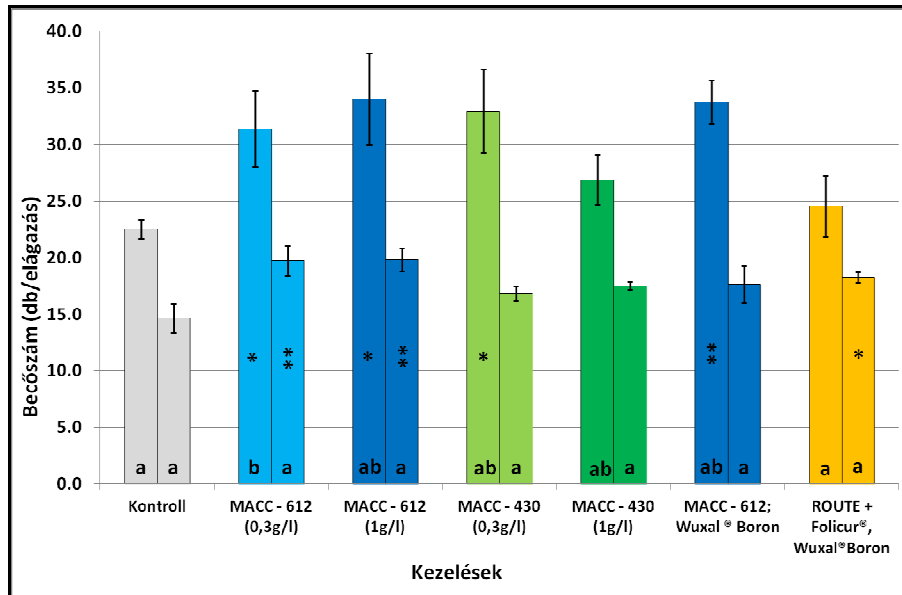
49. ábra: A repce növényenkénti összes becőszáma betakarításkor 2011.06.20-án (baloldali oszlopsor) és 2014.06.06-án (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD_{0,1\%_{2011}}=70$); ($SzD_{5\%_{2014}}=160,8$; $SzD_{1\%_{2014}}=218,8$; $SzD_{0,1\%_{2014}}=295,3$); „a”, „b”, „c”, „ab”, „bc” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

Elágazásonkénti becőszám

Az **első kísérleti évben** a kísérleti kezelések közül az MACC-612 0,1%-os kezelései 16%-kal, míg a cianobaktérium alacsonyabb dózisú permetezései 11%-kal növelték az elágazásonkénti becőszámot. A cianobaktérium és Wuxal Boron kombinált, valamint a hagyományos termesztéstechnológiai eljárás 5-5%-kal, csupán tendenciáiban növelték a becőszámot. Az MACC-430 0,1% és 0,03%-os kezeléseit követően nem volt statisztikailag igazolható eltérés a kezelt és kezeletlen parcellák becőszámai között (50. ábra).

A **2013/14-es kísérleti évben** az MACC-612 cianobaktérium 0,03% dózisú permetezései 20%-kal, míg a cianobaktérium 0,1% koncentrációjú kezelése 33%-kal ($P=5$) szignifikánsan befolyásolták az

elágazásonkénti becőszámot a kontroll viszonylatában. Az MACC-430 mindkét dózisu kezelése 13-13%-kal, míg a cianobaktérium Wuxal kombinált kezelései 6%-kal növelték a becőszámot. A hagyományos termesztéstechnológiai eljárásokat követően nem volt statisztikailag igazolható elérés a kontroll parcellák eredményeihez viszonyítva.



50. ábra: A repce elágazásain található átlagos becőszám 2011.06.20-án (baloldali oszlopsor) és 2014.06.06-án (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD5\%_{2011}=7,9$, $SzD1\%_{2011}=10,7$); ($SzD5\%_{2014}=3,37$; $SzD1\%_{2014}=4,58$); „a”, „b”, „c”, „ab”, „bc” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

4.3.2. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei

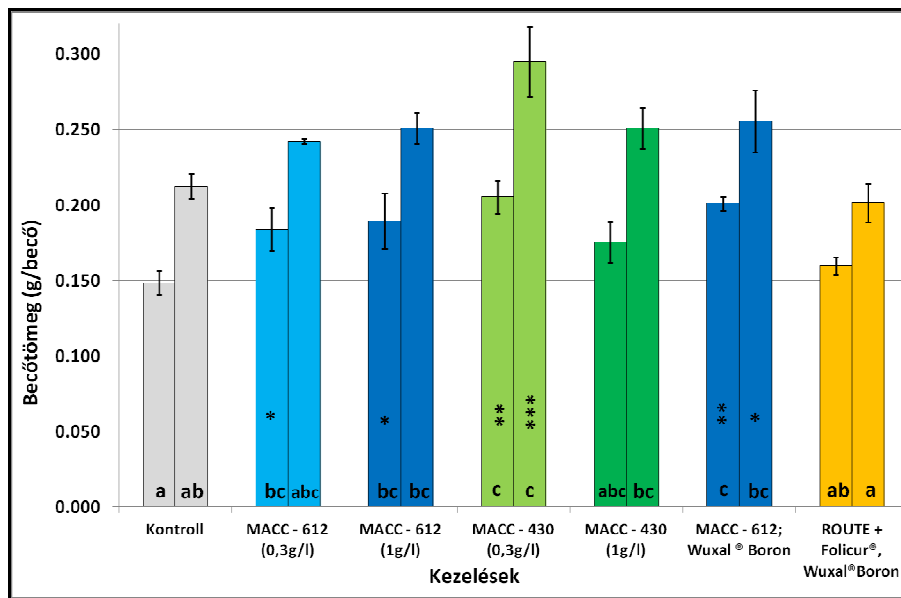
A becők átlagos összömege

A betakarítást követően vizsgáltam a kezelésekre hatással a termésanyagokban bekövetkezett változásokat. Minden parcella esetében 50-70 db becőt műanyag tartóedénybe helyeztem, majd egyedi azonosító jellel láttam el. Ezt követően a reprezentatív mintákból kisebb (10 db)

csoportot képeztem, majd megmértem a becők összességét (mesterséges szárítást mellőzve).

Az első kísérleti évben a MACC-612 0,03% és 0,1%-os kezelései (P=5%), míg a cianobaktérium- Wuxal kombinált 41%-kal (P=1%), valamint az MACC-430 0,03% dózisú kezelései 37%-kal szignifikánsan (P=1%) növelték a becők összességét a kontrollhoz viszonyítva (51. ábra).

A második kísérleti évben az MACC-430-as törzs 0,03%-os permetezései 25%-kal (P=5%) növelték a becők összességét. Az MACC-612 kombinált kezelése hatására 38%-kal (P=0,1%) növekedett a becők átlagos összessége a kontrollhoz viszonyítva.



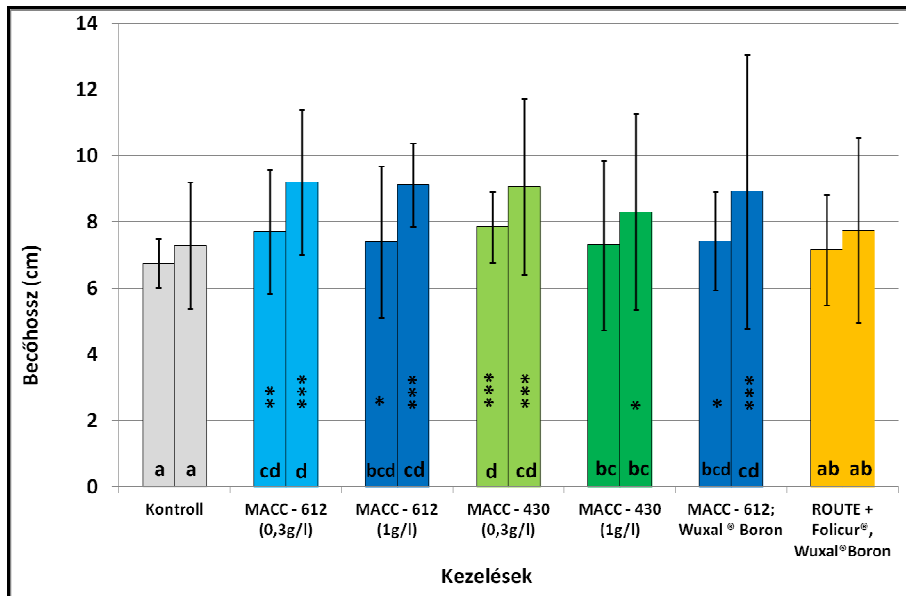
51. ábra: A repce becők átlagos összessége betakarításkor 2011.06.20-án (baloldali oszlopsor) és 2014.06.06-án (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; (P^{***}=0,1%; P^{**}=1%; P^{*}=5%); (SzD5%₂₀₁₁=0,035; SzD1%₂₀₁₁=0,082); (SzD5%₂₀₁₄=0,041, SzD0,1%₂₀₁₄=0,075); „a”, „b”, „c”, „ab”, „bc” - P=5% szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

A becők átlagos hosszúsága

Az első kísérleti évben az MACC-612-es 0,1% szuszpenziója 9%-kal, míg a Wuxal® Boronnal kombinált kezelései 11%-kal (P=5%) szignifikánsan növelték a becőhosszúságot. Az MACC-612-es törzs 0,03% koncentrációjú kezelései P=1% szignifikáns becőhosszúságnövekedést (+14%) eredményeztek. Az MACC-430 0,03%-os permetezései 16%-kal (P=0,1%) növelték a becők hosszúságát, míg a zöldalga magasabb dózisú beavatkozásai, valamint a hagyományos termesztéstechnológiai eljárás nem okozott statisztikailag is igazolható változásokat a becők átlagos hosszúságában.

A második kísérleti évben az MACC-612-es 0,03 és 0,1% szuszpenziója átlagosan 25,5%-kal, a Wuxal® Boronnal kombinált kezelései 22%-kal (P=0,1%) szignifikánsan növelték a becőhosszúságot. Az MACC-430 0,03% dózisú kezelései (P=0,1%), a zöldalga magasabb dózisú permetezései 24%-kal (P=5%), míg a hagyományos kezeléssorozat a második kísérleti évben nem okozott szignifikáns változásokat a becők hosszúságában (52. ábra).

A két kísérleti év eredményeinek összehasonlításakor elmondhatjuk, hogy az évjárat hatásától függetlenül, a mikroalgás kezelések mindkét évben pozitívan hatottak a becők hosszanti növekedésére.



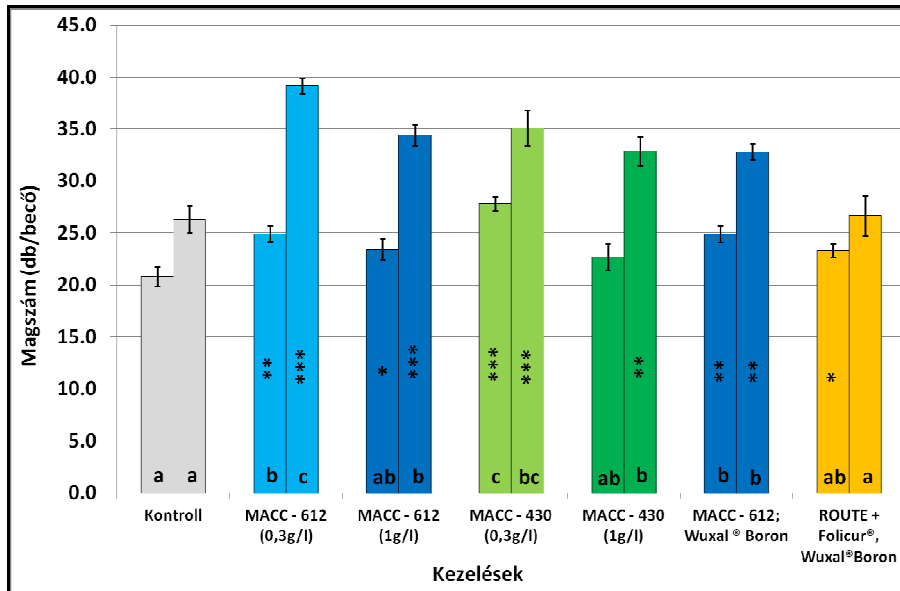
52. ábra: A repce becők átlagos hosszúsága betakarításkor 2011.06.20-án (baloldali oszlopsor) és 2014.06.06-án (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD5\%_{2011}=0,542$; $SzD1\%=0,737$; $SzD0,1\%=0,995$; ($SzD5\%_{2014}=0,792$; $SzD0,1\%_{2014}=1,455$); „a”, „b”, „c”, „d”, „ab”, „bc”, „cd”, „bcd” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

A becőnkénti magszám

A becőkben található magok száma 2011-ben az MACC-430 alacsonyabb (0,03%) dózisú kezeléseit követően 33%-kal nőtt ($P=0,1\%$), míg a 612-es törzs 0,03%-os, és a Wuxal® Boronnal alkotott kombinációja 20%-kal növelte a magszámot ($P=1\%$) a kezeletlen növényekhez viszonyítva. Az MACC-612 0,1%-os, valamint a hagyományos kezeléssorozat $P=5\%$ -kal növelték a becőnkénti magszámot, míg az MACC-430-as mikroalga 0,1%-os kezelése nem okoztak szignifikáns változást a becők magszámában, a kontrollhoz viszonyítva (53.ábra).

A második kísérleti évben a becőkben található magok száma a cianobaktérium mindkét dózisú kezeléseit követően átlagosan 24-49%-

kal ($P=0,1\%$) szignifikánsan növekedett a kezeletlen növényekhez viszonyítva. Az MACC-430 alacsonyabb dózisú permetezéseit követően $P=0,1\%$, míg a zöldalga és a cianobaktérium Wuxal Boronnal alkotott kombinált kezelése $P=1\%$ szignifikánsan növelték a becőnkénti magszámot. A hagyományos kezeléssorozat nem okozott szignifikáns változást a becők magszámában a kontrollhoz viszonyítva.



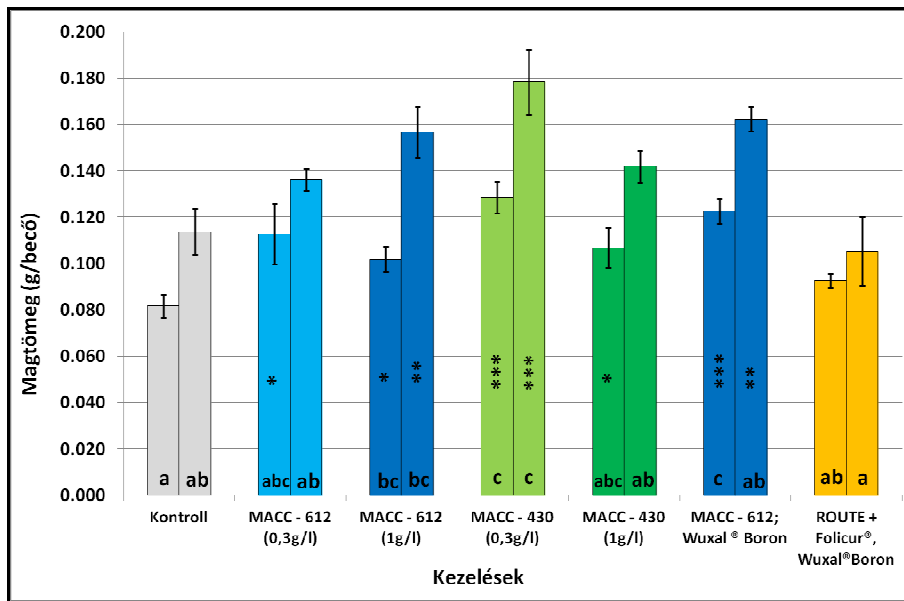
53. ábra: A becőkben található magok száma 2011.06.20-án (baloldali oszlopsor) és 2014.06.06-án (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD5\%_{2011}=2,63$; $SzD1\%_{2011}=3,57$; $SzD0,1\%_{2011}=4,83$); ($SzD1\%_{2014}=5,39$; $SzD0,1\%_{2014}=7,27$); „a”, „b”, „c”, „ab” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan – multiple Range teszt alapján

A becőnkénti magtömeg

A 2010-es eredmények azt mutatták, hogy az MACC-612 mindkét dózisú kezelése átlagosan 24-38%-kal, az MACC-430 0,1%-os beavatkozásai átlagosan 30%-kal ($P=5\%$) növelték a becők magtömegeit. Az MACC-430 alacsonyabb dózisú, valamint a cianobaktérium Wuxalal kombinált permetezései hatására 49-57%-kal ($P=0,1\%$) növekedett a

becőnkénti magtömeg. A hagyományos kezelések nem befolyásolták a becőnkénti magtömeget.

A 2014-es évben az MACC-612 0,1%, valamint a cianobaktérium Wuxal kombinációja átlagosan 37-42%-kal ($P=1\%$) növelték az egy becőben található magok össztömegét a kontrollhoz viszonyítva (54. ábra). Az MACC-430 0,03%-os permetezései 56%-kal ($P=0,1\%$) pozitívan befolyásolták a becőnkénti magtömeget. A többi permetezés esetében nem sikerült statisztikailag is igazolható eltéréseket kimutatni a magtömegekben.



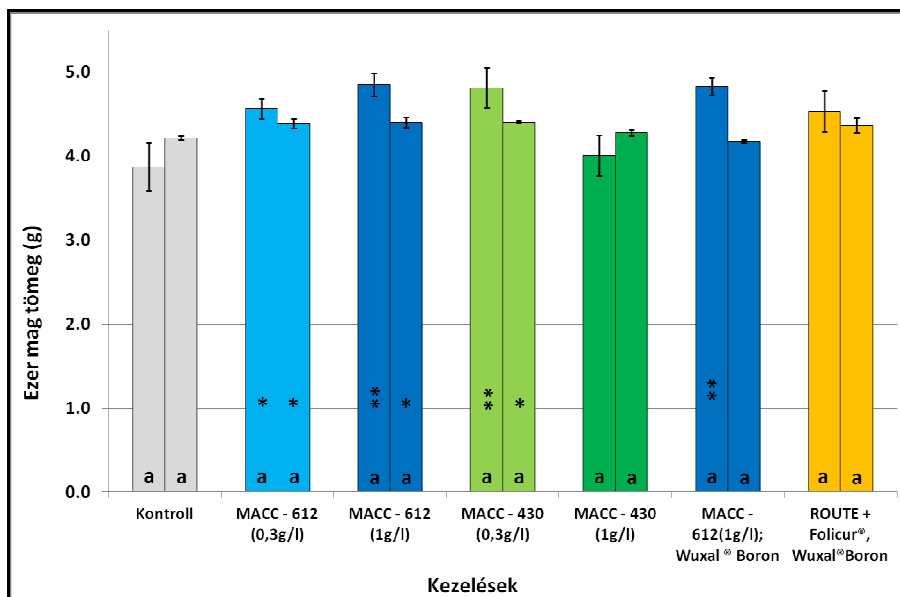
54. ábra: A repcebecőkben található magok átlagos össztömegei 2011.06.20-án (baloldali oszlopsor) és 2014.06.06-án (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD5\%_{2011}=0,021$; $SzD1\%_{2011}=0,029$, $SzD0,1\%_{2011}=0,039$); ($SzD1\%_{2014}=0,041$, $SzD0,1\%_{2014}=0,055$); „a”, „b”, „c”, „ab”, „bc”, „abc” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

4.3.3. Terméseredmények és beltartalmi mutatók

Ezer mag tömeg

Az ezer mag tömeget az **első kísérleti évben** az MACC-612 0,1%-os, valamint a Wuxal® Boronnal kombinált kezelései, illetve az MACC-430 0,03%-os kezelései szignifikánsan ($P=5\%$), átlagosan 24-25%-kal növelték. Az MACC-612 0,03%-os kezelése hatására 18%-kal ($P=5\%$) növekedett a magok ezer mag tömege a kontrollhoz viszonyítva.

A **második kísérleti évben** az MACC-612, illetve az MACC-430 0,03%-os kezelései átlagosan 7%-kal ($P=5\%$) szignifikánsan növelték az ezer mag tömeget a kontrollhoz viszonyítva (55. ábra).

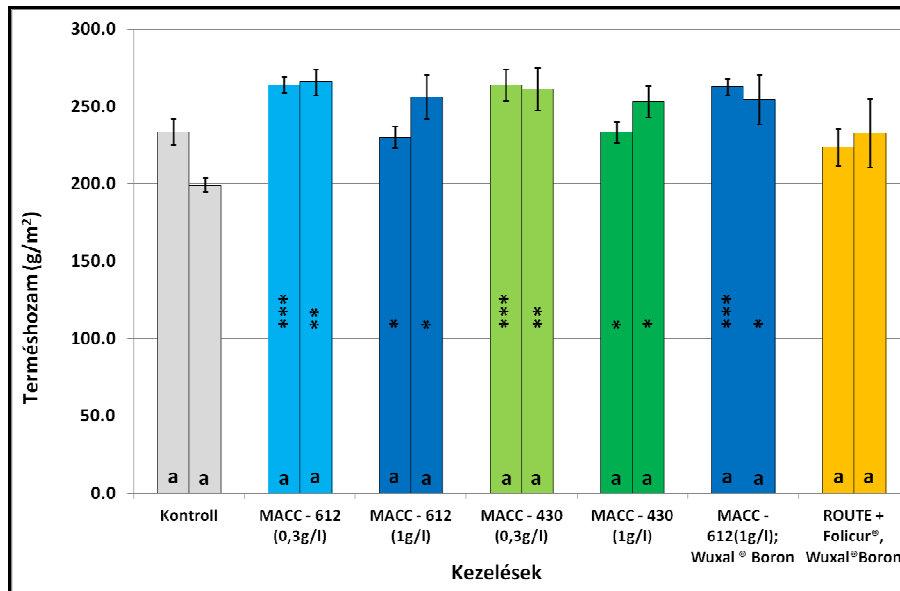


55. ábra: A repce ezer mag tömegei 2011.06.20-án (baloldali oszlopsor) és 2014.06.06-án (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; ($P^{***}=0,1\%$; $P^{**}=1\%$; $P^*=5\%$); ($SzD5\%_{2011}=0,67$; $SzD1\%_{2011}=0,91$); ($SzD5\%_{2014}=0,152$); „a” - $P=5\%$ szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

Az összes termés mennyisége

Az **első kísérleti évben** az MACC-612 cianobaktérium (0,03%), a cianobaktérium Wuxal® Boron kombinációja és az MACC-430 0,03% szuszpenziója 28-29%-os (P=0,1%) termésmennyiség növekedést eredményezett a kontrollhoz viszonyítva. Az MACC-612 és 430-as törzs 00,1%-os kezelései átlagosan 12-14%-kal (P=5%) növelték a termés mennyiségét, míg a hagyományos kezeléseket követően nem volt igazolható eltérés a termésmennyiségekben (56. ábra).

A **második kísérleti évben** az MACC-612 alacsonyabb (0,03%) dózisú kezelései 33%-kal (P=1%), míg a zöldalga 0,03% dózisú permetezési 31%-kal (P=1%) szignifikánsan növelték a termés mennyiségét.



56. ábra: A repce négyzetméterenkénti termésátlagai 2011.06.20-án (baloldali oszlopsor) és 2014.06.06-án (jobboldali oszlopsor) Mosonmagyaróváron; (P***=0,1%; P**=1%; P*=5%); (SzD5%₂₀₁₁=23,5; SzD0,1%₂₀₁₁=43,21); (SzD1%₂₀₁₄=57,58; SzD5%₂₀₁₄=42,32); „a” - P=5% szignifikancia eltérések a Duncan –multiple Range teszt alapján

A cianobaktérium és a zöldalga magasabb dózisú, valamint a cianobaktérium Wuxallal kombinált permetezései átlagosan 16-28%-kal ($P=5\%$) növelték a termés mennyiségét. A hagyományos termesztés-technológiai eljárás nem eredményezett statisztikailag eltérést.

A magok olaj és nedvességtartalma

Az **első kísérleti évben** az MACC-430 zöldalga 0,03% dózisú permetezései betakarításkor a magok nedvesség tartalmának +5%-os ($P=5\%$), a magok nedves olajtartalmának 4%-os (ns.) csökkenését eredményezték. A többi kezeléssorozat nem eredményezett szignifikáns változásokat sem a nedvesség, sem az olajtartalmak tekintetében. (10. táblázat).

A **második kísérleti évben** az MACC-430 alacsonyabb (0,03%) dózisú kezeléseit követően, közel 11%-kal ($P=5\%$) nagyobb volt a magok nedvességtartalma, ugyanakkor azok átlagos nedves olajtartalma 4%-kal csökkent (ns).

Megjegyzendő ugyanakkor, hogy ha az elsőként beérett becőkhöz időzítjük a betakarítást, akkor a később érő becők nem érnek be teljesen, ezért kevesebb termést és olajat adnak. Ha akkor aratjuk a táblát, amikor az összes becő elérte a biológiai érettséget, a korábban beérett becők jelentős része a betakarítás idejére már felnyílik, a szemek kiperegnek.

10. táblázat: Az „Orlando” repce terméseredményei és beltartalmi mutatói Mosonmagyaróváron 2011.06.20-án és 2014.06.06-án

kezelések	ezermag tömeg (g)		t/ha				magok					
			termés		olaj		nedves olajtartama (%)		száraz olajtartama (%)		víztartalma (%)	
	2011	2014	2011	2014	2011	2014	2011	2014	2011	2014	2011	2014
Kontroll	3,87	4,22	2,04	1,9	1,04	0,96	45,28	45,70	49,9	50,39	9,3	9,2
MACC-612 (0,3g L⁻¹)	4,56*	4,39*	2,6***	2,7**	1,16	1,16	44,63	44,75	49,2	49,00	9,3	9,2
MACC-612 (1 g L⁻¹)	4,85**	4,40*	2,3*	2,5*	1,08	1,08	45,50	45,23	50,1	49,80	9,2	9,2
MACC-430 (0,3g L⁻¹)	4,81**	4,40*	2,6***	2,6**	1,13	1,14	43,58	44,23	48,3	49,25	9,8*	10,2*
MACC-430 (1 g L⁻¹)	4,01	4,28	2,3*	2,5*	1,02	1,07	44,88	44,55	49,5	49,17	9,3	9,4
MACC-612 (1 g L⁻¹) Wuxal®Boron	4,83**	4,18	2,6***	2,5*	1,17	1,02	45,15	44,48	49,7	49,25	9,2	9,7
Route® Folicur®Solo Wuxal®Boron	4,87	4,37	2,2	2,3	10,2	1,02	44,75	44,40	49,4	49,44	9,4	10,2*

* - Ezermag tömeg 2011-ben: SzD5%=0,67; SzD1%=0,91; 2014-ben SzD5%=0,152; (P***=0,1%; P**=1%; P*=5%);

* - Összes termés 2011-ben SzD5%= 25,9; SzD0,1%=47,6; 2014-ben SzD5%=42,34; SzD1%=57,58

* - A repcemagok nedvességtartalma 2011-ben SzD5%=0,41, 2014-ben SzD5%=0,89;

5. KÖVETKEZTETÉSEK

5.1 Biotesztek alkalmazhatósága hormonszerű hatás kimutatására

A dolgozatban leírt eredmények alapján elmondható, hogy a cianobaktérium és zöldalga törzsek szabályozott körülmények közötti felszaporításával és betakarításával biztosítható a repcére szabadföldi körülmények között gyakorolt hormonszerű hatásának állandó volta. Az algasejtek a tenyészetek korai stacionárius szaporodási fázisában szintetizálják a legnagyobb mennyiségben a környezettel való kapcsolattartásukat szolgáló másodlagos anyagcseretermékeket (*Jäger, 2005*).

A hormonszerű hatás kimutatására szolgáló biotesztek alkalmazásának korlátozott számú publikálása arra enged következtetni, hogy a biotesztek csupán a hormon, vagy hormonszerű anyagok jelenlétét mutatják ki, azonban azok pontos mennyiségéről nem adnak információt (*Jäger, 2005*). Napjainkban az egyes minták bioaktív anyagainak kimutatására és azok tényleges hormontartalmának meghatározására rendkívül érzékeny műszereket használnak (HPLC, HPLC-MS, GC-MS stb.), amelyek nagy hátránya, hogy a mérésre használt kivonatok nem mutatják meg a növényi szervezetekre gyakorolt hatásukat (*Weyers és Paterson, 2001*).

5.2 A mikroalga törzsek hatása a repce telelésére

A fagyos időszakkal szembeni ellenállóságot döntően befolyásolja a magok életképessége (*Ghassemi-Golezani et al.; 2008*), valamint a vetési idő (*Yusuf és Bullock, 1993*), ugyanakkor a tél előtt bekövetkező csapadékhiányos időszak csökkenti a levelek klorofill-a, illetve összes

klorofill koncentrációját, a repce ellenálló képességét, de növeli a levelek prolin tartalmát (Lotfi *et al.*; 2015).

Mérsékelt tápanyag utánpótlással és biostimulánsok segítségével biztosítható a repce sikeres telelése, növelhető a termés mennyisége (Namvar és Khandan, 2015).

A kelést követő átlagos tőszám 2010-ben 45-50 (47,5) db/m², míg 2013-ban 48-55 (51,5) db/m² volt. Ezt követően a telelés beállta előtt a négyzetméterenkénti növényszám 2010-ben átlagosan 41-46±1 (43,5) db, míg 2013-ban 44-50±1-2 (47) db volt.

Az MACC-612 0,3 g/l koncentrációjú kezelését követően 2011 tavaszára átlagosan 6,8 %-kal csökkent a sikeresen áttelelt növények száma, amely a kezeletlen parcellák növényzámaihoz viszonyítva 9,6%-os szignifikáns (P=1%) eltérés. A cianobaktérium 1 g L⁻¹ koncentrációjú kezelését követően tavasszal átlagosan csupán 3,1 %-kal csökkent a növényszám az őszi felmérésekhez viszonyítva. A kontrollhoz viszonyítva 13,3 %-kal, P=0.1% szignifikánsan kevesebb növény pusztult el a téli időszak alatt.

A második kísérleti évben a cianobaktérium 0,3 g L⁻¹ koncentrációjú kezelését követően tavasszal átlagosan 7 %-kal, míg a *Nostoc piscinale* 1 g L⁻¹ dózisú kezelését követően - az őszi tőszámhoz viszonyítva – 6 %-kal kevesebb, a kontroll parcellák növényzámaihoz viszonyítva 9-10 %-kal szignifikánsan (P=5%) több növényt számoltam.

Az MACC-430 0,3 g L⁻¹ koncentrációjú 2010-es őszi kezelését követően, tavasszal átlagosan 4,9%-kal (P=1%), míg a magasabb dózisú (1g L⁻¹) kezelést követően csupán 3,5%-kal csökkent (P=0,1%) a sikeresen áttelelt növények száma. A kontrollhoz viszonyítva a zöldalga alacsonyabb

dózisú kezelései 11,6 %-kal, míg a *Tetracystis* sp. 1g/l koncentrációjú kezelései 12,9 %-kal magasabb növényszámot eredményeztek. A megismételt kísérleti évben csupán az MACC-430 1g L⁻¹ dózisú permetezését követően tapasztaltunk az őszi tőszámokhoz viszonyítva nagyobb, átlagosan 7%-os (ns) tőszám csökkenést, amely a kontrollhoz viszonyítva 9,2%-os tőszám-többletet jelentett.

A hagyományos termesztéstechnológiai eljárást követően ősszel átlagosan 42±1 (2010), a második kísérleti évben 50±1 db növény volt négyzetméterenként a kísérleti parcella területén. A tavaszi növényvizsgálatokat követően az tapasztaltuk, hogy 2010-es őszi kezelést követően 2011 tavaszára csupán 1,8%-kal csökkent a tőszám, amely 14,65%-os eltérést (P=0,1%) jelent a kontroll parcelláknál tapasztalt tőszámhoz viszonyítva. A második kísérleti évben nem sikerült szignifikáns eltéréseket kimutatni az őszi és a tavaszi tőszámok között.

A cianobaktérium és zöldalgás kezelések mindkét kísérleti évben a hagyományos termesztéstechnológiai eljárásban alkalmazott készítményekhez hasonlóan pozitívan befolyásolták (11-32%) a repce telelését. A kelést követő 45-55 db/m² tőszám a telelés előtti időszakra átlagosan 41-50 db/m²-re csökkent, majd a kora tavaszi időszakban átlagosan 35-49 db/m² növényt számoltam össze a kísérleti parcellák területén. *Gaveliene és munkatársai* (2005) 2002 és 2004 között auxin analógok segítségével [TA-12 (2·10⁻³ M; 417 g ha⁻¹); illetve TA-14 (4·10⁻³ M; 369 g ha⁻¹)] P=5% szignifikánsan javította a *Brassica napus* L. ssp *olifera biennis* Metzg. var. 'Casino' őszi káposztarepce telelését, amelyet a gyökerekben és hajtáscsúcsban felhalmozódott extra magas prolin és cukor koncentrációval magyarítottak. *Rathore és munkatársai* (2009) *Kappaphycus*

alvarezii tengeri alga tartalmú biostimuláns különböző koncentrációjú (0-15 %) kezeléseivel átlagosan 7,5%-kal növelte a szója (*Glycine max* L.) négyzetméterenkénti tőszámát. *Gaveliené és munkatársai* (2013) auxinok segítségével úgy stimulálták a 4-5 leveles repcét, hogy a növények leveleiben, hajtáscsúcsában és gyökérvégződéseiben megnövekedett a prolin és a szacharidok (szacharóz és glükóz) koncentrációja, amelynek hatására javult a növények hideggel szembeni tűrőképessége, ez által növekedett a télállósága. *Cuevas és munkatársai* (2008) szerint az auxin (IAA) a növények erőteljesebb fejlődés- indukciójával segíti teletelésüket, ugyanakkor az egyéb biológiai mechanizmusokról csak keveset tudunk.

A mikroalgás kezelések évjárártól függetlenül javítják a telető repce túlélési esélyeit az erősen váltakozó klimatikus viszonyok ellenére.

5.3 A mikroalga törzsek hatása a repce termésképző elemeire

Kádár (2008) szerint a tőszám és az elágazások száma között, a becőszám és a becőnkénti magszám, a magszám és az ezermag tömeg, valamint a mag olaj és fehérje %-a között negatív korreláció érvényes. *Matysiak és munkatársai* (2014) *Ecklonia maxima* és tebukonazol tartalmú készítményekkel 30%-kal növelte a repcebecők növényenkénti számát. *Zodape és munkatársai* (2011) *Kappaphycus alvarezii* 5-15%-os szuszpenziójával 15-31%-kal növelte mungóbab (*Phaseolus radiata* L.) növényenkénti hüvelyszámát.

A tavaszi kezelések pozitívan hatottak a növények az egyes terméselemekre is. Az MACC-430 0,03%-os kezelés hatására szignifikánsan, a két évben átlagosan 20%-kal növekedett a becők hosszúsága, és 29,5%-kal a becők össztömege. A becőkben található magok száma 33%-kal, tömegük 43,5%-kal, a magok ezermag tömege 15,5%-kal

lett több, amely minkét évben pozitívan hatott az összes termés mennyisége. Az MACC-430-as törzs 0,1%-os kezelése a tavaszi időszakokban csak néhány esetben bizonyultak hatásosnak, de a hagyományos termesztéstechnológiai eljárásoknál is mindkét évben gyakran elmaradt a várható pozitív hatás. Az MACC-612 0,1%-os kezelése a két évben átlagosan 17,5%-kal, szignifikánsan növelte a becőhosszúságot, 22%-kal a becők össztömegét, 21%-kal a becőnkénti magszámot és 22,5%-kal a magtömeget, valamint 14,5%-kal az ezermag tömeget, míg a törzs Wuxal® Boronnal készített kombinációja tendenciájában növelte az összes termés mennyiségét. Az MACC-612 0,03% dózisú kezelése hatására a repce vegetatív felülete mindkét évben növekedett, ami pozitívan hatott a becők hosszúságára, a becők össztömegére, valamint a becőnkénti magszámra, és az összes termés mennyiségére, azonban a becőnkénti magtömeget, az ezermag tömeget szignifikánsan nem befolyásolta.

5.4 Gyakorlati alkalmazhatóság

Az alkalmazott cianobaktérium és mikroalga törzsek hormontartalmuknak és egyéb másodlagos anyagcseretermékeinek köszönhetően növekedett a repce levelek szín-, és szárazanyag tartalma, ez által javult a fotoszintézis hatékonysága. Több fotoszintetikus produktum állt a növények rendelkezésére, így azok tovább fejlődtek a kedvezőtlen időjárási viszonyok ellenére is.

A vastagabb gyökérzet és több levél megvédte a növényeket a száraz, hideg periódusokban. A mikroalga törzsek pozitív élettani hatásainak köszönhetően javult a repce télállósága.

A repce őszi 4-6 leveles fenológiai stádiumban történő cianobaktérium és vagy mikroalga 0,3 g L⁻¹, illetve 1 g L⁻¹ történő kezelése,

valamint a Wuxal Boron-nal történő kombinált permetezése javítja repce általános kondícióját. Az eljárás alkalmazható a hagyományos és a biotermesztés során is. A cianobaktériumos és mikroalgás kezelések jól illeszthetők a hagyományos repce-termesztéstechnológiai eljárások sorába, így az/ok nem zavarja (ák) az általános rovar-, és gomba kártevők elleni védekezést.

Az elért kísérletes eredmények alapján javaslom további növényfajok, fás, és lágyszárú, mezőgazdasági, valamint dísz-, és faiskolai kultúrák fejlődésére gyakorolt hatékonyság-vizsgálatát.

Jelen kísérletes munka folytatásául faiskolai növényeken, főként gyümölcsfa, bogyós gyümölcsűek, valamint különböző díszcserjék talaj-, és levélkezeléseire alapozott technológia kidolgozását kezdtem meg.

Amennyiben a jövőben bebizonyosodik, más nem hagyományos mezőgazdasági termesztésben szereplő (gabona félék, vagy kapásokra) növényekre gyakorolt pozitív élettani, esetleges növényvédelmi hatásuk, az egy új, biostimuláns alapú növénytermesztési technológia elterjedését teszi lehetővé.

5.5 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 termesztésben 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 évjárattól 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, gyökérzet 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 (repcé 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.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az értekezésem alapjául szolgáló kísérleti munka során a Mosonmagyaróvári Algagyűjteményből citokinin- és auxinszerű hatás kimutatására szolgáló biotesztek alapján szelektált, bizonyítottan hormontermelő mikroalga törzsek pozitív élettani hatásait vizsgáltam *Brassica napus* L. cv. 'Orlando' őszi káposztarepcén.

Az uborka sziklevel gyökérfejlődési, illetve uborka sziklevel növekedési tesztekkel szelektált MACC-430 és 612 törzsek repcére gyakorolt hatásait vizsgáltam repce szabadföldi kisparcellás kísérleteim során.

A szántóföldi kisparcellás randomizált kísérleteket 2010-11, valamint 2013-14, Mosonmagyaróvár közelében állítottam be. Minkét kísérleti évben a repce korai (4-6 leveles) mikroalgás kezelései szignifikánsan növelték a növények leveleinek színanyag és szárazanyag tartalmát, ami hatással volt a növények további fejlődésére. Az MACC-612 0,03% és 0,1% -os kezeléseinek hatására az évjáratonkénti eltérő klimatikus viszonyok ellenére a repce erőteljesebb vegetatív részt, nagyobb lombozatot és hosszabb gyökérzetet fejlesztett, míg az MACC-430-as törzs kezelése a gyökérzet elágazásainak számát és a száraz gyökértömeget növelték a kezeletlen parcella növényeihez viszonyítva.

A sikeres teleléseket követően a mikroalgával kezelt állományok, minkét évben a kora tavaszi időszakban erőteljes gyökérzetüknek és lombozatuknak köszönhetően, átlagosan 5-7 nappal korábban szökkentek szárba, azonban a zöldbimbós állapotot a kezeletlen növényekkel közel azonos időben érték el. A virágzás és az érés egyenletes volt. A mikroalgával kezelt állományok növényeiben megfigyeléseim alapján a

becők pergése közel sem volt olyan jelentős, mint a kontroll, vagy a hagyományos termesztéstechnológiai eljárással kezelt növényeknél.

A tavaszi kezelések pozitívan hatottak a növények vegetációs felületére és az egyes termés elemekre is. A cianobaktérium és a zöldalgás kezelések pozitívan befolyásolták a növényenkénti becők számát, azok méretét, a cianobaktériumos kezelések szignifikánsan növelték az ezermag tömeget, összes termés mennyiségét. A változatos klimatikus hatások ellenére mindkét kísérleti évben biztosított volt a repce termés hozama.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet szeretném kifejezni a Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Wittmann Antal Növény-, Állat- és Élelmiszer-tudományi Multidiszciplináris Doktori Iskolának, hogy lehetővé tette számomra a disszertáció elkészítését.

Köszönettel tartozom Témavezetőimnek, Dr. Ördög Vince professzor emeritus úrnak szakmai irányításáért és segítségéért, mellyel a mikroalga-biotechnológia területén végzett munkámat a kezdetektől támogatta, valamint Dr. Gergely Istvánnak, a mosonmagyaróvári Tangazdaság nyugalmazott igazgatójának a repcetermesztésben és a kísérleti helyszínek kialakításában, azok lebonyolításban nyújtott segítségéért.

Köszönöm Dr. Berzsényi Zoltán Professzor Úrnak, a mezőgazdasági kísérletek eredményeinek variancia analízisében és azok kiértékelésében nyújtott segítségéért.

Köszönettel tartozom a Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Növénytudományi Tanszék valamennyi munkatársának segítőkészségükért és támogatásukért.

Hálával tartozom családomnak és feleségemnek Csipkay Grétának, aki gyakorlati segítségével, türelmével és támogatásával nagyban hozzájárult jelen disszertáció elkészüléséhez.

Jelen doktori értekezést az idő közben, súlyos betegségben, 2016.06.17-én elhunyt édesanyám emlékének ajánlom.

7. IRODALOMJEGYZÉK

Abdel-Mawgoud, A. M. R., Tantaway, A. S., Hafez, M. M., Habib, H. A. M. (2010): *Seaweed Extract Improves Growth, Yield and Quality of Different Watermelon Hybrids, Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 6 (2): 161-168, ©2010, INSInet Publication*

Abubakar, A. R., Ashraf, N., Ashraf, M. (2013): *Effect of Plant Biostimulants on Growth, Chlorophyll Content, Flower Drop and Fruit Set of Pomegranate Cv. Kandhari Kabuli, International Journal of Agriculture, Environment & Biotechnology, IJAEB: 6 (2): 305-309 June 2013, ©2013 New Delhi Publishers*

Ahmed, Y. M., Shalaby, E. A. (2012): *Effect of Different Seaweed Extracts and Compost on Vegetative Growth, Yield and Fruit Quality of Cucumber, Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants 4 (3): 235-240, ©IDOSI Publications*

Alam, M. Z., Braun, G., Norrie, J., Hodges, D. M. (2012): *Effect of Ascophyllum extract application on plant growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry, Canadian Journal of Plant Science, 93: 23-36*

Allaga, J., Bódis, J. (2014): *Növénytan-Növényélettan E-tananyag a Vadgazda BSc szak hallgatói számára, Kaposvári Egyetem–Pannon Egyetem–Szegedi Gabonakutató Nonprofit Kft, 2014 ISBN 978-963-9639-70-6*

Anisimov, M. M., Chaikina, E. L., Klykov, A. G., Rasskazov, V. A. (2013): *Effect of Seaweeds Extracts on the Growth of Seedling Roots of Buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) is depended on the Season of Algae Collection, Agriculture Science Developments, 2 (8) August 2013, Pages: 67-75,*

Anisimov, M. M., Skriptsova, A. V., Chaikina, E. L., Klykov, A. G. (2013): *Effect Of Water Extracts Of Seaweeds On The Growth Of Seedling Roots Of Buckwheat (Fagopyrum Esculentum Moench), IJRRAS 16 (2)*

Anonimus¹ (1996): *The effect of Seaweed extract Against nematodes*

Anonimus² (2009): *Growth, yield and Verticillium wilt incidence of tomato (Solanum Lycopersicum L.) as influenced by different preshowing*

treatments, Department of Plant Production and Soil Science, University of Pretoria

Antal J. (2005): *Növénytermesztéstan 1. A növénytermesztéstan alapjai. Gabonanövények Mezőgazda Kiadó, Budapest.*

Antal J. (2005): *Növénytermesztéstan 2. Gyökér- és gumós növények. Hüvelyesek. Olaj- és ipari növények. Takarmánynövények Mezőgazda Kiadó, Budapest*

Antal J. (1978): *Olajnövények termesztése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 139.*

Antal J.–Jolánkai M. (2008): *Növénytermesztéstan 2. Olaj- és ipari növények termesztése. Mezőgazda Kiadó. Budapest.*

Bapat, V. A., Iyer, R. K., Rao, P. S. (1996): *Effect of cyanobacterial extract on somatic embryogenesis in tissue cultures of sandalwood (Santalum album), Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences 1996 Vol. 18 No. 1 pp. 10-14*

Basak, A. (2008): *Effect of Preharvest Treatment with Seaweed Products, Kelpak® and Goëmar BM 86®, on Fruit Quality in Apple, International Journal Of Fruit Science, Vol. 8(1–2) 2008, © 2008 by The Haworth Press*

Bashan, Y., de-Bashan, L. E. (2005): *Bacteria, Plant growth promoting, Encyclopedia of soils in the environment, Vol. 1., pp. 103-115; Elsevier publisher, Oxford, U.K.*

Bindhu, K. B. (2013): *Effect of Azolla Extract on Growth Performance of Pisum Sativum, International Research Journal of Biological Sciences, Vol. 2(10), 88-90*

Battacharyya, D., Babgohari, Z. M., Rathor, P., Prithiviraj, B. (2015) *Seaweed extracts as biostimulants in horticulture, Scientia Horticulturae, 6039, pp 1-9, Elsevier*

Bayliss, W. M., Starling, E. (1904): *The chemical regulation of the secretory process. Proc. Royal Soc. B73: 310-322.*

Berlyn, G. P., Russo, R.O., (1990) *The use of organic biostimulants to promote root growth. Below Gr. Ecol. 1, 12–13.*

Bertrand, H., Plassard, C., Pinochet, X., Touraine, B., Normand, P., Cleyet-Marel, J. C. (2000): *Stimulation of the ionic transport system in*

Brassica napus by a plant growth-promoting rhizobacterium (*Achromobacter* sp.), *Canadian Journal of Microbiology*, (46) 229-236

Billard, V. - Etienne P. - Jannin, L. - Garnica, M. - Cruz, F. - Garcia-Mina, J-M. - Yvin, J-C. - Ourry, A. (2013): *Two Biostimulants Derived from Algae or Humic Acid Induce Similar Responses in the Mineral Content and Gene Expression of Winter Oilseed Rape (Brassica napus L.), Journal of Plant Growth Regulation*, 33:305-316

Bindhu, K. B. (2013): *Effect of Azolla Extract on Growth Performance of Pisum Sativum. International Research Journal of Biological Sciences; Vol. 2(10), 88-90; ISSN 2278-3202*

Blunden, G., Currie, M., Mathe, J., Hohmann, J., Critchley, A.T., (2009): *Variations in betaine yields from marine algal species commonly used in the preparation of seaweed extracts used in agriculture. Phycology* 76, 14.

Blunden, G., Jones, E.M., Passam, J.C., (1978) *Effects of postharvest treatment of fruit and vegetables with cytokinin-active seaweed extract and kinetin solutions. Bot. Mar.* 21, 237–240.

Boček, S., Salaš, P., Saskova, H., Mokričková, J. (2012): *Effect of algisure® (seaweed extract), myco-sinrvin (sulfuric clay) and polyversumr (pythium oligandrum drechs.) on yield and disease control in organic strawberries, Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, Volume LX, Number 8*

Bouille, P., Sotta, B., Miginiac, E., Merrien, A. (1989): *Hormones and pod development in oilseed rape (Brassica napus), Plant Physiology*, (1989)90, 876-880

Boussiba, S. (1988): *Anabaena azollae as a nitrogen biofertilizer. In: Stadler, T., Mollion, J., Verdus, M. C., Karamanos, Y., Moryan, H., Christiaen, D. (eds.), Algal Biotechnology, Elsevier Applied Sciences, England, pp. 169-178.*

Burbulis, N., Jonytiene, V., Blinstrubiene, A., Kupriene, R., Liakas, V., Vaguseviciene, I. (2012): *Cold tolerance of Brassica napus L. as influenced by weather conditions during wintering, Journal of Food Agriculture & Environment*, (10) 3-4; p 277-280, pp 277

Chaudhury, A. M., Letham, S., Craig, S., Dennis, E. S. (1993): *AMP1 – a mutant with high cytokinin levels and altered embryonic pattern, faster*

vegetative growth, constitutive photomorphogenesis and precocious flowering. Plant J. 4: 907-916.

Chauvaux, N., Child, R., John, r., Ulvskov, K., Borkhard, B., Prinsen, E., van Onckelen, H. A. (1997): *The role of auxin in cell separation in the dehiscence zone of oilseed rape pods, Journal of experimental Botany, Vol 48, No 312, pp 1423-1429*

Craige, J. S., MacKinnon, S., Walter, J., (2008.) *Liquid seaweed extracts identified usingH NMR profiles. J. Appl. Phycol. 20, 665–671.*

Craige, J. S. (2011): *Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. J. Appl. Phycol.; 23, 371-393.*

Cuevas, J., C., Lo´Pez-Cobollo, R., Alca´Zar, R., Zarza, X., Koncz, C., Altabella, T., Salinas, J., Tiburcio, A., F., Ferrando, A. (2008): *Putrescine is involved in Arabidopsis freezing tolerance and cold acclimation by regulating abscisic acid levels in response to low temperature. Plant Physiol 148:1094–1105*

Davière, J-M., Achrad, P. (2013): *Gibberellin signaling in plants, development at a glance, 140, 1147-1151*

den Boer, B. G. W., Murray, A. H. (2000): *Triggering the cell cycle in plants. Trends Cell Biol. 10: 245-250.*

du Jardin (2015): *Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation, Scientia Horticulturae 196 (2015) 3-14*

Dwelle, R.B., Hurley, P.J., (1984) *The effects of foliar application of cytokinins on potato yields in southeastern Idaho. Ida. Agric. Exp. Stn. U. S. A., 293–299.*

European Biostimulants Industry Council, (2012) *EBIC and Biostimulants in Brief., <http://www.biostimulants.eu/>*

Elanwar, M., Osman, H., El-Sheekh, M. M., El-Naggar, A. H., Gheda, S.F. (2010): *Effect of two species of cyanobacteria as biofertilizers on some metabolic activities, growth, and yield of pea plant, Biol. Fertil. Soils, (46)861-875*

El-Deen, A. H. N., Abdel-Kafie, O. M., El-Ghareb, N. M. (2013): *Evaluation of seaweed extract and various plant products against Meloidogyne incognita on basil, XXIII. Keszthelyi Növényvédelmi Fórum,*

El Moniem, E. A. A., Abd-Allah, A. S. E. (2008): *Effect of Green Alga Cells Extract as Foliar Spray on Vegetative Growth, Yield and Berries Quality of Superior Grapevines, American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 4 (4): 427-433, © IDOSI Publications*

El-Mougy, N. S., Abdel-Kader, M. M. (2013): *Effect of Commercial Cyanobacteria Products on the Growth and Antagonistic Ability of Some Bioagents under Laboratory Conditions, Journal of Pathogens, Volume 2013, Article ID 838329, 11 pages, Hindawi Publishing Corporation*

Elumalai, L. K., Rengasamy, R. (2012): *Synergistic Effect of Seaweed Manure and Bacillus sp. on Growth and Biochemical Constituents of Vigna radiata L., Journal of Biofertilizers & Biopesticides 2012, 3:3*

El-Yazied, A. A., El-Gizawy, A. M., Ragab, M. I., Hamed, E. S. (2012): *Effect of Seaweed Extract and Compost Treatments on Growth, Yield and Quality of Snap Bean, Journal of American Science 2012;8(6)*

Eóry T. (2001): *A repce termesztése, Budapest. 168.*

Erdei, L. (2008): *Növényélettan. Növekedés- és fejlődésélettan. JATEPress, Szeged.*

Fan, D., Hodges, D. M., Zhang, J., Kirby, C. W., Ji, X., Locke, S. J., Critchley, A. T., Prithiviraj, B. (2010): *Commercial extract of the brown seaweed Ascophyllum nodosum enhances phenolic antioxidant content of spinach (Spinacia oleracea L.) which protects Caenorhabditis elegans against oxidative and thermal stress, Food Chemistry 124 (2011) 195–202, Elsevier Ltd.*

Farhoudi, r., saeedipour, S. (2011): *Effect of exogenous abscisic acid on antioxidant activity and salt tolerance in rapeseed (Brassica napus) cultivars. Res Crops. 2011;12(1):122–30.*

Featonby-Smith, B. C., Van Staden, J. (1983a): *The Effect of Seaweed Concentrate and Fertilizer on the Growth of Beta vulgaris, Zeitschrift für Pflanzenphysiologie, Volume 112, Issue 2, October 1983, Pages 155-162*

Featonby-Smith, B. C., Van Staden, J. (1983b): *The Effect of Seaweed Concentrate on the Growth of Tomato Plants in Nematode-Infested Soil, Scientia Horticulturae, 20 (1983) 137–146, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam*

Ferreira, M.I., Lourens, A. F. (2002): *The efficacy of liquid seaweed extract on the yield of canola plants, South African Journal of Plant and Soil, 19:3, 159-161*

Fike, J.H., Allen, V.G., Schmidt, R.E., Zhang, X., Fontenot, J.P., Bagley, C.P., Ivy, R.L., Evans, R.R., Coelho, R.W., Wester, D.B., (2001) *Tasco-Forage I influence of seaweed extract on antioxidant activity in tall fescue and in ruminants. J.Anim. Sci. 79, 1011–1021.*

Finnie, J. F., van Staden, J. (1985): *Effect of Seaweed Concentrate and Applied Hormones on In Vitro Cultured Tomato Roots, Journal of Plant Physiology, Volume 120, Issue 3, August 1985, Pages 215-222*

Fletcher, R. A., McCulloch, D. (1971): *Cytokinin-induced chlorophyll formation in cucumber cotyledons. Planta 101: 88.*

Fleurence, J., (1999) *Seaweed proteins: biochemical, nutritional aspects and potential uses. Trends Food Sci. Technol. 10, 25–28.*

Fornes, F., Sanchez-Perales, M., Guardiola, J.L., (2002) *Effect of a seaweed extract on the productivity of 'de Nules' Clementine mandarin and Navelina orange. Bot.Mar. 45, 486–489.*

Ganapathy, S. G., Sivakumar, K. (2013): *Effect of foliar spray form seaweed liquid fertilizer of Ulva reticulata (Forsk.) on Vigna mungo L. and their elemental composition using SEM- energy dispersive spectroscopic analysis. A. Pac. J Rep. 2013; 2(2):119-125*

Gaveliene, V. Novickiene, L. Miliuviene, L. Brazauskiene, I. Kazlauskiene, D. (2005): *Possibilities of use growth regulators in winter oilseed rape growing technology 2. Effects of auxin analogues on the formation of oilseed rape generative organs and plant winterhardiness. Agronomy Research 3(1), 9-19*

Gaveliene, V. Novickiene, L. Pakalniskyte, L (2013): *Effect of physiological analogues on rapeseed (Brassica napus) cold hardening, seed yield and quality. Journal of Plant Research, (126)2; 283-292*

Ghannam, A., Abbas, A., Alek, H., Al-Waari, Z., Al-Ktaifani, M. (2013): *Enhancement of local plant immunity against tobacco mosaic virus infection after treatment with sulphated-carrageenan from red alga (Hypnea musciformis), Physiological and Molecular Plant Pathology 84 (2013) 19-27, Elsevier publisher*

Ghassemi-Golezani, K., Khomari, S. Valizadeh, M., Alyari, H. (2008): *Changes of chlorophyll content and fluorescence of leaves of winter rapeseed affected by seedling vigor cold acclimation duration. Journal of Food Agriculture & Environment, (6) 3-4; p 196-199; pp 196*

Ghasolia, B., Shandilya, D., Maheshwari, R. (2013): *Multiple shoot regeneration of Bacopa monnieri (L.) Using Cyanobacterial Media- A Novel Approach and Effect of Phytohormones on in vitro micropropagation, International Journal of Recent Biotechnology, 2013, 1 (2): 27-33*

Gregory, L. E. (1956): *Some factors for tuberization in the potato. Ann. Bot. 41:281-288.*

Guivarc'h, A., Rembur, J., Goetz, M., Roitsch, T., Noin, M., Schmülling, T., Chriqui, D. (2002): *Local expression of the ipt gene in transgenic tobacco (Nicotiana tabacum L. cv. SR1) axillary buds establishes a role for cytokinins in tuberization and sink formation. J. Exp. Bot. 53: 621–629.*

Gupta, S., Kulkarni M. G., White, J. F., Stirk, W.A., Papenfus, H. B., Dolezal, K., Ördög, V., Norrie, J., Critchle, A., van Staden, J. (2021): *Categories of various plant biostimulants-mode of application and shelf-life, pp. 3 in Bisotimulants for crops from seed germination to plant development*

Gurusaravanan, P., Vinoth, S., Kumar, S. M., Thajuddin, N., Jayabalan, N. (2013): *Effect of cyanobacterial extracellular products on high-frequency in vitro induction and elongation of Gossypium hirsutum L organs through shoot apex explants, Journal of Genetic Engineering and Biotechnology (2013) 11, 9–16*

Haagen-Smit, A. J., Dandliker, W. B., Wittwer, S. H., Murneek, A. E. (1946): *Isolation of 3-indolacetic acid from immature corn kernels. Amer. J. Bot. 33:118-120.*

Haberlandt, G. (1913): *Zur Physiologie der Zellteilung. Sitzber. K. Preuss. Akad. Wiss. p. 318.*

Haider, M.W., Ayyub, C.M., Pervez, M.A., Asad, H.U., Manan, A., Raza, S.A., Ashraf, I. (2012). *Impact of foliar application of seaweed extract on growth, yield and quality of potato (Solanum tuberosum L.). Soil Environ. 31, 157–162.*

Han, X., Zeng, H., Bartocci, P., Fantozzi, F., Yan, Y. (2018): *Phytohormones and Effects on Growth and Metabolites of Microalgae: A Review, Fermentation 2018, 4:25, 1-15*

Haroun S. A., Hossein M. H. (2003): *The promotive effect of algal biofertilizers on growth, protein pattern and some metabolic activities of Lupinus termis plants grown in siliceous soil. Asian J. Plant Sci., 2(13): 944-951.*

Hassan, S. M., Ghareib, H. R. (2009): *Bioactivity of Ulva lactuca L. acetone extract on germination and growth of lettuce and tomato plants, African Journal of Biotechnology Vol. 8 (16), pp. 3832-3838, ISSN 1684–5315 © 2009 Academic Journals*

Hoffmann, S. (2011): *Ipari- és takarménynövények termesztése, Digitális Tankönyvtár, Könyvek, Alkalmazott tudományok, Mezőgazdaság; Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi egyetem, Debreceni Egyetem*

Horrigan L. R. S., Lawrence, P., Walker P (2002): *How Sustainable Agriculture Can Address the Environmental and Human Health Harms of Industrial Agriculture. Environ Health Perspect. 110:445-456*

Hernández-Herrera, R. M., Santacruz-Ruvalcaba, F., Ruiz-López, M. A., Norrie, J., Hernández-Carmona, G. (2013): *Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (Solanum lycopersicum L.), Journal of Appl. Phycol. (2014) 26:619–628, © Springer Science+Business Media Dordrecht*

Huang, X. Q., He, R. Q., Liao, X. Y., Zhou, B., Peng, W. S. Lin, J. Z., Tang, D. Y., Zhu, Y.H., Zhao, X. Y., Liu, X. M. (2014): *Effect of exogenous gibberellin on reserve accumulation during the seed filling stage of oilseed rape, Genetics and Molecular Research, 13 (2): 2827-2839*

Ibrahim, W. M., Essa, A. M., El-kassim, N. A., Mahmud, R. M. (2010): *Effect of cyanobacterial extract on growth and some enzymatic activities of Sorghum durra and Helianthus annuus seedling, Proc. 6th Int. Con. Biol. Sci. (Bot), 6: 49-57*

Jablonski, J. R., Skoog, F. (1954): *Cell enlargement and cell division in excised tobacco pith callus. Physiol. Plant. 7: 16-24.*

Jannin, L., Arkoun, M., Etienne, P., Laine, P., Goux, D., Garnica, M., Fuentes, M., San Francisco, S., Baigorri, R., Cruz, F., Houdusse, F., Garcia-Mina, S-M., Yvin, J-C., Ourry, A. (2012): *Brassica napus Growth*

is Promoted by *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jol. *Seaweed Extract: Microarray Analysis and Physiological Characterization of N, C, and S Metabolisms*, *Journal of Plant Growth Regulation* (2013) 32:31–52, Springer Science & Business Media

Jayaraj, J., Wan, A., Rahman, M., Punja, Z. K. (2008): *Seaweed extract reduces foliar fungal diseases on carrot*, *Crop Protection* 27 (2008) 1360–1366, Elsevier

Jäger, K. (2005): *Növényi Növekedésszabályozó Anyagokat (Pgr) Termelő Algatorzsek, Mint Alternatív Hormonforrások Felhasználása Magasabb Rendű Növények Szövettenyésztésében, Doktori (PhD) Értekezés, Mosonmagyaróvár*

Kajdi, F. (2010-2014): *Saját gyűjtésű meteorológiai adatok a mosonmagyaróvári tangazdaság területéről*

Karthikeyan, A., Nagasathya, A., Shanthi, V., Priya, E. (2008): *Hypersaline Cyanobacterium: A Potential Biofertilizer for Vigna mungo. L (Black Gram)*, *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 2 (1): 87-91, AENSI

Kádár, I. (2008): *A repce tápanyagigényéről és műtrágyázásáról*, *Agrofórum*. 19.7: pp 22.

Kecskés, I. (2009): *Az őszi káposztarepce termesztése a Szerncsi Mezőgazdasági Zrt-ben*, *Agrofórum extra*, 29/24-25

Khan, W., Rayirath, U.P., Subramanian, S., Jithesh, M.N., Rayorath, P., Hodges, D.M., Critchley, A.T., Craigie, J.S., Norrie, J., Prithiviraj, B., (2009) *Seaweed extracts asbiostimulants of plant growth and development*. *J. Plant Growth Regul.* 28,386–399.

Kim, J., Kim, J-D. (2008): *Inhibitory Effect of Algal Extracts on Mycelial Growth of the Tomato-Wilt Pathogen, Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*, *Mycobiology* 36(4): 242-248 (2008), © The Korean Society of Mycology

Knop, W. (1865): *Quantitative Untersuchungen über die Ernährungsprozesse der Pflanzen*. *Landw. Vers. Sta.* 7: 93.

Kozmáné, P. G. (2013): *A repcetermesztés agrárökonómiai szemmel*, *Őstermelő, Gazdálkodók lapja*, 2013/3; 28-31

Kögl, F., Haagen-Smit, A. J. (1931): Über die Chemie des Wuchsstoffs. K. Akad. Wetenschap. Amsterdam Proceedings. Section Science 34: 1411–1416.

Kögl, F., Haagen-Smit, A.J., Erxleben, H. (1934): Über ein neues Auxin ("Heteroauxin") aus Harn. XI. Z. Physiol. Chem. 228: 90-103.

Kulik, M. M. (1995): *The potential for using cyanobacteria (blue-green algae) and algae in the biological control of plant pathogenic bacteria and fungi*, *European Journal of Plant Pathology* 101:585-595, Kluwer Academic publisher, Netherland

Kuraishi, S. (1959): *Effect of kinetin analogs on leaf growth*. *Sci. Pap. Coll. Gen. Ed. Univ. Tokyo* 9: 67.

Lakshmi, P. T. V., Annamalai, A. (2008): *The Effects of Cyanobacterial (Blue Green Algae) Culture Filtrates on the Biomass and Biochemicals of Withania somnifera Dunal*, *Asian Journal of Plant Sciences*, 7: 37-43.

Latique, S., Chernane, H., Mansori, M., El Kaouna, M. (2013): *Seaweed Liquid Fertilizer Effect on Physiological and Biochemical Parameters of Bean Plant (Phaesolus Vulgaris Variety Paulista) Under Hydroponic System*, *European Scientific Journal* October 2013 edition vol.9, No.30 ISSN: 1857 – 7881

Letham, D. S. (1963): *Zeatin, a factor inducing cell division isolated from Zea mays*. *Life Sci.* 2: 569-573.

Letham, D. S., Shannon, J. S., McDonald, I. R. (1964.): *The structure of zeatin, a factor inducing cell division*. *Proc. Chem. Soc.* 230-231

Leung, J., Giraudat, J. (1998): *Abscicic acid signal transduction*, *Annual Reviews of Plant Physiology and Plant molecular Biology* 59:199-222

Li, H., Li, J., Song, J., Zhao, B., Guo, C., Wang, B., Zhang, Q., Wang, J., King, G. J., Liu, K. (2018): *An auxin signaling gene BnaA3.IAA7 contributes to improved plant architecture and yield heterosis in rapeseed*. *New Phytologist*, vol 222m Issue 2 pp. 837-851

Lichtenthaler, H., K. (1987) *Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes*. In: *Methods In Enzymology*, Pacher, L & Douce, A. (Eds), Academic Press New York, **148**: 350-382. *Can. Journal Of Microbiology*, **33**:390-395

Lotfi, R., Gharavi-Kouchebagh, P., Khoshvaghti, H. (2015): *Biochemical and physiological responses of Brassica napus plants to humic acid under water stress. Russian Journal of Plant Physiology, (62)4 pp480-486*

Lola-Luza, T., Hennequartb, F., Gaffneyc, M. (2014): *Effect on health promoting phytochemicals following seaweed application, in potato and onion crops grown under a low input agricultural system, Scientia Horticulturae 170 (2014) 224–227, Elsevier publisher*

Lujanratana, O., Griffin, W. J. (1982): *The Effect of a Seaweed Extract on the Alkaloid Variation in a Commercial Plantation of a Duboisia Hybrid, Pharmacy Department, University of Queensland, St. Lucia, QLD 4067, Australia*

MacKinnon, S.A., Craft, C.A., Hiltz, D., Ugarte, R., (2010) *Improved methods of analysis for betaines in Ascophyllum nodosum and its commercial seaweed extracts. J. Appl. Phycol. 22, 489–494.*

Malik, F.R. Ahmed, S. Rizki, Y.M. (2001) *Utilization of lignocellulosic waste for the preparation of nitrogenous biofertilizer. Pakistan Journal of Biological Sciences. 4: 1217–1220.*

Mattnera, S. W., Witea, D., Richesa, D.A., Portera, I. J., Ariolid, T. (2013): *The effect of kelp extract on seedling establishment of broccoli on contrasting soil types in southern Victoria, Australia, Biological Agriculture & Horticulture, 2013 Vol. 29, No. 4, 258–270, Taylor & Francis*

Matysiak, K., Dubas, M., Kierzek, R., Kaczmarek, S. (2014): *Influence of sea weed extract (Ecklonia maxima) applied with tebuconazole on two cultivars of winter rape. Journal of Research and Applications in Agricultural Engieenig, 59(4)*

Mazhar, S., Cohen, J. D., Hasnain, S. (2012): *Auxin producing non-heterocystous Cyanobacteria and their impact on the growth and endogenous auxin homeostasis of wheat, Journal of basic Microbiology, 53, 996–1003*

Mäder, P., Kaiser, F., Adholeya, A., Singh, R., S. Uppal, H., Sharma, A. K., Srivastava, R., Sahai, V., Aragno, M., Wiemken, A., Johri, B, N., Fried, P, M. (2011): *Inoculation of root microorganisms for sustainable wheaterice and wheateblack gram rotations in India; Soil Biology & Biochemistry, 43 (2011) 609-619*

- Merkys, A., Novickien, E., L., Darginavicien, E., J., Maksimov, G. (2007):** *Advantages of auxin analogues of plant growth and productivity regulators. Int. J. Environ Pollut* 29:443–456
- Metting, F. B. (1988):** *Micro-algae in agriculture. In: Borowitzka, M. A., Borowitzka, L. J. (eds.), Micro-algal Biotechnology. Cambridge University Press, Cambridge pp. 289-303.*
- Metting, F. B. (1991):** *Biological surface features of semiarid lands and deserts. In: J. Skujins (ed.), Semiarid Lands and Deserts. Soil Resource and Reclamation. Marcel Dekker, New York. pp. 257-293.*
- Mészáros, M. (2013):** *Az alga felhasználás területei és termesztés technológiái, Gazdasági, Agrár- és Egészségtudományi Kar, Szent István Egyetem, Szarvas, pp 47*
- Miliuvienė, L., Novickienė, L., Gavelienė, V., Brazauskienė, I., Pakalniškytė, L. (2004):** *Possibilities to use growth regulators in winter oilseed rape growing technology, 1. The effect of retardant analogues on oilseed rape growth. Agronomy Research* 2(2) 207-215.
- Miller, C. O. (1956):** *Similarity of some kinetin and red light effects. Plant Physiol.* 31: 318.
- Molisch, H. (1937):** *Der Einfluss einer Pflanze auf die andere, Allelopathie. Fischer, Jena. pp. 106.*
- Molnár, Z., Ördög, V. (2005a):** *Microalgal and cyanobacterial extracts in the tissue cultures of higher plants (pea, tobacco, beet), Acta Biologica Szegediensis, Volume 49 (1-2):39-40, 2005*
- Molnár, Z., Ördög, V. (2005b):** *The effect of cyanobacterial compounds on them organogenesis of pea cultured in vitro, Acta Biologica Szegediensis, Volume 49 (1-2):37-38, 2005*
- Möllerl, M., Smith, M. L. (1998):** *The Significance of the Mineral Component of Seaweed Suspensions on Lettuce (Lactuca sativa L.) Seedling Growth, Journal of Plant Physiology, WIL 153. pp. 658-663*
- Muromcev, G. Sz., Agnyisztyikova, V. N. (1976):** *Gibberellinek, a növények hormonjai, Mezőgazdasági Kiadó, 9*
- Nagahama, T., Fujimoto, K., Takami, S., Kinugawa, A., Narusuye, K., (2009)** *Effective amino acid composition of seaweeds inducing food preference behaviors in *Aplysia kurodai*. Neurosci. Res.* 64, 243–250.

- Nakamura, T., Nagayama, K., Uchida, K., Tanaka, R., (1996)** *Antioxidant activity of phlorotannins isolated from the brown alga Eisenia bicyclis*. *Fish. Sci.* 62,923–926.
- Namvar, A., Khandan, T. (2015)** *Inoculation of rapeseed under different rates of inorganic nitrogen and sulfur fertilizer: impact on water relations, cell membrane stability, chlorophyll content and yield*. *Archives of Agronomy and Soil Science*, (61)8; pp 1137-1149
- Navaneethakrishnaraj, Varalakshmi, P., Malliga, P. (2009):** *Efficacy of Coir Waste Based Oscillatoria Annae as Basal and Foliar Biofertilizer on Menta Sp., Cauvery Research Journal, Volume 2, Issue 2, pp. 90-93*
- Nehnevajova, E., Ramireddy, E, Stolz, A., Gerdemann-Knörck, M., Novák, O., Strnad, M., Schmölling, T. (2019):** *Root enhancement in cytokinin-deficient oilseed rape causes leaf mineral enrichment, increases the chlorophyll concentration under nutrient limitation and enhances the phytoremediation capacity*, *BMC Plant Biology*, 19:83 1-15
- Notterpek, T. J., Ördög, V. (2021):** *Az Athrospira platensis cianobaktérium hatása bogyós gyümölcsű fűszerekre, Acta Agronomica Óváriensis*, pp. 4-20
- Obana, S., Miyamoto, S., Morita, S., Ohmori, M., Inubushi, K. (2007):** *Effect of Nostoc sp. on soil characteristic, plant growth and nutrient uptake*. *Journal of Appl. Phycol*, DOI 10.1007/s10811-9193-4, 6th Meeting of the Asian Pacific Society of Applied Phycology, Manila
- Ogunlela, V. B. Kulmann, A., Geisler, G. (1989):** *Leaf Growth and Chlorophyll Content of Oilseed Rape (Brassica napus L.) as Influenced by Nitrogen Supply*, *J.Agronomy & Crop Science* 163. 73-89.
- Olasz, Zs. (2013):** *Növényi- és talajkondicionáló készítmények engedélyezése*
- Országos Meteorológiai Intézet (OMSZ) (2016):** *Hivatalos adatközlés doktori disszertáció készítése érdekében*
- Osman, M. E. H., El-Sheekh, M. M., El-Naggar, A. H., Gheda, S. F. (2010):** *Effect of two species of cyanobacteria as biofertilizers on some metabolic activities, growth, and yield of pea plant*, *Biol Fertil Soils* (2010) 46:861–875, © Springer-Verlag
- Ördög, V. (1982):** *Apparatus for laboratory algal bioassay*. *Internat. Revue Ges. Hydrobiol.* 67: 127-136.

Ördög, V. (1999): *Beneficial effects of microalgae and cyanobacteria in plant/soil system with special regard to their auxin and cytokinin like activity. International workshop and training course on microalgal biology and biotechnology, Mosonmagyaróvár, Hungary, June 13–26, UNESCO (International Cell Research Organization), pp 43–44*

Ördög, V. (2014): *Mikroalgák biotechnológiai alkalmazása a növénytermesztésben és növényvédelemben, Doktori Értekezés, Nyugat-magyarországi egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar, Növénybiológiai Intézet, Mosonmagyaróvár, 2014*

Ördög, V., Molnár, Z. (2011): *Növényélettan, Az Agrármérnöki MSc szak tananyagfejlesztése TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010 projekt*

Pacholczak, A., Szydło, W., Petelewicz, P., Szulczyk, K. (2013): *The Effect of Algaminoplant on Rhizogenesis in Stem Cuttings of Physocarpus Opulifolius ‘Dart’s Gold’ And ‘Red Baron’, Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 12(3) 2013, 105-116*

Painter, T. J. (1993): *Carbohydrate polymers in desert reclamation: the potential of microalgal biofertilizers. Carboh. Polym. 20: 77-86.*

Paknejad, F. M, Nasri, H. R. T., Moghamad, H., Zahedi, Alahmadi, M. J. (2007): *Effect of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of cultivars. Journal of Bilogical Science, 7(6): 841-847*

Papenfus, H. B., Kulkarni, M.G., Stirk, W. A., Finnie, J. F., Van Staden, J. (2012): *Effect of a commercial seaweed extract (Kelpak®) and polyamines on nutrient-deprived (N, P and K) okra seedlings, Scientia Horticulturae 151 (2013) 142–146, Research Centre for Plant Growth and Development, School of Life Sciences, University of KwaZulu-Natal Pietermaritzburg*

Perera, N., Sirimanne, C., Hettiarachchi, C. (2010): *Effect of a Plant Vitamin on the Growth of the Tomato Plant (Lycopersicon Esculentum), Department of Chemistry, University of Colombo, Colombo 3*

Perrot-Rechenmann, C. (2010): *Cellular responses to auxin: division versus expansion. Cold Spring Harbour Perspectives in Biology*

Pozo, J. C.; Lopez-Matas, M.; Ramirez-Parra, E.; Gutierrez, C. (2005): *Hormonal control of the plant cell cycle. Physiol. Plant. 2005, 123, 173–183.*

Pramanik, K., Mohaparta, P.P. (2017): *Role of auxin on growth, yield and quality of tomato – A review; International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(11): 1624-1636

Prasanna, R., Sood, A., Jaiswal, P., Nayak, S., Gupta, V., Chaudhary, V., Joshi, M. & Natarajan, C. (2010): *Rediscovering cyanobacteria as valuable sources of bioactive compounds. Appl.Biochem. Microbiol.* 46:133-147.

Pécs, M. (2012): *Gibberellinek, Biotermék technológia 2; 8. Gibberelinsav gyártása I*

Pise, N. M., Sabale, A. B. (2010): *Effect of Seaweed Concentrates on the Growth and Biochemical Constituents of Trigonella Foenum-Graecum L., Journal of Phytology 2010, 2(4): 50–56*

Rademacher, W. (2000): *Growth retardants: effect on Gibberellin Biosynthesis and other Metabolic Pathways. Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol 51:501–531*

Ramírez, D. A., Yactayo, W., Gutiérrez, R., Mares, V., Mendiburu, F. D., Posadas, A., Quiroz, R. (2014): *Chlorophyll concentration in leaves in an indicator of potato tuber yield in water-shortage conditions. Sci.Hortic. Amsterdam, (168), pp 202-209*

Rao, K. (1991) *Effect of seaweed extract on Zyziphus mauratiana Lamk. J. Ind. Bot.Soc. 71, 19–21.*

Rapacz, M. (1998): *The after-effects of temperature and irradiance during early growth of winter oilseed rape (Brassica napus L. var. olifera cv. Gorzanski) seedlings ont he progress of their cold acclimatoin. Acta Physiologiae Plantarum (20)73-78*

Rathore, S. S., Chaudhary, D. R., Boricha, G. N., Ghosh, A., Bhatt, B. P., Zodape, S. T., Patolia, J. S. (2009): *Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (Glycine max) under rainfed conditions, South African Journal of Botany 75 (2009) 351–355, Elsevier publisher*

Rayorath, P., Benkel, B., Hodges, D.M., Allan-Wojtas, P., MacKinnon, S., Critchley, A. T., Prithiviraj, B., (2009) *Lipophilic components of the brown seaweed, Ascophyllum nodosum, enhance freezing tolerance in Arabidopsis thaliana. Planta 230, 135–147*

Reitz, S. R., Trumble, J. T. (1996): *Effects of Cytokinin-Containing Seaweed Extract on Phasolus lunatus L.: Influence of Nutrient Availability and Apex Removal, Botanica Marina* Vol. 39, pp 33-38

Rodríguez, A. A., Stella, A. M., Storni, M. M., Zulpa, G., Zaccaro, M. C. (2006): *Effects of cyanobacterial extracellular products and gibberellic acid on salinity tolerance in Oryza sativa L, Saline Systems* 2006 2:7; doi:10.1186/1746-1448-2-7; BioMed Central Ltd.

Romanenko, E. A.; Kosakovskaya, I.V.; Romanenko, P.A. (2015): *Phytohormones of Microalgae: Biological Role and Involvement in the Regulation of Physiological Processes. Pt I. Auxins, Abscisic Acid, Ethylene. Int. J. Algae* 2015, 17, 275–289.

Roussos, P.A., Denaxa, N-K., Damvakaris, T. (2009): *Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds, Scientia Horticulturae* 119 (2009) 138–146, Elsevier Publisher

Saadatnia, H., Riahi, H. (2008): *Cyanobacteria from paddy fields in Iran as a biofertilizer in rice plants, Plant Soil Environ.,* 55, 2009 (5): 207–212

Sabira, A., Yazara, K., Sabira, F., Karaa, Z., Yazicib, M.A., Goksu, N. (2014): *Vine growth, yield, berry quality attributes and leaf nutrient content of grapevines as influenced by seaweed extract (Ascophyllum nodosum) and nanosize fertilizer pulverizations, Scientia Horticulturae* 175 (2014) 1–8, Elsevier publisher

Sahin, F. (2011): *Development and application of biofertilizers and biopesticides for crop production and protection, Current Opinion in Biotechnology* 22S (2011) S15–S152, Yeditepe University, Faculty of Engineering And Architecture, Department of Genetics and Bioengineering, Istanbul, Turkey

Sharma H.S.S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J.R. & Martin, T. (2014): *Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. J. Appl. Phycol.* 26:465-490.

Salkowski, E. (1885): Über das Verhalten der skatolcarbonsäure im Organismus. *Zeitschr. Physiol. Chem.* 9: 23-33.

Salma, L., Aymen, E. M., Maher, S., Hassen, A., Chérif, H., Halima, C., Mounir, M., Mimoun, E. (2014): *Effect of seaweed extract of Sargassum*

vulgare on germination behavior of two bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) under salt stress, *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, Volume 7, Issue 2 Ver. I, PP 116-120

Sanchez, J. A. V., Ilyina, A., Jimenez, L. P. M. V., Torres, R., Herrera, R. R., Lopez, B. C., Martinez, J. R. (2003): *Isolation of Microbial Groups From a Seaweed Extract And Comparison of their Effects on a Growth of Pepper Culture (Capsicum Annuum L.), BECTH. MOCK. VH-TA. CEP. 2. ХИМИЯ. 2003. Т. 44. № 1*

Sarhan, T. Z. (2011): *Effect Of Humic Acid And Seaweed Extracts On Growth and Yield Of Potato Plant (Solanum tubersum L.) Desiree Cv., Mesopotamia j. of Agric, Vol. (39) No (2)*

Sasikumar, K., Govindan, T., Anuradha, C. (2011): *Effect of Seaweed Liquid Fertilizer of Dictyota dichotoma on growth and yield of Abelmoschus esculantus L., European Journal of Experimental Biology, 2011, 1 (3):223-227, Pelagia Research Library*

Sathya, B., Indu, H., Seenivasan, R., Geetha, S. (2010): *Influence Of Seaweed Liquid Fertilizer On The Growth And Biochemical Composition Of Legume Crop, Cajanus Cajan (L.) Mill Sp., Journal of Phytology 2010, 2(5): 50–63,*

Seema, T., Arnold, R., Tiwari, A., Mishra, R. M., Chauhan, U. K. (2011): *Cyanobacterial extract and MS media as a novel tool for In-vitro regeneration of Stevia rebaudiana Bertoni, Journal of Algal Biomass Utilization, 2011, 2 (2): 24– 40, Phyco Spectrum Inc.*

Sekina T. A., Tantawy, M., Nagwa M. A. (2010): *Growth responses of Lupinus termis to some plant growth promoting cyanobacteria and bacteria as biofertilizers, Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.8 (3&4): 1178-1183. 2010, WFL Publisher*

Selvam, G. G., Sivakumar, K. (2013): *Influence of seaweed extract as an organic fertilizer on the growth and yield of Arachis hypogea L. and their elemental composition using SEM–Energy Dispersive Spectroscopic analysis, Asian Pacific Journal of Reproduction 2014; 3 (1): 18-22, Elsevier Publ.*

Selvaraj, R., Selvi, M., Shakila, P., (2004) *Effect of seaweed liquid fertilizer on Abelmoschus esculentus and Lycopersicon esculentum. Seaweed Res. Util. 26,121–123.*

Sergeeva, E. - Liaimer, A. -Bergman, B. (2002): *Evidence for production of the phytohormone indole-3-acetic acid by cyanobacteria. Planta 215.2: 229-238.*

Shanab, S. M.M. (2001): *Effect of fresh water cyanobacterial extracts on alkaloid production of the in vitro Solanum elaeagnifolium tissue culture,*

Shanab, S. M. M.; Saker, M. M.; Abdel-Rahman, M. H. M. (2003): *Crude extracts of some fresh water Cyanobacteria have auxinlike activity on potato tissue culture, Arabian Journal of Biotechnology, Vol. 6, No. (2): 297-312.*

Shanan, N. T., Higazy, A. M. (2009): *Integrated Biofertilization Management and Cyanobacteria Application to Improve Growth and Flower Quality of Matthiola Incana. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 5(6): 1162-1168, 2009 © 2009, INSInet Publication*

Sharma H. S. S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J.R. & Martin, T. (2014): *Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. J. Appl. Phycol. 26:465-490.*

Sing, S. (2014): *A review on possible elicitor molecules of cyanobacteria: their role in improving plant growth and providing tolerance against biotic or abiotic stress. Journal of Applied Microbiology 117, 1221–1244, ISSN 1364-5072*

Sivasankari, S., Venkatesalu, V., Anantharaj, M., Chandrasekaran, M. (2003): *Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of Vigna sinensis, Bioresource Technology 97 (2006) 1745–1751, Elsevier publ.*

Skoog, F., Miller, C. O. (1957): *Chemical regulation of growth and organ formation in plant tissues cultured in vitro. Symp. Soc. Exp. Biol. 11: 118–131.*

Soha, S. M. M. (2012): *Microalgal Biotechnology: Prospects and applications, Plant Science, pp 277*

Sood H, Chauhan RS (2010): *Biosynthesis and accumulation of a medicinal compound, Picroside-I, in cultures of Picrorhiza kurroa Royle ex Benth. Plant Cell Tiss Organ Cult 100:113–117*

Sosnowski, J., Jankowski, K., Wiśniewska-Kadzajan, B., Jankowska, J. (2013): *Effect of different concentrations of kelpak bioregulator on the*

formation of above-ground biomass cocksfoot, Journal of Ecological Engineering, Volume 14, No. 1, Jan. 2013, pp. 48–52

Spolaore, P. Joannis-Cassan, C. Duran, E. and Isambert, A. (2006) *Commercial applications of microalgae. Journal of Bioscience and Bioengineering. 101: 87-96.*

Spinelli, F., Fiori, G., Noferini, M., Sprocatti, M., Costa, G. (2010): *A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production, Scientia Horticulturae 125, 263–269, Elsevier publisher*

Sridhar, S., Rengasamy, R. (2010): *Studies on the Effect of Seaweed Liquid Fertilizer on the Flowering Plant Tagetes erecta in Field Trial, Advances In Bioresearch, Vol 1 [2] december 2010: 29 – 34, Society of Education, India*

Srijaya, T. C., Pradeep, P. J., Chatterji, A. (2010): *Effect of Seaweed Extract as an organic Fertilizer on the Growth Enhancement of Black Mustard Plant, Jour. Coast. Env., Vol. 1., No. 2.*

Stanacev, S. (1983): *Az ipari növények termesztése. Újvidéki Dnevnik, Újvidéki Forum, Belgrádi Nolit Kiadó, 156.*

Stirk, W.A., Ördög, V., Rolčík, J., Novák, O., Strnad, M., Bálint, P. & Van Staden, J. (2013) *Auxin and cytokinin relationships in 24 microalgal strains. Journal of Phycology 49(3):pp 459-467.*

Stirk, W. A., Van Staden, J. (1996): *Comparison of cytokinin-and auxin-like activity in some commercially used seaweed extracts. J. Appl. Phycol. 1996, 8, 503–508.*

Sun, C. H., Cao, H., Shao, X., Lei, X., Xiao, Y. (2011): *Growth and physiological responses to water and nutrient stress in oil palm. African Journal of Biotechnology, 10: 10465-10471*

Szalai, I. (1994): *A növények élete I.-II. JATEPress, Szeged.*

Szentey, L. (2014): *A cukorrépa vegyszeres gyomirtása, Agrárium7, URL⁴*

Szabó L. (1993): *Magyarország kultúrflórája. Az olajrepcé. Akadémiai Kiadó, Budapest. 158.*

Takács, G., Stirk, W.A., Gergely, I., Molnár, Z., van Staden, J., Ördög, V., (2019): *Biostimulating effects of the cyanobacterium Nostoc piscinale on*

winter wheat in field experiments, *South african Journal of Botany* 126 (2019) 99-106

Tarakhovskaya, E. R., Maslov, Yu. I., Shishova, M. F. (2006): *Phytohormones in Algae, Russian Journal of Plant Physiology, Vol. 54, No. 2, pp. 163–170, © Pleiades Publishing, Ltd., Russia 2007*

Taylor, J. S., Harker, K. N., Robertson, J. M., Foster, K. R. (1990): *The Effect of a Seaweed Extract Containing Cytokinin on the Growth and Yield of Barley, Canadian Journal of Plant Science* 70: 1163-1167 (Oct. 1990)

Temple, W. D., Bomke, A. A., Radley, R. A., Holl, F. B. (1989): *Effects of kelp (Macrocystis integrifolia and Ecklonia maxima) foliar applications on bean crop growth and nitrogen nutrition under varying soil moisture regimes, Plant and Soil* 117, 75-83, Kluwer Academic Publisher

Tóth, J. (2010): *Az MACC-612 Nostoc piscinale cianobaktérium hatása fűszerpaprikára, Szakdolgozat, Mosonmagyaróvár, 2010*

Tóth, J., Geregely, I., Ördög, V. (2016): *Mikroalga kezelések hatása az őszi káposztarepce (Brassica napus L.) növekedésére és fejlődésére, Növénytermelés* 65(2016)1, 1-26

Tóth, J., Gergely, I., Berzsenyi, Z., Ördög, V., (2019): *Influence of Nosotoc entophyllum and tetracystis sp. on winter survival of rapeseed, Journal of Agricultural Science and technology* B9(2019) 251-271

Ullah, F., Bano, A., Nosheen, A. (2012): *Effects of plant growth regulators on growth and oil quality of canola (Brassica napus L.) under drought stress. Pakistan Journal of Botany, (44)6 pp1873-1880*

Vaishampayan, A., Sinha, R. P., Häder, D.-P., Dey, T., Gupta, A. K., Bhan, U., Rao, A. (2001): *Cyanobacterial Biofertilizers in Rice Agriculture, The Botanical Review* vol. 67, 01 no. 4, pp 454-494

van Overbeek, J., Conklin, M. E., Blakeslee, A. F. (1941): *Factors in coconut milk essential for growth and development of Datura embryos. Science* 94: 350.

van Staden, J., Bayley, A. D., Upfold, S. J., Drewes, F. E. (1990): *Cytokinins in cut carnation flowers. VIII. Uptake, transport and metabolism of benzyladenine and the effect of benzyladenine on flower longevity. J. Plant Physiol.* 135: 703-707.

Vinoth, S., Gurusaravanan, P., Jayabalan, N. (2011): *Effect of seaweed extracts and plant growth regulators on high-frequency in vitro mass propagation of Lycopersicon esculentum L (tomato) through double cotyledonary nodal explant, J Appl Phycol (2012) 24:1329–1337, © Springer Science+Business Media B.V*

Vijayanand, N., Ramya, S. S., Rathinavel, S. (2014): *Potential of liquid extracts of Sargassum wightii on growth, biochemical and yield parameters of cluster bean plant, Asian Pacific Journal of Reproduction 2014; 3 (2): 150-155, Elsevier Publisher*

Waalén, W., Øvergård, S. I., Åssveen, M., Eltun, R., Gusta, L. V. (2013): *Winter survival of winter rapeseed and winter turnip rapeseed in field trials, as explained by PPLs regression. European Journal of Agronomy, (51) pp81-90*

Wake, H., Umetsu, H., Ozeki, Y., Shimomura, K., Matsugana, T. (1991): *Extracts of Marine Cyanobacteria stimulated somatic embryogenesis of Daucus carot L., Plant Cell Reports, 1991,9:655-658, Springer-Verlag*

Wang, J., Liu, Z., Wang, Y., Cheng, W., Mou, H. (2014): *Production of a water-soluble fertilizer containing amino acids by solid-state fermentation of soybean meal evaluation of its efficacy on the rapeseed growth, Journal of Biotechnology, 187(34-42)*

Wang, Z., Pote, J., Huang, B., (2003) *Responses of cytokinins, antioxidant enzymes, and lipid peroxidation in shoots of creeping bentgrass to high root-zone temperatures. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 128, 648–655.*

Weyers, J. D. B.; Paterson, N. W. (2001): *Plant hormones and the control of physiological processes. New Phytol. 152: 375-407.*

Wickson, M., Thimann, K. V. (1958): *The antagonism of auxin and kinetin in apical dominance. Physiol. Plant. 11: 62.*

Wybouw, B., Rybel, de B. (2019): *Cytokinin – A developing Story, Trends in Plant Science, Vol 24, Issue 2, pp 177-185*

Yadav, S., Sinha, R.P., Tyagi, M.B. & Kumar, A. (2011): *Cyanobacterial secondary metabolites. International J Pharma & Bio Sciences 2(2):144-167.*

Yamada, K., Sekiya, J., Koshimizu, K. (1971): *Cytokinin-induced shoot formation. Phytochem 11:1019-1021.*

- Yamaguchi, S. (2008):** *Gibberelin metabolism and its regulation, Annual review of Plant Biology, Vol 59:225-251*
- Yusuf, R., Bullock, D. (1993):** *Effect of several production factors on 2 varieties of rapeseed in the central United-States. Journal of Plant Nutrition, (16)7 pp 1279-1288*
- Zaccaro, M. C., Kato, A., Zulpa, G., Storni, M. M., Steyerthal, N., Lobasso, K., Stella, A. M. (2006):** *Bioactivity of Scytonema hofmanni (Cyanobacteria) in Lilium alexandrae in vitro propagation, Electronic Journal of Biotechnology ISSN: 0717-3458 Vol.9 No.3, Special Issue, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile*
- Zanewich, K. P., Rood, S. B. (1995):** *Vernalization and Gibberelin Physiology of Winter Canola, endogenous Gibberelin (GA) Content and Metabolism of [3H]GA1 and [3H]GA20, Plant Physiology, (108)615-621.*
- Zhang, J., Creelman, R., Zhu, J. (2004):** *From laboratory to field. Information from Arabidopsis to engineer salt, cold, and drought tolerance in crops. Plant Physiol 135:615–621*
- Zhang, X. (1997):** *Influence of Plant Growth Regulators on Turfgrass Growth, Antioxidant Status, and Drought Tolerance, Crop and Soil Environmental Sciences, Dissertation*
- Zhao, Z.R., Wu, Z.L., Huang, G.Q. & Li, G.R. (1992):** *An improved disk bioassay for determining activities of plant growth regulators. J. Plant Grow. Regul. 11:209-213.*
- Zodape, S. T. (2001):** *Seaweeds as a biofertilizer, Journal of Scientific & Industrial Research, Vol 60. pp 378-372*
- Zodape, S.T., Gupta, A., Bhandari, S. C., Rawat, U. S., Chaudhary, D. R., Eswaran, K., Chikara, J. (2011):** *Foliar application of seaweed sap as biostimulant for enhancement of yield and quality of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.), Journal of Scientific & Industrial Research, Vol 70, pp 215-219*
- Zodape, S. T., Kawarkhe, V. J., Patolia, J. S., Warade, A. D. (2008):** *Effect of liquid seaweed fertilizer on yield and quality of okra (Abelmoschus esculentus L.), Journal of Scientific & Industrial Research, Vol. 67, pp. 1115-1117*

*URL*¹(2009):http://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_valtozasok/Magyarorszag/

*URL*²(2014):http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/homerseklet/

*URL*³(2014):http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/altalanos_eghajlati_jellemzes/csapadek/

*URL*⁴(2011):http://www.innoteka.hu/cikk/algak_a_novenytermesztesben.100.html

*URL*⁵(2013):http://agronaplo.hu/files/file/2013/Nufarm_repce_2013.pdf

*URL*⁶(2012): <http://www.farmit.hu/partnerek-szakmai-cikkei/szantofold/hofogsagabol-szabadulo-repceallomanyok-megitelese-allomanymustra-es-tavaszi-strategia>

*URL*⁷(2022): <https://www.mybiosource.com/small-molecule/indole-3-acetic-acid-iaa/2086259>

8. FÜGGELÉK

NÖVÉNYTERMELÉS 65 (2016) 1 1–26

Mikroalga kezelések hatása az őszi káposztarepce**(*Brassica napus*) növekedésére és fejlődésére**¹TÓTH JÁCINT–²GERGELY ISTVÁN–^{1,3}ÖRDÖG VINCE

Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,

1Növénybiológiai Intézet, Mosonmagyaróvár

2Növénytermesztéstani Intézet, Mosonmagyaróvár

3University of KwaZulu-Natal, Research Centre for Plant Growth and

Development,

Pietermaritzburg

Összefoglalás

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 2013/2014-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 1) az MACC-612 *Nostoc entophytum* 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 termés képző 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-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 2010/2011-ben (10–14%) és 2013/2014-ben (10–21%) a kontroll parcellákhoz 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

The impact of microalgae treatments on the growth and development of winter coleseed (*Brassica napus*)

1J. TÓTH–2I. GERGELY–1,3V. ÖRDÖG

Széchenyi István University, Faculty of Agricultural and Food Sciences,

1Institute of Plant Biology, Mosonmagyaróvár

2Institute of Crop Production, Mosonmagyaróvár

3University of KwaZulu-Natal, Research Centre for Plant Growth and Development,

Pietermaritzburg

Summary

The impacts of climate change are a great burden for steady agricultural production. As a result of sustainable development and environmentally sound farming becoming more preferred, agricultural production is also undergoing changes.

The aim of our experiment was to measure the impact of microalgae treatments on the growth and development of winter coleseed (*Brassica napus* L.) for two years. This publication describes the detailed findings of the first year of experiment and provides the yield data of the experiment repeated in the vegetation period of 2013/ 2014 for comparison purposes. The experimental plots were established close to Mosonmagyaróvár in 2010. The experimental crop was a winter coleseed hybrid (*Brassica napus* L. cv. Orlando 1) treated with suspensions of MACC-612 *Nostoc entophytum* and MACC-430 *Tetracystis* sp.

(concentrations were 0.03% and 0.1%) or in combination with the product also used in conventional winter coleseed production technology and also without this product. The parameters describing crop growth, the amount of photosynthetic pigments as well as yield forming elements and seed quality parameters were also examined. The autumn treatments of MACC-612 and MACC-430 (0.03% and 0.1%) increased the leaf chlorophyll content by 90–110%, the chlorophyll b content by 80–101%, the total carotenoid content by 66–81% and the leaf dry matter content by 25–37%. The two microalgae strains increased the total yield both in 2010/2011 (by 10–14%) and in 2013/2014 (by 10–21%) compared to the control plots, but the average oil content of the seeds did not change as a result of the applied treatments in either year. As a result of the two-year experiment series the 0.03% concentration and combined treatments of MACC-612 and the 0.03% concentration treatment of MACC-430 had a favourable impact on the growth and development of winter coleseed and increased its yield.

Key words: microalgae, winter coleseed, physiological stimulation, photosynthetic pigments, morphology, increasing yield

Влияние обработок микроводорослями на рост и развитие

озимого капустного рапса (*Brassica napus*)

1Я. ТОТ–2И. ГЕРГЕЙ–1,3В. ОЁРДОЁГ

Университет им.Сечени Иштвана, Факультет Сельского

Хозяйства и Науки о Пище,

1Институт Биологии Растений, Мошонмадьяровар

2Институт Растениеводства, Мошонмадьяровар

3University of KwaZulu-Natal, Research Centre for Plant

Growth and Development,

Pietermaritzburg

Резюме

Изменение климата Земли в большой мере затрудняет безопасное производство в сельском хозяйстве. С выдвиганием на первый план устойчивого развития и берегающего окружение хозяйствования изменяется и сельскохозяйственное производство также. Целью нашего опыта было измерить в двух годах опыта влияние обработок микроводорослями на рост и развитие рапса (*Brassica napus* L.). В нашей статье показываем подробные результаты первого года опыта, и для сравнения показываем результаты урожая повторного опыта в вегетационный период 2013/2014 года. Опытные парцеллы в 2010 году установили недалеко от города Мошонмадьяровара (Mosonmagyaróvár). Наше опытное растение, гибрид озимого капустного рапса (*Brassica napus* L. cv. Orlando)

обрабатывали МАСС-612 *Nostoc entophytum* и МАСС-430 *Tetracystis sp.* 0,03%-ой и 0,1%-ой суспензиями, в комбинации с применяемыми в традиционной технологии выращивания рапса пре паратом, а также и без него. Исследовали характеризующие рост растений пока затели, количество фотосинтетических пигментов, а также плодообразующие эле менты и качественные параметры семян. Осенние 0,03%-ые и 0,1%-ые обработки МАСС-612 и МАСС-430 на 90–110% увеличили содержание хлорофилла-а листьев, на 80–101% хлорофила-b, на 66–81% увеличили содержание всех каротиноидов и на 25–37%-ов содержание сухого вещества листьев. Эти два типа микроводорослей в обоих годах увеличили количество всего урожая в 2010/2011-ом (на 10–14%) и в 2013/2014-ом году (на 10–21%) по сравнению с контрольными парцеллами, но среднее содержание масла семян не изменилось ни в один из годов опыта под влиянием обработок. Согласно результатам серии опытов двух лет, обработки МАСС-612 0,03%-ой концентрацией, а также комбинированные обработки, и МАСС-430 0,03%-ая суспензия благоприятно повлияли на рост и развитие рапса, увеличили количество его урожая.

Ключевые слова: микроводоросли, рапс, органический, физиологическое стиму-
ли рование, фотосинтетические пигменты, морфология, рост урожая

Journal of Agricultural Science and Technology B 9 (2019) 251-271 doi: 10.17265/2161-6264/2019.04.004

**Influence of *Nostoc* entophytum and *Tetracystis* sp. on
Winter Survival of Rapeseed**

Jácint Tóth¹, István Gergely¹, Zoltán Berzsényi² and Vince
Ördög^{1,3}

1. Department of Plant Sciences, Faculty of Agricultural and Food Science, Széchenyi István University, Mosonmagyaróvár, Győr-Moson-Sopron 9200, Hungary

2. Department of Plant Production and Plant Protection, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Kaposvár University, Kaposvár 7400, Hungary

3. Research Centre for Plant Growth and Development, University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg, P/Bag X01, Scottsville 3209, South Africa

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 (*B. napus* L. cv. Orlando 1) plants were treated in 4-6 leaves stage with 0.3 g/L and 1 g/L suspensions of MACC-612 *Nostoc*

entophytum 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 g/L and 1 g/L 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 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%).

Key words: Microalgae, photosynthetic pigments, winter oilseed rape, winter survival.

Acta Agronomica Óváriensis Vol. 62. No.1.

**AZ ARTHROSPIRA PLATENSIS CIANOBAKTÉRIUM
HATÁSA BOGYÓS GYÜMÖLCSŰ FAISKOLAI
NÖVÉNYEKRE**

NOTTERPEK T. JÁCINT¹ – ÖRDÖG VINCE^{1,2}

¹Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és
Élelmiszertudományi Kar, Növénytudományi Tanszék,
Mosonmagyaróvár;

²University of KwaZulu-Natal, Research Centre for Plant
Growth and Development, School of Life Sciences,
Pietermaritzburg Campus, South Africa

ÖSSZEFOGLALÁS

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. Weiße 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

**THE EFFECT OF ARTHROSPIRA PLATENSIS
CYANOBACTERIA ON NURSERY BERRY PLANTS**

JÁCINT NOTTERPEK T.¹ – VINCE ÖRDÖG^{1,2}

¹Széchenyi István University Faculty of Agricultural and Food
Science Institute of Plant Biology, Mosonmagyaróvár, Hungary

²University of KwaZulu-Natal, Research Centre for Plant
Growth and Development, School of Life Sciences,
Pietermaritzburg Campus, South Africa

ABSTRACT

The aim of the experiments was to improve the growth and development of container nursery plants by applying *Arthrospira platensis* cyanobacterial biomass to the soil. At the Kramer & Kramer nursery in Austria, the following experimental plants were treated in the spring of 2017: *Ribes sativum* cv. Weiße Versailler, *Ribes rubrum* cv. Jonkheer van Teet's, *Ribes nigrum* cv. Titania currant varieties. The powdered dry cyanobacterial biomass (*Arthrospira platensis*) used in the experiment was delivered by the AgroBioferment Ltd. from Myanmar. At the beginning of the experiment 2, 4, or 6 grams of cyanobacterial biomass was applied to the soil of the (5 L) container plants. The relative chlorophyll content of the leaves, stem thickness, plant height, and the number of NOTTERPEK T. J.– ÖRDÖG V. 15 branches were measured. Data measured at the end of the 120-day experiment showed that soil treatments of *Arthrospira platensis* had a positive but different effect on certain qualities of the three observed currant varieties. The

chlorophyll content of the leaves increased the most (75-88%) in the studied *R. rubrum* variety, which was accompanied by an increase in the stem thickness (42%) and the number of branches (37%) with 4- gram of treatment. Concerning the studied *R. sativum* and *R. nigrum* varieties, a significant increase (81-85%) was achieved with 6-gram soil treatment in the number of branches, while the stem thickness did not differ from the control. An opposite tendency was detected between the stem thickness and the number of branches of the different varieties. More branches indicated less thick stems and vice versa, fewer branches were associated with thicker stems.

Keywords: cyanobacteria, biostimulant, berry fruits, growth, development, chlorophyll content.

**COMPARISON OF PLANT BIOSTIMULATING PROPERTIES
OF CHLORELLA SOROKINIANA BIOMASS PRODUCED IN
BATCH AND SEMI-CONTINUOUS SYSTEMS SUPPLEMENTED
WITH PIG MANURE OR ACETATE**

STIRK WENDY¹, PETER BALINT², SIROKA JITKA³, ONDREJ
NOVAK³, TAMÁS RETFALVI⁴, ZOLTÁN BERZSENYI⁵, JÁCINT
NOTTERPEK T.², ZOLTÁN VARGA⁶, GERGELY MAROTI^{7,8},
JOHANNES VAN STADEN¹, MIROSLAV STRNAD³, VINCE
ÖRDÖG^{1,2}

¹ Research Centre for Plant Growth and Development, School of Life Sciences,
University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg, P/Bag X01, Scottsville, 3209, South
Africa

² Department of Plant Sciences, Albert Kázmér Mosonmagyaróvár Faculty, Széchenyi
István University, Vár Square 2, H-9200 Mosonmagyaróvár, Hungary

³ Laboratory of Growth Regulators, Faculty of Science, Palacký University and Institute
of Experimental Botany ASCR, Šlechtitelů 27, 78371 Olomouc, Czech Republic

⁴ Institute of Environmental Protection and Nature Conservation, Faculty of Forestry,
University of Sopron, Bajcsy-Zsilinszky str. 4 H-9400 Sopron, Hungary

⁵ Institute of Agronomy, Kaposvár Campus, Hungarian University of
Agriculture and Life Sciences, Guba Sándor Str. 40, H-7400 Kaposvár, Hungary

⁶ Department of Water and Environmental Sciences, Albert Kázmér Mosonmagyaróvár
Faculty, Széchenyi István University, Vár Square 2, H-9200 Mosonmagyaróvár,

⁷ Hungary Institute of Plant Biology, HUN-REN Biological Research Centre, Szeged
6726, Hungary

⁸ Faculty of Water Sciences, University of Public Service, Baja 6500, Hungary

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

1. táblázat: A mikroalga tartalmú levélkezelések hatása a repce egyes értékmérő tulajdonságaira P=0,1%-os szignifikancia szinten a 2010-11, illetve a 2013-14-es növénykísérletek alkalmazásával Mosonmagyaróváron

P=0,1%		
	2010/11	2013/14
MACC-612 0,03 % (120-210 g ha⁻¹)	Őszi növényi magasság	Klorofill-a 4. Mérés
	Növényenkénti becőszám	Klorofill-a 5. Mérés
	Levél sza. tartalom 5. mérés	Klorofill-b 4. Mérés
	Összes termés mennyisége	Karotinoidok 4. Mérés
		Levél szárazanyag tartalom 5. mérés
		Becők hossza
		Őszi levélszám
		Vezérelágazások száma
MACC-612 0,1 % (400-700 g ha⁻¹)		Gyökérelágazások száma
	Klorofill-b 5. mérés	Klorofill-a 5. Mérés
	Őszi növényi magasság	Levél sza. tartalom 5. Mérés
	Növényenkénti becőszám	Őszi növényi magasság
	Tenyészőcsúcs hossza	Becők hossza
		Növényenkénti becőszám
MACC-430 0,03 % (120-210 g ha⁻¹)		Őszi levélszám
	Klorofill-b 5. mérés	Klorofill-a 4. Mérés
	Őszi növényi magasság	Klorofill-a 5. Mérés
	Növényenkénti becőszám	Klorofill-b 4. Mérés
	Becők hossza	Karotinoidok 4. Mérés
	Becőnkénti magszám	Levél sza. tartalom 5. Mérés
	Gyökérzet szárított tömege	Gyökérelágazások száma
	Összes termés mennyisége	Becők hossza
	Őszi levélszám	

MACC-430 0,1% (400-700 g ha⁻¹)	Klorofill-b 5. mérés	Klorofill-a 5. Mérés
	Őszi növényi magasság	Levél sza. tartalom 5. Mérés
	Gyökér szárított tömege	Gyökérelágazások száma
	Növényenkénti becőszám	Őszi levélszám
MACC-612 0,1 % + Wuxal® Boron	Klorofill-b 5. mérés	Klorofill-a 4. mérés
	Őszi növényi magasság	Klorofill-a 5. mérés
	Levél sza. tartalom 5. mérés	Klorofill-b 4. mérés
	Növényenkénti becőszám	Karotinoidok 4. mérés
	Összes termés mennyisége	Levél sza. tartalom 5. mérés
		Gyökérelágazások száma
		Becők hossza
		Őszi levélszám

2. táblázat: A mikroalga tartalmú és a hagyományos repcetermesztés-technológiai levélkezelések hatása a repce egyes értékmérő tulajdonságaira P=1%-os szignifikancia szinten a 2010-11, illetve a 2013-14-es növénykísérletek alkalmával Mosonmagyaróváron

P=1 %		
	2010/11	2013/14
MACC-612 0,03 % (120-210 g ha⁻¹)	Klorofill-b 5. mérés	Klorofill-b 5. mérés
	Klorofill-a 5. mérés	Levelek sza. tartalom 4. mérés
	Gyökérelágazások száma	Őszi növényi magasság
	Becők hossza	Tenyészócsúcs vastagsága
	Becőnkénti magszám	Becőnkénti magszám
	Növényi magasság betakarításkor	Növényenkénti becőszám
	Gyökér szárított tömege	Összes termés mennyisége
	Őszi levélszám	
MACC-612 0,1 % (400-700 g ha⁻¹)	Levelek sza. tartalom 5. mérés	Klorofill-a 4. mérés
	Klorofill-a 5. mérés	Klorofill-b 4. mérés
	Tenyészócsúcs vastagsága	Klorofill-a 2. mérés
	Növényi magasság betakarításkor	Gyökérelágazások száma
	Gyökér szárított tömege	Becőnkénti magszám
	Őszi levélszám	Vezérelágazások száma
	Ezermag tömeg	
	Vezérelágazások száma	Tavaszi tőszám
MACC-430 0,03 % (120-210 g ha⁻¹)	Klorofill-a 2. mérés	Klorofill-b 5. mérés
	Klorofill-a 5. mérés	Levelek sza. tartalom 5. mérés
	Becőnkénti magtömeg	Becőnkénti magszám
	Gyökérelágazások száma	Növényenkénti becőszám
	Becők össztömege	Összes termés mennyisége

MACC-430 0,1% (400-700 g ha⁻¹)	Össztermés	
	Ószi levélszám	Klorofill-a 4. mérés
	Gyökérelágazások száma	Klorofill-b 4. mérés
	Klorofill-a 5. mérés	Karotinoidok 4. mérés
	Ezermag tömeg	Becőnkénti magszám
MACC-612 0,1 % +Wuxal®Boron	Klorofill-a 3. mérés	Levelek sza. tartalom 4. mérés
	Karotinoidok 4. mérés	Becőnkénti magszám
	Karotinoidok 5. mérés	Növényenkénti becőszám
	Levelek sza. tartalom 5. mérés	
	Gyökérelágazások száma	
	Becők össztömege	
	Becőnkénti magszám	
	Növényi magasság betakarításkor	
	Gyökér szárított tömege	
	Ezermag tömeg	
	Össztermés	
	Ószi levélszám	
	Route®+ Folicur®	Klorofill-b 5. mérés
Ószi növényi magasság (-)		

3. táblázat: A mikroalga tartalmú és a hagyományos repcetermesztés-technológiai levélkezelések hatása a repce egyes értékmérő tulajdonságaira P=5%-os szignifikancia szinten a 2010-11, illetve a 2013-14-es növénykísérletek alkalmával Mosonmagyaróváron

P=5%		
	2010	2014
MACC-612 0,03 % (120-210 g ha⁻¹)	Klorofill-a 2. mérés	Karotinoidok 5. mérés
	Karotinoidok 2. mérés	Tenyészőcsúcs hossza
	Karotinoidok 5. mérés	Gyökér szárított tömege
	Gyökérzet hosszúsága	Alacsonyabb rendű elágazások száma
	Becők össz tömege	Ezer mag tömeg
	Alacsonyabb rendű elágazások száma	
	Vezér elágazások száma	
	Ezermag tömeg	
MACC-612 0,1 % (400-700 g ha⁻¹)	Klorofill-a 2. mérés	Klorofill-b 5. mérés
	Karotinoidok 5. mérés	Levelek szá. tartalom 4. mérés
	Levelek szá. tartalom 4. mérés	Gyökérzet hosszúsága
	Gyökérzet hosszúsága	Tenyészőcsúcs vastagsága
	Gyökérelágazások száma	Tenyészőcsúcs hossza
	Becők hossza	Elágazásonkénti becőszám
	Becők össz tömege	Növényi magasság betakarításkor
	Becőnkénti magszám	Összes termés mennyisége
	Összes termés mennyisége	Ezermag tömeg
	Ezer mag tömeg	
Tavaszi tőszám		
MACC-430 0,03% (120-210 g ha⁻¹)	Klorofill-a 3. mérés	Karotinoidok 5. mérés
	Klorofill-a 4. mérés	Levelek szá. tartalom 4. mérés
	Klorofill-b 2. mérés	Tenyészőcsúcs vastagsága
	Klorofill-b 4. mérés	Magok nedvesség tartalma
	Karotinoidok 2. mérés	Ezer mag tömeg
	Karotinoidok 3. mérés	Becők átlagos össz tömege

	Karotinoidok 5. mérés	Összes termés mennyisége
	Levelek sza. tartalom 4. mérés	
	Gyökérzet hosszúsága	
	Magok nedvesség tartalma	
	Ezer mag tömeg	
	Őszi levélszám	
MACC-430 0,1% (400-700 g ha⁻¹)	Klorofill-a 3. mérés	Tenyészőcsúcs vastagsága
	Karotinoidok 3. mérés	Becők hossza
	Levelek sza. tartalom 4. mérés	Tavaszi tőszám
	Tenyészőcsúcs vastagsága	Vezér elágazások száma
	Összes termés mennyisége	Összes termés mennyisége
	Tavaszi tőszám	Növényenkénti becőszám
MACC-612 0,1 % +Wuxal®Boron	Klorofill-a 4. mérés	Klorofill-b 5. mérés
	Klorofill-a 5. mérés	Őszi növényi magasság
	Klorofill-b 4. mérés	Gyökérzet hosszúsága
	Karotinoidok 3. mérés	Tenyészőcsúcs vastagsága
	Becőnkénti magtömeg	Vezér elágazások száma
	Tenyészőcsúcs vastagsága	Alacsonyabb rendű elágazások száma
	Becők hossza	Összes termés mennyisége
	Ezer mag tömeg	
Route®+ Folicur®	Őszi növényi magasság	Klorofill-a 3. mérés (-)
	Levél sza. tartalom 3. mérés (-)	Klorofill-a 4. mérés (-)
		Klorofill-b 4. mérés (-)
		Karotinoidok 3. mérés (-)
		Őszi növényi magasság (-)
		Magok nedvesség tartalma
		Tavaszi tőszám
		Tenyészőcsúcs hossza (-)

5. táblázat: Az algák hormon tartalmára utaló kísérletek az 1982-2014 közötti időszakban

Alga törzsek	Növények	Hatóanyagok	Hatások	Szerzők
<i>Anabaena</i> <i>Azospirillum</i>	<i>Solanum tuberosum</i> L. <i>Solanum melongena</i> L.	auxins, gibberelins, cytokinins, ethylene	growth, root branching	Bashan et al. (2005)
<i>Anabaena-azollae</i>	<i>Oryza sativa</i> L.	hormones, vitamins, N-fixation	growth, yield	Vaishampayan et al. (2001)
<i>Anabaena flos-aquae</i> , <i>Nostoc muscorum</i> , <i>Azotobacter chroococcum</i> , <i>Azospirillum brasilense</i>	<i>Lupinus termis</i>	cytokinins, auxins, gibberelins	level of carbohydrates, total nitrogen	Sekina et al (2010)
<i>Anabaena ambigua</i> Rao, <i>Oscillatoria foreauii</i> Fremi	<i>Withania somnifera</i> Dunal	hormones, drugs	growth, yield	Lakshmi et al. (2008)
<i>Anabaena spiroides</i> <i>Anabaena variabilis</i> <i>Anabaena trulosa</i> <i>Anabaena osillarioides</i>	<i>Oryza sativa</i> L.	auxin, gibberelin, vitamin, amino acids	plant height, root length, rfresh biomass weight, fresh root weighth, dry biomass weigth,	Saadatnia et al. (2008)
<i>Anabaena</i> sp. <i>Nostoc</i> sp. <i>Synechococcus</i> sp. <i>Xenococcus</i> sp.	<i>Daucus carota</i> L.	PRG	somatic embryogenesis	Wake et al. (1991)
<i>Anabaena</i> <i>Oscillatoria</i> Lyngbya <i>Leptolyngbya</i> <i>Phormidium</i> <i>Synechocystis</i> , <i>Chroococciopsis</i>	<i>Oryza sativa</i> L. <i>Triticum aestivum</i>	auxin, N-fixation	growth, yield	Mazhar et al. (2012)
<i>Anabaena affinis</i> <i>Nostoc linckia</i> <i>Nodularia implexa</i> <i>Nostoc paludosum</i> <i>Plectonema nostocorum</i> <i>Oscillatoria acuminata</i> , <i>Anabaena iyengari</i> <i>Lyngbyavalderianum</i> , <i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Schizothrix friesii</i>	<i>Solanum eleagnifolium</i> L.	IIA, IBA, ICA, isopentenyl adenin, 2,4 D, GA-3, gibberelic acid, kinetin, NAA, PAA,	shoot length, rooth length, number of leaves	Shanab (2001)
<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Vitis vinifera</i> L.	nano - fertilizer, hormone, natural compounds, macro-micro elements	growth, yield	Sabira et al. (2014)

<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Fragaria ananassa</i> cv. <i>Camarosa</i>	plant hormones, auxin	growth, yield quality	Roussos et al. (2009)
<i>Ascophyllum nodosum</i> (Nitrozyme™)	<i>Hordeum vulgare</i> L.	cytokinin	growth, yield	Taylor et al. (1989)
<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Citrullus lantus</i> L.	cytokinin	growth, yield	Abdel-Mawgoul et al. (2010)
<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Daucus carota</i> L.	auxins, gibberelins, cytokinin	biochemical changes, gene expression, disease incidence	Jayaraj et al. (2008)
<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Fragaria ananassa</i> cv. <i>Queen Elisa</i>	kahydrin, alginic acid	vegetative growth; chlorophyll cont; stoma density; photosintetic rate; fruit production; berry weight	Spinelli et al. (2010)
<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Lycopersicon esculentum</i>	plant hormones and nutrients	growth, fruit nutrient content	Perera et al. (2010)
<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Phaseolus lunatus</i> L.	auxin, cytokinin, nutrient compounds	leaf mass, growth	Reitz et al. (1996)
<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Lycopersicon esculentum</i> L. <i>Allium cepa</i> L.	biologically avtive substances	flavanoids, phenolics, yield	Lola-Luz et al. (2014)
<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Brassica napus</i> L.	auxin, abscisic acid, cytokinin, iP, iPR	rapseed root, shoot growth, nitrogen uptake, assimilation	Jannin et al. (2012)
<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Spinacia oleracea</i> L.	active compounds	phenolic antioxidant content	Fan et al. (2010)
<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Ocimum basilicum</i>	active compounds	plant protection	El Deen et al. (2013)

<i>Ascophyllum nodosum</i> , <i>Ecklonia maxima</i>	<i>Malus domestica</i> B.	auxins, cytokinins, amino acids, vitamins	fruit set, fruit size,	Basak (2008)
<i>Ascophyllum nodosum</i> ; <i>Laminaria</i> sp.	<i>Fragaria ananassa</i> D.	plant amino acids; phosphonates. other active substances	yield; fruit quality; diseases	Boček et al. (2012)
<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Duboisia myoporoides</i> R. Br., <i>Duboisia leichardtii</i> F. Muell.	auxin, cytokinin	field-growth, hyoscine-concentration	Lujanratana et al (1982)
<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Fragaria ananassa</i> D.	active compounds, hormones	root; shoot growth; berry yield; rhizosphere microbial diversity; physiological activity	Alam et al. (2012)
<i>Ascophyllum nodosum</i>	root knot nematodes by <i>Solanum tuberosum</i>	active compounds	rooting	Anonimus ¹ (1996)
<i>Ascophyllum nodosum</i> , <i>Ecklonia maxima</i> ;	<i>Lycopersicon esculentum</i>	auxin, cytokinin	growth, yield, Trichoderma diseases	Anonimus ² (2009)
<i>Ascophyllum nodosum</i> <i>Laminaria hyperborea</i>	<i>Lactuca sativa</i>	mineral compounds	seedling growth	Möllera et al. (1998)
<i>Ascophyllum nodosum</i> , <i>Durvillaea potatorum</i>	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>italica</i>	auxin, cytokinin	growth	Mattner et al. (2013)
<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Punica granatum</i> L.	gibberelic acid, auxins, cytokinins, enzymes	growth, vigor, chlorophyll content, flower drop, fruit set	Abubakar et al. (2013)
<i>Asparogopsis</i> spp. <i>Gelidium pectinatum</i> <i>Enteromorpha intestinesis</i>	<i>Cucumis sativus</i>	cytokinins, trace elements, vitamins, amino acids	vegetative growth, yield	Ahmed et al. (2012)
<i>Azolla pinnata</i>	<i>Pisum sativum</i> L.	auxins, cytokinins, gibberelins, trace elements, vitamins, amino acids	growth, shoot length, root length, fresh weight, dry weight	Bindhu (2013)
<i>Chlorophyta</i> ; <i>Euglenophyta</i> ; <i>Pyrrophyt</i> ; <i>Chrysophyt</i> ; <i>Rhodophyta</i>	<i>Capsicum annum</i> L.	algaenzims	growth, plant height, fruit weights	Sanchez et al. (2003)
<i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Vitis vinifera</i>	amino acids, proteins	growth, yield, berries quality	El Moniem et al. (2008)

<i>Chlorococcum ellipsoideum</i> Archib. et Bold <i>Scotiellopsis terrestris</i> (Reisigl) Punc. et Kal. <i>Selenastrum rinoi</i> Kom. et Comas <i>Synechococcus</i> sp. <i>Scenedesmus obliquus</i> (Turp.) Kütz. <i>Scotiella nivalis</i> (Schutt.) Fritsch <i>Chlorococcum humicolum</i> <i>Chlorella</i> sp. <i>Chlorococcum</i> sp. <i>Pseudochlorococcum typicum</i> <i>Anabaena sphaerica</i> <i>Coenochloris</i> sp. <i>Nostoc entophytum</i>	<i>Pisum sativum</i> L. <i>Nicotiana tabacum</i> L. <i>Beta vulgaris</i> L.	PGRs	shoots, roots, growth,	Molnár & Ördög (2005)
Cyanobacterial <i>Media</i> , <i>Murashige</i> , <i>Skoog</i>	<i>Stevia rebaudiana</i> B.	hormones, auxin, cytokinin	in-vitro callusin, propagation	Seema et al. (2011)
<i>Dictyota dichotoma</i>	<i>Abelmoschus esculantus</i> L.	cytokinin, auxin, macro and micro nutrients	growth of shoots and roots, leaves, flowers, fruit, leaf area index, maturity time, yield	Sasikumar et al. (2011)
<i>Ecklonia maxima</i>	<i>Lycopersicon esculentum</i> L.	cytokinin, auxin, gibberelin	root growth of seedlings	Finnie et al. (1985)
<i>Ecklonia maxima</i>	<i>Lycopersicon esculentum</i> L.	auxin, cytokinin	growth, root nematodes	Featonby-Smith et al. (1983b)
<i>Ecklonia maxima</i>	<i>Brassica napus</i> L.	auxin, cytokinin	growth, yield	Ferreira et al. (2002)
<i>Ecklonia maxima</i>	<i>Beta vulgaris</i> L.	auxin, cytokinin	growth	Featonby-Smith et al. (1983a)
<i>Ecklonia maxima</i>	<i>Dactylis glomerata</i>	auxin, cytokinin	yield, growth, biomass	Sosnowski et al. (2013)
<i>Ecklonia maxima</i>	<i>Abelmoschus esculentus</i> L. Moench	N;P;K;polyamine; cytokinin	growth of seedlings	Papenfus et al. (2012)
<i>Gracillaria eduli</i> , <i>Sargassum wightii</i>	<i>Lycopersicon esculentum</i> L.	auxin, cytokinin, growth promoting compounds	shoot elongation, rooting	Vinoth et al. (2011)
<i>Grateloupia divaricata</i> , <i>Chaetomorpha linum</i> , <i>Sargassum wightii</i>	<i>Cajanus cajan</i>	growth hormones, amino acids, auxins, cytokinins	root, -and shoot length, fresh weight, photosynthetic pigments	Sathya et al. (2010)

<i>Grateloupia divaricata</i> , <i>Chondrus pinnulatus</i> , <i>Ahneltiopsis flabelliformis</i> , <i>Neorhodomela larix</i> , <i>Tichocarpus crinitus</i> , <i>Stephanocystis crassipes</i> , <i>Coccophora langsdorfii</i> , <i>Sphaerotrichia divaricata</i> , <i>Saccharina japonica</i> , <i>Sargassum pallidum</i> , <i>Chorda filum</i> , <i>Ulva fenestrata</i> , <i>Codium fragile</i>	<i>Fagopyrum esculentum</i> var. <i>Izumrud</i>	cytokinins, gibberelins, auxins, auxin-like and other growth- promoting substances	growth of seedling roots	Anisimov et al. (2013a)
<i>Hypnea musciformis</i>	<i>Arachis hypogena</i> L.	auxin, cytokinin, aktive compounds	growth, biochemical and pigment characteristic	Ghannam et al (2013)
<i>Hypnea musciformis</i>	<i>Arachis Hypogena</i> L.	auxin, cytokinin, aktvie compounds	germination, growth, chlorophyll content	Selavam et al. (2013b)
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	<i>Lycopersicon esculentum</i> cv. <i>Pusa Ruby</i>	auxins, cytokinins, amino acids, vitamines	growth, yield	Zodape et al. (2011)
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	<i>Abelmoschus esculentus</i>	active compound, auxin, cytokinin	growth, yield, nutritional quality	Zodape et al. (2008)
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	<i>Glycine max</i>	amino acids, vitamines, cytokinins, auxin	yield, nutrient content,	Rathore et al. (2009)
<i>Laminaria digitata</i>	<i>Agrostis</i> spp. <i>Poa pratensis</i> <i>Lolium</i> spp. (turfgrass)	cytokinin, auxin, gibberelin	growth, nutrition, stress tolerance	Zhang (1997)
<i>Macrocystis integrifolia</i> , <i>Ecklonia maxima</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	auxin, cytokinin	growth, yield	Temple et al. (1989)
<i>Neorhodomela larix</i> , <i>Tichocarpus crinitu</i> , <i>Saccharina japonica</i> , <i>Sargassum pallidum</i> , <i>Ulva fenestrata</i> , <i>Codium fragile</i>	<i>Fagopyrum esculentum</i>	auxin, cytokinin	growth of seedlings toots	Anisimov et al. (2013)

<i>Nostoc linckia</i> <i>Nodularia implexa</i> <i>Nostoc paludosum</i> <i>Plectonema nostocorum</i> <i>Oscillatoria acuminata</i> , <i>Anabaena iyengari</i> <i>Lyngbyavalderianum</i> <i>Microcystis aeruginosa</i> <i>Anabaena affinis</i> <i>Schizothrix friesii</i>	<i>Solanum tuberosum</i> L.	IAA, IBA, ICA, isopentenyl adenin, 2,4 D, GA-3, gibberelic acid, kinetin, NAA, PAA,	shoot length, rooth length, number of leaves	Shanab et al. (2003)
<i>Nosctoc commune</i>	<i>Lycopersicon esculentum</i>	antifungal biologically compounds	Tomat-Wilt pathogen disaeses	Kim et al. (2008)
<i>Nostoc entophytum</i> <i>Oscillatoria angustissima</i>	<i>Pisum sativa</i> : master b	auxin, cytokinin	metabolic activity, growth, yield,	Osman et al. (2010)
<i>Nostoc ellipsosporum</i> , <i>Dolichospermum flos-aquae</i> , <i>Oscillatoria acuminata</i>	<i>Gossypium hirsutum</i> L.	auxin, cytokinin, plant hormones	root formation, growth,	Gurusaravanan et al (2013)
<i>Nostoc muscorum</i> , <i>Chroococciopsis</i> , <i>Spirulina sp.</i> , <i>Tolypothix sp</i>	<i>Bacopa monnieri</i> L.	hormones	shoot and root germination, growth	Ghasolia et al. (2013)
<i>Padina tetrastomatica</i> , <i>Sargassum sp.</i>	<i>Brassica nigra</i> L.	auxin, cytokinin	growth, yield,	Srijaya et al. (2010)
<i>Plectonema borianum</i>	<i>Santanum album</i>	growth regulators	Somatic embrio growth, somatic embrio development	Bapat et al (1996)
<i>Phormidium tenue</i> , <i>Bradyrhizobium sp.</i>	<i>Vinga mungo</i> L.	hormones, N-fixing	growt, yield, nutrient content	Karthikeyan et al. (2008)
<i>Pseudochlorococcum typicum</i> , <i>Anabaena sphaerica</i> , <i>Coenochloris sp.</i> <i>Nostoc entophytum</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	PGR	fresh weight, shoot proliferation,	Molnar & Ördög (2005b)
<i>Sargassum manure</i>	<i>Vigna radiata</i> L.	cytokinin, auxin	biochemical constituents	Elumalai et al. (2012)
<i>Sargassum vulgare</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i>	auxin, cytokinin, active compounds	seed germination, seedlig growth	Salma et al. (2014)
<i>Sargassum vulgare</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i>	active compounds	germination behavior	El-Yazed et al. (2012)
<i>Sargassum wightii</i>	<i>Tagetes erecta</i>	auxins, cytokinins, gibberelins	fresh and dry plant parameters, growth, yield	Sridhar et al. (2010)

<i>Sargassum wightii</i>	<i>Cyamopsis tetragonoloba</i> L.	hormones, micro and macro nutrients, vitamins	growth, yield, photosynthetic pigments	Vijayanand et al. (2014)
<i>Sargassum</i> sp. <i>Laminaria</i> sp. <i>Ascophyllum nodosum</i> <i>Fucus</i> sp.	<i>Physocarpus opulifolius</i> L.	phytohormones, cytokinins, auxins, gibberelins	rhizogenesis, rooting, biochemical compounds	Pacholczak et al. (2013)
<i>Sargassum wightii</i> , <i>Caulepra chemnitzia</i>	<i>Vigna sinensis</i>	auxin, cytokinin	root development, chlorophyll, carotenoids, protein content, sugar content	Sivasankari et al. (2003)
<i>Sargassum</i> sp. <i>Laminaria</i> sp. <i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Solanum tuberosum</i> L.	auxin, cytokinin, plant hormones	vegetative characters, yield characteristic	Sarhan (2011)
<i>Scytonema hofmanni</i>	<i>Lilium alexandrae</i>	Naphthalene acetic acid,	number of bulblets, root number, number of leaves	Zaccaro et al (2006)
<i>Scytonema hofmanni</i>	<i>Oryza sativa</i> L.	extracellular products	shoot length, salinity tolerance	Rodríguez et al. (2006)
<i>Anabaena oryzae</i> <i>Nostoc ellipsosporum</i> <i>Synechococcus</i> sp.	<i>Sorgum durra</i> <i>Helianthus annuus</i>	auxin, gibberelin	growth; productivity	Ibrahim et al. (2010)
<i>Ulva rigida</i> , <i>Fucus spiralis</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i> c. v. <i>Paulista</i>	auxins, cytokinins	enzymatic activity, growth, biochemical and physiological constituents	Latiq et al. (2013)
<i>Ulva lactuca</i> , <i>Caulepra sertulaoides</i> , <i>Padina gymnospora</i> , <i>Sargassum liebmanni</i>	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	auxin, cytokinin, betaines	growth	Hernández-Herrera et al. (2013)
<i>Ulva lactuca</i>	<i>Lycopersicon esculentum</i> L.	phenolic compounds	growth	Hassan et al. (2009)
<i>corticate</i> <i>corticate</i>	<i>Trigonella foenum-greacum</i> L.	cytokinin, auxin, gibberelin, trace elements	growth, biochemical constituents	Pise et al. (2010)
<i>Ulva reticulata</i>	<i>Vigna mungo</i>	active compounds	growth; yield, number of stomata	Ganapathy et al. (2013)
<i>Scytonema</i> spp; <i>Nostoc</i> spp.	<i>Cucumis sativus</i> L., <i>Capsicum annuum</i> L., <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. root <i>phtogens</i>	algal compounds	phatogenic fungal growth	El-Mougy et al. (2013)

6. táblázat: Növénykísérletekben alkalmazott algatörzsek (1956-2014)

Tengeri algák		Édesvízi algák	
Cyano-	Egyéb eukarióták	Cyano-	Egyéb
<i>Anabaena ambigua</i>	<i>Ahnteltiopsis flabelliformis</i>	<i>Anabaena</i>	<i>Azolla pinnata</i>
<i>Synechococcus sp.</i>	<i>Ascophyllum nodosum</i>	<i>Anabaena ambigua</i>	<i>Chaetomorpha linum</i>
	<i>Asparogopsis spp.</i>	<i>Anabaena affinis</i>	<i>Chlorella vulgaris</i>
	<i>Caulepra chemnitzia</i>	<i>Anabaena-azollae</i>	<i>Chlorococcum ellipsoideum</i>
	<i>Caulepra sertularioides</i>	<i>Anabaena-flos aquae</i>	<i>Chlorococcum humicola</i>
	<i>Chaetomorpha linum</i>	<i>Anabaena iyengari</i>	<i>Cryophyta</i>
	<i>Chondrus pinnulatus</i>	<i>Anabaena oryzae</i>	<i>Coenochloris sp.</i>
	<i>Chlorophyta</i>	<i>Anabaena oscillarioides</i>	<i>Euglenophyta</i>
	<i>Chorda filum</i>	<i>Anabaena sp.</i>	<i>Nostoc commune</i>
	<i>Coccophora langsdorfii</i>	<i>Anabaena sphaerica</i>	<i>Nostoc ellipsosporum</i>
	<i>Codium fragile</i>	<i>Anabaena spiroides</i>	<i>Nostoc muscorum</i>
	<i>Dictyota dichotoma</i>	<i>Anabaena trulosa</i>	<i>Nostoc paludosum</i>
	<i>Durvillaea potatorum</i>	<i>Anabaena variabilis</i>	<i>Oscillatoria angustissima</i>
	<i>Ecklonia maxima</i>	<i>Chroococidiopsis</i>	<i>Phormidium tenue</i>
	<i>Enteromorpha intestinalis</i>	<i>Dolichospermum flos-aquae</i>	<i>Plectonema nostocorum</i>
	<i>Fuscus sp.</i>	<i>Leptolyngbya</i>	<i>Pseudochlorococcum typicum</i>
	<i>Fuscus spiralis</i>	<i>Lyngbya valderiana</i>	<i>Rhodophyta</i>
	<i>Gelidium pectinatum</i>	<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Scenedesmus obliquus (euc.)</i>
	<i>Gracilaria corticata</i>	<i>Nodularia implexa</i>	<i>Scotiellopsis terrestris</i>
	<i>Gracilaria edulis</i>	<i>Nostoc commune</i>	<i>Selenastrum rinoi (euc)</i>
	<i>Grateloupia divaricata</i>	<i>Nostoc entophytum</i>	<i>Schizothrix friesii</i>
	<i>Hypnea musciformis</i>	<i>Nostoc linkcia</i>	<i>Tolypothrix sp.</i>
	<i>Kappaphycus alvarezii</i>	<i>Nostoc muscorum</i>	<i>Wollea ambigua</i>

Tengeri algák		Édesvízi algák	
Cyano-	Egyéb eukarióták	Cyano-	Egyéb
	<i>Laminaria digitata</i>	<i>Nostoc paludosum</i>	
	<i>Laminaria hyperborea</i>	<i>Nostoc sp.</i>	
	<i>Laminaria sp.</i>	<i>Oscillatoria acuminata</i>	
	<i>Macrocystis integrifolia</i>	<i>Oscillatoria angustissima</i>	
	<i>Neorhodomela larix</i>	<i>Oscillatoria annae</i>	
	<i>Padina gymnospora</i>	<i>Oscillatoria foreaui</i>	
	<i>Padina tetrastromatica</i>	<i>Phormidium tenue</i>	
	<i>Pyrrophyta</i>	<i>Plectonema boryanum</i>	
	<i>Rodophyta</i>	<i>Plectonema nostocorum</i>	
	<i>Saccharina japonica</i>	<i>Scytonema hofmannii</i>	
	<i>Sargassum ilicifolium</i>	<i>Scytonema ssp.</i>	
	<i>Sargassum liebmanni</i>	<i>Synechocystis sp.</i>	
	<i>Sargassum pallidum</i>	<i>Tolypothrix sp.</i>	
	<i>Sargassum sp.</i>	<i>Wollea ambigua</i>	
	<i>Sargassum vulgare</i>	<i>Xenococcus sp.</i>	
	<i>Sargassum wightii</i>		
	<i>Scotiella nivalis</i>		
	<i>Spaerotruchia divaricata</i>		
	<i>Spirulina sp.</i>		
	<i>Stephanocystis crassipes</i>		
	<i>Tichocarpus crinitus</i>		
	<i>Ulva fasciata</i>		
	<i>Ulva fenestrata</i>		
	<i>Ulva lactuca</i>		
	<i>Ulva rigida</i>		

7. táblázat: Növénykísérletekben 1990 és 2013 között leggyakrabban alkalmazott édesvízi mikroalga törzsek, feltételezett hatóanyagaikkal és a kísérletekben szereplő növényfajok

Algatörzs	Növény	Hatóanyagok	Szerző
<i>Anabaena</i>	<i>Solanum tuberosum</i> L.; <i>Solanum melongena</i> L.; <i>Oryza sativa</i> L.; <i>Triticum aestivum</i> L.	auxin, citokinin, növényi hormonok	<i>Bashan et al.</i> , (2005); <i>Mazhar et al.</i> , (2012)
<i>Anabaena ambigua</i>	<i>Withani somnifera</i> D.	növényi hormonok	<i>Lakhsmi et al.</i> , (2008)
<i>Anabaena affinis</i>	<i>Solanum eleagnifolium</i> L. <i>Solanum tuberosum</i> L.	növényi hormonok	<i>Shanab</i> , (2001); <i>Shanab et al.</i> , (2003)
<i>Anabaena-azollae</i>	<i>Oryza sativa</i> L.	növényi hormonok, vitaminok	<i>Vashampayan et al.</i> , (2001)
<i>Anabaena-flos aquae</i>	<i>Lupinus albus</i> subsp <i>termis</i> F.	növényi hormonok	<i>Sekina et al.</i> , (2010)
<i>Anabaena iyengari</i>	<i>Solanum eleagnifolium</i> L. <i>Solanum tuberosum</i> L.	növényi hormonok	<i>Shanab</i> , (2001); <i>Shanab et al.</i> , (2003)
<i>Anabaena oryzae</i>	<i>Sorghum durra</i> <i>Heliantus annuus</i>	auxin, gibberelin	<i>Ibrahim et al.</i> , (2010)
<i>Anabaena oscillarioides</i>	<i>Oryza sativa</i> L.	auxin, gibberelin, aminosavak, vitaminok	<i>Saadatmia et al.</i> , (2008)
<i>Anabaena sp.</i>	<i>Daucus carota</i> L.	PRG	<i>Wake et al.</i> , (1991)
<i>Anabaena sphaerica</i>	<i>Phaseolus vulgaris</i> L. <i>Pisum sativum</i> L. <i>Nicotiana tabacum</i> L. <i>Beta vulgaris</i> L.	PRG	<i>Molnár és Ördög</i> (2005a; 2005b)
<i>Anabaena spiroides</i>		auxin, gibberelin, aminosavak, vitaminok	<i>Saadatmia et al.</i> , (2008)
<i>Anabaena trulosa</i>	<i>Oryza sativa</i> L.	auxin, gibberelin, aminosavak, vitaminok	<i>Saadatmia et al.</i> , (2008)
<i>Anabaena variabilis</i>		auxin, gibberelin, aminosavak, vitaminok	<i>Saadatmia et al.</i> , (2008)
<i>Chroococciopsis</i>	<i>Bacopa Monnieri</i> L. <i>Oryza sativa</i> L. <i>Triticum aestivum</i> L.	auxin, növényi hormonok	<i>Ghasolia et al.</i> , (2013); <i>Mazhar et al.</i> , (2012)
<i>Dolichospermum flos-aquae</i>	<i>Gossypium hirsutum</i> L.	auxin, citokinin, növényi hormonok	<i>Gurusaravanan et al.</i> , (2013)
<i>Leptolyngbya</i>	<i>Oryza sativa</i> L. <i>Triticum aestivum</i> L.	Auxin	<i>Mazhar et al.</i> , (2012)
<i>Lyngbya valderiana</i>	<i>Solanum eleagnifolium</i> L. <i>Solanum tuberosum</i> L.	gibberelin, kinetin, növényi hormonok	<i>Shanab</i> , (2001); <i>Shanab et al.</i> , (2003)
<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Solanum eleagnifolium</i> L.; <i>Solanum tuberosum</i> L.	gibberelin, kinetin, növényi hormonok	<i>Shanab</i> , (2001); <i>Shanab et al.</i> , (2003)

<i>Nodularia implexa</i>	<i>Solanum eleagnifolium</i> L.; <i>Solanum tuberosum</i> L.	gibberelin, kinetin, növényi hormonok	<i>Shanab</i> , (2001); <i>Shanab et al.</i> , (2003)
<i>Nostoc commune</i>	<i>Lycopersicon esculentum</i>	antimikrobiális anyagok	<i>Kim et al.</i> , (2008)
<i>Nostoc piscinale</i>	<i>Pisum sativum</i> L.; <i>Nicotiana tabacum</i> L.; <i>Beta vulgaris</i> L.	PRG, auxin, citokinin	<i>Molnár és Ördög</i> , (2005a); <i>Osman et al.</i> , (2009)

<i>Nostoc linkcia</i>	<i>Solanum eleagnifolium</i> L. <i>Solanum tuberosum</i> L.	gibberelin, kinetin, növényi hormonok	<i>Shanab</i> , (2001); <i>Shanab et al.</i> , (2003)
<i>Nostoc muscorum</i>	<i>Lupinus termis</i> L.; <i>Bacopa monnieri</i> L.	citokinin, auxin, gibberelin, növényi hormonok	<i>Sekina et al.</i> , (2010); <i>Ghasolia et al.</i> , (2013)
<i>Nostoc paludosum</i>	<i>Solanum eleagnifolium</i> L.; <i>Solanum tuberosum</i> L.	gibberelin, kinetin, növényi hormonok	<i>Shanab</i> , (2001); <i>Shanab et al.</i> , (2003)
<i>Nostoc sp.</i>	<i>Daucus carota</i> L.	PRG	<i>Wake et al.</i> , (1990)
<i>Oscillatoria acuminata</i>	<i>Solanum eleagnifolium</i> L. <i>Solanum tuberosum</i> L.; <i>Gossypium hirsutum</i> L.	auxin, gibberelin, kinetin, citokinin, növényi hormonok	<i>Shanab</i> , (2001); <i>Shanab et al.</i> , (2003) <i>Gurusavaran et al.</i> , (2013)
<i>Oscillatoria angustissima</i>	<i>Pisum sativum</i> L.	auxin, citokinin	<i>Osman et al.</i> , (2009)
<i>Oscillatoria annae</i>	<i>Menta</i> sp., <i>Heliantus anuus</i>	akív vegyületek	<i>Varalakshmi et al.</i> , (2012)
<i>Oscillatoria foreaui</i>	<i>Withani somnifera</i> Dunal	növényi hormonok	<i>Lakshmi et al.</i> , (2008)
<i>Phormidium tenue</i>	<i>Vinga mungo</i> L.	növényi hormonok	Karthikeyan et al., (2008)
<i>Plectonema nostocorum</i>	<i>Solanum eleagnifolium</i> L.; <i>Solanum tuberosum</i> L.	gibberelin, kinetin, növényi hormonok	<i>Shanab</i> , (2001); <i>Shanab et al.</i> , (2003)
<i>Scytonema hofmannii</i>	<i>Lilium alexandrae</i> L.; <i>Oryza sativa</i> L.	növényi hormonok, extracelluláris anyagcseretermékek	<i>Zaccaro et al.</i> , (2006); <i>Rodríguez et al.</i> , (2006)
<i>Synechocystis sp.</i>	<i>Oryza sativa</i> L.; <i>Triticum aestivum</i> L.	Auxin	<i>Mazhar et al.</i> , (2012)
<i>Tolypothrix sp.</i>	<i>Bacopa monnieri</i> L.	növényi hormonok	<i>Ghasolia et al.</i> , (2013)
<i>Xenococcus sp.</i>	<i>Daucus carota</i> L.	PRG	<i>Wake et al.</i> , (1990)

Forrás: saját gyűjtés

8. táblázat: Az országos és a mosonmagyaróvári meteorológiai adatok a repce szántóföldi kísérleteinek éveiben (2010/11; 2013/14; 1971-2000 átlagában) (forrás: OMSZ, 2016; Kajdi, NYME-MÉK, 2010-2014)

Hónapok	Csapadék összeg (mm)			Havi átlaghőmérséklet (C°)			Havi napsütéses órák száma (h)		
	2010-11	2013-14	Országos átlag (1971-2000)	2010-11	2013-14	Országos átlag (1971-2000)	2010-11	2013-14	Országos átlag (1971-2000)
Augusztus	112,4	93,7	54	19,8	21,4	21	245,5	267,5	245
Szeptember	87,1	49,2	46	14,1	14,9	15	155,4	157,0	180
Október	30,6	18,0	41	7,8	11,6	10	124,1	132,8	140
November	53,0	94,1	49	7,5	6,4	4	66,9	44,9	60
December	40,1	9,2	42	-2,3	2,9	0	49,9	61,2	45
Január	15,3	14,4	30	-0,1	2,5	-1	57,5	46,6	50
Február	5,2	46,1	28	-0,2	4,1	0,2	109,7	54,4	75
Március	43	7,1	29	6,3	9,0	5	183,4	199,6	135
Április	15,2	58,7	45	12,8	12,2	11	225,6	193,4	170
Május	31,9	89,8	58	15,9	15,2	16	329,7	236,0	225
Június	136,7	25,8	70	19,9	19,5	18	266,6	297,1	235
Július	70,2	105	60	19,7	21,7	20	204,5	283,6	255
Augusztus	54,3	69,2	54	21,2	19,2	21	318,8	244,3	245
Összesen:	695	680,3	606	142,4	160,6	140,2	2247,6	2218,5	2060
Átlag:	57,9	56,6	46,6	11,9	12,4	10,8	178,3	184,9	158,5