

DEBRECENI EGYETEM

KERPELY KÁLMÁN DOKTORI ISKOLA

Doktori Iskola vezető:
Prof. Dr. Nagy János
egyetemi tanár

Témavezető:
Dr. Veres Szilvia
egyetemi docens

**NAPRAFORGÓ HIBRIDEK ELTÉRŐ VÁLASZREAKCIÓI BAKTÉRIUMALAPÚ
BIOTRÁGYA-KEZELÉSEK HATÁSÁRA**

Készítette:
Nagy László
doktorjelölt

Debrecen
2017

NAPRAFORGÓ HIBRIDEK ELTÉRŐ VÁLASZREAKCIÓI BAKTÉRIUMALAPÚ BIOTRÁGYA-KEZELÉSEK HATÁSÁRA

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
a növénytermesztési és kertészeti tudományokban

Írta: Nagy László okleveles agrármérnök

Készült a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskolája Növénytermesztési és
Kertészeti Tudományok Programja keretében

Témavezető: Dr. Veres Szilvia, egyetemi docens

A doktori szigorlati bizottság:

Név	Tud. fokozat
Elnök: Dr. Rátonyi Tamás	PhD
Tagok: Dr. Széles Adrienn	PhD
Dr. Bujdosó Géza	PhD

A doktori szigorlat időpontja: 2015. április 07.

Az értekezés bírálói:

<i>Név</i>	<i>Tudományos fokozat</i>	<i>Aláírás</i>
Dr. Kruppa József	PhD
Dr. Zsombik László	PhD

A bírálóbizottság:

<i>Név</i>	<i>Tudományos fokozat</i>	<i>Aláírás</i>
Elnök:
Tagjai:
.....
.....
Titkár:

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS	5
1.1. Célkitűzések	7
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	8
2.1. A napraforgó-termesztése	8
2.1.1. A napraforgó-termesztés története.....	8
2.1.2. A napraforgó tápanyag-utánpótlásának főbb jellemzői.....	10
2.2. A talaj, mint élő közeg.....	16
2.2.1. A talaj mikroorganizmusainak szerepe a növénytermesztésben	18
2.3. A növényi tápanyag felvételt befolyásoló tényezők.....	25
2.3.1. Abiotikus tényezők befolyásoló hatása	25
2.3.2. A biotikus tényezők befolyásoló hatása	28
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	30
3.1. A kísérleti körülmények	30
3.1.1. Kísérleti növények.....	30
3.1.2. A nevelés körülményei	31
3.2. Az alkalmazott módszerek	33
3.2.1. Szárazanyag meghatározás	33
3.2.2. Specifikus levélterület meghatározása.....	34
3.2.3. Relatív klorofilltartalom mérése	34
3.2.5. Fotoszintetikus pigmentek kvalitatív és kvantitatív meghatározása	37
3.2.6. A nevelési közeg pH-jának mérése.....	38
3.2.7. Az alkalmazott statisztikai módszerek.....	38
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	40
4.1. A szárazanyag-gyapodás változása biotrágya-kezelések hatására	40
4.2. A specifikus levélterület értékének változása mikroorganizmus alapú biotrágya-kezelés hatására	45
4.3. A relatív klorofilltartalom változás biotrágya-kezelések hatására.....	53
4.4. Remobilizációs hányados alkalmazhatósága	65
4.5. Fotoszintetikus pigmentek kvalitatív és kvantitatív változása eltérő biotrágya-kezelés hatására	67
4.5.1. A klorofilltartalom változása.....	67
4.5.2. A karotinoidok mennyiségi változása	75
4.6. A tápoldat pH változás biotrágya-kezelés esetén	80
5. KÖVETKEZTETÉSEK	87

6. ÖSSZEFOGLALÁS	91
7. SUMMARY	94
8. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	97
9. GYAKORLATBAN HASZNOSÍTHATÓ EREDMÉNYEK	99
10. IRODALOMJEGYZÉK	100
11. ÁBRÁK JEGYZÉKE	125
12. TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	134
13. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	135
14. PUBLIKÁCIÓJEGYZÉK	136
NYILATKOZAT	141

1. BEVEZETÉS

A napraforgó-termesztése mind világ- mind hazai viszonylatban nagy jelentőségre tart számot. Hazánkban öt növény (kukorica, búza, napraforgó, árpa, repce) vetésterülete fedi le a szántóföldi növénytermesztés közel 90%-át. A napraforgó iránti kereslet folyamatosan nő, részben a növekvő mennyiségi elvárások, részben az egyre sokoldalúbb felhasználás miatt. Az olajos növények felhasználásának sokrétűsége megkülönböztetett jelentőségűvé tette ezt a csoportot. A magyarországi olajnövény termesztésben meghatározó jelentőségű a napraforgó, a vetésváltási korlátok miatt azonban a fő hangsúlyt a termesztéstechnológia minőségi fejlesztésére szükséges helyezni a vetésterület növelésével szemben. A termesztés eredményességét befolyásoló tényezők egyike a növények tápanyagellátása. Különösen jelentős az emberi fogyasztásra szánt termékek mennyiségi jellemzői mellett azok minősége is. A hasznos, növényi növekedést serkentő talaj mikroorganizmusok (PGPR=Plant Growth Promoting Rhizobacteria) biotrágyaként való alkalmazása a fenntartható, zöld mezőgazdaság egyik fontos eszközévé válik. A biotrágya tulajdonképpen egy olyan készítmény, amely olyan mikroorganizmusokat tartalmaz, melyek fontosak a talajéletben és a növények tápanyagellátásában. Használatuk eredményeképpen csökkenthető a kijuttatott műtrágyák mennyisége, mely gazdasági, természet- és környezetvédelmi szempontból is lényeges, a fenntartható mezőgazdaság alapelve. A termesztés során alkalmazott önálló, vagy kiegészítő biotrágyázás mind minőségi, mind mennyiségi téren további fejlődést jelenthet. A PGPR-ok jelentős része kolonizációra képtelen, ezek a kedvező hatásukat közvetetten fejtik ki (Suslow, 1982). A PGPR-ok tevékenységüket három fő módon fejtik ki Glick (2001) szerint: sajátos vegyületeket szintetizálnak a növények számára. Részt vesznek a tápelemek felvételében, megvédik a növényt a megbetegedések ellen. Mindazonáltal a PGPR-ok által közvetített növényi növekedés serkentése még nem teljesen tisztázott folyamat. Néhány lehetséges magyarázat ugyanakkor már létezik: aktiválják a növények védekezési mechanizmusait, növelik a másodlagos metabolitok mennyiségét, hozzájárulnak a hosszútávú tolerancia kialakulásához, létfontosságú enzimet szintetizálnak, mely növeli a gyökérhosszt és a növekedést serkenti, hormonokat termelnek, növelik az oxidatív stresszel szembeni rezisztenciát, valamint képesek vitaminok előállítására, így vízzoldható B-vitamin félfeket

szintetizálnak. Mindezekáltal nem csak talajban, de hidropónikus körülmények között nevelt növények esetében is kifejthetik kedvező hatásukat.

Kontrollált, hidropónikus körülmények között végzett kísérleteink tesztnövénye a napraforgó (*Helianthus annuus* L.) hibridjei voltak. Munkánk során 3 baktérium tartalmú biotrágya hatását vizsgáltuk a napraforgó hibridek korai fejlődési stádiumában azok produkcióját befolyásoló paramétereire.

1.1. Célkitűzések

Vizsgálatainkat a Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Növénytudományi Intézet, Mezőgazdasági Növényteni, Növényélettani és Biotechnológiai Tanszék klímaszobájában végeztük, 2012 és 2014 Közötti időszakban. A kontrollált, hidropónikus körülmények között beállított kísérletek során alapvetően háromféle biotrágya genotípusfüggő hatását vizsgáltuk. A kísérleti körülmények okán elsősorban a biotrágya baktériumainak a hatását a hormon- és antibiotikum termelésük révén.

Vizsgálataink során a következő célokat tűztük ki:

1. A biotrágyának van e növekedést serkentő hatása a növények korai fejlődési stádiumában, azaz érdemes-e minél korábban kijuttatni a termesztés során, vagy nem. A vizsgálatba bevont napraforgó hibrideknek a teljes növényi szárazanyag-gyiarapodás mellett külön értékelni a hajtás és a gyökér növekedési arányát.
2. Van e különbség az egyes hibridek között a biotrágya alkalmazásával szembeni érzékenységben. Negyvenhárom napraforgó válaszreakciójának vizsgálata.
3. Amennyiben mérhető növekedést serkentő hatása van, akkor milyen mértékű, milyen maximális hatás váltható ki. A növekedést serkentő hatás legmagasabb, az általunk vizsgált paraméterek alapján megállapítható potenciális értéke.
4. A különböző összetételű baktérium alapú biotrágyák hatása között tapasztalható-e különbség. A három, a vizsgálatba bevont, eltérő baktérium összetételű biotrágya hatásvizsgálata, a baktériumok tápanyagfeltáró tevékenységén túlmutató hatásán keresztül.
5. Tapasztalható-e korfüggés a növény-mikroorganizmus válaszreakcióban. Fiatalabb és idősebb levelek válaszreakcióinak elkülönítésével és összehasonlításával ugyancsak a kijuttatási idő hatékony beállítása céljával.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A napraforgó-termesztése

2.1.1. A napraforgó-termesztés története

A napraforgó (*Helianthus annuus* L.) Észak-Amerika nyugati részéről származik, Európába Amerika felfedezése után jutott be az 1510-es években. Eleinte dísznövényként tartották számon, először amerikai indiánok házasították (Schneiter, 1997). Archeológusok egy csoportja szerint korábban termesztésbe vonták, mint a kukoricát. Különböző indián törzsek különféle dolgokra használták: a magokat megőrölve kenyérsütéshez vagy ledarálva más zöldségekhez keverték. Nem élelmiszer célú felhasználása is ismert már ebből az időkből: ruhafestés, építkezés, hajápolás. Mind a virágot, mind a magvakat előszeretettel alkalmazták szertartásokon. Ez az egzotikus észak-amerikai növény az 1500-as években került Európába spanyol felfedezők által. Később, Bunyan 1716-ban szabadalmaztatott találmánya lehetővé tette a napraforgó magjából való olajkivonást. A 18. század népszerű termesztett növényévé vált, népszerűsítése Nagy Péter cár nevéhez fűzhető. Az Orosz Ortodox Egyház tiltotta az olajos ételek fogyasztását a nagyböjt alatt, de a napraforgó olaj használata kivétel volt, ami tovább növelte elterjedését. Ezt az olajat eleinte a bőr- és gyapjufeldolgozásban használták, étkezési célra történő felhasználása a XIX. század elején kezdődött. Ekkor már mintegy 2 millió hektáron termesztették a napraforgót az orosz gazdálkodók. Már ebben az időben kétféle hasznosítás alakult ki, az olaj-napraforgó és az étkezési napraforgó. Az első sikeres nemesítési kísérletek V. S. Pustovoit nevéhez fűződtek. Az orosz nemesítésű genotípusok hamar népszerűvé váltak Amerikában is. Az 'orosz óriás' elnevezésű napraforgó vetőmagot 1880-tól kezdték a katalógusok kínálni, de még közel 100 évvel később, 1970-es években is termesztésre kínálták azonos néven. Az első hivatalos kormányzati nemesítő programot Kanadában indították 1930-ban, de ugyancsak az orosz alapanyagra épülve (Putnam et al., 1990, Schneiter, 1997).

A világ tíz legnagyobb napraforgó termesztő országát és a termesztett mennyiséget az *1. táblázat* mutatja be.

1. táblázat A világ 10 legnagyobb napraforgó termesztő országa (Maps of World alapján, 2016. februári adatok)

rangsor	ország	Betakarított összes termés (t)
1	Ukrajna	8 387 100
2	Oroszország	7 992 714
3	Argentína	3 340 520
4	Kína	2 369 000
5	Románia	1 398 203
6	Törökország	1 370 000
7	Magyarország	1 316 545
8	Bulgária	1 387 780
9	Tanzánia	1 125 000
10	Franciaország	1 572 952

A korábbi években vezető szerepben lévő Argentína helyét átvette Oroszország és Ukrajna, melyek földrajzi elhelyezkedésükből adódóan hazánknak konkurensei az európai piacokon. Románia is jelentős mennyiségű napraforgót állít elő, azonban a tengeri szállítási lehetőség miatt előnyt élvez az exportpiacokon hazánkkal szemben.

Hazánkban az 1930-as években jelent meg a növénytermesztésben, mint olajnövény, de előtte hosszú ideig szegélynövényként, illetve dísnövényként termesztették. A második világháború után termesztési területének nagyságát elsősorban az állatok által igényelt takarmánynövények termőterülete határozta meg. Az 1970-es évek végén a termőterület jelentősen nőtt, mivel az előállított étkezési napraforgóolaj jelentős exportcikké vált. 1975 után megjelentek a nagy olajtartalmú hibridek, ezzel a hektáronkénti olajhozam jelentősen növekedett. Az utóbbi 5 év napraforgó-termesztést jellemző főbb adatait az 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat A hazai napraforgó-termesztés főbb adatai (betakarított terület; betakarított összes termés; termésátlag) 2000 és 2010-2014 (Agrárgazdasági Kutató Intézet adatai alapján, 2014)

	2000	2010	2011	2012	2013	2014
betakarított terület (ha)	298 795	501 507	579 548	615 097	596 889	589 824
betakarított összes termés (t)	483 649	969 718	1 374 784	1 316 545	1 484 368	1 555 193
termésátlag (kg ha⁻¹)	1 620	1 930	2 370	2 140	2 490	2 640

A termesztéstechnológia biológiai tényezőit a fajta, illetve hibrid jelenti. A jelenlegi rendkívül széles hazai hibridválaszték mind termésmennyiségben, mind termésminőségben világszínvonalú. A hazánkban állami elismeréssel rendelkező hibridek és fajták száma jelenleg eléri a 140-et, ami sokféle választási alternatívát kínál (Zsombik, 2006a). Ugyanakkor a hibridek termésbiztonsága már nem ilyen egyöntetű, ami elsősorban az abiotikus (időjárás, talajtulajdonságok), biotikus (károsító szervezetek), illetve az agrotechnikai stresszfaktorokkal szembeni tűrőképességet jelzi (Borbélyné, 2002). A napraforgó-termesztés fejlesztésében alapvető feladat e tényezők összhangjának megteremtése (Borbélyné et al., 2009). Az agrotechnikai tényezők a kritikus elemek fontossága vitathatatlan, ezeknél optimális ráfordítási szintet kell biztosítani, míg a többi elemnél egy minimum-szint biztosítása elengedhetetlen, mely lehetővé teszi a kritikus elemek hatékonyságát (Zsombik, 2006). A kritikus termesztéstechnológiai elem a napraforgó-termesztésben a vetéstechnológia és a növényvédelem mellett a hibridmegválasztás (Borbélyné, 2002; Sárvári, 2007; Zsombik et al., 2002).

2.1.2. A napraforgó tápanyag-utánpótlásának főbb jellemzői

A napraforgó a betegségek iránti fogékonysága miatt az önmaga utáni termesztést nem bírja, 5-7 évet kell várni, hogy az adott területen újra termeszteni lehessen. Legjobb előveteményei a kalászos gabonák, közepes elővetemény a silókukorica.

A napraforgó megfelelő tápanyagellátása több szempontból fontos, szempontjait Pepó (2008) összefoglalása alapján a 3. táblázat mutatja be.

3. táblázat A tápanyagellátás szempontjai a napraforgó-termesztésében (Pepó, 2008 alapján)

<i>Biológiai szempontok</i>	Kiterjedt gyökérrendszer
	Tenyészdő végéig fejlődő gyökérrendszer
	Nagy tápanyagfelvételi-képesség
	Harmonikus makro-, mezo- és mikroelem igény
<i>Agronómiai szempontok</i>	Termőhely-specifikus trágyázás
	Hibrid-specifikus trágyázás
	Maximális termésmennyiség
	Termésbiztonság
	Maximális olajtartalom
	Interaktív hatások más agrotechnikai elemmel
<i>Egyéb szempontok</i>	Környezetvédelem
	Élelmiszerbiztonság
	Jövedelmezőség
	Természetvédelem
	Egészségvédelem

A napraforgó mélyreható, erőteljes gyökérzete következtében jól hasznosítja a talaj tápanyag-készletét, a tápanyag utánpótlás mennyiségi és minőségi változtatásával a termést közvetve befolyásolhatjuk. A gyökérrendszer felépítése genotípus függő lehet, így a napraforgó-termesztésében, tápanyag ellátásában nagy szerepe van az adott genotípus jellemzőinek (Pepó, 1999). Ugyancsak mélyreható gyökérzetének köszönhetően Csajbók és munkatársai (2008) száraz körülmények között is magas fotoszintetikus aktivitást mutatottak ki. A rövid idejű extrém szárazságot igen jól tűri a jól szabályozott sztómaműködése miatt is (Demir et al., 2006). Ruzsányi és Csajbók (2001) szerint a napraforgó víz- valamint hőigényének köszönhetően a legtöbb szántóföldi növénytől eltérően reagál az időjárási szélsőségekre. Sárvári (2007) megállapítása alapján a napraforgó termése és termésbiztonsága szempontjából kedvező, ha nem túl csapadékos az időjárás a vegetációs periódus alatt. Bár a

napraforgó vízigénye viszonylag magas, mert virágzás előtt a levélfelület és a szár, a virágzás után a kaszatok és az olaj kialakulásához is nagymennyiségű vizet használ fel (Orta et al., 2002). Zsombik (2006a) vizsgálati eredményei alapján azt a következtetést vonta le, hogy a vegetációs periódus időjárási viszonyai extrém módon befolyással vannak a termés mennyiségére. Ezt a megfigyelést támasztja alá Pepó (2012) azon eredményei is, mely szerint a vizsgált hibridek terméseredményei közötti különbség átlagos évjárat esetén 2000 kg ha^{-1} , csapadékos évjárat esetén 1300 kg ha^{-1} volt, azonos talajon és azonos agrotechnika alkalmazása mellett. Az átlagon felüli csapadék következménye ebben az esetben is Sárvári (2007) megállapítását támasztják alá, ugyanakkor, Szabó (2014) vizsgálatai alapján a vetésidő kitolódása a csapadékosabb tenyészidőszakban a termésmennyiség növekedését idézte elő. A csapadék mennyiségén túl, a napraforgó minőségi paramétereinek alakulásában fontos szerepe van a hőmérsékletnek is. A napraforgó kaszatok olajtartalma pozitív összefüggésben van a virágzási időszak alatti effektív hőösszeggel és a napi hőmérséklet alakulásával. A virágzás időszakában uralkodó melegebb, napsütéses időjárás hatására az olajtartalom növekszik (Zsombik, 2006b; Onemli, 2012). A hőmérsékleten túl, az éjszakai és a nappali hőmérséklet különbség az elsődlegesen befolyásoló környezeti tényező, ami mind az olaj mennyiségét és az olaj összetételét is befolyásolja (Echarte et al., 2010). A napraforgó-termesztés minőségi paramétereit Ruzsányi és Pepó (1999) eredményei szerint a növényegészségügyi állapota is befolyásolja. Futó és munkatársainak (2011), valamint Futó és Sárvári (2013) eredményei alapján a fungicid kezelés jelentős termésmenvelő hatással bírt, emellett a kezelés hatására az olajtartalom is növekedett. Ezt támasztja alá Zsombik és Pepó (2004), valamint Novák (2016) publikációja, mely szerint a hibridválaszték alapos kórtani felvételezése és azok eredményeinek alkalmazása a termesztés hatékonyságát növelik. A napraforgó-termesztés hatékonyságát alapvetően az ökológiai, biológiai és agrotechnikai tényezők határozzák meg (Dani és Pepó, 2005). Az agrotechnikai elemek közül kritikus termesztéstechnológiai elemnek számít a trágyázás, azaz a megfelelő tápanyag utánpótlás (Pepó és Vad, 2011). A napraforgó-termesztéstechnológiájában a vetésidőnek az időjárási viszonyok miatt kiemelkedő szerepe van a termés mennyiségének és minőségének (Zsombik et al., 2002) alakulásában. A napraforgó korai és kései vetése jelentős mértékben befolyásolta az állományfejlődési dinamikát, a szárazanyag-képződést és a LAI értékeket, összességében tehát a termésmennyiséget és minőséget (Pepó, 2007). Az eltérő évjáratok eltérő növénymagasságot okozhatnak, de azonos

évjáraton belül a szárszilárdság befolyásolásán keresztül adott környezeti tényezők változásának hatására is változhat a magasság (Zsombik, 2006c). Kimutatható a hibridek eltérő érzékenysége a vetésidő változására is, eltérő termés kieséssel reagálhatnak (Ruzsányi et al., 1986; Zsombik, 2007). Az évjárat hatásán túl természetesen a hibridek morfológiai tulajdonságai, így a magasság, a tányérállás, a tányérméret és a szár vastagsága szintén módosíthatják a dőlés gyakoriságát (Zsombik 1999).

A korszerű napraforgó hibrideknek elsősorban kedvező termésbiztonsággal – ökológiai adaptáció, pathológiai tolerancia, agronómiai tulajdonságok – kell rendelkezniük (Pepó, 2009).

Sárvári és Zsombik (2006), Zsombik és Pepó (2003 és 2007), valamint Szabó (2015) eredményei alapján a napraforgó fajlagos tápanyagigénye: nitrogén (N): 4,0 kg ha⁻¹; foszfor (P₂O₅): 2,0 kg ha⁻¹; kálium (K₂O): 7,0 kg ha⁻¹, átlagos technológiai szint alkalmazása mellett 150–180 kg ha⁻¹ nitrogént, mérsékelt mennyiségű, (60-70 kg ha⁻¹) foszfort és igen nagy mennyiségű káliumot vesz fel. Az igényt ugyanakkor az állománysűrűség is befolyásolja (Szabó et al., 2002; Szabó és Pepó, 2003). A növény által felhasznált nitrogén több mint 50-60%-át, a kálium több mint 60-70%-át a talajból veszi fel, csupán a fennmaradó mennyiséget pótolja a műtrágyákból. A foszfor esetében ez az érték kisebb, csupán 30-35%-a származik a talaj foszforkészleteiből, a fennmaradó mennyiséget a kijuttatott trágyaféleségekből fedezi a növény (Pepó, 2008). A mezoelemek (kalcium, magnézium) szerepe a napraforgó-termesztésben kiemelkedő, főleg savanyú talajok esetében. A napraforgó fajlagos CaO- és MgO-igénye jelentős, mely kielégíthető 1,5-2,5 t ha⁻¹ dolomitos mészkőpor alkalmazásával. (Szabó, 2015). A foszfor- és kálium-műtrágyákat egy adagban ősszel alapműtrágyaként, a nitrogén-műtrágyát jó elővetemény után elegendő tavasszal, a vetés előtt kijuttatni és a magágy-készítés során bedolgozni a talajba. Közepes elővetemény után a nitrogén-műtrágyát megoszthatjuk: ősszel 20-40 %, tavasszal magágykészítés előtt 60-80 %. Sárvári és Ábrahám (2006) eredményei szerint az átlagos kaszattermés 1,7-2 t ha⁻¹ közötti, ami feltételezésük szerint csak a fele a lehetséges maximális termésnek. Az alacsony hozam és a változó olajtartalom fő okaiként a nem megfelelő tápanyagellátás jelölik meg. Eredményeik szerint a napraforgó esetében fontos a bőséges kálium, a mérsékelt nitrogén és a megfelelő magnézium, kén és foszfor ellátás. A kálium növeli a terméskötést, a szárazságtűrő képességet, és a

telítetlen zsírsavtartalom mennyiségét, a magnézium fokozza az asszimilációt, a kén pedig a zsírsavak bioszintézisében játszik fontos szerepet (Sárvári és Ábrahám 2006).

2.1.2.1. A nitrogén szerepe a napraforgó tápanyag ellátásában

A tápelemek között a nitrogén az egyik elem, amely indukál, hatással van a metabolikus folyamatokra, elsősorban a fehérjék révén serkenti a vegetatív és a reprodukív fejlődést, növekedést is. A napraforgó esetében is a nitrogén növeli legnagyobb mértékben a termés nagyságát (Zubillaga et al., 2002; Koutroubas et al., 2008). Zubriski és munkatársainak (2009) 23 helyszínen és többféle talajtípuson beállított napraforgó kísérleti adatai szerint a termésmennyiséget limitáló faktor a talaj nitrogén tartalma volt. Palmer és munkatársainak eredménye (1995) szerint az adagolt nitrát mennyisége szoros összefüggést mutat a sejt megnyúlással, így a levél végső nagyságával is. A sejt turgor nyomása nem változott a csökkentett mennyiségű nitrát ellátás hatására, így ez nem okozhatja a redukált levélterületet kevesebb nitrát adag mellett. Ugyanakkor a sejtfal jellemzőinek változásának tulajdonították a méretbeli változásokat, továbbá abszicizinsav szintemelkedést mértek mind a gyökérben, mind a levélben. A nitrogén ellátás mögötti következményekben, így a levélméret csökkenésében is fő szerepe van az adott hibrid nitrogénmobilizáló képességének (Agüera et al., 2009). Steer és munkatársainak vizsgálatai (1984) szerint a napraforgó mag nitrogén tartalma szoros összefüggést mutatott a nitrogén ellátás mértékével a vizsgált fejlődési stádiumokban. Továbbá ugyancsak pozitívan korrelált az alkalmazott nitrogén szinttel a mag szabad és kötött aminosavainak a mennyisége is, főleg az arginin, glutamin és hisztidin aminosavaké. Nasim és munkatársai szerint (2012) különbség van a genotípusok különböző nitrogén ellátásra adott válaszreakcióiban, a termésmennyiség és az olajminőség tekintetében egyaránt. Nasim és munkatársai 2016-os eredményeiben arra hívja fel a figyelmet, hogy a nitrogénhatás genotípus függősége mellett fontos befolyásoló szerepe van az agroklimatikus tényezőknek. Haseeb és Maqbool (2015) rámutat, hogy vízhiány esetén kiemelt jelentőséggel bír a napraforgó esetén a levéltrágyaként kijuttatott nitrogén.

A túlzott mennyiségű nitrogén viszont csökkenti a kaszatok olajtartalmát, befolyással van az olajsavak arányára (Bahl et al., 1997), ugyanakkor a fehérjetartalom is nagyobb lesz (Steer

et al., 1984). Továbbá a fogékonnyá teszi a növényt a gombás megbetegedésekkel szemben, mindezek a termésmennyiség jelentős mértékű csökkenését okozhatják.

2.1.2.2. A foszfor szerepe a napraforgó tápanyag ellátásában

A foszfor tápelem esetében közismert, hogy a nevelési közeg kémhatása befolyással van a felvehetőségére. Savas körülmények között $H_2PO_4^-$, semleges és lúgos közegből HPO_4^{2-} forma a kedvezményezett. Jellemzően gyorsan beépül szerves kötésekké, majd nukleinsavak, foszfolipidek szintetizálódnak belőle. A szervetlen foszfát csoportként (P_i) is fontos szerepet tölt be: az ATP molekulában makroerg kötések hoz létre, míg egyes enzimek szabályozásában a foszforilációnak van jelentősége. A foszfor mivel befolyással van a nitrogén növénybeli eloszlására is közvetve és közvetlenül is hat a növények növekedésére, fejlődésére (Reich et al., 2009). A foszfor trágyázás pozitív hatása a napraforgó növekedésére, a termés mennyiségére bizonyított (Muralidharudu et al., 2003; Sárvári és Ábrahám, 2006; Zsombik, 2006a; Pepó, 2008; Adebayo et al., 2010). A foszfor trágyázás hatására magasabb lesz a napraforgó (Singhi és Pacheria, 1981), nő a levélfelület (Chaniara et al., 1989), a szár (Kathuria et al., 1996) és a fej átmérője (Shivaprasad et al., 1996), a fejenkénti szemszám (Khan és Hussain, 1996) és a szemek súlya (Dhoble, 1998), valamint az olajtartalom is (Hemalatha et al., 2013). A foszfor hiánya a fentebb említett pozitív hatások ellenében hat, csökkenti a termésmennyiséget, kisebb lehet az elérhető olajtartalom (Hemalatha et al., 2013).

2.1.2.3. A kálium szerepe a napraforgó tápanyag ellátásában

A kálium is esszenciális elem, a makroelemek közé tartozik, a citoplazma legnagyobb mennyiségben jelenlévő eleme. Mivel a napraforgó olaj fontos zsírban oldódó vitaminokat is tartalmaz, így az olajtartalmat befolyásoló hatásoknak, mint a talaj kálium tartalma, kiemelt jelentősége van a minőségi termék-előállításban. Az általános fiziológiai paramétereken túl kiemelendő, hogy az olajbeépülés szempontjából kiemelt jelentőségű makrotápelem a kálium (Zsombik, 2006a). Nitrogén melletti káliumtrágyázással nagymértékben emelhető az olajhozam (Soleimanzadeh et al., 2010; Mollashahi et al., 2013). Chaudhry és Mushtag (2004) eredményei szerint a kálium kiegészítő trágyázásnak köszönhetően nő az adott

napraforgó fejre vonatkoztatott telített szemek száma, ami magával vonja a magasabb hozamot, illetve olajtartalmat is. Káliumtrágyázással más elemek felvétele szintén befolyásolható, így szinergista hatást figyelt meg Ertiftik és Zengin (2015) mangánnal és vassal szemben szabadföldi kísérletben.

A kálium központi szerepet tölt be a növényi stresszválaszokban: fertőzések, szárazság, hideg, fagy és elárasztás esetén (Wang et al., 2014). A kálium speciális enzimaktivátor, szerepe van a fehérjeszintézisben, az ozmoreguláció, a sztómamozgás szabályzásában, az energia-transzferben, így a növény stresszhelyzetekre adott reakcióiban (Marschner, 1995). A kálium növeli a napraforgó szárazságtűrését (Solimanzadeh et al., 2010), valamint a napraforgó ellenálló-képességét a gombás és baktériumos fertőzésekkel szemben (Labrousse et al., 2010).

2.2. A talaj, mint élő közeg

A talaj ökoszisztéma megfelelő kezelése, működtetése a talaj jövőbeni termékenységének, fenntarthatóságának az alapját jelenti (Morgan et al., 2005; van Elsas et al., 1997). A talaj egy élő környezet, amely támogatja, lehetővé teszi rendkívül változatos közösségek mikro- és makro-organizmusok együttélését, a környezettel kapcsolatos nyílt interakciót. Valójában gyakran tekintik egy "fekete doboz"-nak, melynek tartalma sok tényező egyedi és együttes hatásának az eredménye (Morgan et al., 2005). A növények szempontjából a talaj alapvető jelentőséggel bír, hiszen a szén-dioxid, oxigén és fény kivételével gyakorlatilag minden más a talajból származik a növekedéshez, fejlődéshez. Mintegy 17 elem minősíthető esszenciálisnak a növényi növekedés és szaporodás szempontjából (Marschner, 1995), ezekből 14 tulajdonképpen a talajoldatból kerül a növénybe. Hatan vannak a makroelemek (N, K, P, S, Mg, Ca), nyolc mikroelem (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn) és egyéb nem esszenciális és toxikus elemeket is felvehet a növény a talajból (Cd, Pb, Na). A legtöbb elem ionos formában kerül felvételre a talajoldatból (White, 2003). A növény növekedését meghatározza az esszenciális elemek hozzáférhetősége, valamint a toxikus elemek jelenléte is. A növény gyökere és a rizoszféra organizmusainak interakciója meghatározó az elemek hozzáférhetősége és kizárhatósága szempontjából.

A rizoszféra első leírása Lorenz Hiltner (1904) nevéhez fűződik, aki megállapította, hogy a gyökér és a talaj határfelületén kell lennie egy rétegnek, amelyben közvetlen kapcsolat alakul ki a növény és a talajbaktériumok között. A rizoszféra kifejezés a görög 'rhiza', azaz gyökér és a 'sphere', azaz szféra, a befolyásolás helye, területe szavakból ered. Definíciója szerint elsősorban a gyökér pozitív hatását hangsúlyozza az azt körülvevő baktériumokra. Pinton és munkatársai (2001) már kiterjesztve használják a fogalmat, kiemelve a kétirányú előnyös hatást. A rizoszféra mikroorganizmusai is reagálnak arra a számos metabolitra, mely a növény gyökeréből származik. A növény által kibocsátott exudátumok – cukrok, aminosavak – és elhalt növényi részek tápanyagforrást biztosítanak a rizoszféra mikróbáinak, mennyiségük és összetételük pedig szabályozza azt. A kapcsolat részletes feltérképezése leginkább metodológiai akadályok miatt hátráltatott (Morgan és Whipps, 2001). A rizoszféra a talajnak az a gyökeret körülvevő zónája, amelyre az hatással bír. Határa nem húzható meg élesen, mérete pedig időben és térben változik. Ugyanakkor a rizoszféra jól elkülöníthető részekre tagolható (Lynch, 1987):

1. Endorizoszférára (hisztoszféra): a gyökér szövet az endodermisszel és a kortikális réteggel.
2. Rizoplán: a gyökér felülete, azaz a bőrszövet és a mucigél réteg együttese
3. Ektorizoszféra (ált. használatban rizoszféraként említett): az a talajrész, mely a gyökér befolyása alatt áll

A mikorrhiza kapcsolatot kialakító növényeknél mikorizoszférának hívjuk a gomba által kialakított réteget (Lindermann, 1988).

A mucigél fontos szereppel bír, mely a gyökér felszínét borítja (1-10mm) extracelluláris nyálkaréteg. Kémiai összetétele változó, de általánosan elmondható, hogy főként oligo- és poliszacharidok, fenolgyületek és glikoproteidek alkotják. Fontos tény, hogy a növény a fotoszintetikusán kötött szén nettó mennyiségének 10-40%-át fordítja mucigél képzésére, mely jelenség rizodepozíció néven ismert (Morgan et al., 2005). A mucigélen keresztül zajlik a tápanyagáramlás, mechanikai védő szerepe van, de korokozókkal szembeni védő hatása is ismert (Braschi et al., 2011). A benne lévő szerves anyagok tápanyagforrást jelentenek a mikroorganizmusok számára.

A gyökér más módokon is befolyásolja a rizoszférát, például a pH, vagy az oxidációs viszonyok változtatásával, fémek komplexálásával, szerves savak kibocsátásával, enzimek termelésével, illetve a talaj víztartalmának és szerkezetének módosítása révén.

2.2.1. A talaj mikroorganizmusainak szerepe a növénytermesztésben

A talajban lévő élő mikroorganizmusok élettevékenységük révén hozzájárulnak a talaj kémiai, biológiai és fizikai tulajdonságainak alakításához. A mikroorganizmusok növényi tápanyagfelvételt segítő képessége révén fokozzák a tápanyagok feltáródását, mobilitását, valamint közvetlenül növelik a tápanyagfelvételt. Korai kutatások eredményeként tisztázódott (Gerretsen, 1948; Katznelson és Bose, 1959), hogy az inokulált baktériumok elősegítették a foszfor felvehetőségét, a szerves foszfátok mineralizációját fokozták, az oldhatatlan foszfátot oldhatóvá tették. A talaj beoltása *Azospirillum brasilense*-vel a búza, a cirok és a kukorica esetében jelentősen növelte a nitrogén, a kálium és a foszfor felvételét (Morgenstein és Okon, 1987). A talaj- növénymikroorganizmus kölcsönhatás a növények tápanyagellátásában alapvető fontosságú. A mikroorganizmusok hatása komplex lehet, serkenthetik, gátolhatják, vagy akár hatás nélkül is lehetnek a gyökerek növekedésére. Hatásuk a mikroorganizmus típusától, a növénytől és a környezeti feltételektől függ.

A tápanyagok hozzáférhetőségét és felvételét a növényi szervezetet körülvevő környezet nagymértékben befolyásolja és meghatározza. Az élelmiszer minőséggel szembeni követelmények felvetik a végtermék minőségét is meghatározó növény-táplálás kérdéseit. A talajélet meghatározó jelentőséggel bír a tápanyagok mobilizálásában. A talajbaktériumok hasznos szerepe igen sokrétű, amely a gazdanövényvel való kapcsolatot illeti. A hasznos mikroorganizmusok jelölésére használt a PGPR betűszó a Plant Growth Promoting Rhizobacteria (növényi növekedést serkentő rizobaktériumok) elnevezésből származik, amellyel a gyökérszónában élő és a növények növekedését (közvetett vagy közvetlen módon) serkentő, rendszertanilag nagyon vegyes baktériumcsoportot illetik. Ezek a rizobaktériumok 2-5%-át adják a rizoszférában élő baktériumoknak (Kloepper et al., 1980). Növelik a tápelemek oldékonyságát és felvételét. Stimulálják a növény növekedését azáltal, hogy kontrollálják a patogén kórokozók káros hatásait (Vessey, 2003). Ez az oka annak, hogy a növény növekedését

elősegítő mikroorganizmusok, mint biotrágyák használata egyre inkább előtérbe kerül, hiszen az állattartás csökkenésével, mérsékeltebb a kijutatott szerves trágya mennyisége, amelyet a talajok hasznos baktériumokban való elszegényedése követ. A komplex rizoszféra mikroflórával injektált talajon az elsődleges gyökérnövekedés valamint hajszálgökér képződés gátlását tapasztalták a steril talajon nevelt növényekhez viszonyítva (Fusseder, 1984; Rovira et al., 1983). A talaj hasznos baktériumai a talaj szerves anyagainak bontásával jelentősen hozzájárulnak a talómaradványok gyorsabb lebontásához is. A növényi növekedést elősegítő talajbaktériumokat már régóta vizsgálják (Gerretsen, 1948; Bowen és Rovira, 1991; Katznelson és Bose, 1959; Kloepper et al., 1988; Nagy et al., 2013; Sudhakar et al., 2000; Tóth és mtsai., 2015; Veres et al., 2009). A növényi növekedést serkentő baktériumok elnevezésére használatos a PHPR rövidítés is, ami Plant Health Promoting Rhizobacteria mozaikszava, azaz az egészséges növényi fejlődés serkentése baktériumok jelölése (Burr és Caesar, 1984). Az általuk kiválasztott növényi növekedést szabályzó anyagokat összefoglalóan PGR-ként (Plant Growth Regulator) nevezi a szakirodalom. Khan (2005) két csoportot különböztet meg, a szimbiózisban és a szabadon élő talajbaktériumokat. Becslése szerint a hasznos baktériumok által szimbiotikusan megkötött nitrogén a biológiai úton kötött nitrogén 80%-át biztosítja szabadföldi körülmények között (Hamzei, 2012). Ugyanakkor a PGPR-ok jelentős része kolonizációra képtelen, ezek a kedvező hatásukat közvetetten fejtik ki (Suslow, 1982). A PGPR-ok tevékenységüket három fő módon fejtik ki Glick (2001) szerint:

1. sajátos vegyületeket szintetizálnak a növények számára (Zahir et al., 2004)
2. részt vesznek a tápelemek felvételében (Çacmakçi et al., 2006)
3. megvédik a növényt a megbetegedések ellen (Guo et al., 2004)

Mindazonáltal a PGPR-ok által közvetített növényi növekedés serkentése még nem teljesen tisztázott folyamat. Néhány lehetséges magyarázat ugyanakkor már létezik:

1. aktiválják a növények védekezési mechanizmusait (Dutta et al., 2005)
2. növelik a másodlagos metabolitok mennyiségét, hozzájárulnak a hosszútávú tolerancia kialakulásához (Egamberdiyeva és Hoflick, 2004)

3. szintetizálnak egy létfontosságú enzimet (1-aminociklopropán-1-karboxiláz-deamináz = ACC), mely csökkenti a fejlődő növényi gyökérben az etilén szintet, ezáltal növeli a gyökérhosszt és a növekedést serkenti (Penrose és Glick, 2003; Glick, 2014). A hosszabb és jobban fejlődő gyökér pedig jobb hozzáférhetőséget jelent a talaj nagyobb részéhez.
4. hormonokat termelnek: auxinokat, citokinineket, gibberellineket és abszcizinsavat, és ezek a hormonok hatnak összességében serkentőleg a gyökér sejtjeire (Patten és Glick, 2002)
5. fitopatogén baktériumok antagonistái elsősorban sziderofor kiválasztásuk révén, de kiválaszthatnak kitináz, cianidokat, antibiotikumokat is (Pal et al., 2001; Glick és Pasternak, 2003)
6. szimbiotikus nitrogénfixáláson keresztül nagyon fontos növekedést serkentő szerepük van (Kennedy et al., 2004)
7. oldhatóvá teszik és mineralizálják az elemeket, különös tekintettel a foszforra (Richardson, 2001)
8. szárazsággal (Alvarez et al., 1996) szembeni védekezésben fontos szerepe van a kálium ionon keresztül
9. Saleem és munkatársai (2007) a sóstresszel és az elárasztás kapcsán mutatta ki pozitív hatásukat
10. Stajner és munkatársainak (1997) valamint Gururarni és munkatársainak (2012) vizsgálatai alapján növelik az oxidatív stresszel szembeni rezisztenciát
11. képesek vitaminok előállítására, így vízoldható B-vitamin féléket szintetizálnak, pl. riboflavin, biotin, thiamin (Revilla et al., 2000)

A kereskedelmi biotrágyákban lévő különféle baktériumok több lehetséges pozitív hatást fejthetnek ki. Szakirodalmi adatok szerint elősegítik a növény fejlődését pl. fitohormonokon keresztül, javítják a növény tápanyagellátását, a biológiai N₂-fixáláson keresztül, a nehezen oldódó tápanyagok (P, K, NH⁴⁺, Fe, Mn, Zn) kémiai mobilizációján át, a gyökerek differenciálódásán vagy a mikorrhizáltságán keresztül (Wu et al., 2011). Javítják a növény egészségi állapotát, rezisztencia kialakításával a biotikus és abiotikus stressz faktorokkal szemben, valamint patogén antagonizmussal (Vessey, 2003).

Az eddig vizsgált baktérium-félék előnyös hatásaival kapcsolatos kutatások legfőbb eredményeit a 4. táblázat foglalja össze.

4. táblázat Biotrágya alapját képezhető lehetséges mikroorganizmusokkal végzett vizsgálatok

Faj	Előnyös hatás	szakirodalom
<i>Bacillus subtilis</i>	Csírázás segítése és biomassza növelő hatás <i>Aspergillus niger</i> és <i>Fusarium oxysporum</i> ellen.	Manjula és Podile (2001)
	Növekedést serkentő hatás szója esetében.	Baiet al., (2002)
	Bakteriális védelem <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i> ellen.	Baiset al., (2004)
	Fertőzés elleni védelem: <i>Colletotrichum logenarium</i> és <i>Pythium aphanidermatum</i> ellen uborkán és paradicsomon.	Ongenaet al., (2005)
	Kukorica növekedés serkentése alginitban alkalmazva.	Trivediet al., (2005)
<i>Bacillus subtilis</i> <i>Bacillus megaterium</i>	Tea növény növekedésének serkentése. Nagy gyökérkolonizációs hatékonyság.	Trivediet al., (2005)
	Rizs növény növekedésserkentése.	Trivedi et al., (2006)
<i>Bacillus megaterium</i>	Földimogyoró növekedésének a serkentése.	Kishore et al., (2005)
	Tea növény növekedés serkentése és gyökérbetegség elleni védelem. Polifenol és antioxidáns enzimek mennyiségi növekedése.	Chakraborty et al., (2005)
	<i>Fusarium</i> fertőzés csökkentése paradicsomnál.	Omar et al., (2006)
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Mungóbab esetében nőtt a csírázási százalék, a szárazanyag tartalom, a levélterület és a klorofillok mennyisége.	Dutta et al., (2005)
	Kórokozók elleni védelem sziderofor termelés miatt.	Yeole és Dube, (2000)

A *Bacillus subtilis* elsősorban antibiotikum kiválasztása miatt lehet alapja, illetve alkotója a mikroorganizmus alapú trágyáknak, a biotrágyáknak (lsd. 5. táblázat).

A *Bacillus megaterium* hatása sokrétű, az egyik legaktívabb foszformobilizáló baktérium (Hans és Supanjani, 2006). Ugyanakkor Ortíz-Castro és munkatársainak eredményei (2008) szerint citokinin receptor stimuláló hatása van, azaz növekedés serkentő, öregedés gátló hatása

is pozitívan hat a növény életére. A kutatási eredmények bizonyították betegségekkel szembeni hatékonyságát is, így búzában a szeptóriás levélfoltosságért felelős *Mycosphaerella graminicola*-val (anamorf: *Septoriatritici*) szemben (Kildea et al., 2008). Moorel és munkatársainak eredménye szerint (2014) B₁₂ vitamint is termel.

A *Bacillus polymyxa* esetében Priest (1993) írt le a növények számára is hasznos nitrogénkötő képességet, míg Gaur (1990) szerint foszfát-oldódásában szerepet játszó baktérium.

Az *Azotobacter chroococcum* baktériumról közismert, hogy szabadon élő nitrogénkötő. Nitrogénkötő képessége nagyban függ a talaj adottságaitól, fizikai és kémiai jellemzőitől, tápanyagtartalmától (Balláné, 2008; Kátai et al., 2015; Kincsesné et al., 2015).

Az *Azospirillum* család az egyik legjobban leírt PGPR csoport. A család egyes tagjai szabadon élő nitrogénkötők, míg másoknak a foszfor mobilizálásában van szerepe, de hormontermelésük is hasznos a növények számára (Steenhoudt és Vanderleyden, 2000).

Az *Azotobacter vinelandii* ugyancsak foszformobilizáló és nitrogénkötő képessége révén tagja a PGPR csoportnak (Nostrati et al., 2014)

Ezeket a fajokat tartalmazó mikroorganizmus alapú biotrágyáknak számos kedvező hatásai mutatták ki (Barett és Marsh, 2001; Kincsesné et al., 2008; Lévai et al., 2008, 2010; Kiss, 2010; Tóth et al., 2015; Gáspár, 2016):

- A talaj mikrobiális életét serkentik, tápanyag szolgáltató képességét javítják, ezáltal a szükséges időben és mennyiségben biztosítják a növények folyamatos és kiegyensúlyozott tápanyagellátását
- Szerves tápanyag feltárását segíti, humifikálás, tápanyag deponálás
- Talaj szerkezet-, vízháztartás javítása
- Növényi kórokozók, gombák, kártevők átteleléséhez szükséges élettér jelentős korlátozása
- Javul a talaj művelhetősége
- Gazdaságosabb a műtrágyával szemben
- Környezet- és természetbarát
- Hatására a hajszálgökök erőteljesebb fejlődése figyelhető meg, ezáltal az aszálynak is jobban ellenáll

2.2.1.1. A talajbaktériumok sziderofor kiválasztásának hasznosítása

A talajbaktériumok sziderofor termelése hozzájárul a fertőzésekkel szembeni védelemhez (Yeole és Dube, 2000). A sziderofort kiválasztó *Pseudomonas* erős gátló hatást fejt ki a búzát nagyban károsító *Fusarium oxysporum* és *Aspergillus flavus* fajokra (Manwar et al., 2000). A *Pseudomonas* törzs tagjaira jellemző a sziderofor molekulák termelése, ezek fémionok kötésére alkalmas struktúrák, amelyek segítségével a baktériumok a környezetből fel tudják venni a létfenntartásukhoz esszenciális fémionokat, pl. a vasat. A legtipikusabb ilyen molekula a zöldessárgán fluoreszkáló pioverdin, amelyet a törzs felismerésére is használnak.

A vas (Fe) azon túl, hogy a növények számára is igen fontos tápelem – elektronszállító rendszerekben, enzimek alkotórészeként – a vas az egyik legfontosabb tényező a mikrobaközösségek élőhelyének meghatározásában is antagonistá képességük révén. A vas központi szerepet játszik az obligát és fakultatív aerob mikroszervezetek anyagcseréjében. Azok a fajok képesek fennmaradni, amelyek a legjobban tudták kifejleszteni vas-szerzési mechanizmusukat. Ebben fontos szerepe van a fent említett, mikroorganizmusok által termelt kis molekulájú szerves vegyületeknek, a szideroforoknak. Szinte valamennyi aerob és a fakultatívan aerob baktériumok jelentős része termel sziderofort, a különbség a sziderofor termelés intenzitásában van. A sziderofor nagy hatékonysággal köti a ferri ionokat, ezáltal gátolják a többi, többek között fitopatogén mikroorganizmusok szaporodását, ugyanis ezek a vasért folytatott versengésben alul maradnak. Amennyiben a vas hozzáférhetősége a mikroorganizmusok számára a környezetben kis mértékű, sokan közülük, a Fe^{3+} -hoz nagy affinitással rendelkeznek, kis molekulatömegű metabolitokat, szideroforokat és részben külső membránproteineket termelnek, melyek kioldják a vasat az ásványokból és a szerves vegyületekből.

A sziderofor termelés hatékonysága függ a talaj pH értékétől. Ha a talaj pH-ja csökken, a vas jobban oldódik, hozzáférhetővé válik, csökken a sziderofor termelés. A *Pseudomonas* fajok a legismertebb sziderofor termelők: *Pseudomonas fluorescens*, *P. putida*, *P. aeruginosa*, *P. chlororaphus*, *P. aureofaciens*, *P. syringae*, *P. fulva*, *P. corrugata*, stb. A *P. fluorescens* legtöbb patogénnel szembeni elsődleges antagonistá hatása a 2,4-diacetilflor hidrogén-cianid antimikrobiális hatású vegyületeknek tulajdonítható ezen kívül számos nagy affinitású fémkötő sziderofort termel (pioverdin, piochelin és szalicilsav), melyek segítségével a

patogénekkal kompetícióban áll és szisztematikusan szerzett gazda rezisztenciával rendelkezik (Duffy és Défago, 1999).

2.2.2.2. A talajbaktériumok antibiotikum termelésének jelentősége

A növényi kórokozók elleni védekezésben is ismeretesek biotechnológiák. A növényi kórokozók elleni biológiai védekezés esetén antagonizmusról akkor beszélhetünk, amikor egy mikroorganizmus faj egy másik, vele együtt növekvő, szaporodó faj életfolyamataira káros hatással van. Vajna (1987) szerint az antagonista szervezetek között a baktériumoknak és a sugárgombáknak van a legnagyobb jelentőségük, a gombákkal kapcsolatos ismeretek szélesebb körűek. Természetes antibiotikumok – antimikrobiális hatású anyagcseretermékek – termelését a baktériumok között leggyakrabban különböző *Bacillus* és *Pseudomonas* fajok esetében figyeltek meg (5. táblázat). A *Bacillus* nemzetség által termelt ismert antibiotikumok száma ma közel 700db. A *Bacillus* fajok által termelt antibiotikumokat (riboszómális és nem-riboszómális) már széles körben alkalmazzák az orvostudományban, a mezőgazdaságban, az élelmiszeriparban. Ezek a polimixin, kolisztin, bacitracin, tirotricinkomplexum, lineariedein, butirozin (Szmirnov et al., 1986).

E nemzetség fajai közül a *B. subtilis* a legtermelékenyebb. Több mint hetvenféle antibiotikumot állít elő ez a faj. Számottevő antibiotikumot termel a *B. brevis*, a *B. licheniformis*, a *B. pumilus*, a *B. polymyxa*, a *B. circulans*, a *B. cereus*, és a *B. laterosporus* is. Ezeknek az antibiotikumoknak a többsége polipeptid, főleg Gram-pozitív fajokkal szemben hatékonyak, bár egyesek kizárólag a Gram-negatív fajoknál eredményesek.

5. táblázat *Bacillus subtilis* mikroszkopikus gombákat gátló antibiotikumai és leírója

Antibiotikum	Gátolt gombafaj	szakirodalom
Aspergillus faktor	<i>Rhizopus nigricans</i> <i>Penicillium digitatum</i> <i>Aspergillus niger</i>	Michener és Snell (1949)

	<i>Botrytis cinerea</i>	
Bacilizin	<i>Rhizoctonia solani</i>	Loeffleret al., (1986)
Bacillomicin L	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Besson és Michel (1987)
Bacillomicin Lc	<i>Ceratocystis fagacearum</i>	Eshitaet al., (1995)
	<i>Cryphonectria parasitica</i>	
	<i>Ophiostoma ulmi</i>	
	<i>Verticillium dahliae</i>	
Bacillopeptin	<i>Fusarium oxysporum</i>	Kajimuraet al., (1995)
Bacilyocin	<i>Candida pseudotropicalis</i>	Tamehiroet al., (2002)
	<i>Cryptococcus neoformans</i>	
Fengimicin	<i>Rhizoctonia solani</i>	Loeffleret al., (1986)
Iturin	<i>Pythium ultimum</i>	Ongenaet al., (2005)
Mikroszubtilin	<i>Trychophyton sp.</i>	Walton és Woodruff (1949)
Mikrobacillin	<i>Aspergillus niger</i>	Majumdar és Bose (1958)
	<i>Candida albicans</i>	
Szurfaktin	<i>Pseudomonas syringae</i>	Baiset al., (2004)

Forrás: kiegészítve Oldal (2006) nyomán

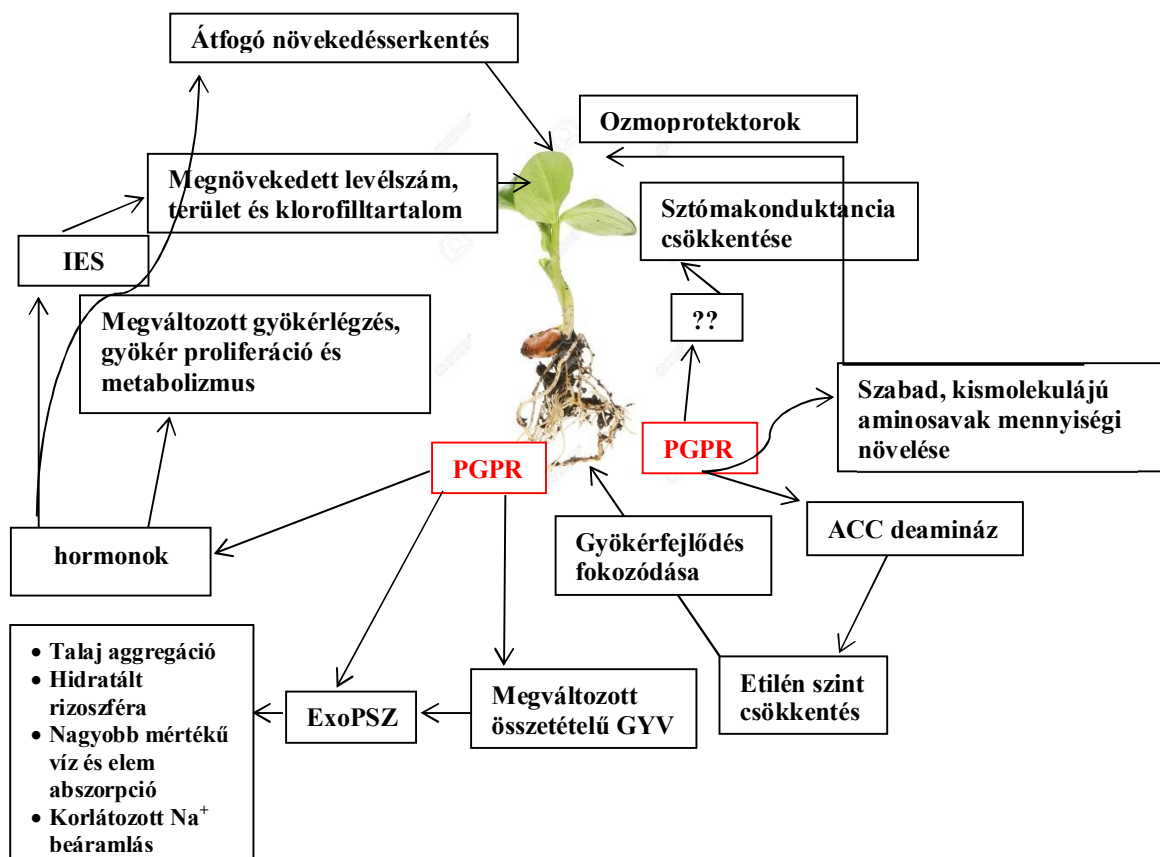
2.2.2.3. A mikroorganizmusok növényi növekedést szabályozó anyagok kiválasztása

A rizoszférában élő baktériumok jelentős része növényi növekedésszabályozókat termel, melyek egy része hormonhatású, úgymint az auxinok (főleg indol-3-ecetsav), a gibberellinek, a citokininek és az etilén. Indol-3-ecetsavat termelő törzsekből találtak eddig a legtöbbet: *Rhizobium leguminosarum* (Biswas et al., 2000), *Azospirillum brasilense*, *Bacillus circulans*, *Bacillus megaterium* és *Streptomyces anthocynicus* (Thakuriaet al., 2004), *Azospirillum lipoferum* és *Mesorhizobium loti* (Chandraet al., 2007). Citokinin termelésre példa a *Bacillus subtilis* (Liu et al., 2013), *Bacillus megaterium* (Ortíz-Castro et al., 2008; Ali et al., 2009). A López-Bucio és munkatársai (2007) etilén és auxin termelést is kimutattak a *Bacillus megaterium* esetében. Gibberellinek termelésére is számos példa van, így például Pandya és Desai (2014) munkája során *Pseudomonas monteilii*-ben írta le. Shivasakthi és munkatársainak (2013) eredménye szerint egy másik *Pseudomonas* faj, a *Pseudomonas fluorescens* gibberellin termelésére képes, ahogy a *Bacillus subtilis* is.

2.3. A növényi tápanyag felvételt befolyásoló tényezők

2.3.1. Abiotikus tényezők befolyásoló hatása

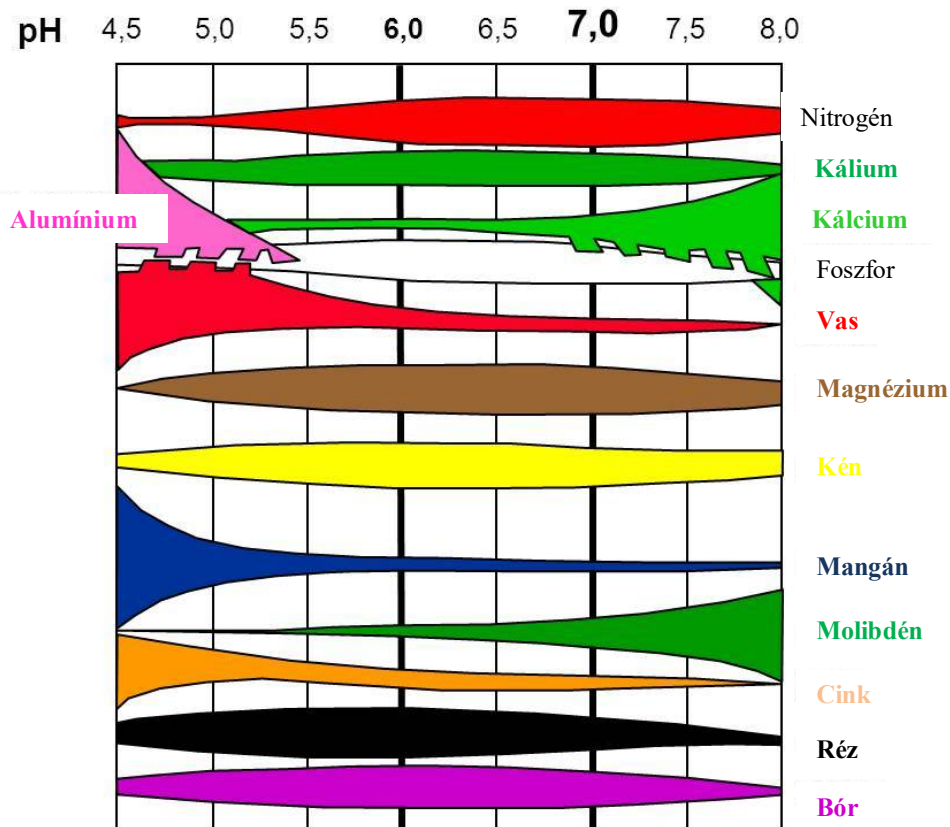
Minden abiotikus tényező, amely túlzott, vagy hiányos mértékben van jelen akár a növény, akár a PGPR-ek életében negatívan befolyásolja azok életfunkcióit külön-külön és együttesen is. Ebben a fejezetben fontos kiemelni, hogy az alkalmazott PGPR kezelés elősegíti az abiotikus stressztolerancia kialakulását, illetve annak fokozását a növényben. Az 1. ábra mutatja be azokat az összefüggéseket, melyek ehhez vezetnek.



1. ábra PGPR kezelésnek köszönhető morfológiai és fiziológiai változások, melyek hozzájárulnak az abiotikus stressztoleranciához. IES: indol-ecetsav; ExoPSZ: exo-poliszacharidok; ACC deamináz: 1-aminociklopropán-1-karboxiláz-deamináz; GYV: gyökérváladék (Dutta és Khurana (2009) alapján)

2.3.1.1. A nevelési közeg kémhatásának szerepe

Az abiotikus környezeti tényezők közül a pH, azaz a kémhatás kiemelten fontos, hiszen a nevelési közeg pH-ja befolyással van a tápelem hozzáférhetőségére és felvételére. A legtöbb tápanyag felvételéhez az enyhén savas pH a kedvező (2. ábra).



2. ábra A tápelemek felvehetősége a kémhatás függvényében (Pennisi et al. (2013) alapján)

A talaj bizonyos határokon belül képes tompítani a savas és lúgos hatásokat, ezt sav-bázis pufferképességnek nevezzük (Orlov, 1985). A növény igényétől eltérő pH-tartományú talajban vontatott a fejlődés, tápanyaghiány tünetei léphetnek fel. Ilyen körülmények között nehezebb fölvenni a kisebb mennyiségben szükséges, mégis alapvető másodlagos és mikroelemeket. Sőt, toxikus elemek halmozódhatnak fel a növényben, ami pusztuláshoz is vezethet.

A talaj pH-ja több oldalról befolyásolódhat. A növények képesek módosítani azáltal, hogy a gyökereiken keresztül szerves anyagokat választanak ki a környezetbe (Rovira et al., 1983). Ez a gyökérváladék tartalmazhat alacsony molekulású szerves savakat, fenolokat és nagy molekulású poliszacharidokat és fehérjéket (Walker et al., 2003). A gyökérváladék kapcsolatba léphet nehézfémekkel is, befolyásolva azok oldódását, mobilitását és hozzáférhetőségét a növény számára (Dong et al., 2007; Yang és Pan, 2013). A kiválasztott savak a rizodepozíciónak köszönhetően csökkentik a növények szerves anyag felhalmozását, ugyanis a kiválasztásuk természetesen a már felhalmozódott szerves anyag rovására történik.

Az alacsony pH kedvezően hat a K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Cu^{2+} , és Mn^{2+} és más fémionok felvételére. A foszfor és szulfát valamint az alapvető kationok hozzáférhetősége általában pozitívan hat a termés mennyiségére is. A savasodást okozó szerves savakat a talaj mikroorganizmusai is kiválasztják, aktivitásukat a gyökerek által kiválasztott szerves anyagok és a talajban termelődő CO_2 egyaránt stimulálják.

A talaj kémhatását befolyásoló alapvető tényező az alapkőzet, melyen, és amiből a talaj kialakult. Savanyú alapkőzeten – gránit – savanyú kémhatású, bázikus alapkőzeten – mészkő, dolomit, bazalt – bázikus talajok jönnek létre. A túlzott mennyiségű víz (csapadék, öntözővíz) hatására a bázikus elemek, így a kalcium és a magnézium kimosódnak a talajból, és a savas elemek, az alumínium és a vas kerülnek túlsúlyba.

A talaj pH-ját befolyásolja az emberi tevékenység is. Az ammónium és a karbamid alapú műtrágyák túlzott használata is felgyorsíthatja a talaj savanyodási folyamatait. Az egyik legjelentősebb hatást a rizoszféra pH-jára nitrogén műtrágyák fejtik ki, az egyvári (Marschner és Römhald, 1983) és az évelő fajoknál is.

2.3.2. A biotikus tényezők befolyásoló hatása

A talaj mikroorganizmusai egymással is kölcsönhatásban vannak. A növények gyökerével direkt és indirekt kapcsolatban lévő mikroorganizmusok közösségét rizomikrobáknak is nevezik (Chapparó et al., 2013), melyek közé a hasznos és káros organizmusok is beletartoznak (Vacheron et al., 2013). Hatással vannak a növényen túl egymás életére is.

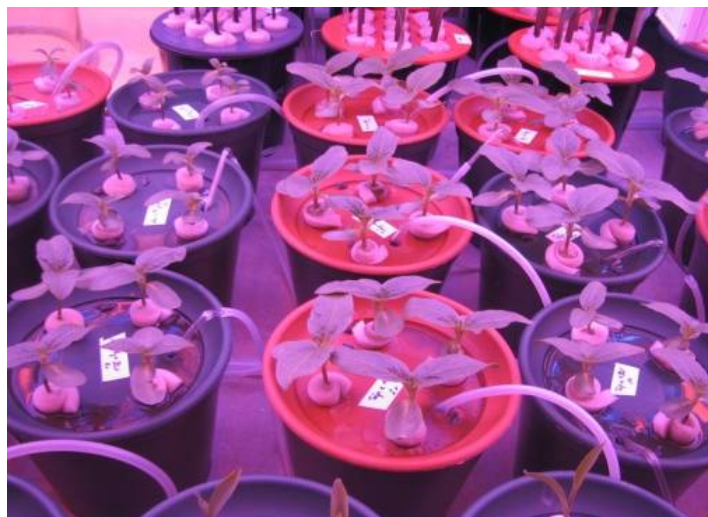
A talajbaktériumok közül a fluoreszkáló *Pseudomonas*ok képesek a leginkább korlátozni a talajlakó növénykórokozó mikrobákat. *Pseudomonas* nemzetség több mint 200 fajt foglal magába, melyek döntő többsége a talajban és természetes vizekben élőszaprofita. Mint ubikviter szaprofiták, növekedésükhöz nem igényelnek különleges feltételeket, egyszerűtáptalajon jól szaporodnak. A kórokozó populáció visszaszorítása megvalósulhat kompetíció, antibiózis és szisztémás szerzett rezisztencia kiváltása révén. Azon túl, hogy egyes *Pseudomonas* fajok képesek más kórokozók hatását csökkenteni, közvetlenül is kedvező hatásúak lehetnek a növényekre. Dutta és munkatársai (2005) eredményei szerint a *Pseudomonas fluorescens* hatására nőtt a csírázási százalék, a szárazanyag tartalom, a levélterület és a klorofillmennyiség mungóbabbal végzett kísérletekben.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kísérleti körülmények

3.1.1. Kísérleti növények

A kísérleti növények napraforgó (*Helianthus annuus* L.) hibridjei voltak, melyeket az 6. táblázat foglal össze. A magvak felületének fertőtlenítését 6%-os H₂O₂-dal végeztük el. A fertőtlenített magvakat desztillált vízzel többször öblítettük, 2 óráig áztattuk a jobb csírázás érdekében. A magvakat nedves szűrőpapír között csíráztattuk, úgy, hogy a csíranövények polaritása természetes legyen. A szűrőpapírba tekert magvakat termosztátba helyeztük, melynek hőmérséklete 22°C volt. A 3,5-4 cm-es csíranövényeket tápoldatra helyeztük. A növények neveléséhez az alábbi összetételű tápoldatot használtuk: 2,0mM Ca(NO₃)₂, 0,7mM K₂SO₄, 0,5mM MgSO₄, 0,1mM KH₂PO₄, 0,1mM KCl, 10μM H₃BO₃, 1μM MnSO₄, 1μM ZnSO₄, 0,2 μM CuSO₄, 0,01μM(NH₄)₆Mo₇O₂₄. A növények a vasat 100 μM Fe(III)-EDTA formában kapták. A tápoldatot háromnaponta cseréltük, a tápoldat levegőztetése folyamatos volt (3. ábra). A nevelőedények 1,7 literesek voltak, 170 ml tápoldatot hígítottunk fel 1,7 literre és ehhez adagoltuk a biotrágyákat. Egy edényben 4 növényt neveltünk és 3-3 edényt állítottunk be kezelésként és hibridekként. A vizsgálatokat 2012 és 2014 között végeztük. Bizonyos paraméterek esetében a fiatalabb (2. szint) és a idősebb (1. szint) leveleit is mértük.



3. ábra Folyamatos levegőztetés mellett, hidropónikusan, klímashobában nevelt növények (fotó: Nagy, 2013)

6. táblázat A vizsgált napraforgó hibridek, azok érésideje, olajtartalma (%) és termés potenciálja (t ha⁻¹) (n.a.= nincs adat)

Kísérleti sorszám	Hibrid	Érésidő	Olajtartalom (%)	Termés potenciál* (t ha ⁻¹)
1.	PR63E82	korai	45,8	3,52
2.	Heliasol RM	korai	52	3,78
3.	P64LE25	korai	n.a.	4,3
4.	Barolo RM	korai	50	4,7
5.	P63LE13	korai	50,2	n.a.
7.	NK Alego	korai	48,49	3,09
6.	NK Brio	korai	50,63	3,57
8.	Alexandra PR	korai	48,47	3,26
9.	NK Kondi	középkorai	52,3	3,68
10.	PR64H42	korai	44	3,4
11.	NK Oktava	korai	n.a.	n.a.
12.	NK Stradi	középkorai	52,63	3,54
13.	NK Tristan	korai	48,7	3,48
14.	NK Neoma	korai	48,45	3,46
15.	Tutti HO	középkorai	50,67	3,73
16.	NK FERTI	korai	49,46	3,49
17.	Talento CL (NX 99338)	korai	n.a.	3,53 (2013)
18.	Mv Lolita	középkorai	n.a.	3,65
19.	Sunflora CL	korai	45,5	3,3 (2011)
20.	Paraiso 1000 CL PLUS	középkorai	közép	3,5
21.	Paraiso 102 CL	középkorai	46,2	3,12
22.	Morena CL	középkorai	48,2	3,65 (2011)
23.	Meridies CL	korai	47,2	3,5
24.	NK Estiva	korai	47,1	3,2

*forrás: Allami hivatalos napraforgó kísérleti eredmények, 2012

3.1.2. A nevelés körülményei

A nevelési feltételek kontrolláltak voltak, a növények nevelésére a Növénytudományi Intézet, Mezőgazdasági Növénytan Növényélettani és Biotechnológiai Tanszék klímaszobájában került sor (4. ábra). A környezeti feltételek szabályozottak voltak: a fényintenzitás 300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, a hőmérséklet periodicitása 25/20°C (nappal/éjjel), a relatív páratartalom (RH) 65-75%, a megvilágítás/sötét periódus 16 óra/8 óra volt.



4. ábra A napraforgó hidropónikus nevelése klímaszobában (fotó: Nagy, 2013)

3.1.2.1. Az alkalmazott kezelések

A kísérleteinkben három kereskedelmi forgalomban is kapható baktériumtrágyát használtunk. A vizsgálat első 6 db hibridje esetén az 'A' és 'B' jelű biotrágyát használtuk, majd a többi hibridnél ezt egészítettük ki a 'C' jelű biotrágyával.

Az 'A' jelölésű baktériumtrágya összetétele:

- *Azotobacter chroococcum*
 - *Bacillus megaterium*
- Összcíraszám: 5×10^9 db cm^{-3})

A 'B' jelölésű baktériumtrágya összetétele:

- *Azospirillum lipoferum*
- *Azotobacter vinelandii*
- *Bacillus megaterium*
- *Bacillus circulans*
- *Bacillus subtilis*
- *Pseudomonas fluorescens*

- *Micrococcus roseus*

Összcírszám: $5,2 \times 10^9$ db cm^{-3}

A 'C' jelölésű baktériumtrágya összetétele:

- *Azotobacter chroococcum*
- *Azospirillum lipoferum*
- *Bacillus megaterium*
- *Bacillus subtilis*

Összcírszám: 1×10^9 db $\text{cm}^{-3} + 3 \times 10^7$ db cm^{-3}

A baktériumtrágyákat 1 ml dm^{-3} koncentrációban adtuk a tápoldathoz.

3.2. Az alkalmazott módszerek

3.2.1. Szárazanyag- meghatározás

A növényi részek – gyökér és hajtás – szárazanyag-tömegét termogravimetriás módszerrel határoztuk meg. A kísérletek végén a hajtásokat és a gyökereket 65°C -os szárítószekrénybe helyeztük el és tömegállandóságig szárítottuk. A száraz mintáknak a lehűlést követően négy tizedes jegy pontossággal mértük meg a tömegét. A mérésekhez OHAUS Explorer (Svájc) típusú analitikai mérleget használtunk. Kezelésenként kiszámoltuk továbbá a hajtás/gyökér arányt (5. ábra).



5. ábra A napraforgó hajtás és gyökér része (3.: kontroll, 4.: 'A' biotrágya) (fotó: Nagy, 2013)

3.2.2. *Specifikus levélterület meghatározása*

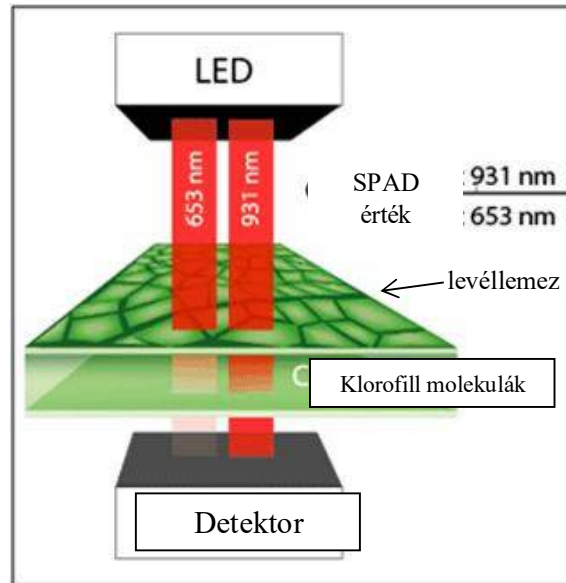
A növényi szárazanyag-tartalom illetve a levél szerkezetének számszerű jellemzésére a specifikus levél terület (specific leaf area=SLA) értékét használtuk (Garnier et al., 2001). A specifikus levélterület a levélterület kiterjedését fejezi ki a levél száraz tömegéhez viszonyítva. Az érték azt mutatja meg, hogy a fotoszintetizáló felület által termelt produktum milyen mértékben fordítódik a növény szárazanyag felhalmozódására.

A specifikus levélterület meghatározásához a növény fiatal (2. szint) és idősebb (1. szint) leveleiből 7 mm átmérőjű levélkorongokat vettünk, mintánként 4 db-ot. A korongokat számozott alufóliába csomagoltuk, majd 104°C-os szárítószekrényben 2 napig, tömegállandóságig szárítottuk. A mintákat exikátorban, CaCl₂ felett hagytuk kihűlni, majd a száraz mintákat a lehűlést követően négy tizedes jegy pontossággal mértük. A mérésekhez OHAUS Explorer (Svájc) típusú analitikai mérleget használtunk.

3.2.3. *Relatív klorofilltartalom mérése*

A relatív klorofilltartalom mérését (SPAD-index) SPAD-502 (Minolta, Oszaka, Japán) klorofillmérővel végeztük (7. ábra). SPAD-502 klorofillmérő-műszer működésének a lényege, hogy a levélben a kloroplasztiszokban lévő klorofilok (klorofil-a és -b) a különböző hullámhosszúságú fényt különböző mértékben nyelik el. A fényelnyelés mértéke szoros összefüggésben van a levél klorofilltartalmával. A klorofilok fényelnyelési maximuma a kék és vörös hullámhosszon található. Alacsony a sugárzáskioltás a zöld- és sárga- és nulla az infravörös tartományban. Ezek alapján az infravörös tartomány viszonyítási értéként választható és vagy a kék, vagy a vörös tartomány pedig mérésre. A SPAD-502 készülék a mérésre vörös fényt használ, mivel ennek az elnyelését nem befolyásolja a levél karotin tartalma. A készülék fénykibocsátó rendszerében két fotodióda található, egy vörös (650nm) és egy infravörös (940nm). A két fotodióda a fényt egyforma fényerősséggel váltakozva bocsátja ki. A megvilágított terület 6 mm². A kétféle fény áthalad a levéllemezen, és egy része visszaverődik, egy része abszorbeálódik és a maradék része áthatol a levélen. A levélen áthatoló fényt egy szilikon fotodiódából álló érzékelő fogja fel, és alakítja át analóg

elektromos jellé. A műszer az elektromos jelet felerősíti és számjeggyé alakítja (Ványiné Széles, 2008). A készülék a relatív klorofilltartalmat SPAD (Soil Plant Analysis Development) értékben fejezi ki, amit a levélen áthaladt vörös és infravörös fény intenzitásából kalkulál (6. ábra).



6. ábra A klorofill molekulák a vörös fény egy részét abszorbeálják, az infravörös fényt viszont átengedik, így a készülék az érzékelőbe érkező fénysugarak intenzitásának arányosításával egy indexet (SPAD érték) képez (Dobos, 2013 alapján)

A műszer a relatív össz-klorofilltartalomról ad információt. Méréseinket 40-szeres ismétlésben végeztük, mind fiatal (2. szint), mind az idősebb (1. szint) levelek esetében.



7. ábra SPAD-502 (Minolta, Oszaka, Japán) relatív klorofillmérő (fotó: Nagy, 2012)

3.2.4. Nitrogén remobilizációs képesség értékelése

Mivel nagy különbségeket tapasztaltunk a fiatalabb és idősebb levelek biotrágya-kezelésre adott válaszreakcióiban, ezért azt feltételeztük, hogy különbség van a vizsgált hibridek között abban, hogy milyen mértékben és milyen gyorsan képesek az elemek újra mobilizálására. Mivel a nitrogén egy nélkülözhetetlen elem, így mobilizálásának jellemzésére egy új mutatót vezettünk be. Az egyes hibridek nitrogén-remobilizációs képességét, azaz a nitrogén fiatalabb levelekbe való újrahasznosításának képességét a nitrogén remobilizációs hányadossal jellemeztük (NRR: Nitrogén Remobilizációs Ráta) a következő összefüggés alapján:

$$NRR = 1 - (SPAD_i - SPAD_f) / SPAD_i$$

ahol a $SPAD_f$ fiatalabb levél (2. szint) relatív klorofilltartalma

$SPAD_i$ = idősebb levél (1. szint) relatív klorofilltartalma

3.2.5. Fotoszintetikus pigmentek kvalitatív és kvantitatív meghatározása

A fotoszintetikus pigmentek, azaz a klorofill-a, -b és a karotinoid tartalom meghatározásához a friss levelekről (8. ábra)– fiatalabb (2. szint) és idősebb (1. szint) levél – 0,05 grammnyi levélkorongot vettünk, amelyekből Moran és Porath (1989) módszere szerint vontuk ki a fotoszintetikus pigmenteket. A levélmintákra 5 ml N,N-dimetil-formamidot helyeztünk és 4°C-on tároltuk 72 óráig, hogy a fotoszintetikus pigmentek teljesen kioldódjanak a levélkorongokból. A mintákat METERTEK SP-830 típusú spektrofotométerrel 480, 647 és 664 nm-en mértük. A klorofill-a, -b és a karotinoid mennyiségét Wellburne (1994) képlete alapján számoltuk ki.

Klorofill-a tartalom= $11,65 \cdot a_{664} - 2,69 \cdot a_{647}$

Klorofill-b tartalom= $20,81 \cdot a_{647} - 4,53 \cdot a_{664}$

Karotinoid tartalom= $((1000 \cdot a_{480} - 1,28 \cdot \text{klorofill-a}) - 56,7 \cdot \text{klorofill-b}) / 100$

A mérésekben felhasznált paraméterek:

a480: 480 nm-en mért abszorbancia

a647: 647 nm-en mért abszorbancia

a664: 664 nm-en mért abszorbancia

Számoltuk az összklorofill/karotinoid arányt, amely érték információt ad a növény stresszel szembeni plaszticitásáról, stressztűrő képességéről (Hendry és Price, 1993).



8. ábra A fotoszintetikus pigmentek mennyiségének meghatározása spektrofotométerrel (fotó: Nagy, 2013)

3.2.6. A nevelési közeg pH-jának mérése

A hidropónikus körülmények között nevelt napraforgó hibridek tápoldat-kémhatásának változását is nyomon követtük. Az elkészített tápoldat és a lecserélni kívánt (3. napon) tápoldat pH-ját minden kezelésnél és ismétlésnél mértük. A pH mérés OPTIMA 200A (USA) típusú készülékkel történt. A változás értékelésére a ΔpH -t használtuk, mely a friss (pH_{friss}) és a lecserélt, 'használt' ($\text{pH}_{\text{használt}}$) tápoldat kémhatásának különbségéből számoltuk ki:

$$\Delta\text{pH}=(\text{pH}_{\text{használt}}-\text{pH}_{\text{friss}})$$

3.2.7. Az alkalmazott statisztikai módszerek

Az eredmények feldolgozásához a Microsoft® Excel 2003 a szignifikáns különbségek statisztikai elemzéséhez a SigmaPlot 12.0 programokat használtuk. A vizsgálatok, mérések esetében a minimum ismétlésszám 3 volt, az ábrákon és táblázatokban az átlagokat és a

szórást tüntettük fel (s.e.=standard error). Szignifikáns különbség jelölése: * $p \leq 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$. Az ábrákon lévő eltérő betűjelölések között szignifikáns különbség van $p \leq 0,05$ szinten. Az adatok normalitását Kolmogorov-Smirnov teszttel vizsgáltuk. Amennyiben a mintákhoz tartozó eredmények normál eloszlást mutattak, a különbségek kimutatására egy-, két illetve háromtényezős variancia analízist használtuk. Az utóbbi esetben a csoportok elkülönítésére a Tukey-tesztet alkalmaztuk. A normál eloszlást mutató minták páronkénti összehasonlítására t-próbát használtunk. Amikor az adatok normalitás vizsgálata negatív eredményt mutatott, a nem parametrikus tesztek közül a Mann-Whitney próbát és a Kruskal-Wallis tesztet alkalmaztuk.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1. A szárazanyag-gyarapodás változása biotrágya-kezelések hatására

Kísérleteink során összehasonlítottuk a vizsgált hibridek szárazanyag-tartalmát a kontroll növényeknél és a biotrágya-kezelések hatására. Eredményeinket a 7. táblázatban foglaltuk össze.

7. táblázat A vizsgált napraforgó hibridek szárazanyag-tartalmának (g növény⁻¹) változása mikroorganizmus alapú biotrágya-kezelés ('A', 'B', 'C') hatására \pm s.e.; n=9. A kezelések és a kontroll átlagai közötti szignifikáns különbség jelölése: $p \leq 0,05^*$, $p \leq 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$. A különböző betűjelzések (a,b,c, d) a szignifikáns különbséget jelölik a kontroll szárazanyag-értékek között.

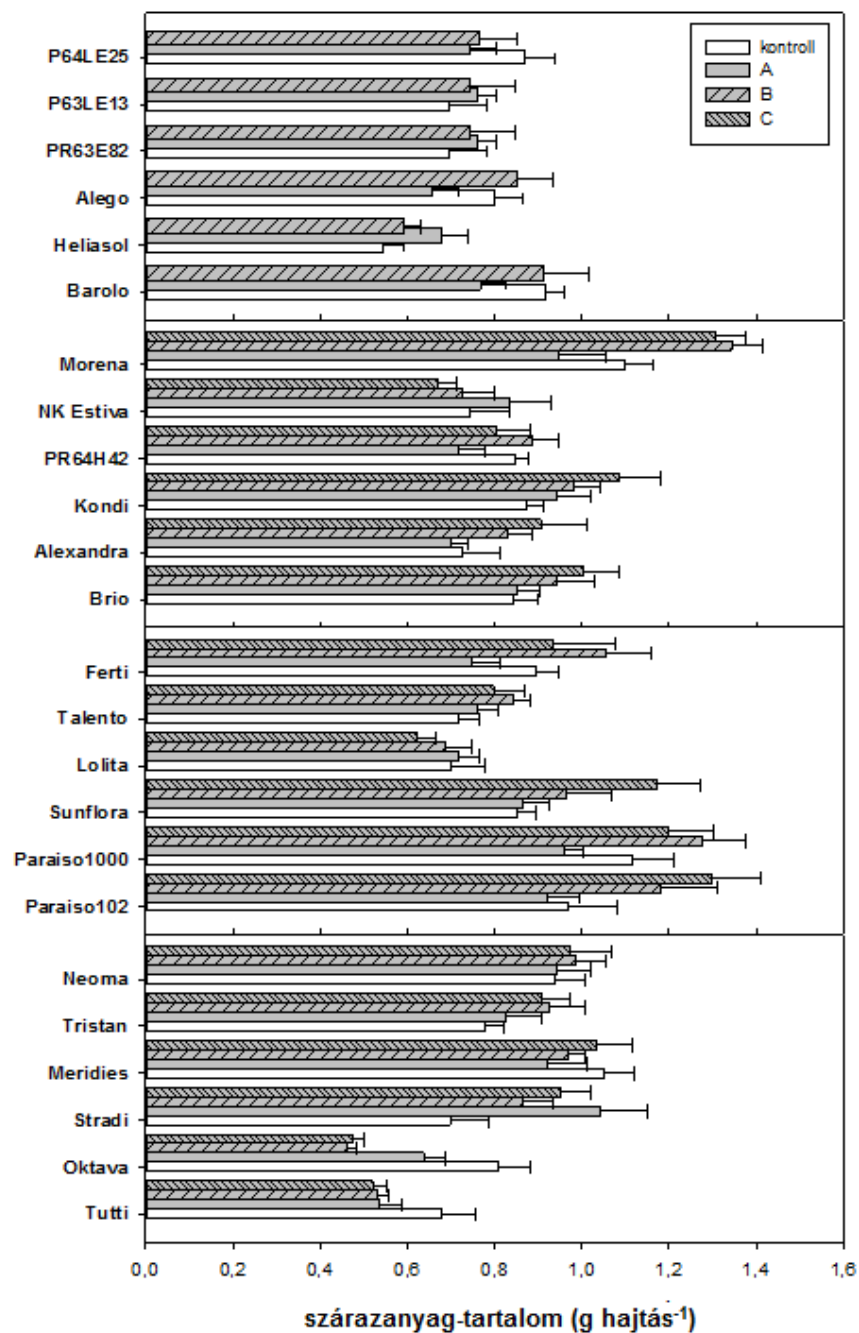
	kontroll	'A' biotrágya	'B' biotrágya	'C' biotrágya
Barolo	1,062 \pm 0,05 ^a	0,879 \pm 0,06 [*]	1,069 \pm 0,08	
Heliasol	0,631 \pm 0,05 ^b	0,785 \pm 0,06 [*]	0,684 \pm 0,04	
Alego	0,922 \pm 0,10 ^a	0,723 \pm 0,06 [*]	0,970 \pm 0,09	
PR63E82	0,806 \pm 0,11 ^c	0,854 \pm 0,04	0,845 \pm 0,10	
P63LE13	0,806 \pm 0,01 ^c	0,851 \pm 0,04	0,855 \pm 0,11	
P64LE25	0,974 \pm 0,06 ^a	0,819 \pm 0,07	0,874 \pm 0,11	
Brio	0,918 \pm 0,05 ^a	0,991 \pm 0,05	1,091 \pm 0,11	1,169 \pm 0,08 [*]
Alexandra	0,867 \pm 0,09 ^a	0,835 \pm 0,04	0,940 \pm 0,06 [*]	1,022 \pm 0,11 [*]
Kondi	1,025 \pm 0,04 ^a	1,109 \pm 0,07	1,145 \pm 0,06	1,284 \pm 0,10 [*]
PR64H42	0,975 \pm 0,03 ^a	0,836 \pm 0,06 [*]	1,015 \pm 0,06 [*]	0,917 \pm 0,08
Estiva	0,861 \pm 0,08 ^a	0,972 \pm 0,10 [*]	0,849 \pm 0,07	0,787 \pm 0,04 [*]
Morena	1,282 \pm 0,09 ^d	1,139 \pm 0,14	1,543 \pm 0,08 [*]	1,508 \pm 0,09 [*]
Paraiso 102	1,164 \pm 0,14 ^a	1,095 \pm 0,08	1,433 \pm 0,14 [*]	1,582 \pm 0,13 ^{**}
Paraiso 1000	1,282 \pm 0,11 ^d	1,136 \pm 0,05	1,487 \pm 0,12	1,402 \pm 0,12 [*]
Sunflora	0,999 \pm 0,05 ^a	1,051 \pm 0,07	1,128 \pm 0,10 [*]	1,391 \pm 0,11 [*]
Lolita	0,846 \pm 0,09 ^a	0,895 \pm 0,05	0,845 \pm 0,06	0,757 \pm 0,05
Talento	0,895 \pm 0,06 ^a	0,954 \pm 0,06	1,049 \pm 0,03 [*]	0,988 \pm 0,07
Ferti	1,072 \pm 0,06 ^a	0,945 \pm 0,01	1,300 \pm 0,12 ^{**}	1,185 \pm 0,16
Tutti	0,843 \pm 0,08 ^a	0,652 \pm 0,06 [*]	0,637 \pm 0,02 [*]	0,631 \pm 0,04 [*]
Oktava	0,998 \pm 0,06 ^a	0,864 \pm 0,10	0,554 \pm 0,02 ^{**}	0,571 \pm 0,03 ^{**}
Stradi	0,861 \pm 0,11 ^a	1,311 \pm 0,10 [*]	1,066 \pm 0,08	1,208 \pm 0,07 ^{**}
Meridies	1,219 \pm 0,08 ^a	1,089 \pm 0,11	1,110 \pm 0,04	1,206 \pm 0,09
Tristan	0,896 \pm 0,05 ^a	0,986 \pm 0,09	1,059 \pm 0,09 [*]	1,060 \pm 0,09
Neoma	1,097 \pm 0,09 ^a	1,139 \pm 0,09	1,166 \pm 0,08	1,143 \pm 0,10

A legnagyobb szárazanyag-tartalommal a Morena (1,282 \pm 0,09) és a Paraiso 1000 (1,282 \pm 0,11) hibridek jellemezhetőek, néhány százalékkal kevesebb, de ugyancsak magas a Meridies, a Barolo, a Ferti és a Neoma szárazanyag-tartalma (7. táblázat). A legkisebb szárazanyag-tartalommal a Heliasol (0,631 \pm 0,05) jellemezhető, a legnagyobbhoz képest

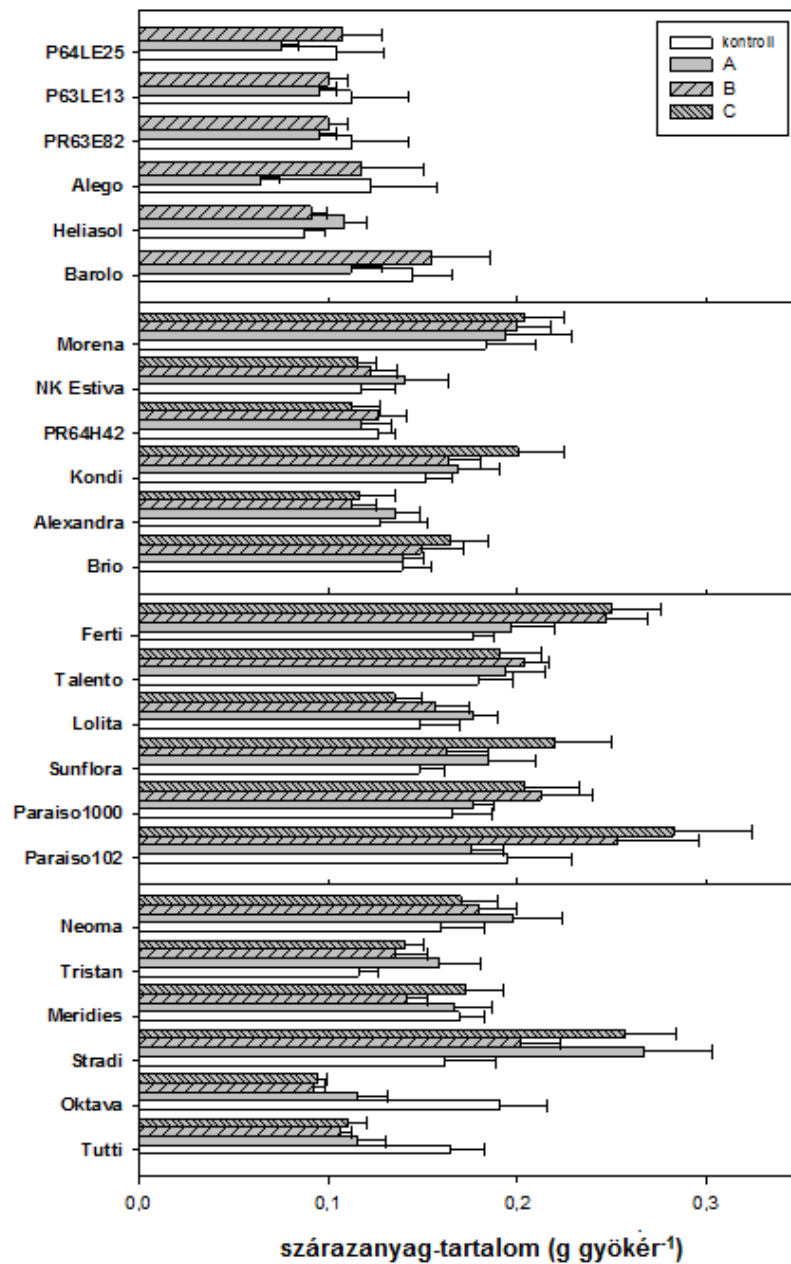
(Morena) 50%-kal kisebb a szárazanyag-tartalma. Szintén kisebb a szárazanyag-tartalom a PR63E82, a P63LE13, a Lolita és Tutti hibrideknél.

A szárazanyag-tartalom változása a biotrágyák hatására eltérő. Az 'A' biotrágya 34%-os növekedést eredményezett a Stradi esetén, de a kis szárazanyag-tartalommal jellemzett Heliasol szárazanyag-tartalma is 20%-kal nőtt az 'A' biotrágya használatának köszönhetően. A 'B' biotrágya több hibridnél okozott szárazanyag-gyarapodást (10% fölött): Kondi, Morena, Paraiso 1000, Sunflora, Talento, Ferti, Stradi, Tristan. Ezek közül a legnagyobb, 20%-os gyarapodást a Stradi érte el. A 'C' biotrágya több hibrid esetében 20% fölötti szárazanyag-növekedést eredményezett: Brio, Kondi, Paraiso 102, Sunflora, Ferti, Stradi, Meridies. Ugyanakkor ilyen eredményesség mellett más hibrideknél (PR64H42, Estiva, Lolita, Talento, Tutti, Oktava) nem volt szárazanyag-növekedés. A következő hibrideknél mindhárom biotrágya a szárazanyag-növekedését okozta: Brio, Kondi, Sunflora, Stradi, Tristan. Ezek közül is a Stradi 20-34%-os szárazanyag-emelkedést produkált ebben a korai fejlődési stádiumban a biotrágya-kezelés hatására. Vizsgálataink során a hajtás és a gyökér szárazanyag-tartalmát külön-külön is lemértük.

A teljes növényi szárazanyag-növekedése mind a hajtás, mind a gyökér szárazanyag-tartalmának együttes növekedésével magyarázható (9. és 10. ábra), a 10% fölötti teljes szárazanyag-gyarapodások mögött ugyanakkor a gyökér intenzívebb gyarapodása áll (10. ábra), ami a továbbiakban is alapját képezi a jobb tápanyagellátásnak.

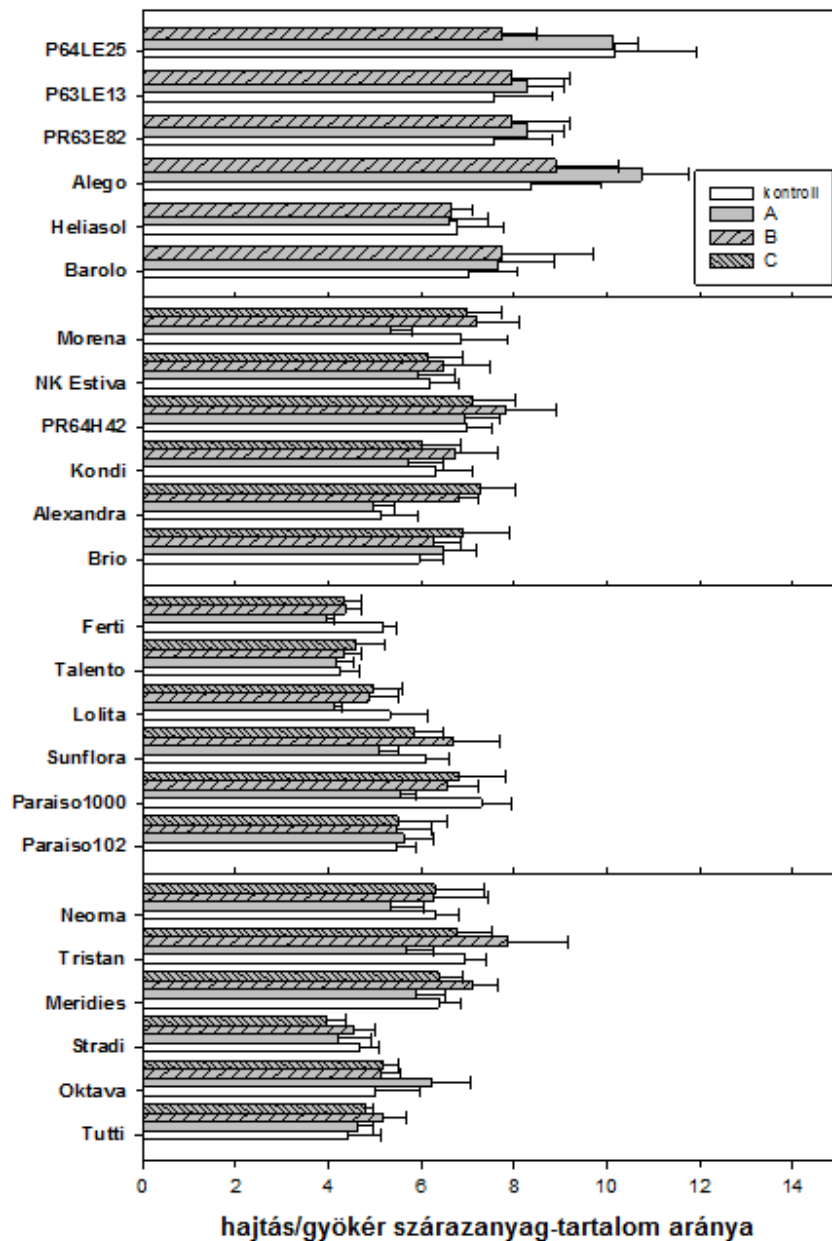


9. ábra Mikroorganizmus alapú biotrágya hatása napraforgó hibridek (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma) hajtásának szárazanyag-tartalmára (g hajtás⁻¹). A hibrid és a kezelések között nincs szignifikáns összefüggés. Fajta hatása $p \leq 0,05$ szinten szignifikáns, kezelés hatása $p \leq 0,05$ szinten szignifikáns. $n=9$, \pm s.e. Debrecen, 2012-2014



10. ábra Mikroorganizmus alapú biotrágya hatása napraforgó hibridek (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma) gyökerének szárazanyag-tartalmára (g gyökér⁻¹). A hibrid és a kezelések között nincs szignifikáns összefüggés. Fajta hatása $p \leq 0,05$ szinten szignifikáns, kezelés hatása $p < 0,01$ szinten szignifikáns. $n=9$, $\pm s.e.$ Debrecen, 2012-2014

A hajtás/gyökér szárazanyag-tartalom arányának változása biotrágya-kezelés hatására ugyan nem szignifikáns (11. ábra), de a tendenciák korábbi megállapításainkat támasztják alá.



11. ábra Mikroorganizmus alapú biotrágya hatása napraforgó hibrdek (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma) hajtás és gyökér

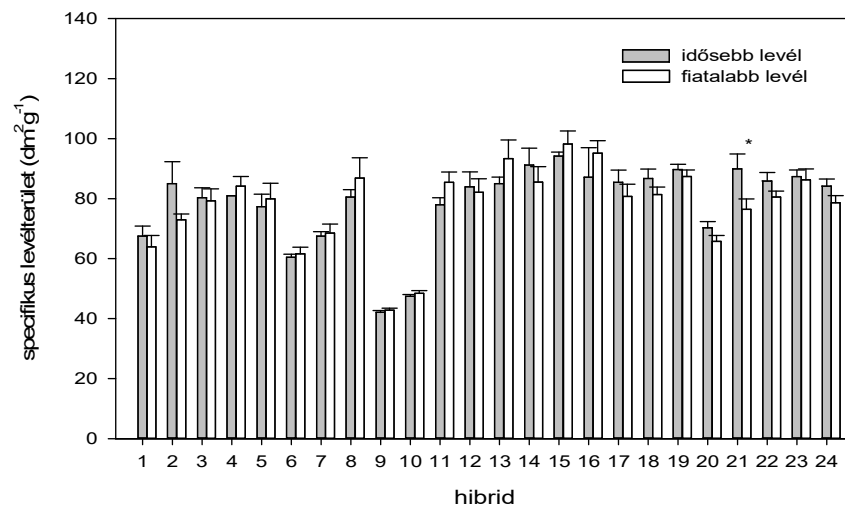
szárazanyag-tartalmának arányára (hajtás/gyökér). A hibrid és a kezelések között nincs szignifikáns összefüggés. $n=9$, \pm s.e. Debrecen, 2012-2014

4.2. A specifikus levélterület értékének változása mikroorganizmus alapú biotrágya-kezelés hatására

Kísérleteink során mértük a kezelések hatását a specifikus levélterület változására is. A növényi produkció, a növény szárazanyag-tartalom illetve a levél szerkezetének számszerű jellemzésére a specifikus levél terület (Specific Leaf Area=SLA) elismerten alkalmazható. Értéke a friss levél területének és annak a szárazanyag-tartalmának a hányadosa ($\text{mm}^2 \text{mg}^{-1}$ vagy $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$), azaz tulajdonképpen két komponensből áll: levélvastagság és levélsűrűség (Witkowski és Lamont, 1991). Mind a levél vastagsága, mind a kiterjedése a fotoszintetikus aktivitás, szervesanyag gyarapodás mértéke miatt kiemelten fontos. Az SLA a levélszerkezet egy jellemzője, nagyságát a levél vastagsága és a mechanikai, például szklerenchima szövetek aránya határozzák meg. Az SLA értéke fontos és érzékeny paraméter (Niinemets, 2001), összefüggésben áll azzal, hogy a megkötött kémiai energia milyen mértékben hasznosul a növényi produkcióban (Niklas et al., 2007).

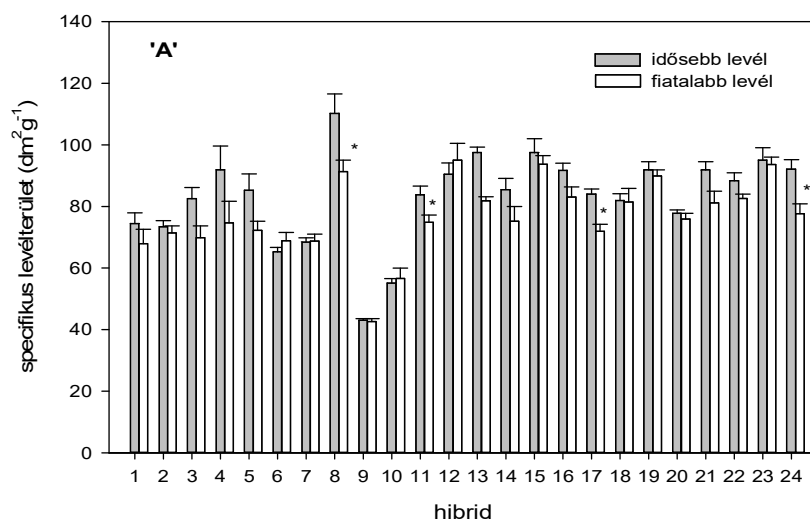
Eredményeink szerint a vizsgált faj adott hibridjei között különbség van az SLA értékében, amely eredmény kibővíti Kalapos (1994) azon megfigyelését, hogy a növényfajok SLA értékei között jelentősen különbség lehet. Amint az *12. ábra* eredményei mutatják fajon belül, a hibridek között is eltérés van. A Kondi kifejezetten alacsony SLA értékkel jellemezhető, míg a Paraiso 1000 és a Sunflora jóval magasabbal (+49%). Idősebb és fiatalabb levelek SLA értékeit összehasonlítva (*12. ábra*) a kontroll egyedek esetében szignifikáns különbség nem tapasztalható, kivéve a 21-es számmal jelölt Stradi hibridet. A magas SLA érték a vékony levelek viszonylag nagy területét jelzi, míg alacsonyabb értéknél éppen fordítva. A Kondi és a PR64H42 viszonylag alacsony értékkel jellemezhető ($40\text{-}50 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$), átlagosan a hibridekre a $60\text{-}80 \text{ dm}^2 \text{ g}^{-1}$ értéktartomány érvényes. A kontroll értékek közötti különbség oka alapvető genetikai különbségben keresendő. A viszonylag alacsony SLA értéknek számos oka lehet, így például a tápanyagszegény környezet (Reich et al., 1992), a magas fényintenzitás és az időszakos szárazság is (Niinemets, 2001). Az általunk végzett kísérletek körülményei kapcsán

azonban egyik fent említett tényező sem meghatározó, így alapvető genetikai különbséget jelölhetjük meg magyarázatként, melyet Szulc és munkatársainak (2015) kukorica növényekkel végzett kísérleti eredményei is alátámasztanak.

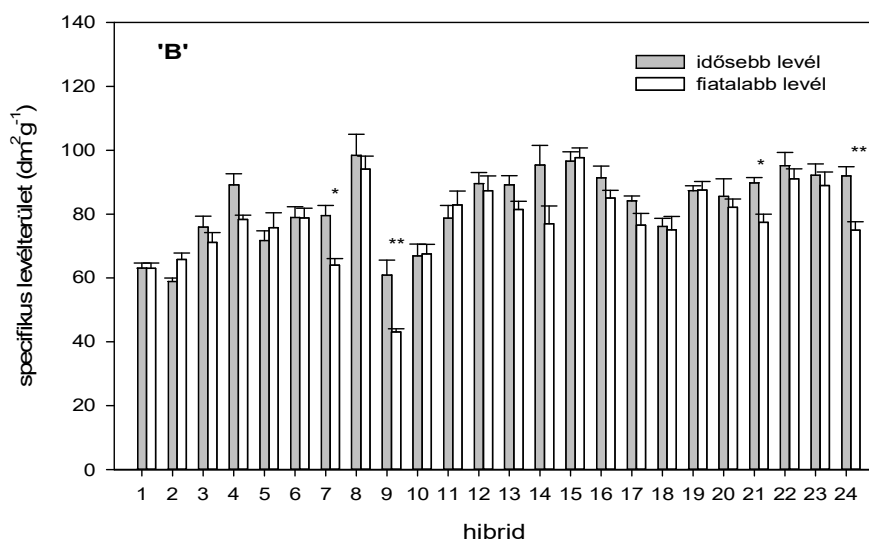


12. ábra A specifikus levélterület (SLA) értéke ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) az idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontroll növények esetében (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma.) $n=6$, $\pm s.e.$, $p<0.05^*$, $p<0.01^{**}$, $p<0.001^{***}$ a kor szerinti különbség tekintetében. Debrecen, 2012-2014

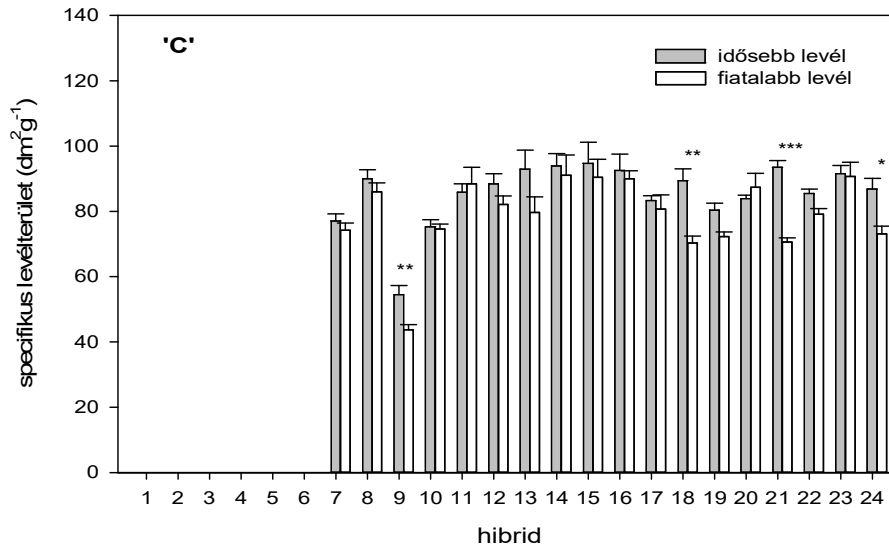
A biotrágyákkal kezelt egyedek esetében az a tendencia figyelhető meg, hogy a fiatal levelek kisebb SLA értékkel jellemezhetők (13., 14., 15. ábra). Az 'A' biotrágya alkalmazása hatására 2-27%-kal nagyobb SLA értéket mértünk a kontrollhoz viszonyítva. A B-biotrágya esetében ez a különbség 2-18%, míg a C-biotrágya hatása is 2-10%-kal növelte a fajlagos levélterület értékét a kontrollhoz képest.



13. ábra A specifikus levélterület (SLA) értéke ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) az idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél az 'A' biotrágya-kezelés hatására (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma). $n=6$, \pm s.e., $p<0.05^*$ a kor szerinti különbség tekintetében. Debrecen, 2012-2014



14. ábra A specifikus levélterület (SLA) értéke ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) az idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél a 'B' biotrágya-kezelés hatására (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma). $n=6$, \pm s.e., $p\leq 0.05^*$, $p<0.01^{**}$ a kor szerinti különbség tekintetében. Debrecen, 2012-2014

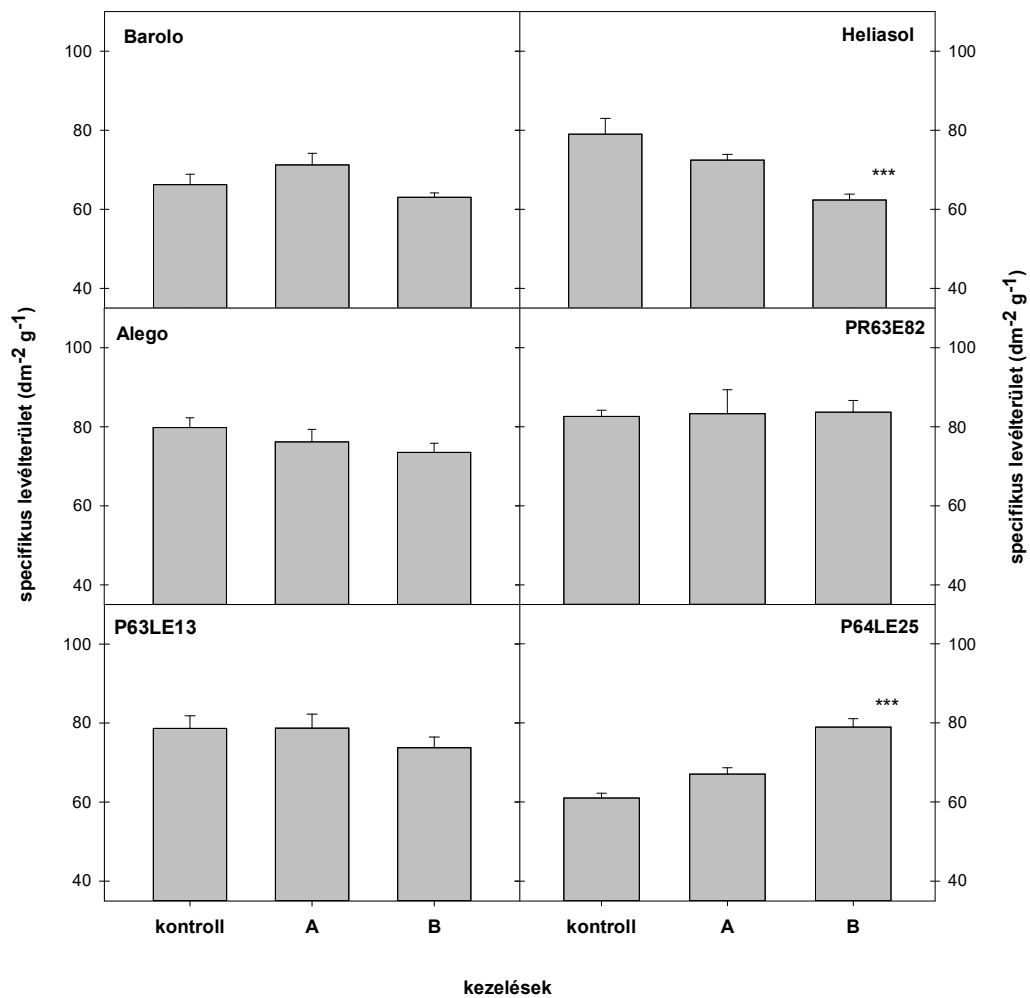


15. ábra A specifikus levélterület (SLA) értéke ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) az idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél a 'C' biotrágya-kezelés hatására (7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma). $n=6$, \pm s.e., $p<0.05^*$, $p<0.01^{**}$, $p<0.001^{***}$ a kor szerinti különbség tekintetében. Debrecen, 2012-2014

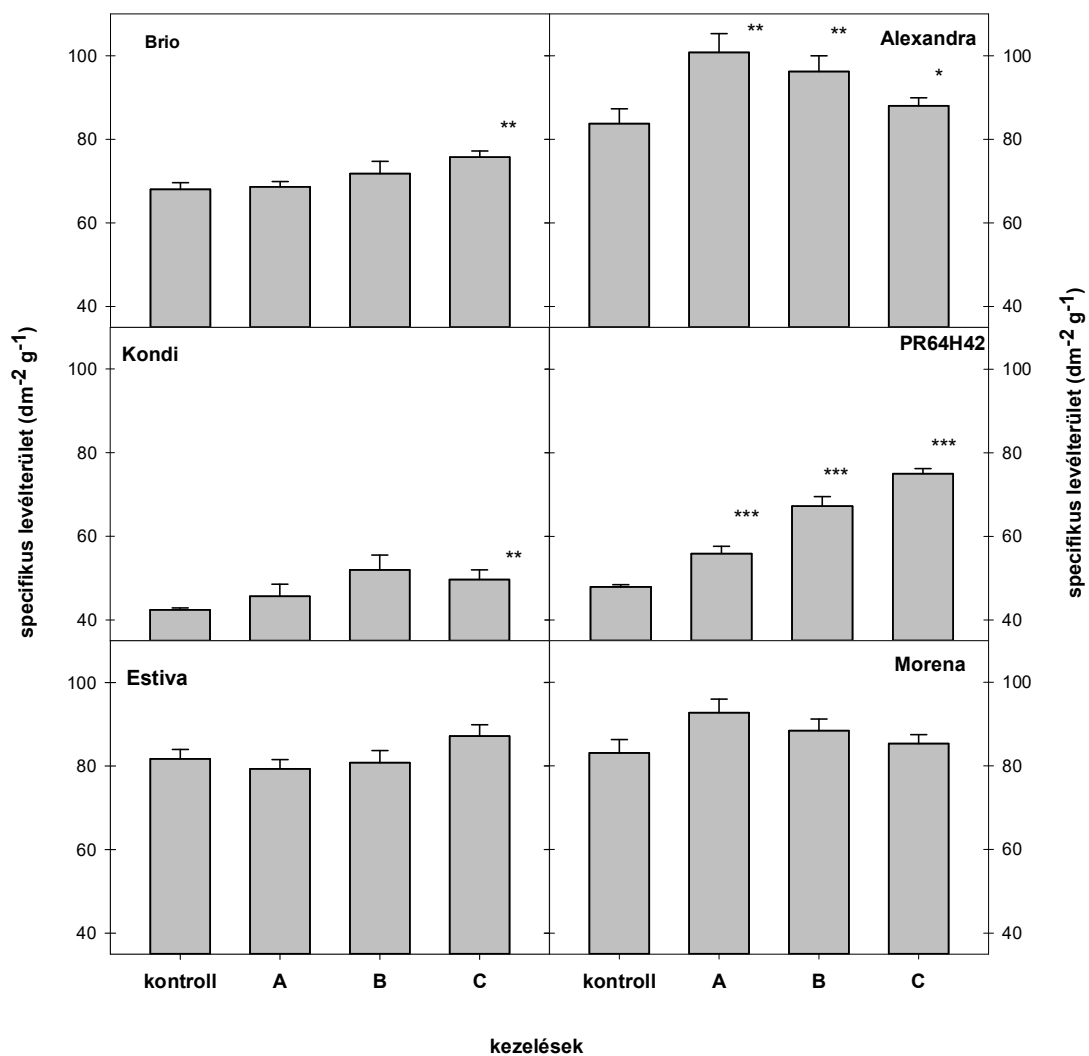
A viszonylag nagy levélterület előnyt jelenthet a nagyobb fotoszintetikus hatékonysághoz. A fotoszintetikus aktivitás értékét a fotoszintetikus pigmentek mennyiségi és minőségi jellemzői elsődlegesen meghatározzák. Az SLA értéke a kezelések hatására is a hibridek közötti eltérést mutatja (Garnier et al., 2001). A specifikus levélterület értéke jól használható az egyes fajok különböző környezeti tényezőkhöz való alkalmazkodásának jellemzésére is, a nagyobb SLA érték nagyobb szárazanyagra vonatkoztatott N tartalmat és magasabb nettó fotoszintetikus kapacitás jelent (Reich és Walters, 1994). Az alsó, idősebb leveleknél a felsőbb levelek árnyékoló hatása miatt a fotoszintetikusan aktív fény mennyisége kisebb, de a minőségi jellemzői is mások a beeső fénynek. Az árnyékosabb helyen lévő levelek viszonylag vékonyak, alacsony a levél tömeg sűrűsége. Alacsony a paliszád parenchima sejtek egységnyi területre vonatkozó mennyisége. A fény mennyiségének növekedésével csökken az SLA értéke (Aleric és Kirkman, 2005).

A különböző biotrágyák hatását tanulmányozva az SLA értékre a fiatal és idősebb levelek adatait összességében ábrázolva (16., 17., 18., 19. ábra) tendenciáját nézve megállapítható,

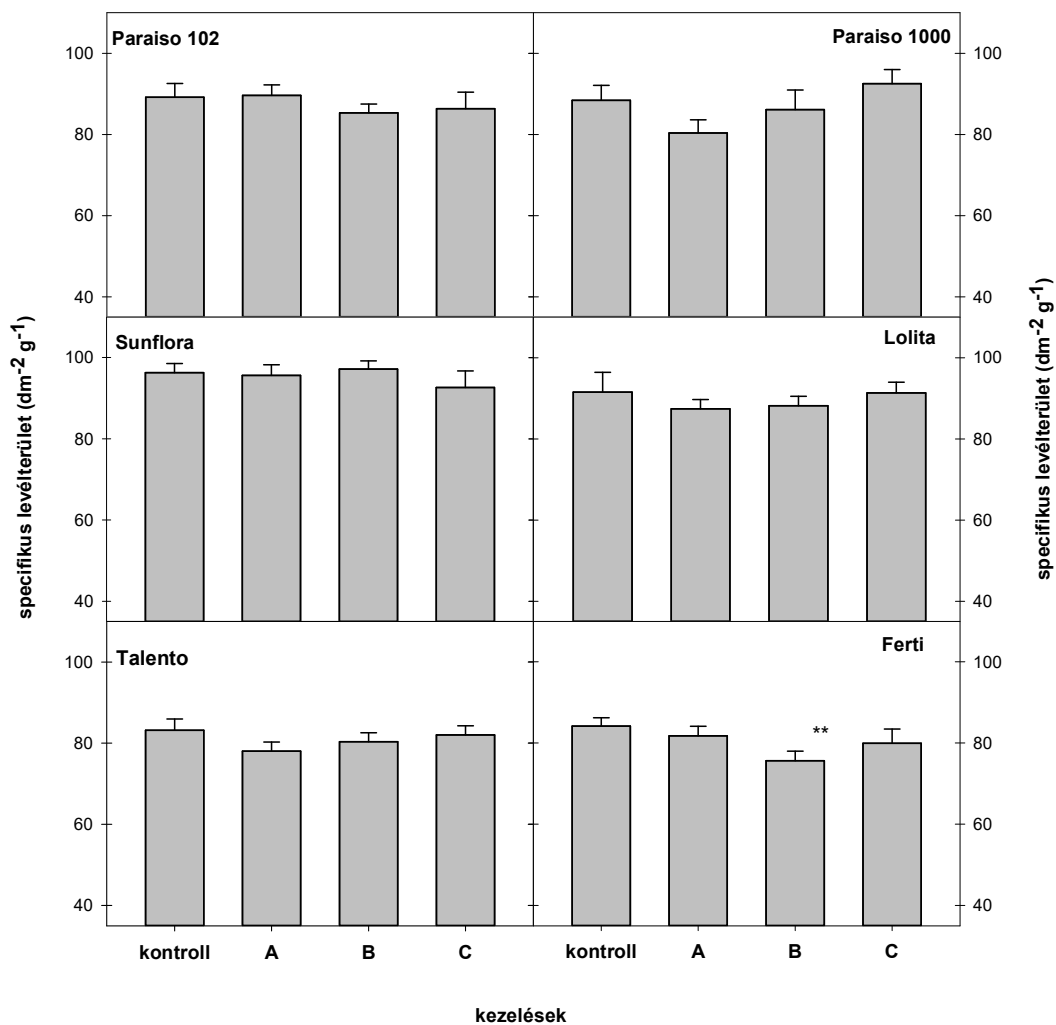
hogy a kezelések hatása eltérő. Vannak olyan hibridek, melyek esetében nincs szignifikáns hatása egyik biotrágya-kezelésnek sem, ilyen a Barolo, az Alego, a PR63E82, a P63LE13, Morena, az Estiva, a Paraiso 102, a Paraiso 1000, a Sunflora, a Lolita, a Talento, a Tutti, a Stradi, a Tristan és a Neoma. Ezekben az esetekben a kezelések hatására nem változik a területegységre vonatkoztatott szárazanyag-mennyisége. A P64LE25, a Brio, az Alexandra, a Kondi, a PR64H42, az Oktava és a Lolita hibrideknél a kontrollhoz képest az SLA értékének a növekedése volt mérhető. Ekkor az adott területre vonatkoztatott szárazanyag-tartalom kisebb. Az alkalmazott biotrágyák ezeknél a hibrideknél serkentik a növekedést, a szárazanyag hasonló ütemű gyarapodása lassabban folyik. A különböző biotrágyák hatása között nincs szignifikáns különbség, a 'C' jelű trágya növelte leginkább az SLA értéket (P64LE25, Brio, PR64H42, Oktava), az Alexandra, a Tutti és a Tristan hibrideknél az 'A' volt a leghatékonyabb, míg a Kondi, Morena, az Oktava és Lolita esetében a 'B' jelű.



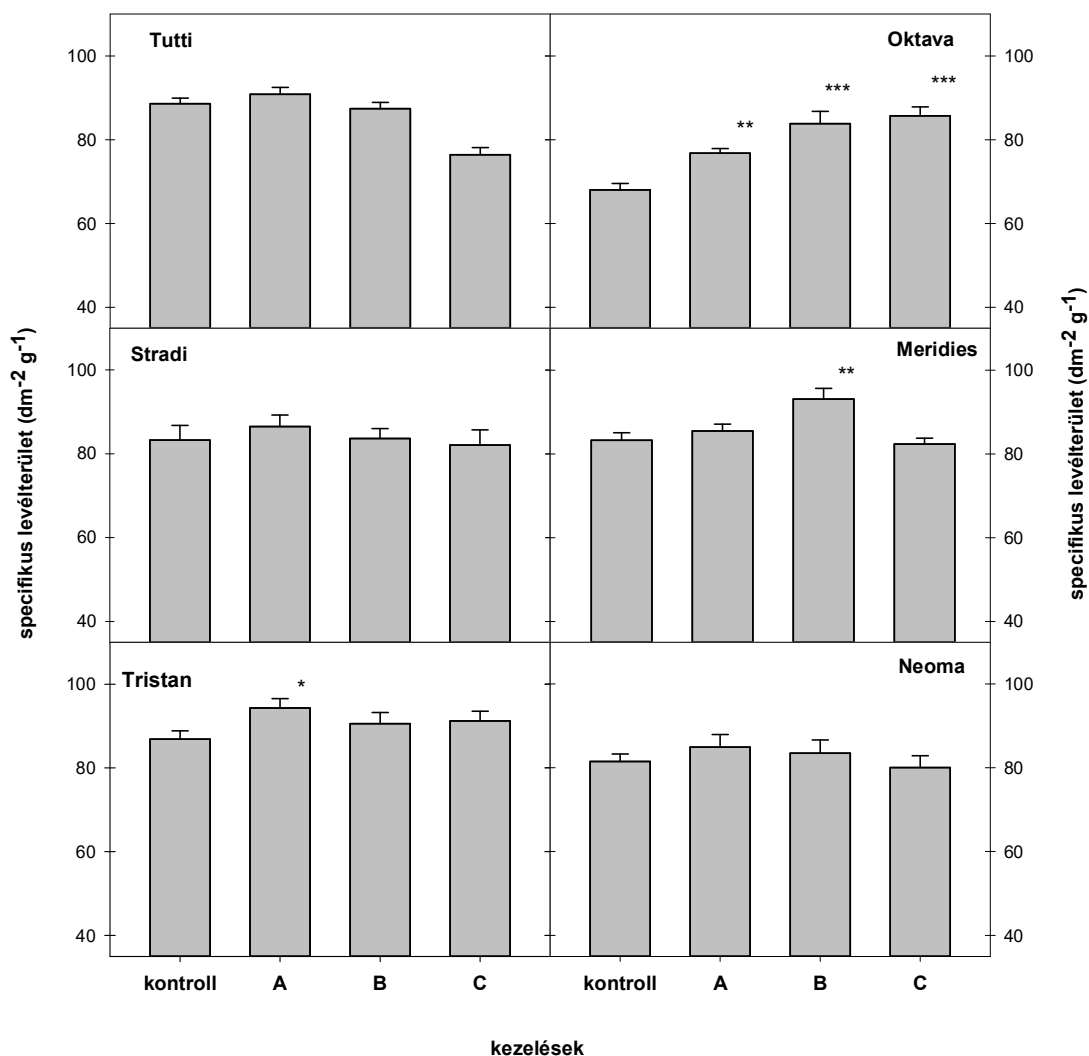
16. ábra A specifikus levélterület (SLA) értékének (dm² g⁻¹) változása biotrágya-kezelések (A: 'A' jelű biotrágya, B: 'B' jelű biotrágya) hatására Barolo, Heliasol, Alego, PR63E82, P63LE13, P64LE25 hibrideknél. n=6, ±s.e., p<0.001*** a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014



17. ábra A specifikus levélterület (SLA) értékének ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) változása biotrágya-kezelések (A: 'A' jelű biotrágya, B: 'B' jelű biotrágya, C: 'C' jelű biotrágya) hatására Brio, Alexandra, Kondi, PR64H42, Estiva, Morena hibrideknél. $n=6 \pm \text{s.e.}$, $p \leq 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, $p < 0.001^{***}$ a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014



18. ábra A specifikus levélterület (SLA) értékek ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) változása biotrágya-kezelések (A: 'A' jelű biotrágya, B: 'B' jelű biotrágya, C: 'C' jelű biotrágya) hatására Paraiso 102, Paraiso 1000, Sunflora, Lolita, Talento, Ferti, hibrideknél. $n=6$, \pm s.e., $p \leq 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, $p < 0.001^{***}$ a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014



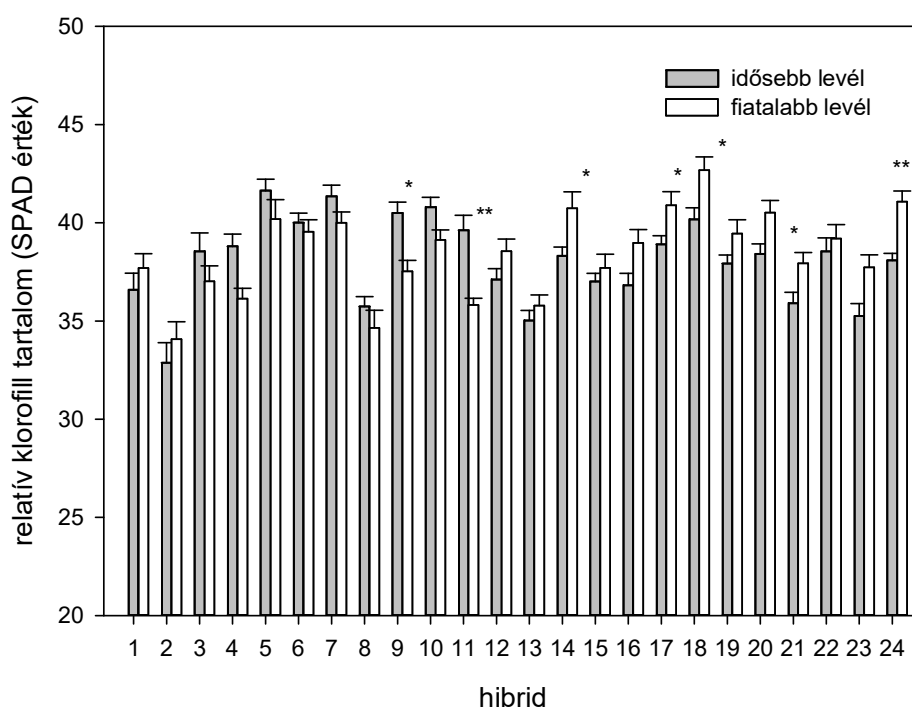
19. *abra*A specifikus levélterület (SLA) értékeinek (dm² g⁻¹) változása biotrágya-kezelések (A: 'A' jelű biotrágya, B: 'B' jelű biotrágya, C: 'C' jelű biotrágya) hatására Tutti, Oktava, Stradi, Meridies, Tristan, Neoma hibrideknél. n=6, ±s.e., p≤0.05*, p<0.01**, p<0.001*** a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014

4.3. A relatív klorofilltartalom változás biotrágya-kezelések hatására

A SPAD-502 relatív klorofilltartalmat meghatározó műszer. A SPAD érték szoros összefüggésben áll a levelek klorofilltartalmával (Rostamiet al., 2008), nitrogéntartalmával és a termés mennyiségével (Ványiné Széles, 2008), így a SPAD érték és a mért biológiai

paraméterek (klorofilltartalom, nitrogéntartalom, termésmennyiség) közötti összefüggést meghatározó regressziós egyenletek alapján lehetőség adódik a nitrogénellátottság, a klorofilltartalom és a termésmennyiség becslésére. A klorofilltartalom változása és a kapcsolat a klorofillkoncentráció és a SPAD-értékek között fontos mutató, ami változik a növény korával (Yanget al., 2014).

Vizsgálataink során mértük a biotrágyákkal kezelt és kontroll napraforgó fiatal és idősebb leveleinek relatív klorofilltartalmát (20. ábra).

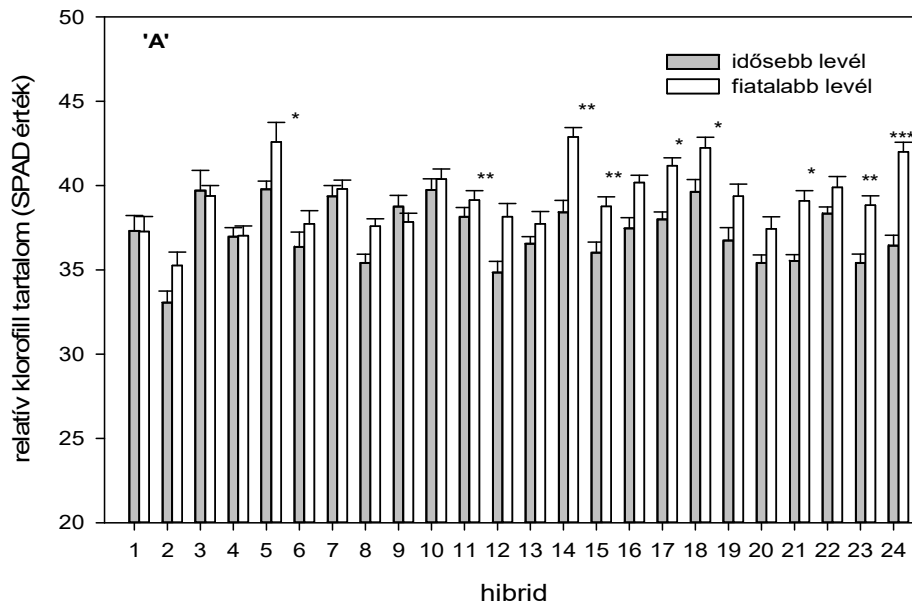


20. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontroll növények esetében (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma). n=6, \pm s.e., $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$ a kor szerinti különbség tekintetében. Debrecen, 2012-2014

A SPAD értékek 32 és 42 közé esnek, a legnagyobb értéket a P63LE13 és Brio kontroll növényeknél mértünk, de ugyancsak magas a SPAD érték – a szárazanyag-tartalomhoz hasonlóan – a Ferti és Neoma hibrideknél. A vizsgált hibridek többségében a fiatal levelek

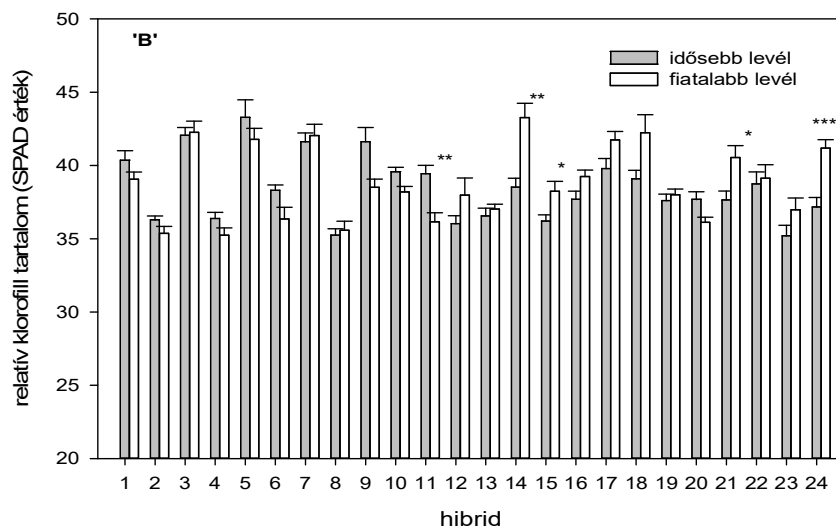
nagyobb SPAD értékkel jellemezhetőek, a különbség a hibridek harmadánál szignifikánsnak bizonyult. Az eltérés 5-7%, a legnagyobb különbséget mutató hibrid a Neoma.

A biotrágya-kezelések hatását a SPAD értékre a fiatal és idős levelek esetében a 21.,22.és 23. ábra mutatja be.

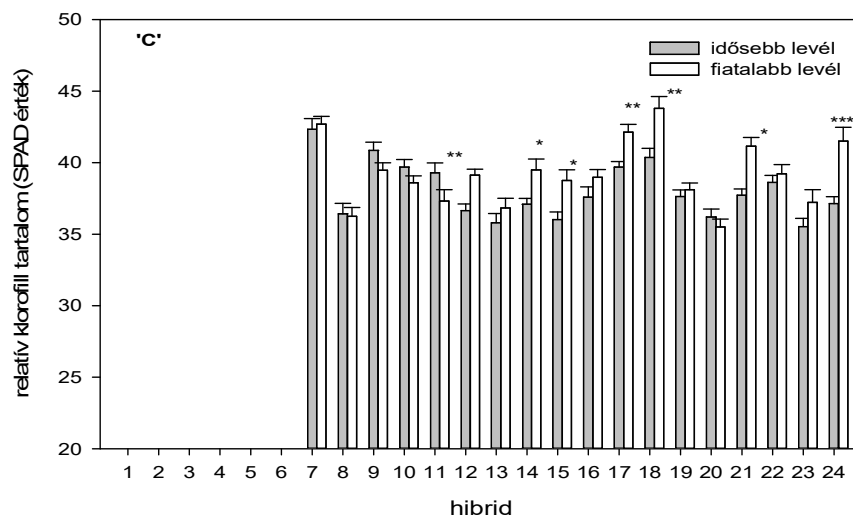


21. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél az 'A' biotrágya-kezelés esetében (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma) $n=12$, $\pm s.e.$, $p<0.05^*$, $p<0.01^{**}$, $p<0.001^{***}$ a kor szerinti különbség tekintetében. Debrecen, 2012-2014

Az 'A' biotrágya-kezelés hatására magasabb SPAD értékeket mértünk, a fiatal és idős levelek esetében a különbség általában nagyobb (főként: P63LE13, Paraiso 1000, Neoma) és a több esetben szignifikáns (21. ábra). A 'B' biotrágya hatása kevésbé szignifikáns, de itt is a Paraiso 1000 és a Neoma hibridek voltak a legérzékenyebbek és a változás is szignifikáns volt (22. ábra). A 'B' biotrágya hatására a legtöbb hibrid esetében nem volt szignifikáns különbség a fiatal és az idős levelek között. A 'C' biotrágya hatására (23. ábra) szignifikánsan nagyobb volt a fiatal levelek SPAD értéke a következő hibridekben: Estiva, Paraiso 1000, Sunflora, Talento, Ferti, Stradi, Stradi, Neoma. A különbség 10% körüli volt ezekben az esetekben, azaz az első szinten lévő levélnek (idősebb) a SPAD értéke 39-40, a második szinten lévő levélben (fiatalabb) az értékek 44-46 közé esnek.

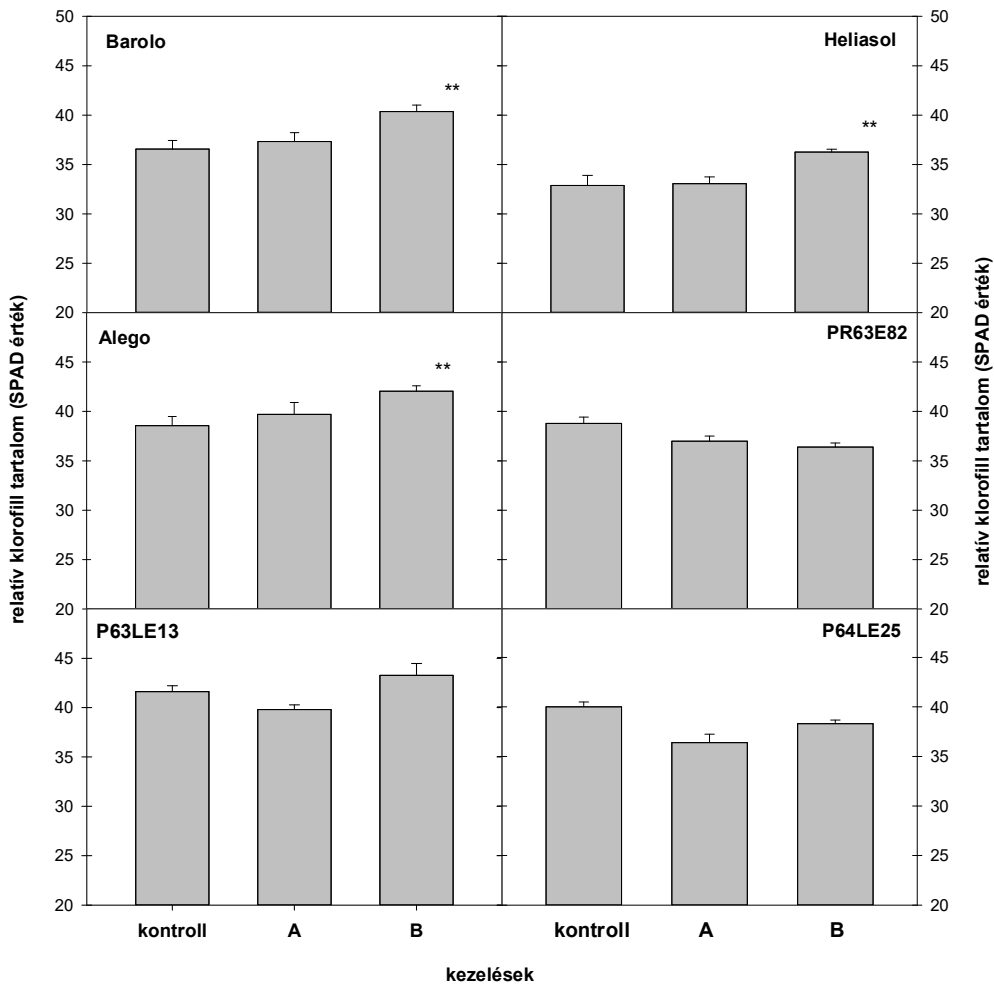


22. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél az 'B' biotrágya-kezelés esetében (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma.) n=12, \pm s.e., $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, $p < 0.001^{***}$ a kor szerinti különbség tekintetében. Debrecen, 2012-2014



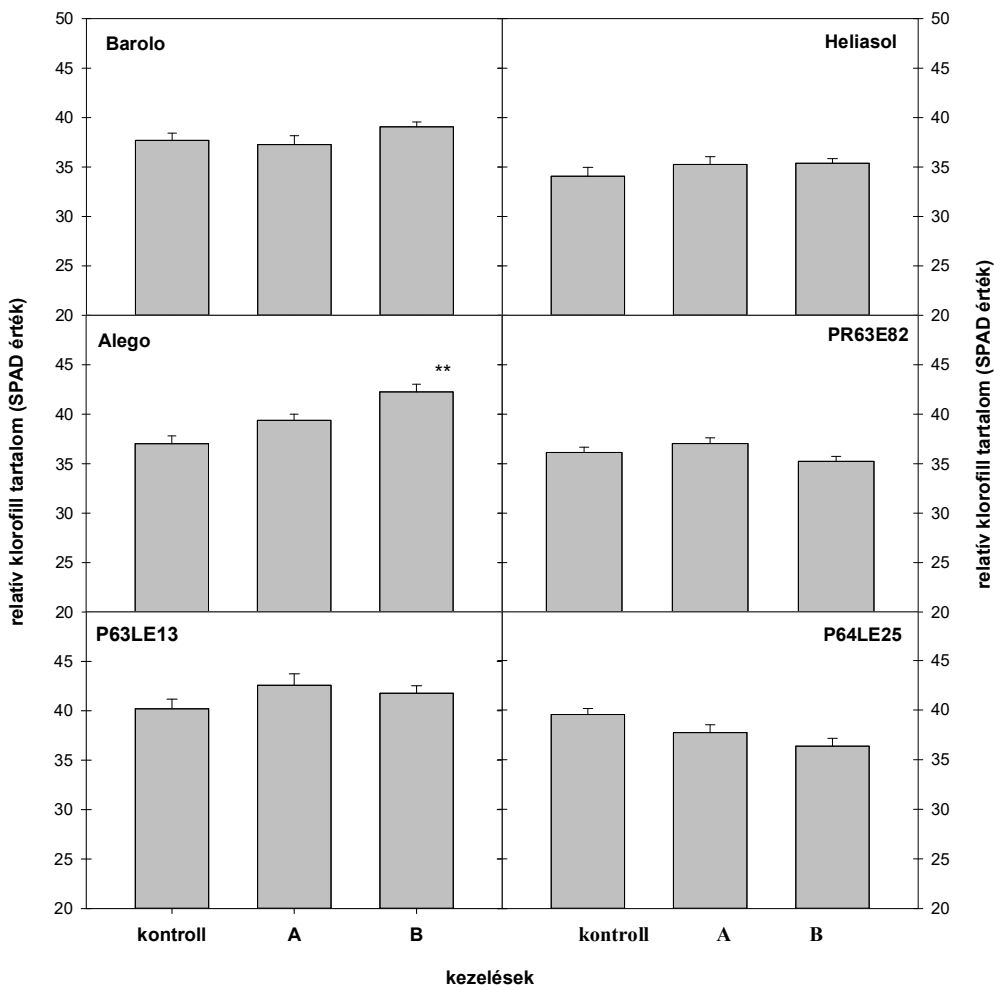
23. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél az 'B' biotrágya-kezelés esetében (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma.) n=12, \pm s.e., $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, $p < 0.001^{***}$ a kor szerinti különbség tekintetében. Debrecen, 2012-2014

A 24. ábra szemlélteti, hogy a kontrollhoz képest az idős levelek esetében a biotrágya-kezelések hatására hogyan változott a relatív klorofilltartalom. A 24. ábrán ábrázolt eredmények szerint a 'B' biotrágya hatására szignifikánsan (10-15 %-kal) nőtt a SPAD érték a Barolo, a Heliasol és az Alego hibridekben.



24. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása **idősebb** (1. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Barolo, Heliasol, Alego, PR63E82, P63LE13, P64LE25) n=12, \pm s.e., $p < 0.01$ ** a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014

A 25. ábrán ugyanazon hibridek fiatal leveleinek relatív klorofilltartalmának változása szerepel a biotrágya hatások függvényében.

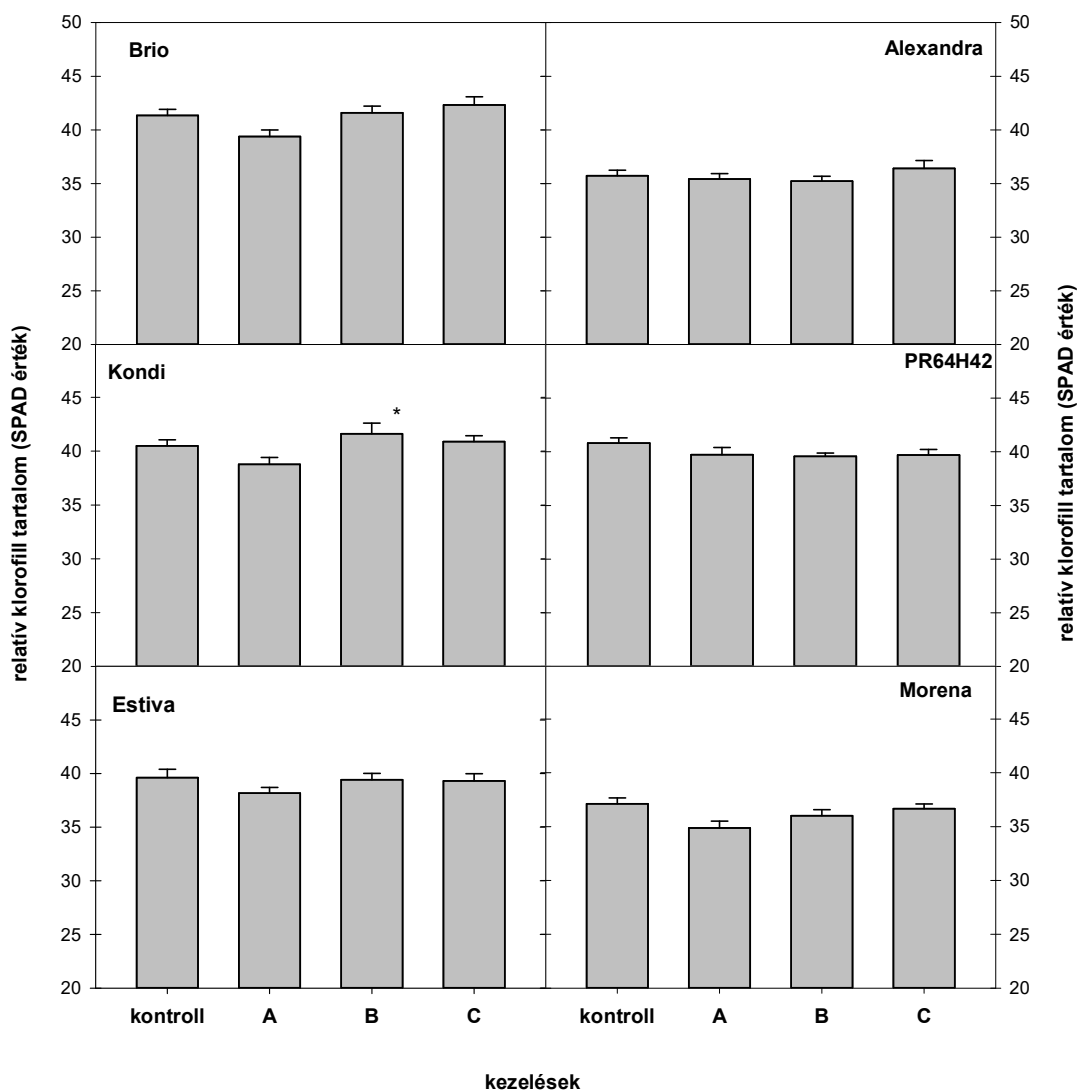


25. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása **fiatalabb** (2. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Barolo, Heliasol, Alego, PR63E82, P63LE13, P64LE25) n=12, \pm s.e., $p < 0.01^{**}$ a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014

A fiatalabb levelek relatív klorofilltartalmát az alkalmazott biotrágya-kezelések nem változtatták meg szignifikánsan, kivéve az Alego hibridet, ahol 19%-kal nőtt a 'B' biotrágya hatására a SPAD érték. Az Alego hibrid esetében mind a fiatalabb, mind az idősebb levelek SPAD értéke növekedett mind az 'A', mind a 'B' biotrágya-kezelés hatására, a 'B' biotrágya hatása szignifikáns növekedést okozott. A biotrágya-kezelés hatására bekövetkezett intenzívebb gyökernövekedés mellett a magasabb klorofilltartalom is hozzájárul a nagyobb növényi produkcióhoz.

A 26. ábra szemlélteti, hogy a következő hat hibridnél (Brio, Alexandra, Kondi, PR64H42, Estiva, Morena) a kontrollhoz képest az idős levelek esetében a biotrágya-kezelések hatását a

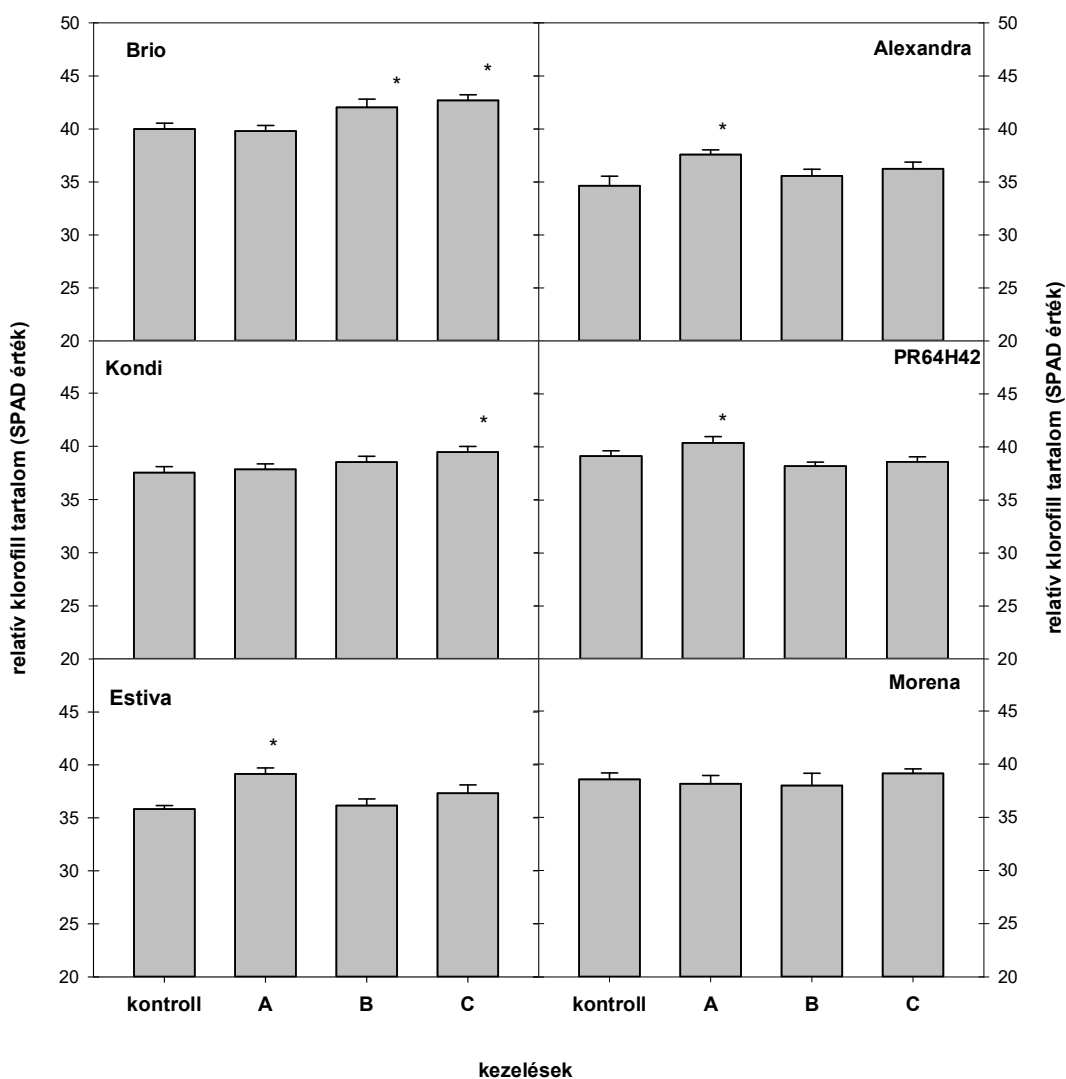
relatív klorofilltartalomra, a 27. ábra pedig a fiatal levelek esetében. Az idősebb levelek esetében az eredmények nem mutattak szignifikáns változást, kivétel csak Kondi hibrid, ahol a 'B' biotrágya okozott kismértékű (5%), de szignifikáns növekedést a SPAD értékben.



26. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása **idősebb** (1. szint) leveleknél a kontroll, az 'A', 'B' és a 'C' biotrágya-kezelés esetében (Brio, Alexandra, Kondi, PR64H42, Estiva, Morena) $n=12$, $\pm s.e.$, $p < 0.01^{**}$ a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014

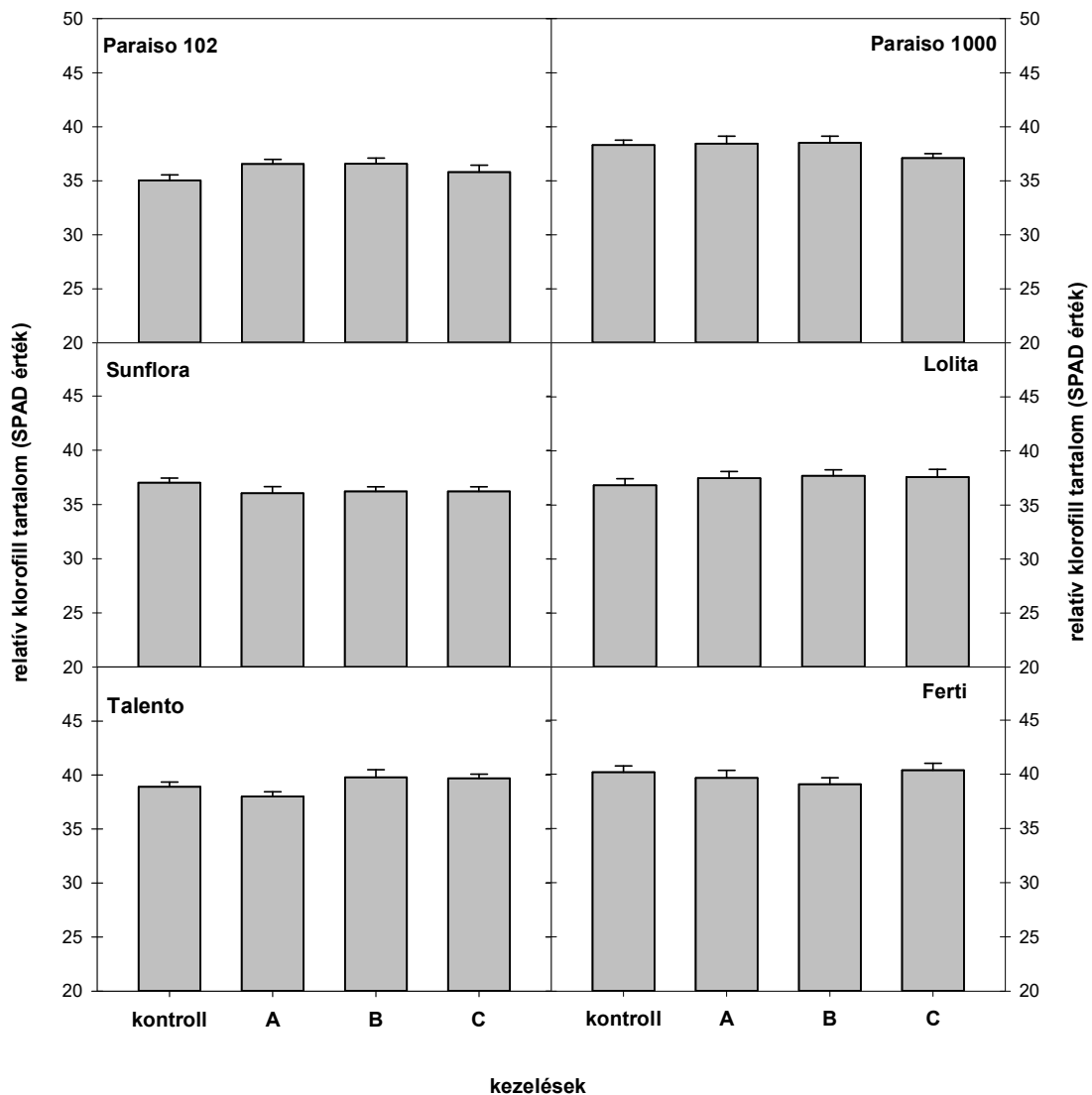
A fiatalabb leveleknél (27. ábra) a Morena hibrid esetében nem tapasztaltunk a SPAD értékben változást a biotrágya-kezelés hatására a kontrollhoz képest. A Brio hibridnél a 'B' és a 'C' biotrágya is szignifikánsan növelte a SPAD értékét, az Alexandra hibridnél az 'A', a

Kondinál a 'C', a PR64H42 és az Estiva esetében a 'A' biotrágya okozott szignifikáns növekedést.



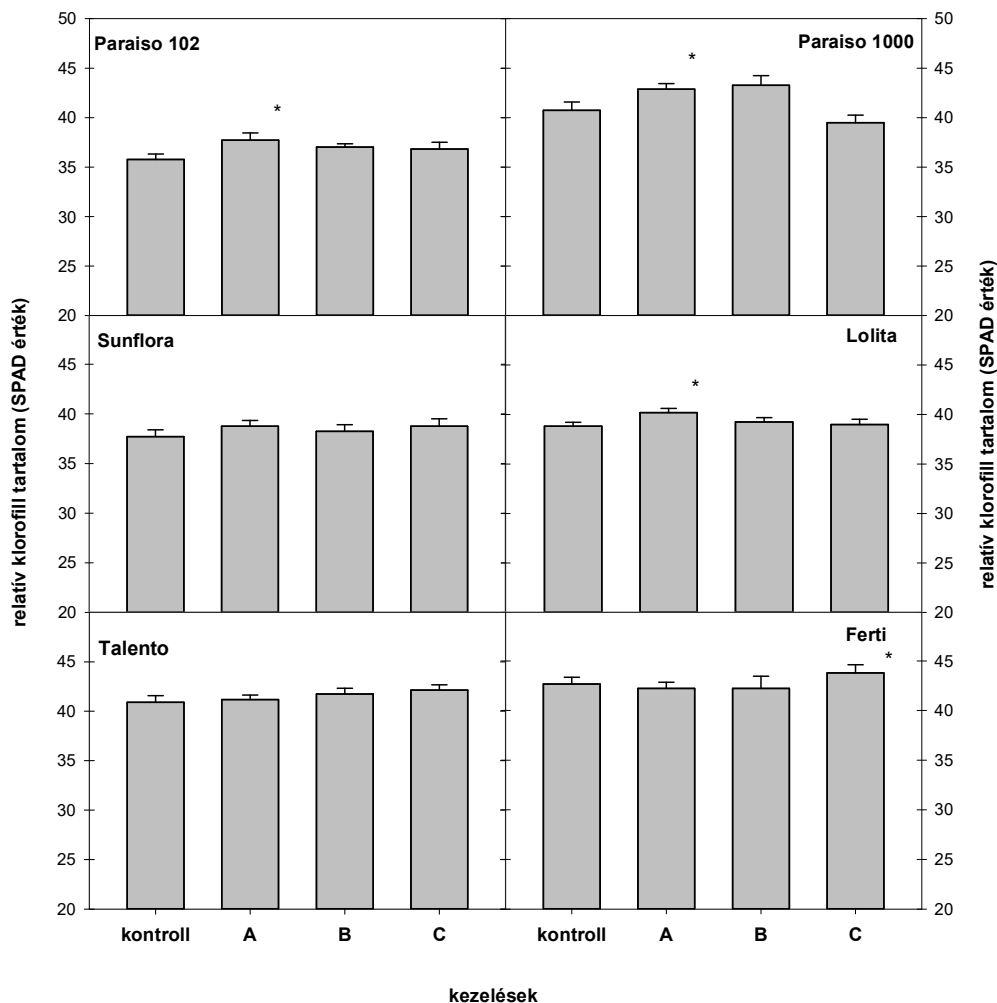
27. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása **fiatalabb** (2. szint) leveleknél a kontroll, az 'A', 'B' és a 'C' biotrágya-kezelés esetében (Brio, Alexandra, Kondi, PR64H42, Estiva, Morena) $n=12$, $\pm s.e.$, $p \leq 0.05^*$ a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014

A Paraiso 102, a Paraiso 1000, a Sunflora, a Lolita, a Talento és a Ferti hibridek esetében az idősebb leveleknél nem volt a biotrágya-kezelés által okozott szignifikáns különbség (28. ábra). Ezekben az esetekben gyakorlatilag egyik biotrágya sem növelte a relatív klorofilltartalmat az idősebb levelek esetében.



28. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása **idősebb** (1. szint) leveleknél a kontroll, az 'A', 'B' és a 'C' biotrágya-kezelés esetében (Paraiso 102, Paraiso 1000, Sunflora, Lolita, Talento, Ferti) n=12, \pm s.e.Debrecen, 2012-2014

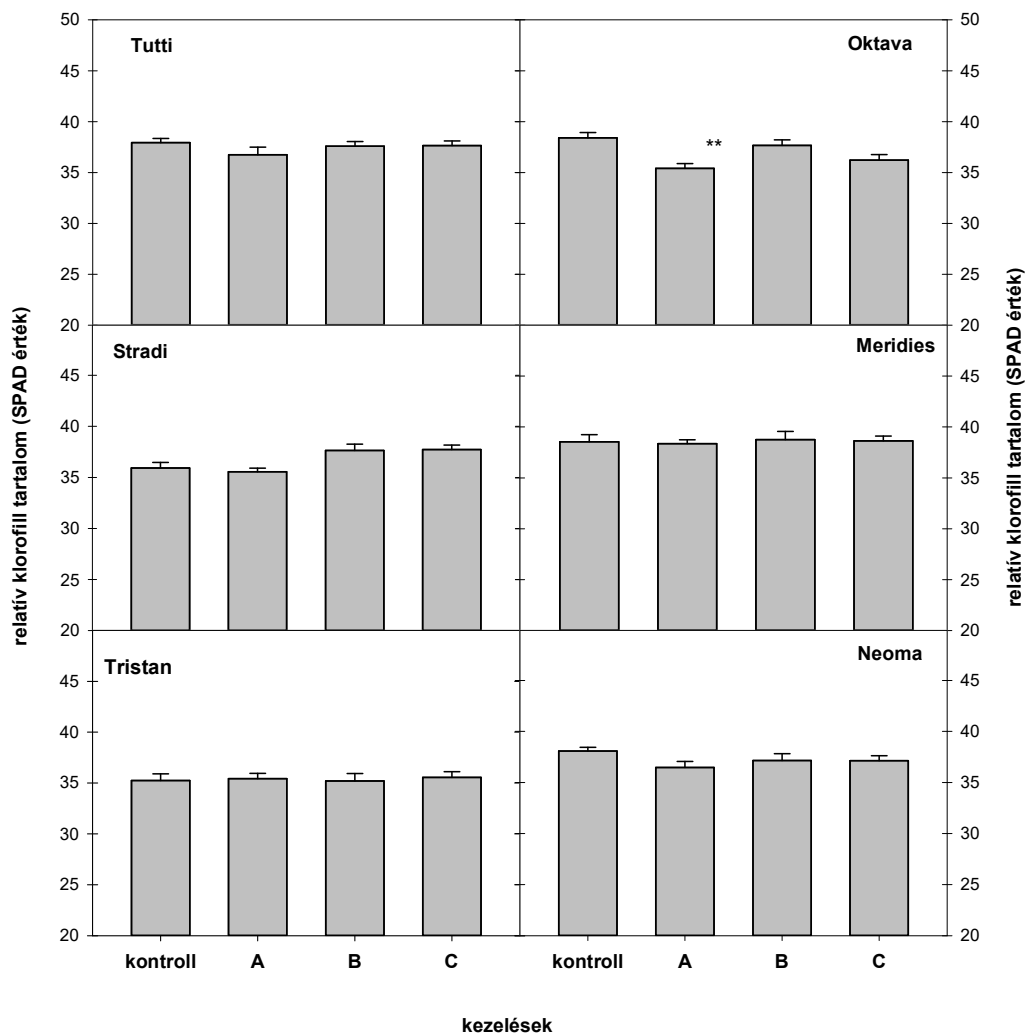
A 29. ábra a Paraiso 102, a Paraiso 1000, a Sunflora, a Lolita, a Talento és a Ferti hibridek fiatalabb leveleinek relatív klorofilltartalmának változását mutatja a kontroll, az 'A', a 'B' és a 'C' biotrágya-kezelések hatására.



29. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása **fiatalabb** (2. szint) leveleknél a kontroll, az 'A', 'B' és a 'C' biotrágya-kezelés esetében (Paraiso 102, Paraiso 1000, Sunflora, Lolita, Talento, Ferti) $n=12$, $\pm s.e.$, $p \leq 0.05^*$ a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014

Az idősebb levelekhez képest a fiatal levelek esetében a biotrágya-kezelések növelték a SPAD értéket. A Talento és a Sunflora hibridek esetében viszont nem volt változás, míg a Paraiso 102, Paraiso 1000 és a Lolita hibrideknél az 'A' biotrágya szignifikánsan növelte a relatív klorofilltartalmat. Az 'A' biotrágya-kezelés eredményeképpen 4-6%-kal nőtt ezekben a hibridekben a relatív klorofilltartalom, a Ferti hibrid esetében hasonló mértékű és szintén szignifikáns növekedést a 'C' biotrágya okozott.

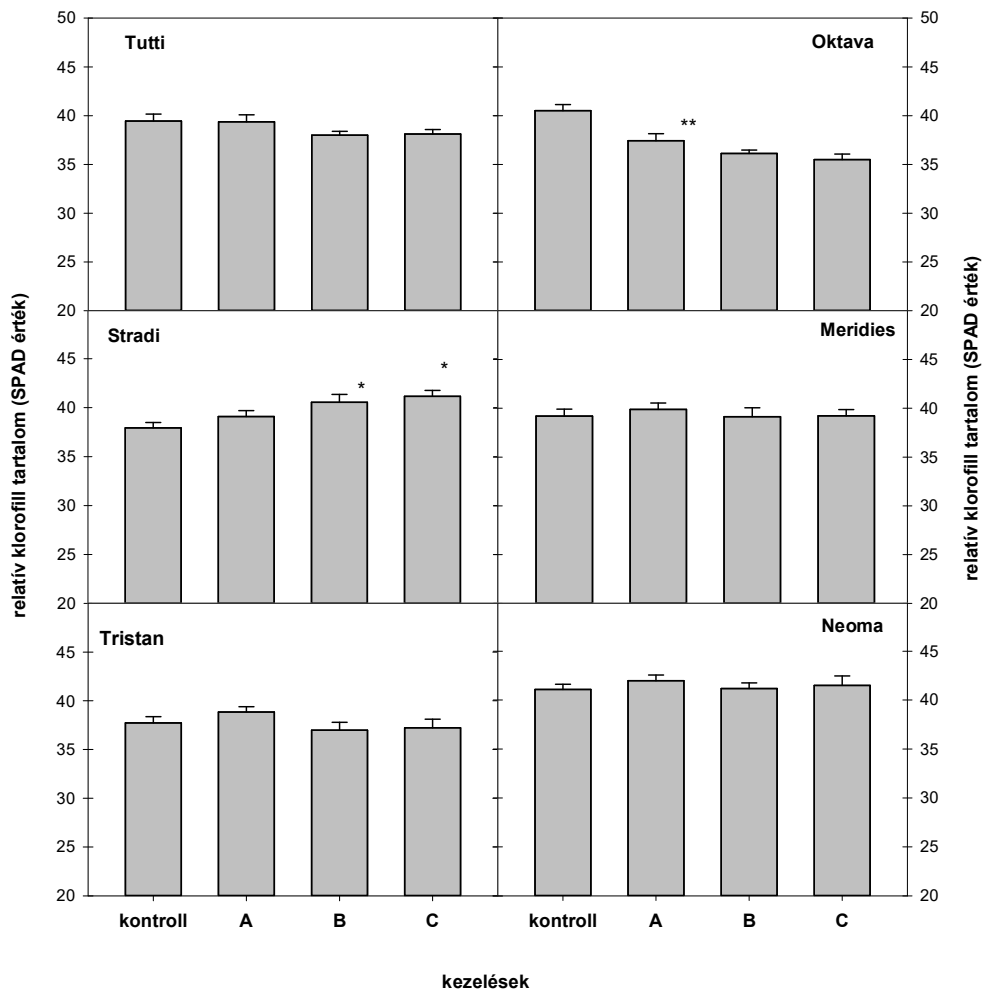
A Tutti, az Oktava, a Stradi, a Meridies, a Tristan, és a Neoma relatív klorofilltartalmának változását a biotrágya-kezelés függvényében az idősebb levelekben a 30. ábra mutatja be.



30. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása **idősebb** (1. szint) leveleknél a kontroll, az 'A', 'B' és a 'C' biotrágya-kezelés esetében (Tutti, Oktava, Stradi, Meridies, Tristan, Neoma) n=12, \pm s.e., $p < 0.01$ ** a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014

Az előző eredményekhez hasonlóan az idősebb levelek esetében nem okozott változást a biotrágya-kezelés a relatív klorofilltartalomra.

A Tutti, az Oktava, a Stradi, a Meridies, a Tristan, és a Neoma hibridek fiatalabb leveleinek SPAD értékét a 31. ábra szemlélteti.



31. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása **fiatalabb** (2. szint) leveleknél a kontroll, az 'A', 'B' és a 'C' biotrágya-kezelés esetében (Tutti, Oktava, Stradi, Meridies, Tristan, Neoma) n=12, \pm s.e., $p < 0.01$ ** a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014

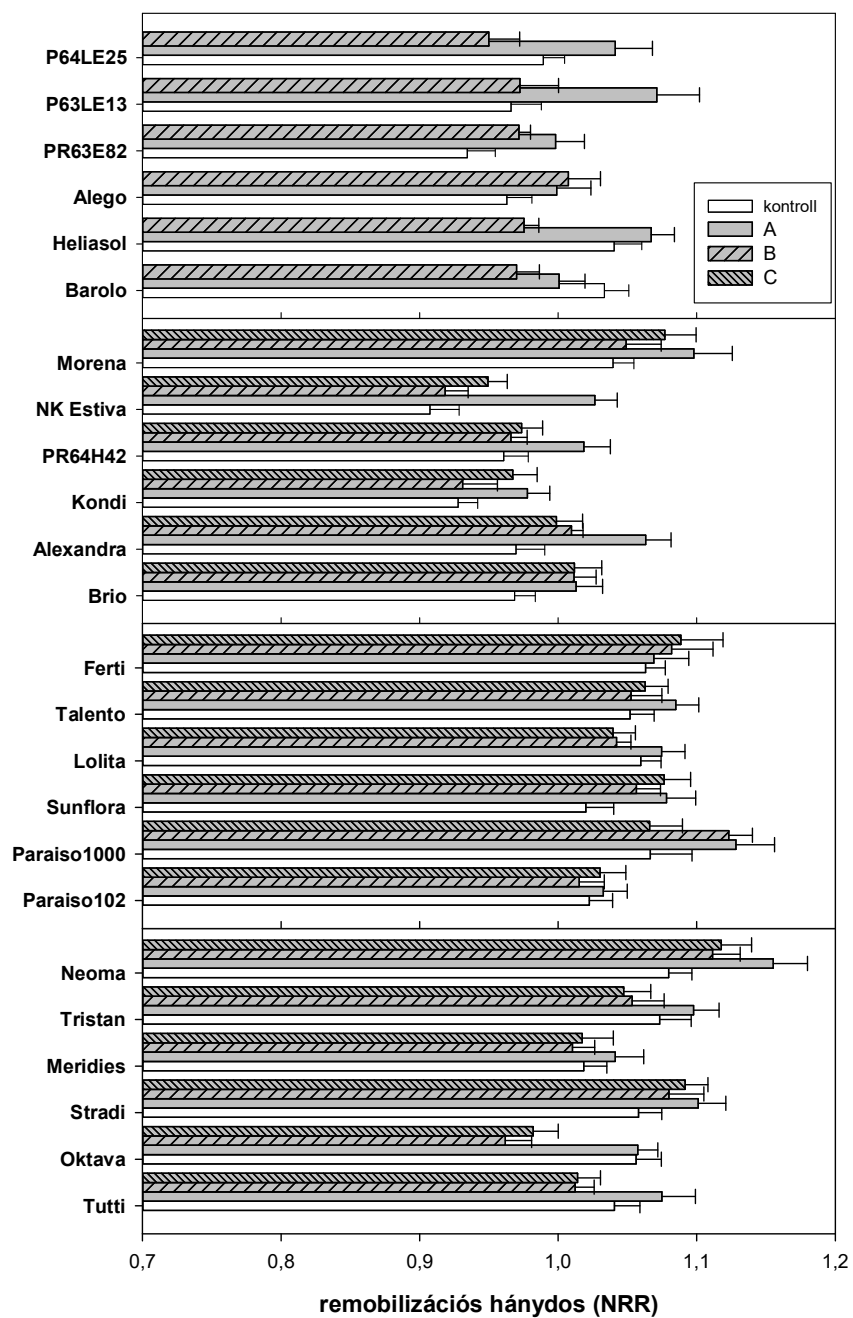
A Tutti, az Oktava, a Stradi, a Meridies, a Tristan, és a Neoma hibridek fiatalabb levelei közül csak a Stradi esetében növekedett a relatív klorofilltartalom mindhárom biotrágya esetében. A legnagyobb mértékben a 'C' biotrágya volt hatékony a vizsgált mutató tekintetében. Az 'A' és 'B' biotrágya 2-5%-kal növelte a fiatal levelek relatív klorofilltartalmát, a 'C' biotrágya 9%-kal.

A hibridek kontroll egyedeinek SPAD értéke 32-42 között volt. A P63LE13 hibridre mértük a legnagyobb relatív klorofilltartalmi értéket ($41,63 \pm 0,67$), míg a Heliasol hibridnél a legkisebbet ($32,87 \pm 0,47$).

4.4. Remobilizációs hányados alkalmazhatósága

A fiatalabb és idősebb levelek biotrágya-kezelésre adott eltérő válaszreakciói miatt feltételezzük, hogy különbség van a vizsgált hibridek között abban, hogy milyen mértékben és milyen gyorsan képesek az elemek újra mobilizálásában, újrahasznosításában. Az elemek közül is fő szerepet kap a nitrogén, hiszen újrahasznosítható a fiatalabb szervek számára, és fő komponense a klorofilloknak, valamint a fotoszintézis szempontjából kulcsenzim ribulóz-1,5-difoszfát-karboxiláz-oxigenáz enzim fő alkotója. Megfelelő mennyiségű nitrogén nélkül szerkezetében és funkciójában is sérül a fotoszintetikus rendszer, ami a szárazanyaggyarapodás fő akadálya. Másodlagos anyagcseretermékek, alkaloidok, mint a koffein és morfin is tartalmaznak nitrogént, melyek fokozzák a növények kórokozókval és kártevőkkel szembeni ellenálló képességét. A fotoszintézis és a nitrogén anyagcsere közötti kapcsolatot a növény anyagcseréjének alapja. A fotoszintézis során adenozin-trifoszfát (ATP) – mely molekula az adenin bázis révén nitrogén tartalmú – és redukált nikotinamid-adenin-dinukleotid (NADPH+H⁺) molekulák képződnek, melyek szén és nitrogén tartalmú molekulák szintézisére fordítódnak. A fotoszintézis és a nitrogén anyagcsere közötti összefüggést több kapcsolódási pont is erősíti. Az eritróz-4-foszfát az aromás aminosavak egyik primer prekuzora, valamint a ribóz-5-foszfát a ribonukleinsavak, nukleotidok ribózának prekuzora. Emellett a glikolízis során ketosavak keletkeznek, melyek az aminosavak kiindulási anyagai. A kloroplasztiszokban folyik NH₄⁺ asszimiláció is, amihez a szükséges kofaktorokat (ATP, NADPH+H⁺) a fényreakció szolgáltatja. A N-ellátottság a kloroplasztiszok fotoszintetikus pigmentjeinek, a klorofilloknak a mennyiségét is befolyásolja, hiszen a levél N-tartalmának többsége a klorofillokban található (Peterson et al., 1993).

A nitrogén mobilis elem a növényen belül, amennyiben a nevelő közegben nem áll a növény rendelkezésére, a fiatal, fejlődő szervek számára az idősebb részekből mobilizálásra, újrahasznosításra kerülhet. A növényi nitrogén hasznosítás fontos eleme a remobilizációs képesség. A fajok és fajták között is nagy különbség lehet a között, hogy milyen mértékben és milyen gyorsan képes a növény az újrahasznosításra, remobilizálásra. Fontos, hogy olyan fajtákat, hibrideket keressünk, amelyek a talaj tápanyagkészletét minél hatékonyabban hasznosítják, nagyobb gazdasági hasznot és kedvező környezeti hatásokat eredményezve.



32. ábra Mikroorganizmus alapú biotrágya hatása napraforgó hibridek (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma) remobilizációs hányadosára (NRR). A hibrid és a kezelések között nincs szignifikáns összefüggés. A kezelés hatása $p \leq 0,05$ szinten szignifikáns. $n=12$, \pm s.e. Debrecen, 2012-2014

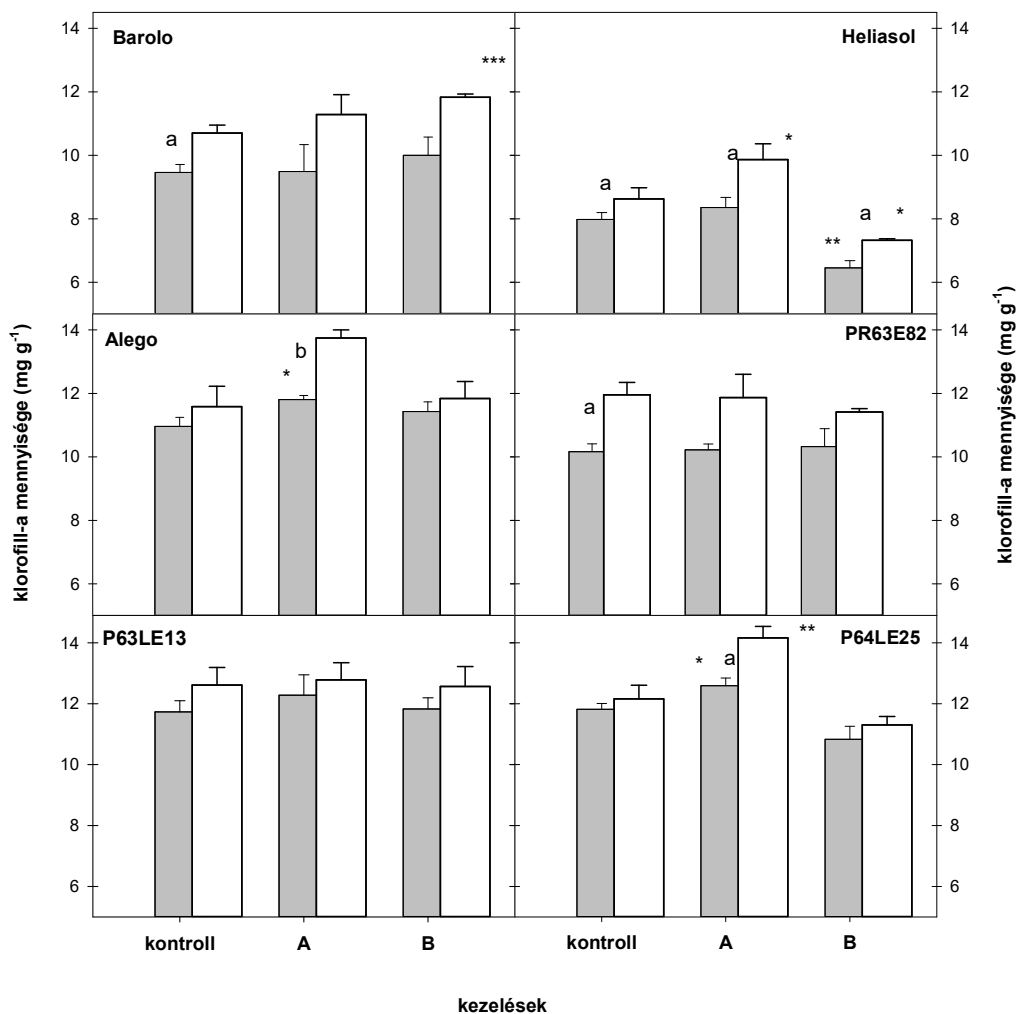
A növények adott stresszhelyzet – biotikus és abiotikus környezeti stresszre, például tápelem hiányra – hatására először a fehérjéket, és a klorofilokat kezdik lebontani, ezért klorofill- veszteséggel mindenképpen számolhatunk. A SPAD érték szoros korrelációt mutat a klorofilltartalommal (Zhu et al., 2012), így a nitrogén ellátással is (Rostami et al, 2008; Naderiet al., 2012), a növény nitrogén igényére következtethetünk az értékéből (Babu et al., 2000).

Az általunk bevezetett remobilizációs hányados (Nitrogen Remobilization Ratio=NRR) az idősebb és fiatalabb levél SPAD értékének egymáshoz viszonyított változását veszi figyelembe. Eredményeink szerint amennyiben értéke egy felett van, az a fiatalabb levél magasabb nitrogén tartalmát jelzi, a remobilizációs képesség jobb, mintha az érték nullához közelít. Az általunk vizsgált hibrideknél összehasonlítottuk a remobilizációs rátát a kontroll egyedeknél és a biotrágya hatását is vizsgálva (32. ábra). Eredményeink szerint a biotrágya-kezelések pozitívan befolyásolták a remobilizációs rátát. Az értékek egy feletti, és elsősorban az 'A' biotrágya hatására növekednek. Az 'A' biotrágya hatása 10-15%-os emelkedést okozott, kiemelkedő a P63LE13, P64LE25, Alexandra és Neoma hibrideknél. A vizsgált paraméter szempontjából a Barolo hibrid a legkevésbé érzékeny.

4.5. Fotoszintetikus pigmentek kvalitatív és kvantitatív változása eltérő biotrágya-kezelés hatására

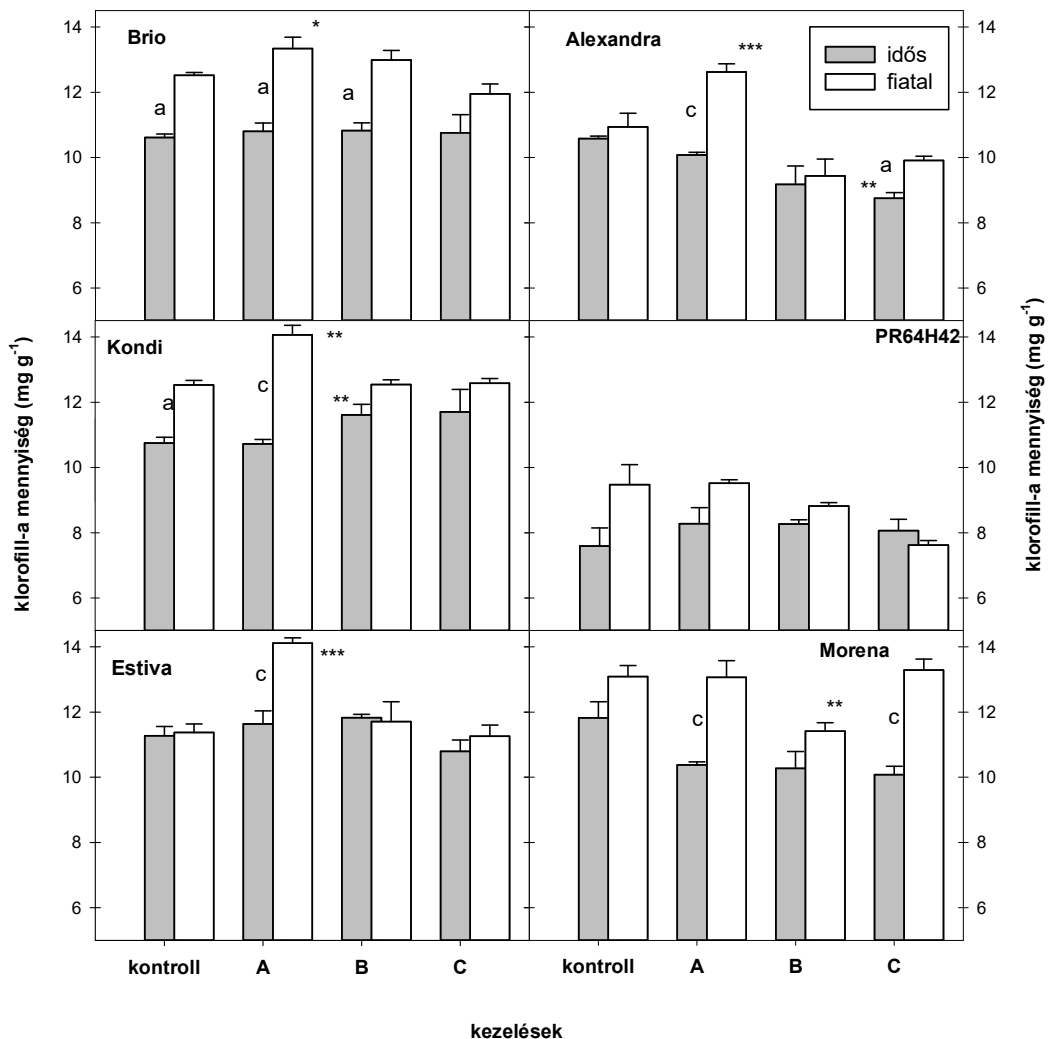
4.5.1. A klorofilltartalom változása

A növényi szárazanyag-gyapodás szempontjából a legfőbb anyagcsere-folyamat a fotoszintézis. A megfelelő fotoszintézis alapját pedig a megfelelő mennyiségű és minőségű színanyagok, a fotoszintetikus pigmentek adják. A fotoszintetikus pigmentek közül a klorofilok a fő pigmentek, melyek a fényenergia kémiai energiává történő átalakítására képesek. A SPAD érték kiválóan alkalmas a relatív klorofilltartalom jellemzésére, viszont a fotoszintetikus pigmentek kvalitatív és kvantitatív megismerése pontosabb információt a fotoszintetikus rendszer felépítéséről és annak működéséről. A 33., 34., 35., 36. ábra a klorofill-a molekula mennyiségének változását mutatja a biotrágya-kezelések hatására a vizsgált hibridekben.



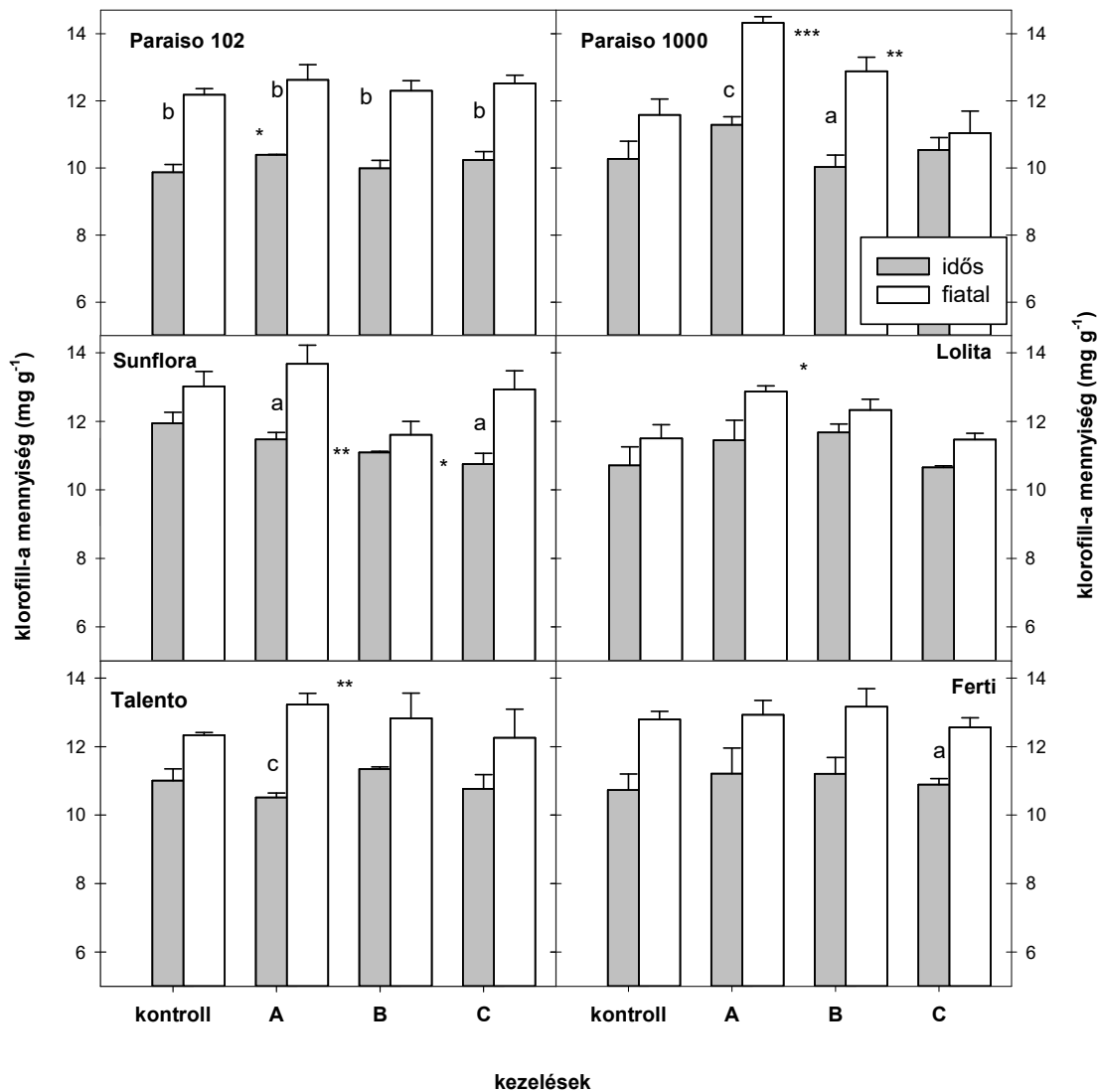
33. ábra A klorofill-a tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint,) és fiatalabb (2. szint,) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Barolo, Heliasol, Alego, PR63E82, P63LE13, P64LE25) $n=3$, \pm s.e., $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz viszonyítva, $p \leq 0,05^a$, $p < 0,01^b$, idős és fiatal közötti szignifikáns különbség. Debrecen, 2012-2014

A relatív klorofilltartalomhoz hasonlóan a klorofill-a tartalom is a fiatalabb levelekben a nagyobb (2-5%). A biotrágya-kezelések hibridtől függően szintén ilyen mértékben növelték a klorofill-a tartalmat (33. ábra). A Brio, az Alexandra, a Kondi, a PR64H42, az Estiva és a Morena hibridek fiatal és idős leveinek klorofill-a tartalmát, illetve annak változását biotrágya-kezelésre a 34. ábra mutatja be.



34. ábra A klorofill-a tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint,) és fiatalabb (2. szint,) leveleknél a kontroll, az 'A', 'B' és a 'C' biotrágya-kezelés esetében (Brio, Alexandra, Kondi, PR64H42, Estiva, Morena) $n=3$, \pm s.e., $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz viszonyítva, $p \leq 0,05^a$, $p < 0,01^b$, idős és fiatal közötti szignifikáns különbség. Debrecen, 2012-2014

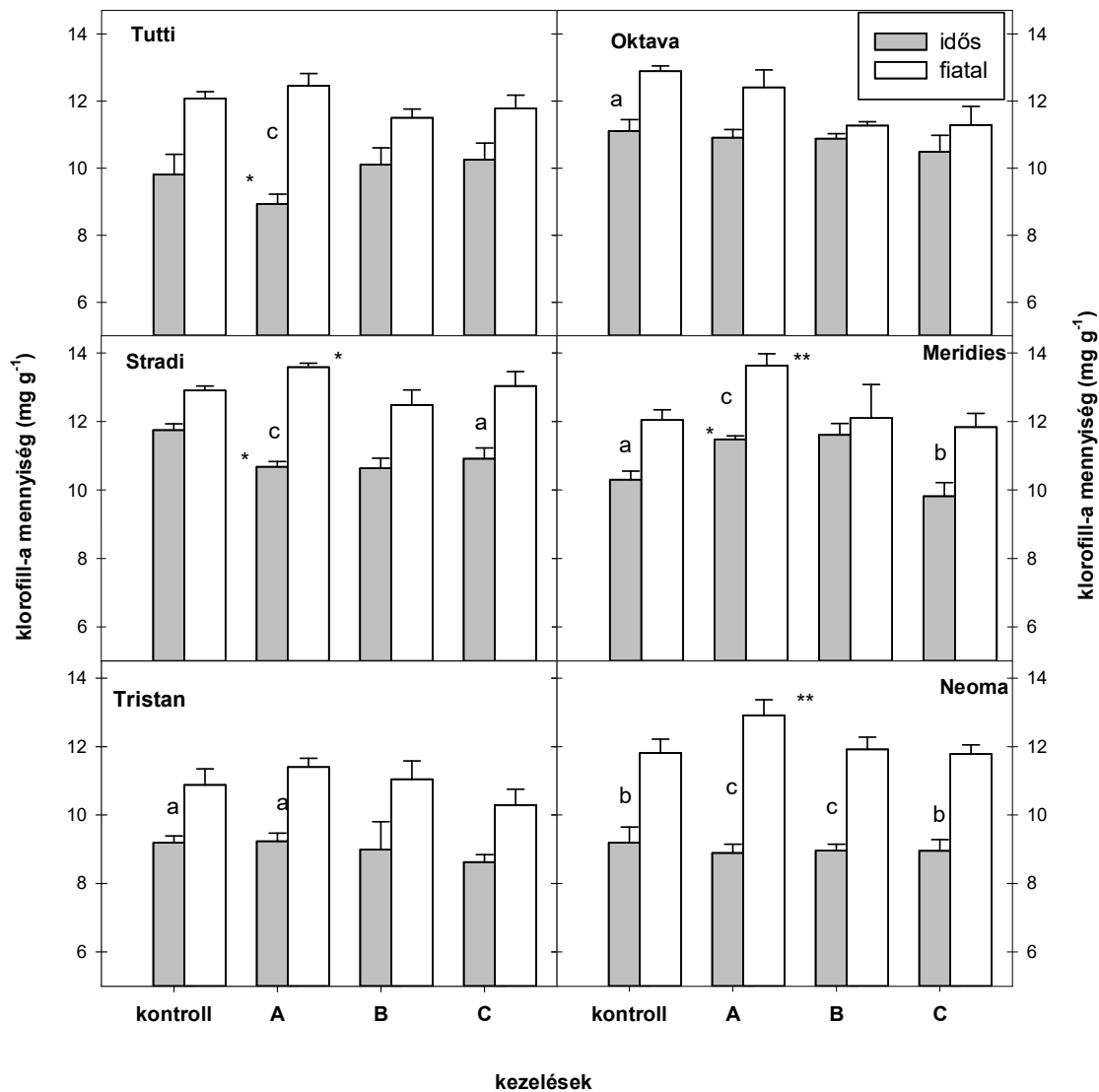
Amellett, hogy itt is a fiatal levelek klorofill-a tartalma a magasabb, kiemelendő, hogy az 'A' jelű biotrágya esetében jelentősebb változást tapasztaltunk, mind, ha a kontrollhoz, mind, ha a kor szerint hasonlítjuk össze. A fiatal levelek klorofill-a tartalma 15-20%-kal nagyobb, mint az idős leveleké, továbbá a PR64H42 és a Morena hibridek kivételével a kontrollhoz képest is 8-17%-osan nőtt a klorofill-a tartalom az 'A' biotrágya hatására. A Paraiso 102, a Paraiso 1000, a Sunflora, a Lolita, a Talento és a Ferti hibridek klorofill-a tartalmának változását a 35. ábra foglalja össze.



35. ábra A klorofill-a tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint,) és fiatalabb (2. szint,) leveleknél a kontroll, az 'A', 'B' és a 'C' biotrágya-kezelés esetében (Paraiso 102, Paraiso 1000, Sunflora, Lolita, Talento, Ferti) $n=3$, $\pm s.e.$, $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz viszonyítva, $p \leq 0,05^a$, $p < 0,01^b$, $p < 0,001^c$ idősebb és fiatal közötti szignifikáns különbség. Debrecen, 2012-2014

A fiatalabb levelek nagyobb klorofill-a tartalma az 'A' biotrágya hatására szignifikáns a Paraiso 1000, a Lolita és a Talento hibridek esetében, de tendenciáját tekintve mindegyik hibridre vonatkozatható. A kontrollhoz képest inkább a fiatalabb levelekben érvényesül a biotrágyák klorofill-a tartalmat növelő hatása.

A Tutti, az Oktava, a Stradi, a Meridies, a Neoma és a Ferti hibridek fiatal és idősebb leveleinek klorofill-a tartalom változását a 36. ábra mutatja.



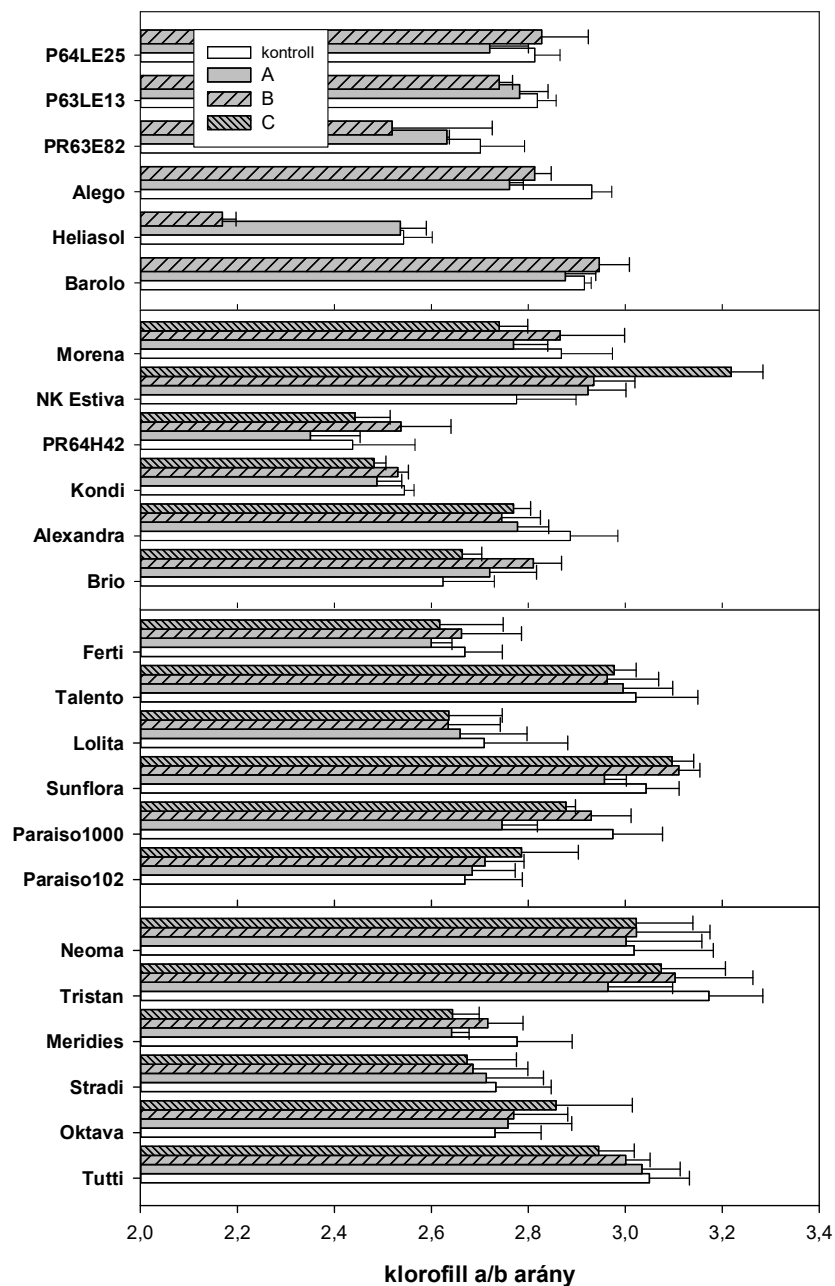
36. ábra A klorofill-a tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint,) és fiatalabb (2. szint,) leveleknél a kontroll, az 'A', 'B' és a 'C' biotrágya-kezelés esetében (Tutti, Oktava, Stradi, Meridies, Neoma, Ferti) $n=3$, \pm s.e., $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz viszonyítva, $p \leq 0,05^a$, $p < 0,01^b$, $p < 0,001^c$ idős és fiatal közötti szignifikáns különbség. Debrecen, 2012-2014

Az idősebb leveleknél a biotrágyák pozitív hatása a klorofill-a tartalomra nem meggyőző, nincs szignifikáns különbség a kontroll és a kezelt egyedek idős leveleinek klorofill-a tartalma között. A fiatal levelek klorofill-a tartalma nagyobb, mint az idősebb leveleknek, ahogyan azt a többi hibrid esetében is tapasztalhattuk (33.,34., 35. ábra). A fiatal levelek esetében az 'A' biotrágya hatása szignifikánsan növelte a klorofill-a tartalmat a Stradi, a Meridies és a Neoma hibridnél.

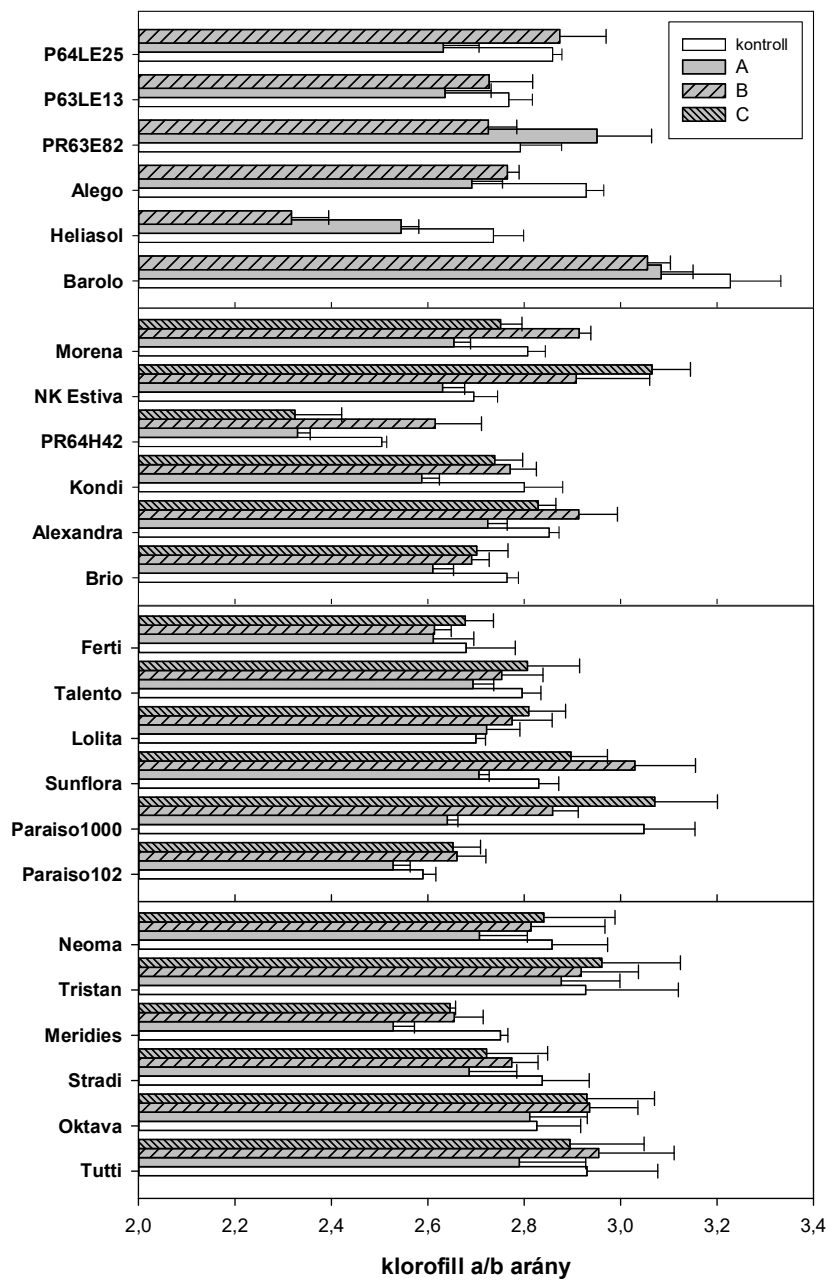
A vizsgált hibridek közül a PR64H42 és a Heliasol rendelkezik a legkisebb klorofill-a tartalommal (6-8 mg g⁻¹). Kiemelkedően magas klorofill-a tartalmú hibrid nincs, az idősebb levelek klorofilltartalma 7-9 mg g⁻¹, míg a fiatalabb leveleké nagyobb, 11-13 mg g⁻¹. A biotrágyák hatása a klorofill-a tartalomra általánosan nem szignifikáns, kivétel az 'A' biotrágya hatása a Stradi, a Meridies, a Neoma, a Paraiso 1000, a Lolita, a Talento, a Brio, az Alexandra, a Kondi, az Estiva, a P64LE25 és a Helisaol hibridek fiatal levelei esetében mért értékek.

A klorofill-a és klorofill-b között a különbséget a II. pirrol-gyűrű 3. szénatomjához kapcsolódó metil- illetve formil-csoport jelenti, amely kismértékű, de nagyon jelentős különbségeket eredményez a két pigment spektroszkópiai tulajdonságaiban. A klorofill-b segít a fényenergia minél szélesebb spektrumú begyűjtésében, ugyanakkor a szerkezeti sajátosságai miatt a fénygyűjtő komplex szerkezetének kialakításában, stabilitásában is fontos szerepet kap (Eggink et al., 2001). A szerkezeti stabilitás a megfelelő funkció alapját jelenti. Az optimális klorofill a/b arány értéke 3 körüli (Chen és Chen, 1993), ugyanakkor a környezeti feltételek és a nevelés körülményei módosíthatják ezt (Lichtenthaler et al., 1982).

A kísérletek során vizsgáltuk a klorofill-a/klorofill-b hányados értékét és annak változását a biotrágya-kezelések hatására idősebb (37. ábra) és fiatalabb (38. ábra) esetében is. A hányados értéke három körüli a vizsgált kontroll hibrideknél, a PR64H42 hibrid esetében a legalacsonyabb (2,43±0,12). A kontroll értékek közül négy hibridnél volt az érték háromnál magasabb: Neoma (3,01±0,16), Talento (3,02±0,12), Tutti (3,05±0,08) és Tristan (3,17±0,11). Ezeknél a hibrideknél a klorofill-b viszonylag alacsony értéke okozza a hányados három feletti értékét, ugyanakkor viszonylag magasak a szórásértékek is. Biotrágya hatására az idősebb leveleknél nem tapasztaltunk szignifikáns változást, tendenciáját tekintve alacsonyabbak a hányados értékei, ami a nagyobb klorofill-b mennyiség eredménye. Kivétel ez alól az Estiva, Oktava, Brio és Paraiso 102 hibridek, ahol nagyobb a klorofill-a/klorofill-b hányados értéke a biotrágya-kezelés hatására, de a változás nem szignifikáns. A fiatalabb levelekben a klorofill-a/klorofill-b hányados változását a 38. ábra mutatja. A fiatalabb levelek esetében az arányokat tekintve hasonló arányban vannak a klorofill-a és klorofill-b pigmentek. A klorofill-a/klorofill-b arány értéke 3 körüli, ahogyan az idősebb levelekben is volt.



37. ábra Mikroorganizmus alapú biotrágyák hatása napraforgó hibridek idősebb (1. szint) levél (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma) klorofill-a /klorofill-b hányados értékének változására. A hibrid és a kezelések között nincs szignifikáns összefüggés. A kezelések és hibrid hatás sem szignifikáns. n=3, ±s.e. Debrecen, 2012-2014



38. ábra Mikroorganizmus alapú biotrágyák hatása napraforgó hibridek fiatalabb (2. szint) levél (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma) klorofill-a /klorofill-b hányados értékének változására. A hibrid és a kezelések között nincs szignifikáns összefüggés. A kezelések és hibrid hatás sem szignifikáns. n=3, ±s.e. Debrecen, 2012-2014

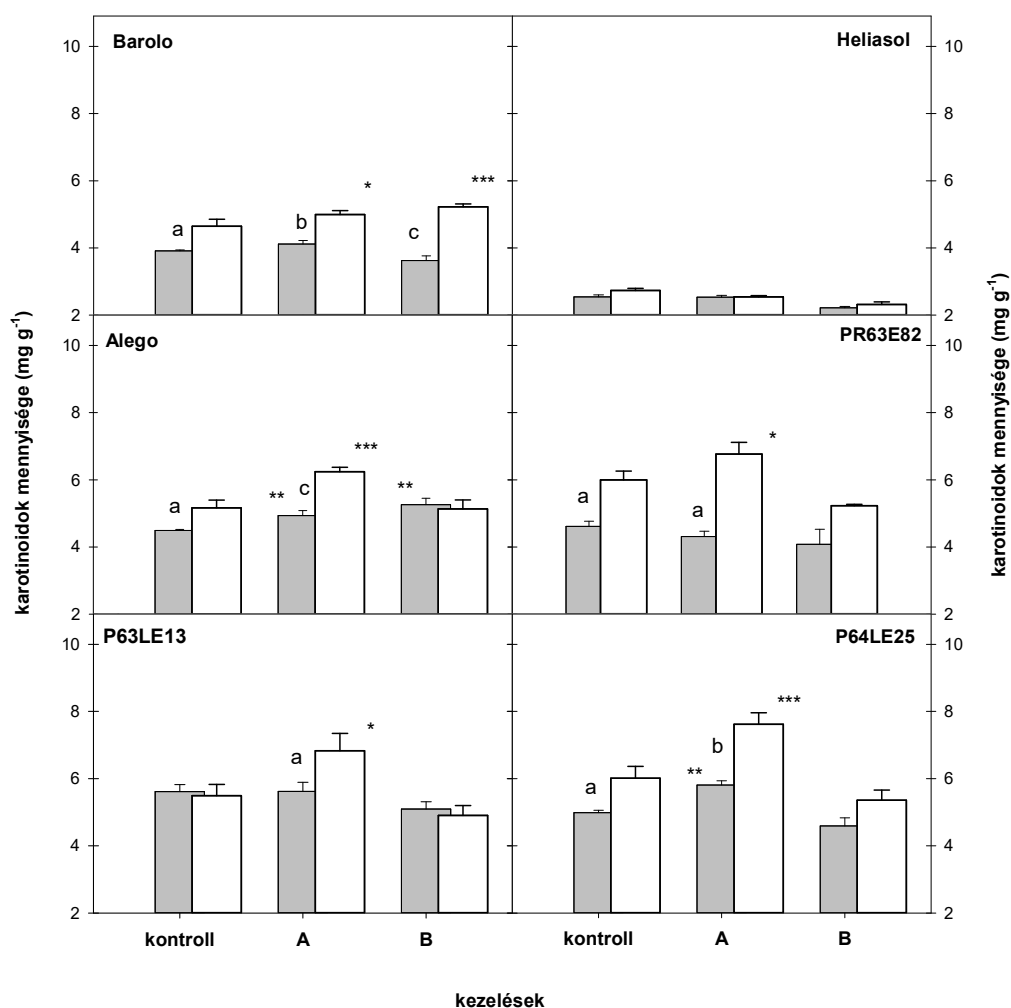
Általában a kontroll értékektől kisebbek a biotrágya-kezelésre kapott klorofill-a/klorofill-b arány értéke, ez 10% alatti általában, ugyanakkor viszonylag magasak a szórás értékek és így a különbség sem szignifikáns. Az Oktava, a Lolita, az Estiva hibrideknél a 'B' és 'C' biotrágya növeli a kontrollhoz képest a klorofill-a/klorofill-b arányt.

4.5.2. A karotinoidok mennyiségi változása

A növényekben jó stressz indikátor lehet az összes klorofill/karotinoid arány változása is (Hendry és Price, 1993). A karotinoidok fontos szerepet kapnak a fénygyűjtő komplexben és a fotoszintetikus rendszer védelmében. Bizonyított, hogy ezek a vegyületek az antioxidáns tulajdonságukon túl részt vesznek a fotoszintetikus apparátus foto-oxidáció elleni védelmében is (Ort, 2001). A zeaxantin például a xantofill-ciklus részeként intenzíven részt vesz a PSII energia-kioltásában, amikor az energetikailag túlterhelt. A felesleges mennyiségben abszorbeált energia fénygátlást, vagy súlyosabb esetben fénykárosodást okoz (Powles, 1984). Amikor a fénykárosodás aránya meghaladja a védekezési kapacitás mértékét, akkor a fotoszintetikus hatékonyságban csökkenés következik be, fotoinhibíció áll elő (Osmond, 1994). Annak a mértéke, hogy a foton áramlási sűrűség okoz-e ténylegesen gátlást a fotoszintézis menetében, sok külső és belső tényezőtől függ, így a pigment-rendszerek szerkezetétől, akklimációs potenciáljától, a különböző védőmechanizmusok aktivitásától, valamint más stresszfaktorok hatásaitól (Giardi et al., 1997).

Az összkarotinoid tartalom változását a fiatal és idős levelek esetében a vizsgált hibrideknél a kontroll és a biotrágya-kezelés hatására a 39., a 40., a 41. és a 42. ábra mutatja be.

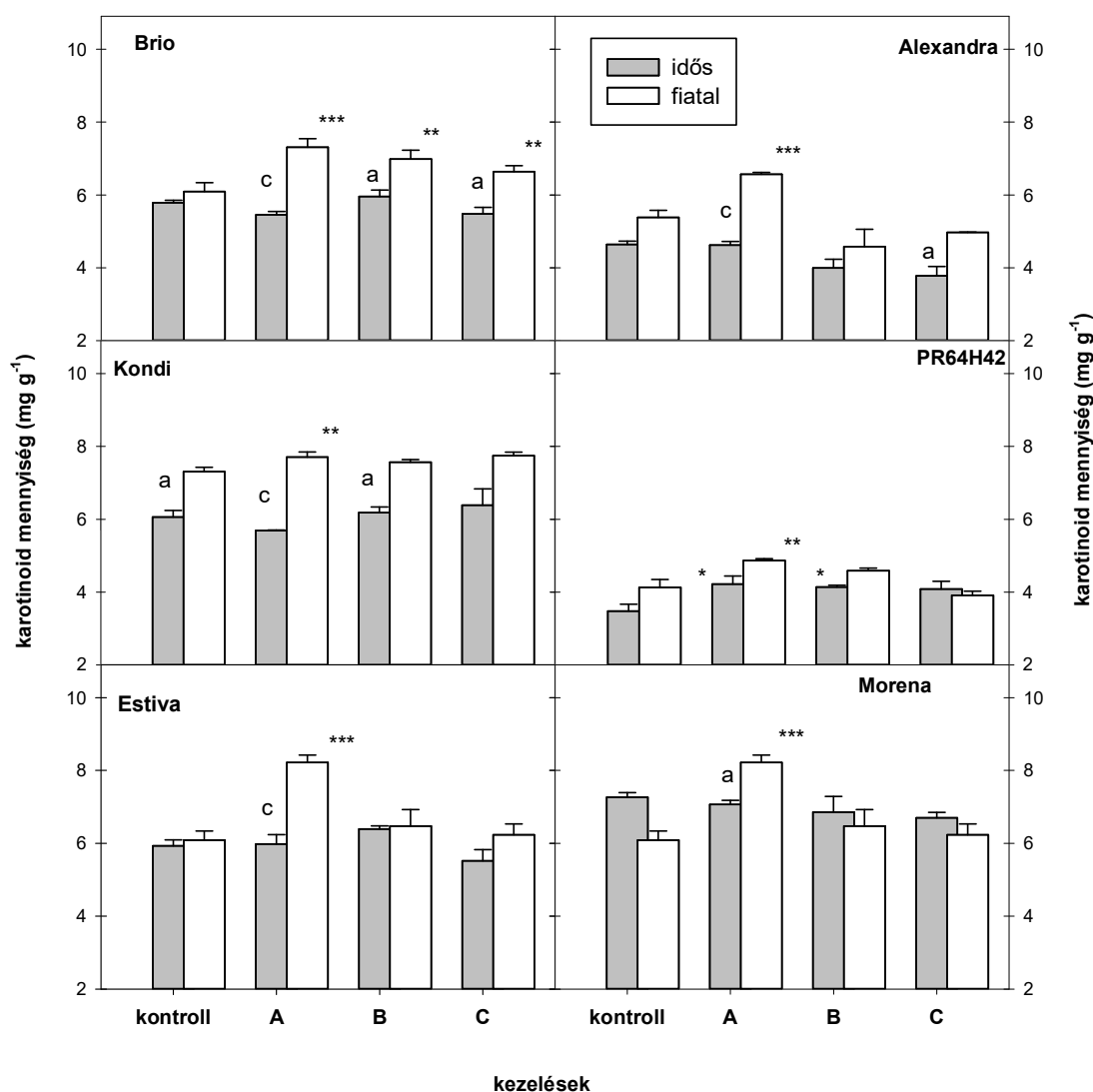
Heliasol hibridnek (39. ábra) viszonylag alacsony (2,1-2,4 mg g⁻¹) a karotinoid tartalma, Az 'A' biotrágya karotinoid tartalmat növelő hatása kiemelkedő (5-15%) a fiatal levelek esetében, kivéve a Heliasol hibridet. A fiatalabb leveleknek magasabb a karotinoid tartalma (5-40%), mint az idősebbeknek.



39. ábra A karotinoid tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint,) és fiatalabb (2. szint,) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Barolo, Heliasol, Alego, PR63E82, P63LE13, P64LE25) $n=3$, $\pm s.e.$, $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz viszonyítva, $p \leq 0,05^a$, $p < 0,01^b$, idős és fiatal közötti szignifikáns különbség. Debrecen, 2012-2014

A 40. ábra a Brio, az Alexandra, a Kondi, a PR64H42, az Estiva és a Morena hibridek idős és fiatal leveleinek karotinoid tartalmának változását mutatja a kontroll és az 'A', a 'B' és a 'C' biotrágyákkal kezelt egyedekben. A fiatal levelek ezekben a hibridekben is több karotinoidot tartalmaznak, ahogyan a 34. ábrán szereplők is. A Kondi hibrid fiatal leveleinek kiemelten magas a többi hibridhez képest a karotinoid tartalma a kontroll ($7,521 \pm 0,1 \text{ mg g}^{-1}$) és a biotrágya-kezelések hatására is ($7,75-7,9 \text{ mg g}^{-1}$). Ugyancsak magas az Estiva hibridnél a karotinoid tartalom a fiatal egyedeknél az 'A' biotrágya hatására ($8,12 \pm 0,09$), a Morenánál

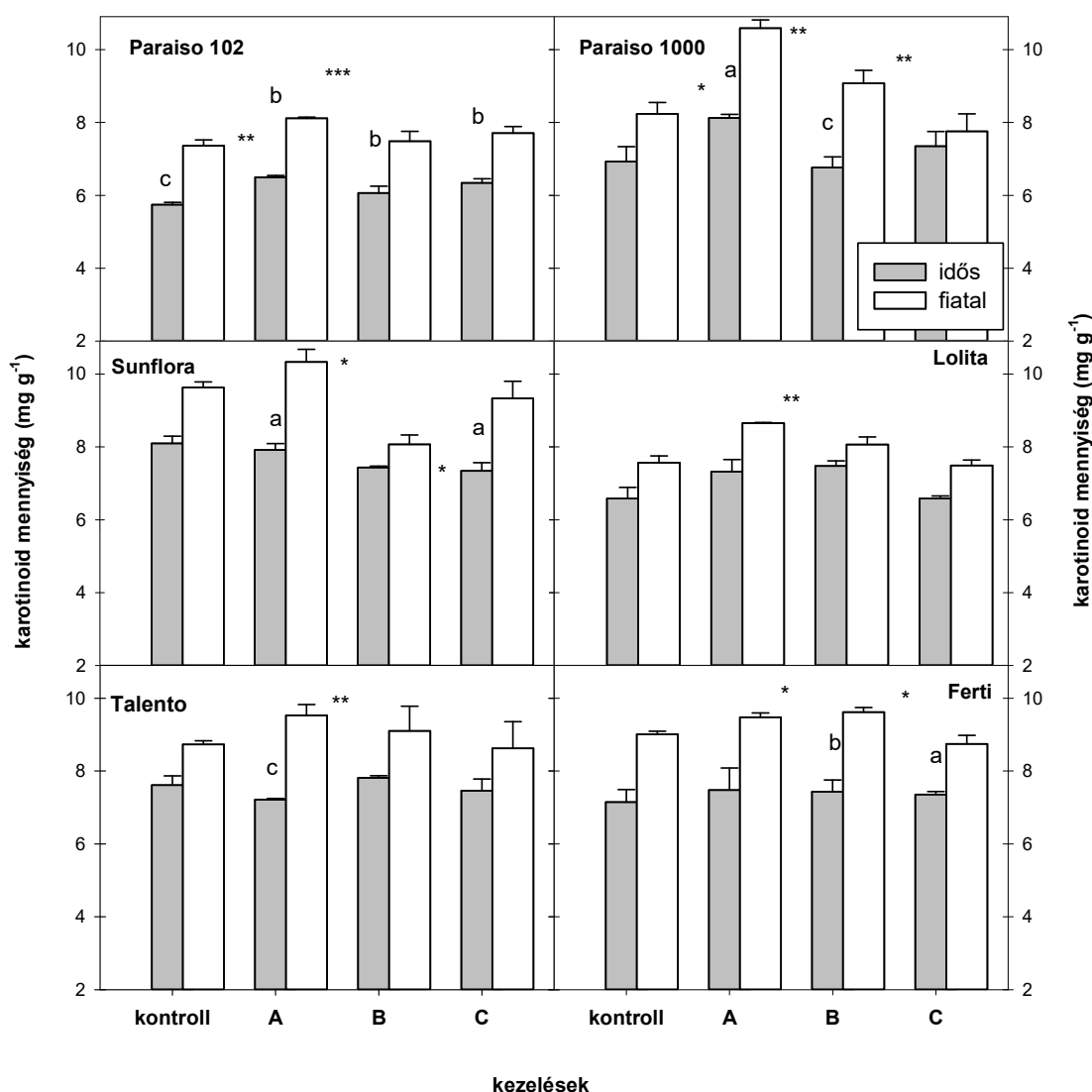
($8,22 \pm 0,11$) (40. ábra), a Paraiso 1000-nél ($9,8 \pm 0,11$), a Sunfloránál ($10,2 \pm 0,15$) (41. ábra), a Stradinál ($9,8 \pm 0,15$), a Meridies ($9,8 \pm 0,05$) (42. ábra).



40. ábra A karotinoid tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint,) és fiatalabb (2. szint,) leveleknél a kontroll, az 'A', 'B' és a 'C' biotrágya-kezelés esetében (Brio, Alexandra, Kondi, PR64H42, Estiva, Morena) $n=3$, \pm s.e., $p \leq 0,05^*$, $p < 0.01^{**}$, $p < 0.001^{***}$, a kontrollhoz viszonyítva, $p \leq 0,05^a$, $p < 0.01^b$, idős és fiatal közötti szignifikáns különbség. Debrecen, 2012-2014

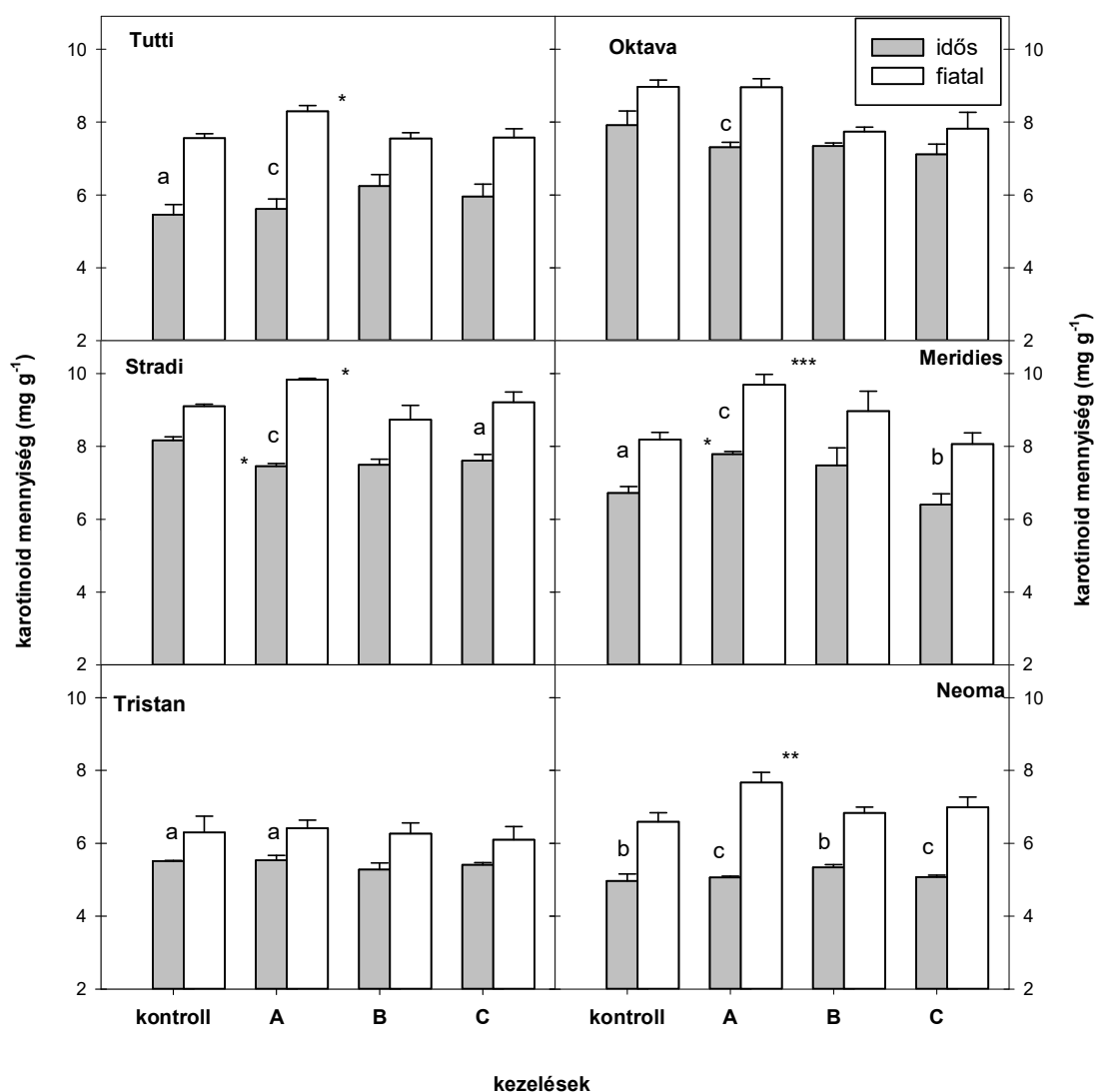
Az idősebb leveleknél nem volt szignifikáns különbség a karotinoid tartalomban, a fiatal levelekben az 'A' biotrágya hatása eredményezett szignifikáns növekedést, kivétel a Brio hibrid, ahol mindhárom biotrágya szignifikánsan növelte a karotinoid tartalmat a kontrollhoz képest.

A 41. ábrán a következő hat hibrid (Paraiso 102, Paraiso 1000, Sunflora, Lolita, Talento, Ferti) karotinoid tartalmát ábrázoltuk a biotrágya hatás függvényében. A Paraiso 1000-nél ($9,8 \pm 0,11$) az 'A' biotrágya hatására 13%-kal növekedett a fiatalabb levél karotinoid tartalma (41. ábra). Ez a 10-15%-os emelkedés jellemző az többi, a 36. ábrán ábrázolt egyedre az 'A' biotrágya karotinoid tartalmának tekintetében.



41. ábra A karotinoid tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint,) és fiatalabb (2. szint,) leveleknél a kontroll, az 'A', 'B' és a 'C' biotrágya-kezelés esetében (Paraiso 102, Paraiso 1000, Sunflora, Lolita, Talento, Ferti) $n=3$, \pm s.e., $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz viszonyítva, $p \leq 0,05^a$, $p < 0,01^b$, idős és fiatal közötti szignifikáns különbség. Debrecen, 2012-2014

A 42. ábrán a Tutti, Oktava, Stradi, Meridies, Tristan, Neoma hibridek fiatal és idős leveleinek karotinoid tartalmát ábrázoltuk a biotrágya hatás függvényében.



42. ábra A karotinoid tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint, és fiatalabb (2. szint,) leveleknél a kontroll, az 'A', 'B' és a 'C' biotrágya-kezelés esetében (Tutti, Oktava, Stradi, Meridies, Tristan, Neoma) $n=3$, $\pm s.e.$, $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz viszonyítva, $p \leq 0,05^a$, $p < 0,01^b$, idős és fiatal közötti szignifikáns különbség. Debrecen, 2012-2014

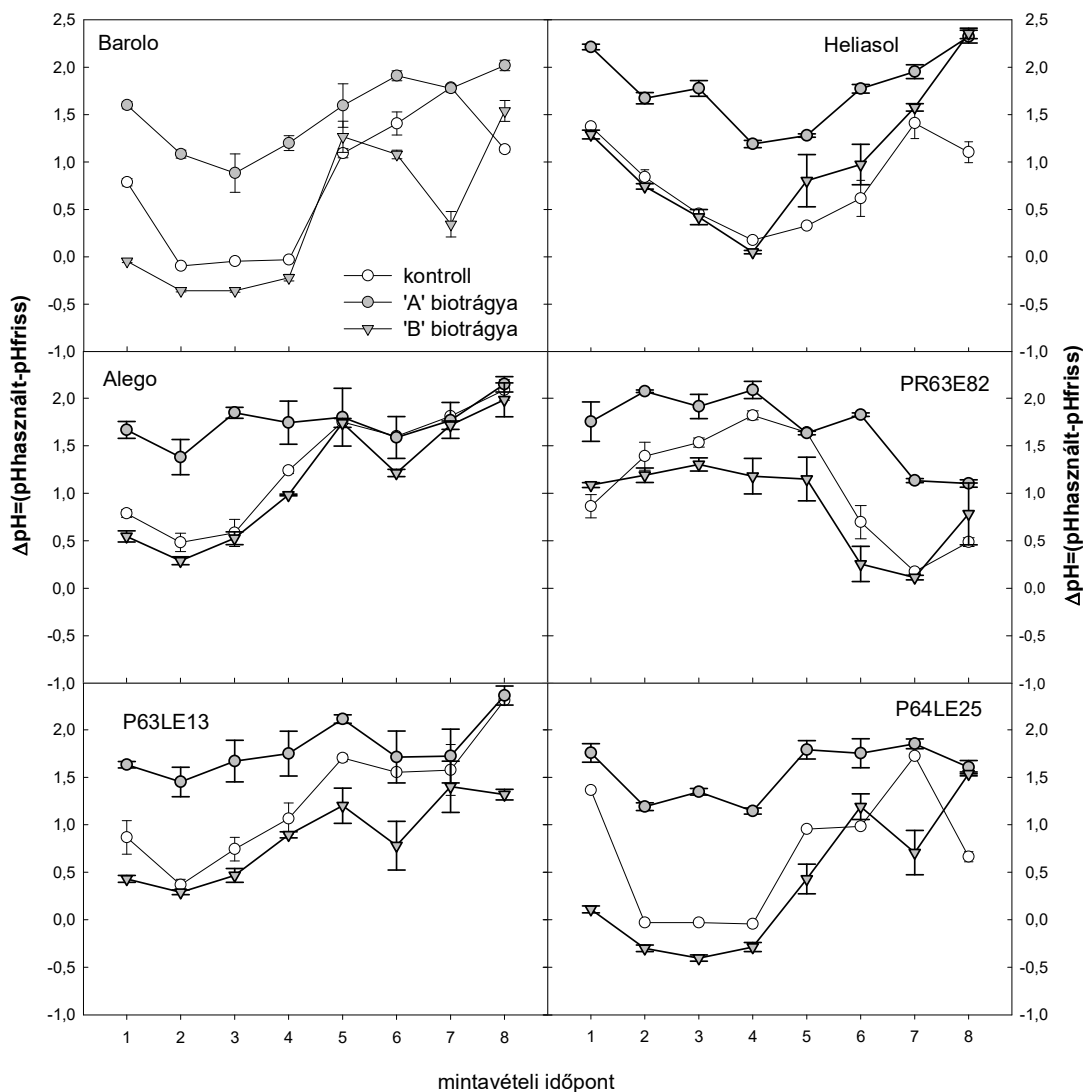
A vizsgált hibridek idősebb leveleinek kontrollját tekintve három csoportba sorolhatóak. A 2-4 mg g^{-1} körüli karotinoid tartalommal rendelkeznek a Barolo, a Helisaol és a PR64H42 hibridek, 4-6 mg g^{-1} körüli karotinoid tartalommal rendelkeznek a Tristan, a Tutti és a Neoma, a többi hibridre 6-8 mg g^{-1} körüli karotinoid tartalom jellemző az idősebb levelekben (1. szint).

A fiatal levelek magasabb karotinoid tartalma általános, valamint az 'A' biotrágya karotinoid tartalmat növelő hatása is. Ugyanakkor ebből a vizsgálati szempontból is vannak kevésbé érzékeny hibridek, így a Tristan és a Helisasol – mely hibridek a legalacsonyabb karotinoid tartalmúak – karotinoid tartalma nem növekedett szignifikánsan a biotrágya-kezelések hatására.

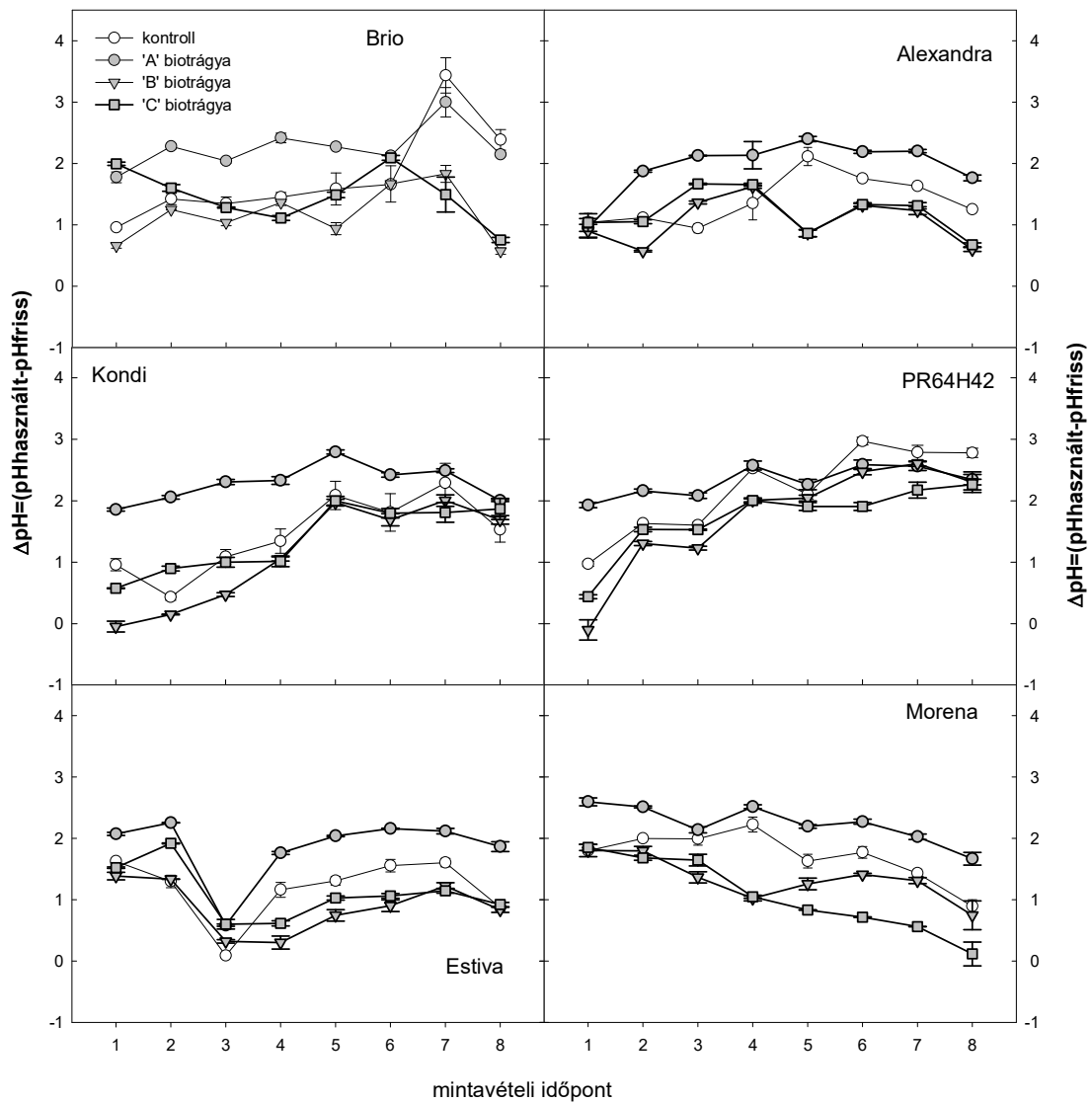
4.6. A tápoldat pH változás biotrágya-kezelés esetén

A tápelemek felvételét számos abiotikus tényező befolyásolja. A nevelési közeg pH-ja az egyik legfőbb, mely befolyással van a tápelemek felvehetőségére. A növények képesek módosítani a közeg kémhatását azáltal, hogy a gyökereiken keresztül szerves anyagokat választanak ki a környezetbe (Rovira et al., 1983). Ez a gyökérváladék tartalmazhat alacsony molekulású szerves savakat, fenolokat és nagy molekulású poliszacharidokat és fehérjéket (Walker et al., 2003). Ugyanakkor a nevelési közegben – talajban, tápoldatban – élő mikroorganizmusok is képesek olyan anyagok kiválasztására, melyek közvetlen pH befolyással bírnak. Továbbá közvetve befolyásolják a mikroorganizmusok a gyökér kiválasztó tevékenységét is.

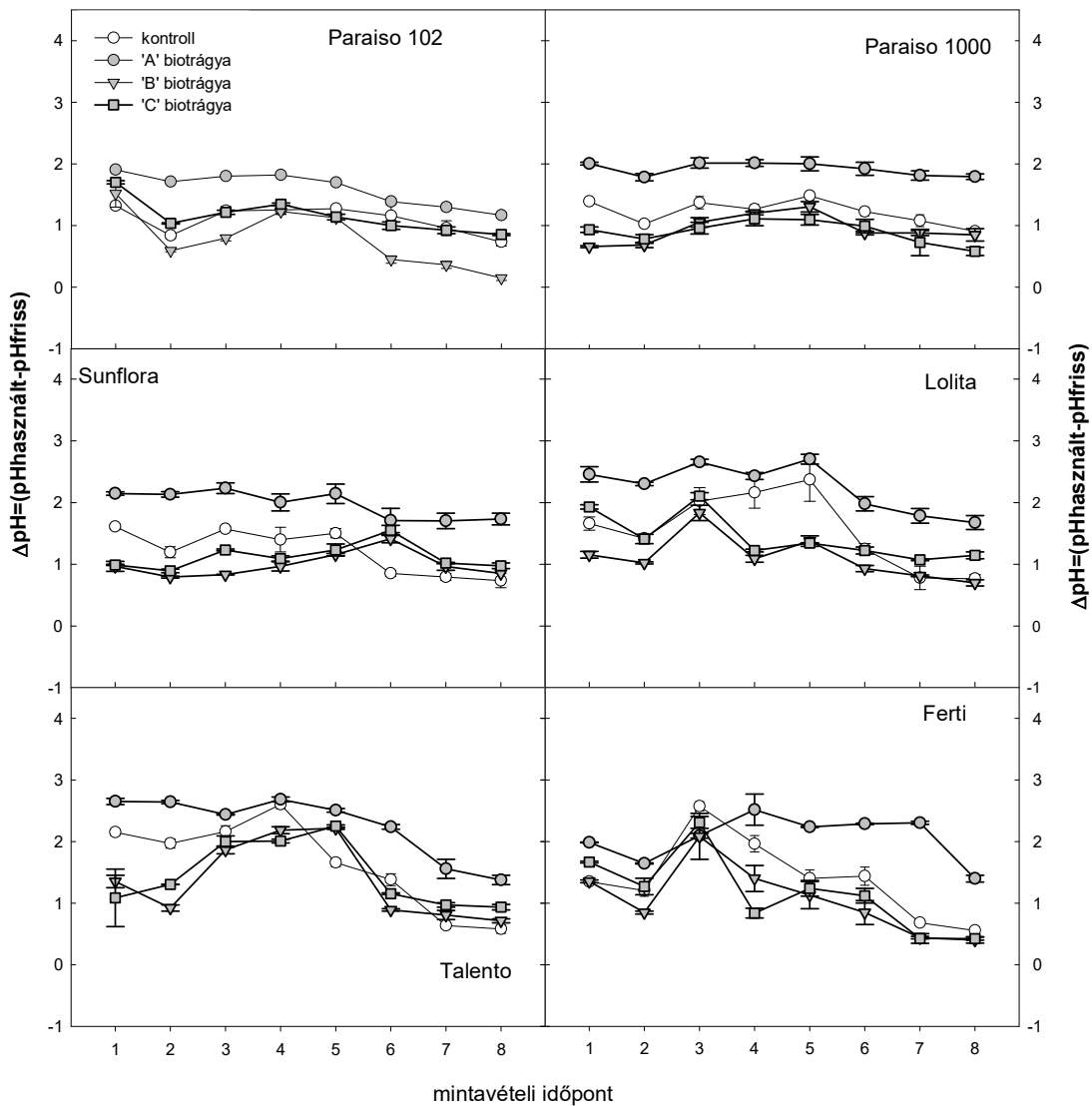
Kísérleteink során a tápoldat, mint nevelési közeg pH-jának változását folyamatosan nyomon követtük, mértük a használt és a friss tápoldat pH-ját, végig, a különböző fejlődési stádiumokban, azaz a kor függvényében. A pH változás (ΔpH) értéke ha negatív, akkor kisebb lesz a használt tápoldat pH-ja, azaz a mikroorganizmus és a növény által kiválasztott anyagok miatt savasodik az oldat. Amennyiben pozitív, nő a ΔpH , akkor lúgosodik a rendszer. Befolyással lehet a tápoldat pH-jára a mikroorganizmusok tápközege, azaz a biotrágya összetétele is. A 43., 44., 45. és 46. ábrán a tápoldat cserekor mért és számított pH változást értékeltük, a kontroll és a biotrágya-kezelések függvényében.



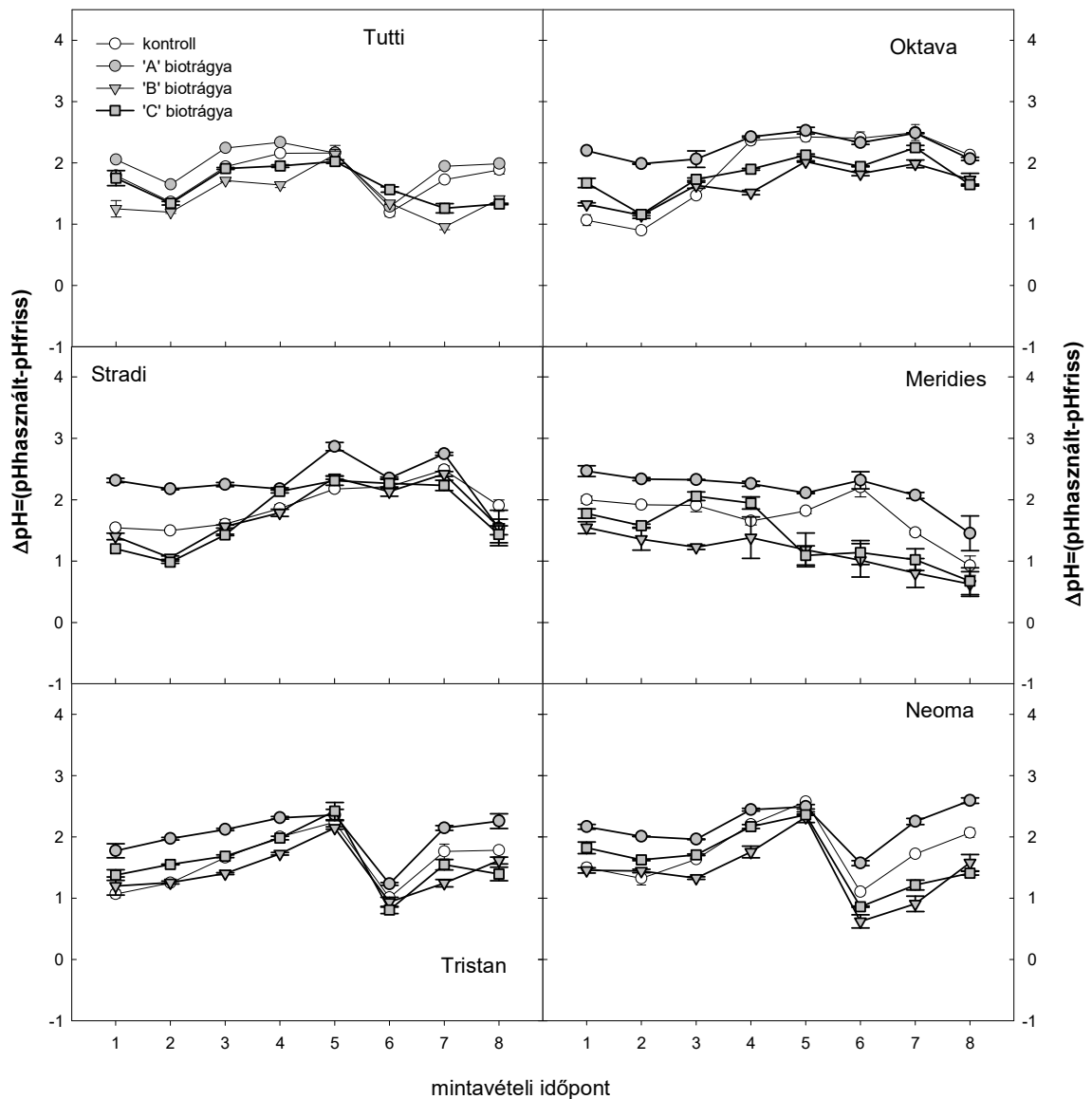
43. ábra A pH változás (ΔpH) értéke a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Barolo, Heliasol, Alego, PR63E82, P63LE13, P64LE25) $n=3$, \pm s.e. A kezelés hatása nem szignifikáns. Debrecen, 2012-2014



44. ábra A pH változás (ΔpH) értéke a kontroll, az 'A', 'B' és a 'C' biotrágya-kezelés esetében (Brio, Alexandra, Kondi, PR64H42, Estiva, Morena) $n=3$, \pm s.e. A kezelés hatása nem szignifikáns. Debrecen, 2012-2014



45. ábra A pH változás (ΔpH) értéke a kontroll, az 'A', 'B' és a 'C' biotrágya-kezelés esetében (Paraiso 102, Paraiso 1000, Sunflora, Lolita, Talento, Ferti) $n=3$, $\pm s.e.$ A kezelés hatása nem szignifikáns. Debrecen, 2012-2014



46. ábra A pH változás (ΔpH) értéke a kontroll, az 'A', 'B' és a 'C' biotrágya-kezelés esetében (Tutti, Oktava, Stradi, Meridies, Tristan, Neoma) $n=3$, $\pm s.e.$ A kezelés hatása nem szignifikáns. Debrecen, 2012-2014

A statisztikai értékelés szerint nincs szignifikáns különbség sem a hibrid és a kezelés együttes hatását tekintve, sem pedig külön-külön vizsgálva. Ugyanakkor tendenciáját tekintve megállapítható, hogy a legnagyobb változás a friss és a használt tápoldat pH-ja között az 'A' jelű biotrágyánál figyelhető meg, nagyobb, mint a kontroll esetében. A kontrollhoz képest hasonló, illetve kisebb mértékű a különbség a 'C' biotrágyánál. A legkisebb változás a friss és

a használt tápoldat pH-ja között az 'B' jelű biotrágyánál figyelhető meg. A kontrollhoz képest az eltérések mértéke változó, például a Sunflora és az Estiva hibrideknél kontroll közeliek a változások, viszont a Barolo, a P64LE25 és a PR64H42 hibrideknél nagyobb mértékű az eltérés a kontrollhoz képest.

A nevelő közeg pH-ja, így a ΔpH értéke is változik az idő, a növény korának függvényében. Szignifikáns eltérés itt sem mutatható ki, mindenesetre az jól látszik az ábrákon, hogy a növény fejlettségével párhuzamosan eltérő különbségek mérhetők a friss és a 'használt' tápoldat pH-ja között. Azaz a pH módosító hatást nemcsak maga, az alkalmazott biotrágya váltja ki, hanem az egyre fejlettebb növény, egyre fejlettebb gyökérszettel. A növény gyökere jelent tulajdonképpen korlátot a kevésbé hasznos és toxikus elemek korlátlan bejutásának.

A tápelemek oldódása és felvétele a talaj (rizoszféra) és a növény bonyolult, dinamikus, kapcsolatrendszerének eredménye. A tápanyagok felvételét, illetve a növényi sejtekbe történő bejutását számos tényező befolyásolja, így a talaj fizikai és kémiai jellemzői, pH-ja, puffer kapacitása, illetve az ionantagonizmus jelensége. A gyökerek által indukált talaj pH-változásban a leglényegesebb tényező az anion/kation felvétel aránya és ennek megfelelően a H^+ , HCO_3^- , vagy OH^- és a szerves savak kiválasztása. Számos esetben a gyökerek általi szervessav kiválasztás a gyökerek válasza a növény tápanyag-státuszára (Marschner és Römheld, 1983). Slam és munkatársai (1980) szerint a növények egészséges növekedéséhez szükséges tápelemek koncentrációja a szövetnedvben akkor optimális, ha a közeg pH-ja 5,5. A közeg pH-jának változásához maga a gyökér által kiválasztott anyagok is hozzájárulnak. Az összetevők részaránya növényfajonként, valamint a növény tápanyag-ellátottságától függően más és más. A gyökerek szerves sav kiválasztása a környezeti tényezők függvénye. A gyökerek által kiválasztott szerves anyagok közül a citromsav és az almasav szerepe intenzíven kutatott az utóbbi időben. Hoffland (1992) vizsgálta a foszforhiányos növények malát és citrát kiválasztásának és a talaj pH-jának összefüggéseit. Eredményei szerint a foszfor hiányos növények jelentős mennyiségű citrát és malát kiválasztásával savanyítják a rhizoszféra pH-ját.

Lévai és munkatársai (2005) szerint a répatestbe transzlokálódott szacharóz több úton használódik fel. A szacharóz egyrészt raktározódik, másrészt felhasználódik a légzésben, ezzel biztosítva a szintetikus folyamatok és a tápanyagfelvétel energiaigényét, harmadrészt szerves

savak formájában kiválasztódik a rizoszférába, ezzel segítve a tápanyagfelvételt. A talajban élő baktériumok által kiválasztott szerves savak tehermentesíthetik a növényt, aminek eredményeként csökkenhet a szerves anyagveszteség, valamint növekszik a termés mennyisége. Bákonyi (2013) eredményei szerint a tápoldat pH-ja, illetve a tápközegben jelenlévő mikroorganizmusok képesek befolyásolni az apoplaszt oldat pH-ját. A tápoldathoz adott bikarbonát 4%-23%-kal csökkentette az apoplazmatikus pH-t. A biotrágya-kezelés hatására átlagosan 1%-17%-kal emelkedett az apoplaszt oldat pH-ja a biotrágyával nem kezelthez képest.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Kísérleteink során összehasonlítottuk a vizsgált hibridek szárazanyag-tartalmát a kontroll növényeknél és a biotrágya-kezelések hatására. A vizsgált hibridek kontroll adatai között nagy különbséget mutattunk ki a szárazanyag-tartalom tekintetében. A legnagyobb szárazanyag-tartalommal a Morena ($1,282 \pm 0,09$) és a Paraiso 1000 ($1,282 \pm 0,11$) hibridek jellemezhetőek, néhány százalékkal kevesebb, de ugyancsak magas a Meridies, a Barolo, a Ferti és a Neoma szárazanyag-tartalma. A legkisebb szárazanyag-tartalommal a Heliasol ($0,631 \pm 0,05$) jellemezhető, a legnagyobbhoz képest (Morena) 50%-kal kisebb a szárazanyag-tartalma. A különböző biotrágya-kezelésekre eltérő módon reagáltak a hibridek, a kontrollhoz képest a szignifikáns változást a teljes növény szárazanyag-termelésében csillaggal jelöltem. A Brio, Kondi, Sunflora, Stradi, Tristan hibrideknél mindhárom biotrágya a szárazanyag-növekedését okozta. A legnagyobb szárazanyag-tartalom növekedés a Stradi hibridnél történt, ahol az 'A' jelű kezelés hatására 34%-os növekedést tapasztaltunk. A teljes növény szárazanyag-gyarapodásán belül mértük, hogy vajon inkább a hajtás, vagy inkább a gyökér szárazanyag-tartalma növekedett-e. Eredményeink szerint az egyedek szárazanyag-gyarapodásához biotrágya-kezelés hatására mind a hajtás, mind a gyökér szárazanyag-gyarapodása hozzájárul. Ugyanakkor azoknál a hibrideknél, ahol 10% fölötti volt a teljes növény szárazanyag-gyarapodása a kontrollhoz képest a kezelések hatására, ott elsősorban a gyökér tömegének növekedése okozta a nagyobb gyarapodást. López-Bució és munkatársainak (2007) eredménye szerint a baktériumok hormontermelése miatt (etilén, auxin) is befolyással vannak a növényi növekedésre és fejlődésre. Ugyancsak bizonyították a citokininek (Liu et al., 2013) és a gibberellinek kiválasztását is (Pandya és Desai, 2014; Shivasakthi et al., 2013)

A növényi produkció, a növényi szárazanyag-tartalom illetve a levél szerkezetének számszerű jellemzésére a specifikus levél terület (Specific Leaf Area=SLA) elismerten alkalmazható. Értéke a friss levél területének és annak a szárazanyag-tartalmának a hányadosa ($\text{mm}^2 \text{mg}^{-1}$ vagy $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$), azaz tulajdonképpen két komponensből áll: levélvastagság és levélsűrűség. Mind a levél vastagsága, mind a kiterjedése a fotoszintetikus aktivitás, szervesanyag gyarapodás mértéke miatt kiemelten fontos. Az SLA a levélszerkezet egy jellemzője, nagyságát a levél vastagsága és a mechanikai, például szklerenchima szövetek aránya határozzák meg. Az SLA értéke fontos és érzékeny paraméter, összefüggésben áll azzal, hogy a megkötött kémiai energia milyen mértékben hasznosul a növényi produkcióra. A

vizsgált faj adott hibridjei között különbség van az SLA értékében, amely eredmény kibővíti Kalapos (1994) azon megfigyelését, hogy a növényfajok SLA értékei között jelentősen különbség lehet. Idősebb (1. szint) és fiatalabb (2. szint) levelek SLA értékeit összehasonlítva a kontroll egyedek esetében szignifikáns különbség nem tapasztalható, kivéve a Stradi hibridet. A magas SLA érték a vékony leveleknek a viszonylag nagy területét jelzi, míg alacsonyabb értéknél éppen fordítva. A Kondi és a PR64H42 viszonylag alacsony értékkel jellemezhető, átlagosan a hibridekre a 60-80 dm² g⁻¹ értéktartomány érvényes. A biotrágyákkal kezelt egyedek esetében az a tendencia figyelhető meg, hogy a fiatal levelek kisebb SLA értékkel jellemezhetőek. Az 'A' biotrágya alkalmazása hatására 2-27%-kal nagyobb SLA értéket mértünk a kontrollhoz viszonyítva. A 'B' biotrágya esetében ez a különbség 2-18%, míg a 'C' biotrágya hatása is 2-10%-kal növelte a speciális levélterület értékét a kontrollhoz képest. A specifikus levélterület értéke jól használható az egyes fajok különböző környezeti tényezőkhöz való alkalmazkodásának jellemzésére is, a nagyobb SLA érték nagyobb szárazanyag-tartalomra vonatkoztatott N tartalmat és magasabb nettó fotoszintetikus kapacitást jelent (Reich és Walters, 1994).

Kimutatták, hogy a relatív klorofilltartalom (SPAD érték) szoros összefüggésben áll a levelek klorofilltartalmával, nitrogéntartalmával és a termés mennyiségével is (Ványiné Széles, 2008). A kontroll értékek a vizsgált hibrideknél 32 és 42 közé estek, a legnagyobb értéket a P63LE13 és Brio kontroll növényeknél mértünk, de ugyancsak magas a SPAD érték – a szárazanyag-tartalomhoz hasonlóan – a Ferti és Neoma hibrideknél. A vizsgált hibridek többségében a fiatal levelek nagyobb SPAD értékkel jellemezhetőek, a különbség a hibridek harmadánál szignifikánsnak bizonyult. Az eltérés 5-7%, a legnagyobb különbséget mutató hibrid a Neoma volt. A klorofilltartalom változása és a kapcsolat a klorofillkoncentráció és a SPAD értékek között fontos mutató, ami változik a növény korával (Yanget al., 2014). Az idősebb levelek esetében nem okozott szignifikáns változást a biotrágya-kezelés a relatív klorofilltartalomra, ugyanakkor tendenciáját tekintve a 'B' biotrágya volt a leghatékonyabb. A fiatalabb levelek esetében az 'A' és 'B' biotrágya 2-5%-kal növelte a fiatal levelek relatív klorofilltartalmát, a 'C' biotrágya 9-10%-kal.

A növényi szárazanyag-gyapodás szempontjából a legfőbb anyagcserefolyamat a fotoszintézis. A megfelelő fotoszintézis alapját pedig a megfelelő mennyiségű és minőségű szénanyagok, a fotoszintetikus pigmentek adják. A fotoszintetikus pigmentek közül a

klorofilok a fő pigmentek, melyek a fényenergia kémiai energiává történő átalakítására képesek. A SPAD érték kiválóan alkalmas a relatív klorofilltartalom jellemzésére, viszont a fotoszintetikus pigmentek kvalitatív és kvantitatív megismerése pontosabb információt ad a fotoszintetikus rendszer felépítéséről és annak működéséről. Amellett, hogy itt is a fiatal levelek klorofill-a tartalma a magasabb, kiemelendő, hogy az 'A' jelű biotrágya esetében jelentősebb változást tapasztaltunk, mind, ha a kontrollhoz, mind, ha a kor szerint hasonlítjuk össze. A fiatal levelek klorofill-a tartalma 15-20%-kal nagyobb, mint az idős leveleké, továbbá a PR64H42 és a Morena hibridek kivételével a kontrollhoz képest is 8-17%-osan nőtt a klorofill-a tartalom az 'A' biotrágya hatására. A többi vizsgált hibrid esetében is a kontrollhoz képest inkább a fiatalabb levelekben érvényesül a biotrágyák klorofill-a tartalmat növelő hatása. Az idősebb leveleknél a biotrágyák pozitív hatása a klorofill-a tartalomra nem meggyőző, nincs szignifikáns különbség a kontroll és a kezelt egyedek idős leveleinek klorofill-a tartalma között.

A fotoszintetikus pigmentek közül vizsgáltuk az össz-karotinoid tartalmat is. A karotinoidok fontos szerepet kapnak a fénygyűjtő komplexben és a fotoszintetikus rendszer védelmében. Bizonyított, hogy ezek a vegyületek az antioxidáns tulajdonságukon túl részt vesznek a fotoszintetikus apparátus foto-oxidáció elleni védelmében is (Ort, 2001). A magasabb karotinoid tartalommal rendelkező hibridek közül kiemelendő a Paraiso 1000, melynél az 'A' biotrágya hatására 13%-kal növekedett a fiatalabb levél karotinoid tartalma. Ez a 10-15%-os emelkedés jellemző általánosan a hibridekre az 'A' biotrágya karotinoid tartalom változásra gyakorolt hatása tekintetében.

Mivel nagy különbségeket tapasztaltunk a fiatalabb és idősebb levelek biotrágya-kezelésre adott válaszreakcióiban, ezért azt feltételezzük, hogy különbség van a vizsgált hibridek között abban, hogy milyen mértékben és milyen gyorsan képesek az elemek újra mobilizálására. Az elemek közül is fő szerepet kap a nitrogén, hiszen újrahasznosítható a fiatalabb szervek számára, és fő komponense a klorofiloknak, valamint a fotoszintézis szempontjából kulcsenzim ribulóz-1,5-difoszfát-karboxiláz-oxigenáz enzim fő alkotója. A növényi nitrogén hasznosítás fontos eleme a remobilizációs képesség. A fajok és fajták között is nagy különbség lehet a között, hogy milyen mértékben és milyen gyorsan képes a növény az újrahasznosításra, remobilizálásra. Bevezettük a remobilizációs hányados-t, ami az idősebb és fiatalabb levél SPAD értékének egymáshoz viszonyított változását veszi figyelembe. Amennyiben értéke egy

felett van, az a fiatalabb levél magasabb nitrogén tartalmát jelzi, a remobilizációs képesség jobb, mintha az érték nullához közelít. A biotrágya-kezelések pozitívan befolyásolták a remobilizációs rátát. Az értékek egy felettek, és elsősorban az 'A' biotrágya hatására növekednek. Az 'A' biotrágya hatása 10-15%-os emelkedést okozott, kiemelkedő a P63LE13, P64LE25, Alexandra és Neoma hibrideknél. A vizsgált paraméter szempontjából a Barolo hibrid a legkevésbé érzékeny. Fontos, hogy olyan fajtákat, hibrideket keressünk, vagy akár transzgenikusan hozzunk létre, amelyek a talaj tápanyagkészletét minél hatékonyabban hasznosítják, nagyobb gazdasági hasznot és kedvező környezeti hatásokat eredményezve.

Kísérleteink során a tápoldat, mint nevelési közeg pH-jának változását folyamatosan nyomonkövettük, mértük a használt és a friss tápoldat pH-ját, végig, a különböző fejlődési stádiumokban, azaz a kor függvényében. A pH változás (Δ pH) értéke ha negatív, akkor kisebb lesz a használt tápoldat pH-ja, azaz a mikroorganizmus és a növény által kiválasztott anyagok miatt savasodik az oldat. Amennyiben pozitív, nő a Δ pH, akkor lúgosodik a rendszer. Tendenciáját tekintve megállapítható, hogy a legnagyobb változás a friss és a használt tápoldat pH-ja között az 'A' jelű biotrágyánál figyelhető meg, nagyobb, mint a kontroll esetében. A legkisebb változás a friss és a használt tápoldat pH-ja között az 'B' jelű biotrágyánál figyelhető meg. A kontrollhoz képest az eltérések mértéke változó, például a Sunflora és az Estiva hibrideknél kontroll közeliek a változások, viszont a Barolo, a P64LE25 és a PR64H42 hibrideknél nagyobb mértékű az eltérés a kontrollhoz képest. A növények képesek módosítani a közeg kémhatását azáltal, hogy a gyökereiken keresztül szerves anyagokat választanak ki a környezetbe (Rovira et al., 1983). Amennyiben a rizoszférában lévő mikroorganizmusok segítik ezen anyagok kiválasztásával, így csökkenthető a növény szervesanyag vesztesége úgy, hogy a megfelelő kémhatás is fenntartható a tápelemek felvehetősége miatt.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A mezőgazdasági termelés során a környezetkímélő anyagok, így a növényvédőszeres és termésmennyiség növelők használata a fenntarthatóság, valamint az élelmiszer-minőséggel szembeni elvárások szempontjából fontos követelmény. A műtrágyák használatának csökkentésével szembeni elvárásoknak való megfelelés mellett, hogy csökkenti a környezet szennyezettségét, a termés mennyiségi és minőségi romlásához vezethet. A megfelelő növénytermesztés feltételeit a kiváló tápanyag-gazdálkodás biztosítja. A fő cél: az emberiség élelmiszer-szükségletének ellátása. A termesztés mennyiségi fokozásának kiváló eszköze a műtrágyák használata. A műtrágyák előállítása azonban rendkívül energiaigényes, ezáltal drága és környezetszennyező, illetve a felhasználható készletek nem végesek. A műtrágyák – legalábbis bizonyos arányú – biotrágyákkal való lecserélése, a mezőgazdasági termelés fenntartható fejlődési folyamatának egy fontos lépcsőjét jelentheti. A biotrágyák vegyszertartalma kisebb, mint a műtrágyáké, valamint olyan hasznos mikroorganizmusokat tartalmaznak, melyek élettevékenységeiknek köszönhetően a légkör és a talaj meglévő tápelemeinek felszabadítása és felvétele javul. Ezek a mikroorganizmusok – főként talajbaktériumok – élettevékenységük által elősegítik a növények növekedését, fejlődését, összefoglaló néven növényi növekedést serkentő rizobaktériumoknak (PGPR) nevezzük őket. Közvetlenül segítik a növekedést a tápelemek hozzáférhetőségének megteremtésével, mobilizálásával és ők maguk is a növény számára hasznos anyagcseretermékeket választhatnak ki: auxinokat, citokinineket, gibberellineket. Indirekt növényi növekedést serkentő hatásuk például, hogy a patogén mikroorganizmusok kompetítorai.

Kontrollált, hidropónikus körülmények között végzett kísérleteink tesztnövénye a napraforgó (*Helianthus annuus* L.) hibridjei voltak. Munkánk során 3-féle mikroorganizmus alapú biotrágya hatását vizsgáltuk a napraforgó hibridek korai fejlődési stádiumában, azok termelési kapacitását meghatározó paramétereire. Célul tűztük ki, hogy megtudjuk, a vizsgált biotrágyáknak van-e növekedést serkentő hatása a növények korai fejlődési stádiumában, azaz érdemes-e azokat minél korábban kijuttatni a termesztés során, vagy nem. Vizsgáltuk, hogy van-e különbség az egyes hibridek között a biotrágya alkalmazásával szembeni érzékenységben, illetve, hogy az adott hibrid válaszreakciói mennyire eltérőek a különböző biotrágyák alkalmazásánál. Célunk volt annak a kimérése, hogy a korai fejlődési stádiumban mennyi az a maximális növekedést serkentő hatása, amit biotrágya alkalmazással el lehet érni.

Továbbá fontosnak tartottuk annak a megállapítását, hogy tapasztalható-e korfüggés a növény-mikroorganizmus válaszreakcióban. Céljaink eléréséhez a következő növényi produkcióval összefüggő paramétereket mértük: hajtás- és gyökér-száranyagtartalom és arány, specifikus levélterület (SLA) fiatalabb és idősebb levélben, relatív (SPAD érték) és tényleges klorofilltartalom, klorofill-a, -b és karotinoidok mennyisége ugyancsak korfüggésben és a nevelési közeg kémhatásának változása. Továbbá, mivel nagy különbségeket tapasztaltunk a fiatalabb (2. szint) és idősebb (1. szint) levelek biotrágya-kezelésre adott válaszreakcióiban, ezért azt feltételezzük, hogy különbség van a vizsgált hibridek között abban, hogy milyen mértékben és milyen gyorsan képesek az elemek újra mobilizálására. Bevezettük a nitrogén remobilizációs hányados-t (NRR), ami az idősebb és fiatalabb levél SPAD értékének egymáshoz viszonyított változását veszi figyelembe. Eredményeink szerint amennyiben értéke egy felett van, az a fiatalabb levél magasabb nitrogén tartalmát jelzi, a remobilizációs képesség jobb, mintha az érték nullához közelít.

Eredményeink alapján megállapítható, hogy az alkalmazott baktérium alapú biotrágyák eltérően befolyásolták a vizsgált paramétereket és a vizsgált hibridek érzékenysége is eltérő volt. Növelő hatással voltak a száranyag-termelésre. A teljes növényi száranyag-tartalom növekedése mind a hajtás, mind a gyökér száranyag-tartalmának együttes növekedésével magyarázható, a 10% fölötti teljes száranyag-gyarapodások mögött ugyanakkor a gyökér intenzívebb gyarapodása áll, ami a továbbiakban is alapját képezi a jobb tápanyagellátásnak. Mindhárom baktérium alapú biotrágya tartalmaz légköri nitrogént kötő baktériumot, melyek tevékenysége hozzájárul a száranyag-gyarapodáshoz. A vizsgált jellemzők közül legérzékenyebben a speciális levélterület értéke reagált a biotrágya-kezelésekre. Eredményeink szerint a vizsgált faj adott hibridjei között jelentős különbség van az SLA értékében. Idősebb és fiatalabb levelek SLA értékeit összehasonlítva a kontroll egyedek esetében szignifikáns különbség nem tapasztalható, biotrágyákkal kezelés hatására az a tendencia figyelhető meg, hogy a fiatal levelek kisebb SLA értékkel jellemezhetők. A specifikus levélterület értéke eredményeink szerint jól használható az egyes fajok különböző környezeti tényezőkhöz való alkalmazkodásának jellemzésére is, a nagyobb SLA érték nagyobb száranyagra vonatkoztatott N tartalmat és magasabb nettó fotoszintetikus kapacitást jelent. A száranyag-gyarapodás a növényi produkció legfőbb ismérve, melyben a fotoszintetikus folyamatok elsődleges szerepe vitathatatlan. A fotoszintetikus pigmentek

jelentősége a fotoszintézisben elengedhetetlen, így mértük a klorofilok relatív és tényleges mennyiségét, valamint a karotinoidok koncentrációját. A vizsgált hibridek többségében a fiatal levelek nagyobb SPAD értékkel jellemezhetők, a különbség az idősebbek viszonylatában a hibridek harmadánál szignifikánsnak bizonyult. Az 'A' biotrágya-kezelés hatására magasabb SPAD értékeket mértünk, a fiatal és idős levelek esetében a különbség általában nagyobb (főként: P63LE13, Paraiso 1000, Neoma) és a több esetben szignifikáns. Az általunk bevezetett remobilizációs hányados (Nitrogen Remobilization Ratio=NRR) az idősebb és fiatalabb levél SPAD értékének egymáshoz viszonyított változását veszi figyelembe. Eredményeink szerint a biotrágya-kezelések pozitívan befolyásolták a remobilizációs rátát. Az értékek egy felettiek, és elsősorban az 'A' biotrágya hatására növekedtek. A relative klorofilltartalomhoz hasonlóan a klorofill-a tartalom is a fiatalabb levelekben a nagyobb (2-5%). A biotrágya-kezelések hibridtől függően szintén ilyen mértékben növelték a klorofill-a tartalmat. Az 'A' jelű biotrágya esetében jelentősebb változást tapasztaltunk, mind, ha a kontrollhoz, mind, ha a kor szerint hasonlítjuk össze. Az 'A' biotrágya karotinoid tartalmat növelő hatása is kiemelkedő (5-15%) a fiatal levelek esetében. A tápoldat pH-ja, így a Δ pH értéke is változik a növény korának függvényében. Szignifikáns eltérés ugyan nem mutatható ki, mindenesetre a növény fejlettségével párhuzamosan eltérő különbségek mérhetők a 'friss' és a 'használt' tápoldat pH-ja között. Azaz a pH módosító hatást nemcsak maga, az alkalmazott biotrágya váltja ki, hanem az egyre fejlettebb növény, egyre fejlettebb gyökérszettel. Eredményeink szerint a fiatalabb levelek esetében a biotrágyák kifejezettebb hatása volt kimutatható. Az eltérő biotrágya hatás és a hibrid-érzékenység további jellemzéséhez a továbblépést molekuláris vizsgálatok jelentenék.

7. SUMMARY

In the course of agricultural production, utilisation of environment friendly materials like plant protecting substances and yield enhancers is an important requirement in terms of the expectations towards sustainability and food quality. Conformity with the expectations of the reduced utilisation of chemical fertilisers might – besides decreasing environmental pollution – lead to the quantitative and qualitative decline of yield and produce. The conditions of a sustainable plant production practice are provided by excellent nutriment management. The primary objective is satisfying the food demand of mankind. An excellent tool for the quantitative intensification of production is the application of chemical fertilisers. However, the production of chemical fertilisers is extremely energy intensive, therefore it is expensive, environment polluting and its available stocks are infinite. Replacement of chemical fertilisers with certain types of bio-fertilisers might mean an important step within the sustainable development process of agricultural production. The chemical content of bio-fertilisers is lower than that of chemical fertilisers and they contain such useful microorganisms which – due to their vital activities – contribute to the improvement of release and absorption of the existing nutritive elements of atmosphere and soil. These microorganisms – mainly soil bacteria – facilitate plant growth and development by means of their vital activities; comprehensively they are called plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). They directly promote growth through the establishment of the accessibility to and the mobilisation of nutrient elements and they themselves also might excrete metabolic products which are useful for the plants: auxins, cytokinins, gibberellins. For example their indirect plant growth stimulating effects include the fact that they are competitors of pathogen microorganisms.

The test plants of our controlled trials carried out under hydroponic circumstances have been sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids. In the course of our work the effects of 3 microorganism-based bio-fertilisers have been analysed in the early developmental stage of sunflower on parameters influencing their performance. The objective was to find out whether the analysed bio-fertilisers have growth-promoting effect in the early developmental stages of the plants, namely whether it is reasonable to utilise them as soon as possible within the growing period or not. Potential differences among hybrids in terms of their sensitivity to the application of bio-fertilisers have also been analysed, as well as the extent differences in terms of responses to the application of certain bio-fertilisers. Our objective was to measure the

maximum growth-promoting effect within the early developmental stage which is achievable by means of the application of bio-fertilisers. Moreover, it was considered important to determine if any age dependence is experienced in the plant-microorganism responses. For achieving the objective, the following parameters have been measured: dry matter content and proportion of shoots and roots, specific leaf area (SLA) of younger (2. level) and older (1. level) leaves, relative (SPAD value) and actual chlorophyll content, the amount of chlorophyll-a, -b and carotenoids also in terms of age dependence and the pH change of the growth conditions. Additionally, as large differences have been experienced in the responses of younger and older leaves to bio-fertilisers, it is assumed that there is a difference among the analysed hybrids in terms of extent and speed of their ability to re-mobilise the elements. The notion of nitrogen remobilisation ratio (NRR) has been introduced, which considers the change of the SPAD values of older and younger leaves compared to each other. If the value is above 1, it indicates the higher nitrogen content of the younger leaf; remobilisation ability is better than if the value is closer to 0.

According to our results, the applied bacteria-based bio-fertilisers influenced the analysed parameters and the sensitivity of the analysed hybrids was different as well. They had an enhancing effect of dry matter production. Increase of the total floral dry matter content can be explained with the joint increase dry matter content of both shoots and roots; however total dry matter content increases above 10% are caused by the more intensive growth of roots which is a basis of better nutrient supply in the future of the plant. All three bacteria-based bio-fertilisers contain nitrogen fixing bacteria, the activities of which contribute to dry matter growth. Among the analysed parameters, specific leaf area had the most sensitive reaction to the bio-fertiliser treatments. According to our results, there is a significant difference among certain hybrids of the analysed species in terms of the SLA value. Comparing the SLA values of older and younger leaves in the case of control plants, there was no significant difference in the case of the control plants; as a result of bio-fertiliser treatment there is a tendency, that younger leaves are characterised by lower SLA values. According to our results, specific leaf area values are well utilisable for the characterisation of the adaptation of certain species to different environmental factors; higher SLA means higher N content in correlation with dry matter content and also higher net photosynthetic capacity. Dry matter content is the most important indicator of floral production, in which the primary role of photosynthetic process is

indisputable. The significance of photosynthetic pigments in photosynthesis is essential, relative and actual amount of chlorophylls and the concentration of carotenoids have been measured on that basis. Most of the analysed hybrids are characterised by the higher SPAD values of the younger leaves; the difference (in comparison with the older ones) proved to be significant for one-third of the hybrids. As a result of the 'A' bio-fertiliser treatment, higher SPAD values have been measured, the difference between younger and older leaves is usually higher (especially: P63LE13, Paraiso 1000, Neoma) and in many cases significant. The introduced remobilisation ratio (Nitrogen Remobilization Ratio=NRR) concerns the change of the SPAD value of the younger and older leaves compared to each other. According to our results, bio-fertiliser treatments had a positive effect on the remobilisation ratio. The values are above 1, and they mostly increased as a result of the 'A' bio-fertiliser. Similarly to the relative chlorophyll content, chlorophyll-a content is also higher in the younger leaves (2-5%). Depending on the hybrid, bio-fertiliser treatments increased chlorophyll-a content to the same extent. In the case of the 'A' bio-fertiliser a more significant change has been experienced compared to both the control and the different age groups. The carotenoid content increasing effect of the 'A' bio-fertiliser is remarkable (5-15%) in the case of the younger leaves. Both the pH of the nutrient solution and its Δ pH value are changing with the age of the plant. Although there are no significant detectable differences, there are still slight inequalities – in parallel with the development stage of the plant – in terms of the pH of the 'fresh' and 'used' nutritive solutions. Namely, the pH modifying effect is not only elicited by the applied bio-fertiliser itself, but the more and more developed plant and its more developed roots. According to our results the effect of bio-fertilisers proved to be more detectable in the case of younger leaves. For further characterisation of the different bio-fertiliser effect and hybrid sensitivity, molecular analysis could be the next step.

8. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Kísérleteink alapján megállapítottuk, hogy a vizsgálatokba bevont biotrágyáknak növekedést serkentő hatása van a vizsgált napraforgó hibridek korai fejlődési stádiumában mind a gyökér, mind a hajtás tekintetében. Ugyanakkor azoknál a hibrideknél, ahol 10% fölötti volt a teljes növény szárazanyag-gyarapodása a kontrollhoz képest a kezelések hatására, ott elsősorban a gyökér tömegének növekedése okozta a nagyobb gyarapodást.
2. Az egyes hibridek között különbség van az adott biotrágya alkalmazásával szembeni érzékenységben, továbbá ugyanazon hibrid másképpen reagált az eltérő összetételű biotrágya-kezelésekre. A vizsgált hibridek közül a Brio, a Kondi, a Sunflora, a Stradi és a Tristan hibrideknél mindhárom biotrágya a szárazanyag növekedését okozta.
3. A korai fejlődési stádiumban alkalmazott biotrágya-kezeléssel maximálisan 30-34%-kal is növelhető a szárazanyag-tartalom. A legnagyobb szárazanyag-tartalom növekedés a Stradi hibridnél történt, ahol az 'A' jelű kezelés hatására 34%-os növekedést tapasztaltunk.
4. A biotrágya-kezelés mind a relatív, mind az abszolút klorofilltartalomra növekvő hatással van, ami aktívabb fotoszintézist indukál, így növelve a szárazanyag-produkciót. A fiatal levelek klorofill-a tartalma 15-20%-kal nagyobb volt, mint az idős leveleké, továbbá a PR64H42 és a Morena hibridek kivételével a kontrollhoz képest is 8-17%-osan nőtt a klorofill-a tartalom az 'A' biotrágya hatására.
5. Eredményeink szerint az általunk bevezetett nitrogén remobilizációs ráta (Nitrogen Remobilization Ratio=NRR) alkalmas indikátora a biotrágyák növekedést serkentő hatásának értékeléséhez. Az alacsony tápelem újrahasznosító képességgel jellemzett hibrideknél, így például a Barolonál, a biotrágya növekedést serkentő hatása is kisebb.
6. Kísérleteink során bizonyítottuk, hogy bizonyos biotrágyának karotinoid tartalmat növelő hatása van, ami meghatározza az adott hibrid stressztűrő képességét. A vizsgált

biotrágyák közül az 'A' biotrágya hatására 10-15%-os növekedést írtunk le a fiatalabb levél karotinoid tartalmára nézve a kontrollhoz képest.

7. A növény-mikroorganizmus válaszreakcióban korfüggést tapasztaltunk, ami az időbeli kijuttatás fontosságára hívja fel a figyelmet. A vizsgált hibridek többségében a fiatalabb levelekben érvényesülnek szignifikánsan a biotrágyák kedvező hatásai, így a SPAD érték, a klorofill-a tartalom és a specifikus levélterület változása során.

9. GYAKORLATBAN HASZNOSÍTHATÓ EREDMÉNYEK

1. Az alkalmazott mikroorganizmus alapú biotrágyák mindegyike alkalmas a növényi tápanyag-utánpótlásra. A növényi produkciót közvetlenül jellemző paraméterek alapján – szárazanyag-gyapodás – használatuk indokolt a mezőgazdasági gyakorlatban.
2. A napraforgó-termesztése során eredményeink alapján érdemes minél korábban kijuttatni a biotrágyát, hogy már a korai fejlődési szakaszban hozzájáruljon az intenzív növekedéshez. Mivel mind a hajtás, mind a gyökér erőteljesebben növekedett az érzékeny hibrideknél a kijuttatás javasolt a vetéssel egy menetben vagy a kelést követő első hét során.
3. A vizsgált nagyszámú hibrid és az alkalmazott mikroorganizmus alapú biotrágya tesztelése alapján kapott eredményekből arra a következtetésre juthatunk, hogy általunk nem vizsgált, de eltérő faj-összetételű mikroorganizmus alapú biotrágya hatása is a tápanyagutánpótló képességén túl hatékonyságát tekintve genotípusfüggő. A gyakorlatban így körültekintően kell eljárni az alkalmazandó biotrágya kiválasztása terén.
4. A vizsgált hibridek eltérő érzékenységgel rendelkeznek a biotrágya-kezelésekkel szemben. A vizsgált biotrágyák alkalmazhatóságának sikeressége genotípusfüggő, adott hibrid rezisztens változatának válaszreakciói is eltérhetnek, bár tendenciáját tekintve hasonlóak.
5. Vizsgálati eredményeink hozzájárulnak a napraforgó növénytermesztés fenntarthatóságának növeléséhez, hiszen az okszerű, kevesebb vegyszert tartalmazó biotrágyák alkalmazása csökkenti a környezeti terhelés, az esetleges egészségügyi kockázatot és a felesleges energiafelhasználást, megfelelően ezzel hazánk Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Programjának.

10. IRODALOMJEGYZÉK

1. Aleric, K.M., Kirkman, K.L. (2005): Growth and photosynthetic responses of the federally endangered shrub, *Lindera melissifolia* (Lauraceae), to varied light environments. *American Journal of Botany* 92(4): 682–689
2. Ali, B. Sabri, A.N., Ljung, K., Hasnain, S. (2009): Auxin production by plant associated bacteria: Impact on endogenous IAA content and growth of *Triticum aestivum* L. *Letter of Appl. Microbiol.*, 48: 542-547
3. Alvarez, M.I., Sueldo, R.J., Barassi, C.A. (1996): Effect of *Azospirillum* on coleoptile growth in wheat seedlings under water stress. *Cereal Research Communication*, 24: 101-107
4. Adebayo, A.G., Akintoye, H.A., Olatunji, M.T., Shokalu, A.O., Aina, O.O. (2010): Growth response and flower yield of sunflower to phosphorus fertilization in Ibadan, Southwestern Nigeria. *Report and Option*, 2(4): 29-33
5. Agüera, E., Cabello, P., De La Haba, P. (2009): Induction of leaf senescence by low nitrogen nutrition in sunflower (*Helianthus annuus*) plants. *Physiologia Plantarum*, 138(3): 256-267
6. Babu, M., Nagarajan, R., Ramanathan, S.P., Balasubramanian, V. (2000): Optimizing chlorophyll meter threshold values for different season and varieties in irrigated lowland rice systems of the Cauvery Delta Zone Tamil Nadu India. *International Rice Research Note, IRRN*, pp. 27-28
7. Bahl, G.S., Pasricha, N.S., Ahuja, K.L. (1997): Effect of fertilizer nitrogen and phosphorus on the grain yield, nutrient uptake and oil quality of sunflower. *J. Indian Soc. Soil Sci.*, 45: 292–296

8. Bai, Y., Dáoust, F., Smith, D.L., Driscoll, B.T. (2002): Isolation of plant-growth-promoting *Bacillus* strains from soybean root nodules. *Can. J. Microbiol*, 48: 230–238
9. Bais, H.P., Fall, R., Vivanco, J.M. (2004): Biocontrol of *Bacillus subtilis* against infection of *Arabidopsis* roots by *Pseudomonas syringae* is facilitated by biofilm formation and surfactin production. *Plant Physiology*, 134: 307–319
10. Balláné Kovács, A., Kremper, R., Vágó, I., Filep, T. (2008): Az NH₄NO₃ és a Phylazonit MC baktériumtrágya hatása a talaj könnyen oldható nitrogén-, foszfor-, és kálium-tartalmára. *Talajvédelem*, 361–368
11. Bákonyi, N. (2013): A pH, a Fe-és Zn-ellátás, valamint a biotrágya-kezelés hatása a fiatalkori kukorica, uborka és bab morfológiai és fiziológiai tulajdonságaira. PhD értekezés, Debreceni Egyetem, Hankóczy Jenő Növénytermesztési, Kertészeti és Élelmiszertudományok Doktori Iskola, Debrecen, 2013, p. 170
12. Barrett, G., Marsh, S. (2001): Challenges for contemporary extension: The case of biofertiliser in Vietnam. The Regional Institute Ltd. Online publishing company: <http://www.regional.org.au/au/apen/2001/r/BarrettG.htm>
13. Besson, F., Michel, G. (1987): Isolation and characterization of new iturins: iturin D and iturin E. *Journal of Antibiotics*, 40(4): 437-442
14. Biswas, J., Ladha, J.K., Dazzo, F.B. (2000): Rhizobia inoculation improves nutrient uptake and growth in lowland rice. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64: 1644-1650
15. Borbélyné Hunyadi, É. (2002): A környezeti és biológiai tényezők interaktív vizsgálata napraforgó tájkísérletben. Doktori értekezés, Hankóczy Jenő Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok Doktori Iskola, Debrecen, p. 135

16. Borbélyné Hunyadi, É., Lesznyák M-né, Csajbók, J., Kutasy, E. (2009): A napraforgó termése és fenológiai adatai közötti összefüggések. In: Harcsa, M. (szerk) V. Növénytermesztési Tudományos Nap, Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely, 11-19
17. Bowen, G.D., Rovira, A.D. (1991): The rhizosphere, the hidden half of the hidden half. In' Plant Roots: the Hidden half. (Y.Waisel, A.Eshel and U. Kafkafi, eds) p. 641-669 Marcel Dekker, New York
18. Braschi, I., Leoni, O., Cinti, S., Palmieri, S., Gessa, E. C. (2011): Activity of myrosinase from *Sinapis alba* seeds immobilized into Ca-polygalacturonate as a simplified model of soil-root interface mucigel. *Plant and Soil*, 339(1): 209-218
19. Burr, T. J, Caesar, A. (1984): Beneficial plant bacteria. *Crit. Rev. Plant Sci*, 2:1–20
20. Çakmakçi, R., Dönmez, F., Aydın, A., Şahin, F. (2006): Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biol. Biochem*, 38:1482–1487
21. Chakraborty, S.M., Behrens, P.L., Herman, A.F., Arendsen, W.R., Hagen, D.J. (2005): A three component dicamba O-dimethylase from *Pseudomonas maltophilia*, strain DI-6: purification and characterization. *Arch. Biochem. Biophys.*, 437: 20-28
22. Chaniara, N.J., Patel, J.C., Malavia, D.D., Baldha, N.M. (1989): Effect of irrigation, nitrogen and phosphorus on the productivity of sunflower. *Indian Journal of Agronomy*, 34: 399-401
23. Chaparro J. M., Badri D. V., Bakker M. G., Sugiyama A., Manter D. K., Vivanco J. M. (2013). Root exudation of phytochemicals in *Arabidopsis* follows specific patterns that are developmentally programmed and correlate with soil microbial functions. *PLoS ONE*8:e55731

24. Chandra, S., Choure, K., Dubey, R.C., Maheshwari, D.K. (2007): Rhizosphere competent *Mesorhizobium loti* MP6 induces root hair curling of Indian mustard (*Brassica campestris*). *Braz. J. Microbiol.*, 38: 124-130
25. Chaudhry, A.U., Mushtaq, M. (2004): Optimalization of potassium in sunflower. *Pakistan J. of Biological Sciences*, 2(3): 887-888
26. Chen B. H., Chen Y. Y. (1993): Stability of chlorophylls and carotenoids in sweet potato leaves during microwave cooking. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41: 1315–1320
27. Csajbók, J., Kutasy, E., Lesznyák, Mné., Borbélyné Hunyadi É. (2008): A talajnedvesség és a fotoszintetikus aktivitás összefüggései napraforgó (*Helianthus annuus* L.) és a kukorica (*Zea mays* L.) állományokban. In: Pepó P. (szerk.) *A környezetvédelem és élelmiszerbiztonság a növénytermesztésben*. Debrecen. 105-110
28. Dani, M., Pepó, P. (2005): The yield potential utilization of some sunflower hybrids in different cropyears. *Cereal Research Communications*, 33(1): 193-196
29. Demir, A.O., Goksoy, A.T., Buyukcangaz, H., Turan, Z.M., Koksall, E.S. (2006): Deficit irrigation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in a sub-humid climate. *Irrigation Science*, 24: 279-289
30. Dhoble, M.V. (1998): Response of sunflower hybrids to nitrogen and phosphorus in rainfed conditions. *Indian Journal of Agronomy*, 43(1): 138-141
31. Dobos, A.C. (2013): *Precíziós növénytermesztés*. 12. fejezet: A legfontosabb mérőműszerek a precíziós növénytermesztésben. www.tankonyvtar.hu

32. Dong, Y.H., Wang, L.H., Zhang, L.H. (2007): Quorum-quenching microbial infections: mechanisms and implications. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Biol. Sci.*,362: 1201–1211
33. Duffy, B.K., Défago, G. (1999):Environmental factors modulating antibiotic and siderophore biosynthesis by *Pseudomonas fluorescens* biocontrol strains. *Appl. Environ. Microbiol.*,65: 2429-2438
34. Dutta, S., Singh, P.R., Jindal, J.K. (2005): Effect of antagonist bacteria and plant defence activators on management of bacterial leaf spot of mungbean. *Indian Phytopathol.*, 58: 269-275
35. Dutta, S., Khurana, S.M.P. (2009): Plant growth-promoting rhyzobacteria for alleviating abiotic stress in medical plants. Chapter 8 In: Egamberdieva, D., Shrivastava, S., Varma, A. (ed): *Plant Growth-Promoting Rhyzobacteria (PGPR) and Medical Plants*, p. 167-201
36. Echarte, M.M., Angeloni, P. , Jaimes, F., Tognetti, J., Izquierdo, N.G., Valentinuz, O., Aguirrezabal, L.A.N. (2010): Night temperature and intercepted solar radiation additively contribute to oleic acid percentage in sunflower oil. *Field Crop. Res.*, 119: 27-35
37. Egamberdiyeva, D., Hoflick, G. (2004): Effect of plant-growth promoting bacteria growth and nutrient uptake of cotton and pea in a semiarid-region of Uzbekistan. *J. Arid Envir.*, 56: 293-301
38. Eggink, L.L., Park, H., Hooper, J.K. (2001): The role of chlorophyll *b* in photosynthesis: Hypothesis. *BMC Plant Biol.*,doi: 10.1186/1471-2229-1-2

39. Ertiftik, H., Zengin, M. (2015): Effects of Increasing Rates of Potassium and Magnesium Fertilizers on the Nutrient Contents of Sunflower Leaf. *Selcuk J. of Agr. and Food Science*, 29(2): 51-61
40. Eshita, S.M.N. H., Roberto, J.M., Beale, B.M. R.F., Workman, L.C. (1995): Bacillomycin antibiotic of the iturin group: isolations, structures, and antifungal activities of the congeners., *J. Antibiot.*, 48 (11): 1240-47
41. Fussedler, A. (1984): Der Einfluss von Bodenart, Durchlüftung des Bodes, N-Ernährung und Rizosphärenflora auf die Morphologie des seminalen Wurzelsystem von Mais. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 147: 553-565
42. Futó Z., Lévai L. (2011): Examination of different plant number of sunflower in field experiment. *Növénytermelés.* 60. Suppl. 169-172
43. Futó Z., Sárvári M. (2013): The examination of combined impact of nutrient supply and plant protection in producing sunflower (*Helianthus annuus* L.). In:Csajbók, J. (szerk.) *The influence of some technological elements over the weath and corn grains quality stored in Bihar and Hajdu Bihar counties.* Debrecen. 24-30
44. Garnier, E., Shipley, B., Roumet, C., Laurent, G. (2001): A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. *Functional Ecology*, 15(5): 688-695
45. Gáspár, S. (2016): Baktérium alapú tápanyagutánpótlás ökofiziológiai vizsgálata kukoricán (*Zea mays*, L). Diplomamunka, Debrecen Egyetem, 2015 p. 42
46. Gaur, A.C. (1990): Phosphate solubilizing microorganisms as biofertilizers. Omega Scientific Publishers, New Delhi, p 176

47. Gerretsen, F.C. (1948): The influence of microorganisms on the phosphate intake by the plant. *Plant and Soil*, 1: 51-81
48. Giardi, M.T., Masojidek, J., Godde, D. (1997): Effects of abiotic stress on the turnover of D1 reaction center II protein. *Physiologia Plantarum*, 101: 635-642
49. Glick, B.R. (2001): Phytoremediation: synergistic use of plants and bacteria to cleanup the environment. *Biotechnol Adv*, 21(3): 83-393
50. Glick, B.R, Pasternak, J.J. (2003): Plant growth promoting bacteria. In: Glick BR, Pasternak JJ (eds) *Molecular biotechnology principles and applications of recombinant DNA*, 3rd edn. ASM Press, Washington, pp 436–454
51. Glick, B.R. (2014): Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. *Microbiological Research*, 169(1): 30-39
52. Guo, J.H., Qi, H.Y., Guo, Y.H., Ge, H.L., Gong, L.Y., Zhang, L.X. (2004): Biocontrol of tomato wilt by plant growth promoting rhizobacteria. *Biol. Control*, 29: 66–72
53. Gururani, M.A., Upadhyaya, H.P., Baskar, V., Venkatesh, J., Nookaraju, A., Park, S.W. (2012): Plant growth promoting rhizobacteria enhance abiotic stress tolerance in *Solanum tuberosum* through inducing changes in the expression of ROS-Scavenging enzymes and improved photosynthetic performance. *J. Plant Growth Reg.*, 32: 245-258
54. Hamzei, J. (2012): Seed N concentration, nitrogen use efficiency and growth of barley under combinations of bio and chemical N fertilizer application. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3(1): 70-76
55. Han, H.S., Supanjani, L.K.D. (2006): Effect of co- inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Plant Soil Environment*, 52: 130–136

56. Haseeb, M. and Maqbool, N. (2015) Influence of Foliar Applied Nitrogen on Reproductive Growth of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) under Water Stress. *Agricultural Sciences*, 6, 1413-1420
57. Hemalatha, S., Praveen Rao, V., Padmaja, J., Suresh, K. (2013): An overview on role of phosphorus on growth, yield and quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Int. J. Applied Biol. and Pharmaceutical Techn.*, 4(3): 48-55
58. Hendry, G.A.F., Price, A.H. (1993): Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. In: Hendry, G.A.F., Grime, J.P. (Eds.), *Methods in Comparative Plant Ecology*. Chapman & Hall, London, pp. 148–152, in southern Greece. *J. Plant Nutr.*, 28(11): 2027-2035
59. Hiltner, L. (1904): Über neue erfahrungen und probleme auf dem gebiete der bodenbakteriologie. *Arbeiten der Deutschen Landwirtschaft Gesellschaft*, 98: 59–78
60. Hoffland, E. (1992): Quantitative evaluation of the role of organic acid exudation in the mobilization of rock phosphate by rape. *Plant and Soil*. 140(2): 279-289.
61. Kádár, I. (2007): Sustainability of soil fertility nutrient levels. *Cereal Research Communications*, 35(2): 573-576
62. Kajimura, Y., Sugiyama, M., Kaneda, M. (1995): Bacillopeptins, new cyclic lipopeptide antibiotics from *Bacillus subtilis* FR-2. *Journal of Antibiotics*, 48: 1095-1103
63. Kalapos, T. (1994): Homokpusztagyepi növények fotoszintézisének és vízforgalmának vizsgálata, különös tekintettel az időszakos szárazság hatására. Kandidátusi értekezés, ELTE, Budapest, pp.150
64. Kátai, J., Zsuposné Oláh, Á., Sándor, Zs., Tállai, M. (2015): Összefüggések a talaj kémiai tulajdonságai és mikrobiológiai aktivitása között egy trágyázási

- tartamkísérletben. In: A talajok térbeli változatossága, elméleti és gyakorlati vonatkozások, Hernádi, H., Sisák, I., Szabóné Kele, G. (szerk) Talajtani Vándorgyűlés, 29-38
65. Kathuria, M.K., Habir, S., Tonk, D.S., Agarwal, S.K. (1996): Effect of date of sowing and fertility levels on seed and oil yield of sunflower. Haryana Agricultural University. Journal of Research, 126(1): 39-42
66. Katznelson, H., Bose, B. (1959): Metabolic activity and phosphate dissolving capability of bacterial isolates from wheat roots, rhizosphere and non-rhizosphere soil. Can. J. Microbiol., 5: 79-85
67. Khan, M.J., Hussain, H. (1996): Effect of four different moisture stress levels on sunflower in Peshawar, Pakistan. Annals of Agricultural Research, 16(4): 513-514
68. Khan, A.G. (2005): Role of soil microbes in the rhizosphere of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. J Trace Elem Med Biol, 18: 355–364
69. Kennedy, I.R, Choudhury, A.I.M.A., KecSkés, M.L. (2004): Non-Symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? Soil Boil Biochem, 36(8): 1229-1244
70. Kildea, S., Ransbotyn, V., Khan, M.R., Fagan, B., Leonard, G., Mullins, E., Doohan, F.M. (2008): *Bacillus megaterium* shows potential for the biocontrol of septoria tritici blotch of wheat. Biological Control, 47: 37-45
71. Kincsesné, S., Nagy, P.T., Balláné Kovács, A., Vágó, I. (2015): A talaj nitrogénszolgáltató képességének változása biokészítmény hatására a kukorica kezdeti növekedésénél. In: A talajok térbeli változatossága, elméleti és gyakorlati vonatkozások, Hernádi, H., Sisák, I., Szabóné Kele, G. (szerk) Talajtani Vándorgyűlés, 39-48

72. Kincsesné, S., Filep, T., Káta, I.J. (2008): Szerves-, mű- és baktériumtrágyázás hatása a talajok 0,01 M CaCl₂-oldható tápelem-tartalmára. Talajvédelem különszám (szerk. Simon, L.) pp. 423-430
73. Kishore, G.K., Pande, S., Podile, A.R. (2005): Biological control of late leaf spot of peanut (*Arachis hypogaea* L.) with chitinolytic bacteria. *Phytopathology*, 95:1157–1165
74. Kiss, L. (2010): Néhány ipari melléktermék növényi produkciót befolyásoló hatásának vizsgálata. DE, AGTC, MÉK, TDK, Debrecen (témavezető: Dr. Veres Szilvia, Tóth Brigitta)
75. Kloepper, J.W., Leong, J., Teintze, M., Schroth, M.N. (1980): Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth promoting rhizobacteria. *Nature*, 268: 885–886
76. Kloepper, J.W., Lifshitz, R., Schroth, M.N. (1988): *Pseudomonas* inoculants to benefit plant production. *Anim. Plant Sci.*, 60-64
77. Koutroubas, S.D., Papakosta, D.K., Doitsinis, A. (2008): Nitrogen utilization efficiency of sunflower hybrids and open-pollinated varieties under mediteranian conditions. *Field Crops Research*, 107(1): 56-61
78. Labrousse, B., Delmail, D., Arnaud, M.C., Thalouarn, P. (2010): Mineral nutrient concentration influences sunflower infection by broomrape (*Orobancha cumana*). *Botany*, 88(9): 839-849
79. Lévai, L., Veres, Sz., Makleit, P., Marozsán, M., SZABÓ, B. (2005): Bacteria containing fertilizers, tools to reduce the environmental pollution. Herbal drugs and environmental pollution a Satellite Session of Third International Conference on Plants and Environmental Pollution. New Delhi.

80. Lévai, L., Veres, Sz., Gajdos, É., Bákonyi, N. (2008): The Possible Role of bacteria Containing Bio-fertilizers in Sustainable Agriculture, *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, Special issue, (8)3: 188-189
81. Lévai, L., Veres, Sz., Tóth, B., Bákonyi, N., Gajdos, É., Faragó, E., Marozsán, M. (2010): Necessity to use living bacteria in plant nutrition. In: Marič and Lončarić (ed): *Proceedings of 45th Croatian & 5th International Symposium on Agriculture*, Opatija, 2010. february 14-09., pp. 818-822 , ISBN 978 953 6331 79 6
82. Lichtenthaler, H.K., Kuhn, G., Prenzel, U., Buschmann, C., Meier, D. (1982): Adaptation of chlorophyll-ultrastructure and chlorophyll-protein levels to high light and low light growth conditions. *Zeitschrift für Naturforschung – Section C: Biosciences* 37C, 464-475
83. Linderman, R.G. (1988): Mycorrhizal interactions with the rhizosphere microflora – the mycorrhizosphere effect. *Phytopathology*, 78: 366–371
84. Liu, F., Xing, S., Ma, H. (2013): Cytokinin-producing, plant growth-promoting rhizobacteria that confer resistance to drought stress in *Platycladus orientalis* container seedlings. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(20): 9155-9164
85. Loeffler, W., Tschén, J.S.M., Vanittanakom, N., Kulger, M., Knorpp, E., Hsieh, T.F., Wu, T.G. (1986): Antifungal effects of bacilysin and fengycin from *Bacillus subtilis* F29-3. A comparison with activities of other *Bacillus* antibiotics. *J. Phytopathol.*, 115(3): 204–213
86. López-Bucio, J., Campos-Cuevas, J.C., Hernández-Calderón, E., Velásquez-Becerra, C., Farías-Rodríguez, R., Macías-Rodríguez, L.I., Valencia-Cantero, E. (2007): *Bacillus megaterium* Rhizobacteria Promote Growth and Alter Root-System Architecture Through an Auxin- and Ethylene-Independent Signaling Mechanism in *Arabidopsis thaliana*. *Molecular Plant-Microbe Interaction*, 20(2): 207-217

87. Lynch, J.M. (ed.) (1987): The rhizosphere. Chichester: Wiley Interscience
88. Majumdar, S.K., Bose, S.K. (1958): Mycobacillin, a new antifungal antibiotic produced by *Bacillus subtilis*. Nature, 181: 134-135
89. Manjula, K., Podile, A.R. (2001): Chitin-supplemented formulations improve biocontrol and plant growth promoting efficiency of *Bacillus subtilis* AF 1. Can J Microbiol., 47(7): 618-25
90. Manwar, A.V., Vaiganekar, P.D., Bhongale, L.S., Chincholkar, S.B. (2000): *In vitro* suppression of plant pathogens by siderophores of fluorescent *Pseudomonas*. Indian J Microbiol., 40: 109-112
91. Marschner, H., Römheld, V. (1983): *In vivo* measurement of root-induced pH changes at soil root interface. Effect of plant species and nitrogen source. Z. Pflanzenphysiol., 111: 241-251
92. Marschner, H. (1995): Mineral nutrition of higher plants, 2nd ed. London: Academic Press.
93. Michener, H.D., Snell, N. (1949): Two antifungal substances from *Bacillus subtilis*. Arch Biochem, 22:208–214
94. Mollashahi, M., Ganjali, H., Fanaei, H. (2013): Effect of different levels of nitrogen and potassium on yield, yield components and oil content of sunflower. International Journal of Farming and Allied Sciences, 2: 1237-1240
95. Moorel, S.J., Mayer, M.J., Biedendieck, R., Deery, E., Warren, M.J. (2014): Towards a cell factory for vitamin B12 production in *Bacillus megaterium*: bypassing of the cobalamin riboswitch control elements. New Biotechnology, 31(6): 553-561

96. Moran, R., Porath, D. (1980): Chlorophyll determination in intact tissues using N,N-dimethyl formamide. *Plant Physiology*, 65: 478–479
97. Morgan, J.A.W., Whipps, J.M. (2001): Methodological approaches to the study of rhizosphere carbon flow and microbial population dynamics. In: Pinton R, Varanini Z, Nannipieri P, eds. *The rhizosphere: biochemistry and organic substances at the soil-plant interface*. New York: Marcel Dekker, 373–410
98. Morgan, J.A.W., Bending, G.D., White, P.J. (2005): Biological costs and benefits to plant-microbe interactions in the rhizosphere. *Journal of Exp. Botany*, 56(147): 1729-1739
99. Morgenstein, E., Okon, Y. (1987): Promotion of plant growth and NO_3^- and Rb^+ uptake in *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* inoculated with *Azospirillum brasilense* Cd. *Arid Soil Res. Rehabil.*, 1: 211-217
100. Muralidharudu, Y., Murthy, I.Y.L.N., Reddy, K.P.C., Reddy, B.N., Chandranath, H.T. (2003): Response of sunflower to phosphorus application in vertisols. *Helia*, 26: 147-154
101. Naderi, R., Ghadiri, H, Karimian, N. (2012): Evaluation of SPAD meter as a tool for N fertilization of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Plant Knowledge Journal*, 1:16-19
102. Nagy, L., Nagy, L. G., Tóth, B., Makleit, P., Veres, Sz. (2013): Biotrágyák hatása napraforgó (*Helianthus annuus* L.) fiziológiai paramétereire. In: Tóth Éva (szerk.) *A jövő farmja*. 55. Georgikon Napok nemzetközi tudományos konferencia. Keszthely, 2013. szeptember 26–27. Kivonat kötet. Programfüzet, valamint az elhangzó és poszter előadások rövid kivonatainak gyűjteménye. = 55th Georgikon Scientific Conference. Keszthely, Magyarország, 2013.09.26-2013.09.27. Keszthely: Pannon Egyetem Georgikon Kar, 2013. p. 74

103. Nasim, W., Ahmad, A., Bano, A., Olatinwo, R., Usman, M., Khaliq, T., Wajid, A., Hammad, H.M., Mubeen, M., Hussain, M. (2012): Effect of nitrogen on yield and oil quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids under sub humid condition of Pakistan. *American Journal of Plant Sciences*, 3: 243-251
104. Nasim, W., Belhouchette, H., Tariq, M., Fahad, S., Hammad, H.M., Mubeen, M., Hussain Munis, M.F., Chaudhary, H.J., Khan, I., Mahmood, F., Abbas, T., Rasul, F., Nadeem, M., Bajwa, A.A., Ullah, N., Alghabari, F., Saud, S., Mubarak, H., Ahmad, R. (2016): Correlation studies on nitrogen for sunflower crop across the agroclimatic variability. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(4): 3658-3670
105. Niinemets, U. (2001): Global-scale climatic controls of leaf dry mass per area, density, and thickness in trees and shrubs. *Ecology*, 82: 453–469
106. Niklas, K.J., Cobb, E.D., Niinemets, Ü., Reich, P.B., Sellin, A., Shipley, B., Wright, I.J. (2007): ‘Diminishing returns’ in the scaling of functional leaf traits across and within species groups. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104: 8891–8896
107. Nosrati, R., Owlia, P., Saderi, H., Rasooli, I., Malboobi, M.A. (2014): Phosphate solubilization characteristics of efficient nitrogen fixing soil *Azotobacter* strains. *Iran J. Microbiol.*, 6(4): 285–295
108. Novák, A. (2016): A vetésítő, fajta-és fungicidhasználat interaktív vizsgálata napraforgónál a Hajdúságban. PhD értekezés. Kerpely Kálmán Doktori Iskola, Debrecen, p. 184
109. Oldal, B. (2006): Rizoszféra-baktériumok és magasabbrendű növények interakcióinak ökológiai értékelése. Doktori értekezés, Környezettudományi Doktori Iskola, Gödöllő, p. 153

110. Omar, H., Halima, Z., Nour-Eddine, K. (2006): Technologically important properties of lactic acid bacteria isolated from raw milks of three breeds of Algerian dromedary (*Camelus dromedarius*). *Afr. J. Biotechnol.*, 6: 1720-1727
111. Ongena, M., Jacques, P., Touré, Y., Destain, J., Jabrane, A., Thonart, P. (2005): Involvement of fengycin-type lipopeptides in the multifaceted biocontrol potential of *Bacillus subtilis*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 69: 29–38
112. Onemli, F. (2012): Changes in Oil Fatty Acid Composition During Seed Development of Sunflower. *Asian Journal of Plant Sciences*, 11: 241-245
113. Orlov, D.Sz. (1985): *Chimija pochv*. Moskva: Izdatelstvo MGU, 376 p
114. Ortiz-Castro, R., Valencia-Cantero, E., López-Bucio, J. (2008): Plant growth promotion by *Bacillus megaterium* involves cytokinin signaling. *Plant Signal Behaviour*, 3(4): 263-265
115. Ort, D. (2001): When there is too much light. *Plant Physiol.*, 125: 29–32
116. Orta, A.H., Erdem, T., Erdem, Y. (2002): Determination of water stress index in sunflower. *Helia*, 25(37): 27-38
117. Osmond, C.B. (1994): What is photoinhibition? Some insights from comparisons of shade and sun plants. In: Baker, N.R. és Bowyer, J.R. (ed) *Photoinhibition of Photosynthesis from Molecular Mechanisms to the Field*, Bios Scientific Publishers, Oxford, 1-24
118. Pal, K.K., Tilak, K.V.B.R., Saxena, A.K., Dey, R., Singh, C.S. (2001): Suppression of maize root diseases caused by *Macrophomina phaseolina*, *Fusarium moniliforme*

- and *Fusariumgerminearum* by plant growth promoting rhizobacteria. Microbiol Res, 156: 209–223
119. Pandya, N.D., Desai, P.V. (2014): Screening and characterization of GA3 producing *Pseudomonas monteilii* and its impact on plant growth promotion. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci., 3(5): 110-115
120. Patten, C.L., Glick, B.R. (2002): Regulation of indoleacetic acid production in *Pseudomonas putida* GR12-2 by tryptophan and the stationary-phase sigma factor RpoS. Canadian J Microbiol, 48: 635–642
121. Plamer, S.J., Berridge, D.M., McDonald, A.J.S., Davies, W.J. (1995): Control of leaf expansion in sunflower (*Helianthus annuus* L.) by nitrogen nutrition. Journal of Experimental Botany, 47(296): 359-368
122. Penrose, D.M., Glick, B.R. (2003): Methods for isolating and characterizing ACC deaminase-containing plant growth-promoting rhizobacteria. Plant and Soil, 118: 10-15
123. Pepó, P. (1999): A genotípus szerepe a napraforgó-termesztésében. V. Növénynevelési Tudományos Napok, Budapest, o. 95.
124. Pepó, P. (2007): The role of fertilization and genotype in sustainable winter wheat (*Triticum aestivum* L.) production. Cereal Research Communications, 35(2): 917-920
125. Pepó, P. (2008): Az olajnövények termesztésének helyzete, a napraforgó-termesztéstechnológiájának, tápanyagellátásának fejlesztése. Agrofórum, 19(11):10-14.
126. Pepó, P., Vad, A. (2011): The role of genotype and fertilization in sunflower production. Analele Universității din Oradea, Fascicula Protecția Mediului, VII. 129-136

127. Peterson, T. A., Blackmer, T. M., Francis, D. D., Scheppers, J. S. (1993): Using a chlorophyll meter to improve N management. Webguide in Soil Resource Management: D-13 Fertility. Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska, Lincoln, NE, USA
128. Pinton, R., Varanini, Z., Nannipieri, P. (eds) (2001): The rhizosphere: biochemistry and organic substances at the soil-plant interface. New York: Marcel Dekker.
129. Powles, S.B. (1984): Photoinhibition of photosynthesis induced by visible light. *Annual Review of Plant Physiology*, 35: 15-44
130. Priest, F. (1993): Systematics and ecology of *Bacillus*. In: Sonenshein AL, Hoch J, Losick R (eds) *Bacillus subtilis* and other gram positive bacteria, biochemistry, physiology and molecular genetics. American Society for Microbiology Press, Washington, DC, pp 3-16
131. Putman, D.H., Oplinger, E.S., Hicks, D.R., Durgan, B.R., Noetzel, D.M., Meronuck, R.A., Doll, J.D., Schulte, E.E. (1991): Sunflower, *Alternative Field Crops Manual*, www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/sunflower.html
132. Reich, P.B., Walters, M.B., Ellsworth, D.S. (1992): Leaf life-span in relation to leaf, plant, and stand characteristics among diverse ecosystems. *Ecological Monographs*, 62: 365-392
133. Reich, P.B., Walters M.B. (1994): Photosynthesis-nitrogen relations in Amazonian tree species. II. Variation in nitrogen vis-avis specific leaf area influences mass- and area-based expressions. *Oecologia*, 97: 73-81
134. Reich, P.B., Jacek, O., Ian, J.W. (2009): Leaf phosphorus influences the photosynthesis-nitrogen relation: a cross-biome analysis of 314 species. *Oecologia*, 160: 207-212

135. Pennisi, B., Thomas, P., Dorn, S. (2013): Landscape basics: Success with Herbaceous Perennials. UGA Extension Bulletin 1424, p. 30.
136. Revilla, P., R.A. Malvar, M.C. Abuín, B. Ordás, P. Soengas, A. Ordás, (2000): Genetic background effect on germination of su1maize and viability of the su1 allele. *Maydica*, 45: 109-111
137. Richardson, A.E. (2001): Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. *Aust J Plant Physiol*, 28:897-906
138. Rovira, A.D., Bowen, G.D., Foster, R.C. (1983): The significance of rhizosphere microflora and mycorrhizas in plant nutrition. In' *Encyclopedia of Plant Physiology*, New Series (A. Lauchli and R.L. Bielski, eds.), 15A: 61-89. Springer Verlag, Berlin
139. Rostami, M., Koocheki, A., Mahallati, M.N., Kafi, M. (2008): Evaluation of chlorophyll meter (SPAD) data for prediction of nitrogen status in corn (*Zea mays* L.). *Am.-Eurasian J. Agric. Environ. Sci.*, 3: 79-85
140. Ruzsányi, L., Sárvári, M., Daróczy M. (1986): Napraforgó hibridek összehasonlító vizsgálata (In:Kozma A. (szerk.) Tessedik Sámuel Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok), DATE Közlemény, Debrecen, 211-214
141. Ruzsányi, L., Csajbók, J. (2001): Termésstabilitás és az évjárat kölcsönhatása a fontosabb szántóföldi növényeinknél. *Agrártudományi Közlemények = Acta Agraria Debreceniensis*, 2: 41- 44
142. Saleem, M., Arshad, M., Hussain, S., Bhatti, A.S. (2007): Perspective of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) containing ACC deaminase in stress agriculture. *J Ind Microbiol Biotechnol*, 34: 635–648

143. Sárdi, K. (2010): Talajtalan jövő? III. Fenntarthatósági Konferencia, Somogyvámos, 2010. október 5-7. Plenáris Előadás. Az előadások összefoglalói, pp. 45-47.
144. Sárvári, M., Ábrahám, É. B. (2006): A tápanyagellátás hatása a napraforgó termésére és olajtartalmára. Agrárágazat,
<http://www.pointernet.pds.hu/ujsagok/agraragazat/2006-ev/02/20060221205918453000000159.html>
145. Sárvári, M. (2007): A tápanyagellátás hatása a napraforgó termésére és olajtartalmára. In: Pepó P. (szerk.) Az olajnövények termesztésének, feldolgozásának, felhasználásának aktuális kérdései c. kerekasztal konferencia. Debrecen. 82-91
146. Sárvári, M., Zsombik, L. (2006): A napraforgó-termesztés 2006. évi kilátásai. Agro Napló 10(2): 32-34
147. Schneiter, A. A. (1997): Sunflower Technology and Production. The American Society of Agronomy, 35:1-19
148. Shivaprasad, M., Sheelavantar, M.N., Kulkarni, B.S., Harish, S., Satish, P. (1996): Effect of sowing dates and phosphorus levels on performance of rabi irrigated sunflower. Farming Systems, 12: 30-36
149. Sivasakthi, S., Kanchana, D., Usharani G., Saranraj, P. (2013): Production of Plant Growth Promoting Substance by *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis* Isolates from Paddy Rhizosphere Soil of Cuddalore District, Tamil Nadu, India. International Journal of Microbiological Research, 4(3): 227-233
150. Singhi, S.M., Pacheria (1981): Effect of varying row spacing nitrogen and phosphorus levels on sunflower. Indian Journal of Agronomy, 26: 20-23

151. Solimanzadeh, H., Habibi, D., Ardakani, M.R., Paknejad, F., Rejali, F. (2010): Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to drought stress under different potassium levels. *World Applied Science Journal*, 8(4): 443-448
152. Stajner, D., Kevrean, S., Gasaić, O., Mimica-Dudić, N., Zongli, H. (1997): Nitrogen and *Azotobacter chroococcum* enhance oxidative stress tolerance in sugar beet. *Biol Plant*, 39: 441–445
153. Steenhoudt, O., Vanderleyden, J. (2000): *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. *FEMS Microbiol. Rev.*, 24(4): 487-506
154. Steer, B.T., Hocking, P.J., Kortt, A.A., Roxburgh, C.M. (1984): Nitrogen nutrition of sunflower (*Helianthus annuus* L.): Yield components, the timing of their establishment and seed characteristics in response to nitrogen supply. *Field Crop Research*, 9: 219-236
155. Sudhakar, P., Chattopadhyay, G.N., Gangwar, Sk., Ghosh, J.K. (2000): Effect of foliar application of *Azotobacter*, *Azospirillum* and *Beijerinckia* on leaf yield and quality of mulberry (*Morus alba*). *J.of Agr. Sci.*, 134 : 227-234
156. Suslow, T.V. (1982). Role of root-colonizing bacteria in plant growth. In *Phytopathogenic Procarotes*, Vol. 1. (M.S. Mount and G.S.Lacy, eds.) Academic Press, New York, pp. 187-223
157. Szabó, A., Pepó, P. Zsombik, L. (2002): Az állománysűrűség hatása a napraforgó hibridek termésére 2001-2002-ben. *Agrártudományi Közlemények*
158. Szabó, A., Pepó, P. (2003): Az állománysűrűség hatása a napraforgó termésére 2000-2002-ben. *Agrártudományi Közlemények*

159. Szabó, A. (2014): Időjárási extremitások a napraforgó-termesztésben II. – A kritikus agrotechnikai tényezők szerepe a termésmennyiség növelésében. *Növénytermelés*. 63 (1): 45-68
160. Szabó, A. (2015): Harmónikus trágyázás – Gyakorlati alkalmazás az integrált napraforgó-termesztésben. *Agrárunió*, 2015. március 25.
161. Szmirnov, V.V., Reznyik, Sz.R., Vasziljevskaja, I.A. (1986): *Aerob spóráképző baktériumok*. Budapest: Medicina, 96 p.
162. Szulc, P., Piechota, Jagla, M., Kowalski, M. (2015): A comparative analysis of growth in maize (*Zea mays* L.) hybrids of different genetic profiles depending on type of nitrogen fertilizer and magnesium dose. *Communications in biometry and Crop Science*, 10(2): 73-81.
163. Tamehiro, N., Okamoto-Hosoya, Y., Okamoto, S., Ubukata, M., Hamada, M., Naganawa, H., Ochi, K. (2002): Bacilysocin, a Novel Phospholipid Antibiotic Produced by *Bacillus subtilis* 168. *Antimicrob Agents Chemother.*, 46(2): 315–320
164. Thakuria, D., Talukdar, N.C., Goswami, C., Hazarika, S., Boro, R.C., Khan, M.R. (2004): Characterization and screening of bacteria from rhizosphere of rice grown in acidic soils of Assam. *Curr. Sci.*, 86: 978–985
165. Tóth, B., Kovács, B., Lévai, L., Veres, Sz. (2015): The big question: use of bacteria in agriculture or not? In: K. K. Pant, S. Sinha, S. Bajpai, J. N. Govil (szerk.) *Fertilizer Technology, Vol. 2.: Biofertilizers*. USA: Studium Press LLC, 2015. ISBN 1-62699-041-7, pp. 132-147
166. Trivedi, P., Pandey, A., Palni, L.M.S. (2005): Carrier based preparations of plant growth promoting bacteria suitable for use in the cooler regions. *World J Microbiol Biotechnol.*, 26: 941-945

167. Vacheron, J., Desbrosses, G., Bouffaud, M-L., Touraine, B., Moëgne-Loccoz, Y., Muller, D., Legendre, L., Wisniewski-Dyé, F., Prigent-Combaret, C. (2013): Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. *Front Plant Sci.*, 4: 356-361
168. Vajna, L. (1987): *Növénypatogén gombák*. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, 303 p.
169. van Elsas, D., Wellington, E.M.H., Trevors. J.T. (eds) (1997): *Modern soil microbiology*. New York: Marcel Dekker
170. Ványiné Széles, A. (2008): The effect of crop year and fertilization on the interaction between the SPAD value and yield of maize (*Zea mays* L.) within non-irrigated conditions, *Cereal Research Communications*, 36(2): 1367-1371
171. Várallyay, G. (2007): Láng I., Csete L. és Jolánkai M. (szerk) *A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok (A VAHAVA Jelentés)*. *Agrokémia és Talajtan*, 56(1): 199-202
172. Veres, Sz., Lévai, L., Marozsán, M., Gajdos, É. (2009): The effect of plant growth promoting bacteria containing fertilizer to the photosynthetic activity of maize seedlings. In: Giametta G, Zimbalatti G (szerk.) *Proceedings of XXXIII CIOSTA CIGR V Conference and IUFRO (Unit 3.06.00) Workshop: 'Technology and management to ensure sustainable agriculture, agro-systems, forestry and safety'*. ISBN: 978 88 7583 031 2 pp. 2123-2127
173. Vessey, J.K. (2003): Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255: 571-586
174. Walton, R.B., Woodruff H.B. (1949): A crystalline antifungal agent, mycosubtilin, isolated from subtilin broth. *J. Clin. Invest.*, 28: 924-926

175. Walker, T.S., Bais, H.P., Grotewold, E., Vivanco, J.M. (2003): Root exudation and rhizosphere biology. *Plant Physiol.*, 132: 44–51
176. Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., Guo, S. (2014): The Critical Role of Potassium in Plant Stress Response. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(4): 7370-7390
177. Wellburn, A.R. (1994): The Spectral Determination of Chlorophylls a and b, as well as Total Carotenoids, Using Various Solvents with Spectrophotometers of Different Resolution. *Journal of Plant Physiology*, 144: 307-313
178. White, P.J. (2003): Ion transport. In: Thomas, B., Murphy, D.J., Murray, B.G., eds. *Encyclopaedia of applied plant sciences*. London: Academic Press, 625–634
179. Witkowski, E.T.F., Lamont, B.B. (1991): Leaf specific mass confounds leaf density and thickness. *Oecologia*, 88: 486-493
180. Wue, Q.S., Li, G.H., Zou, Y.N. (2011): Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrient acquisition of peach (*Prunus persica* l. batsch) seedlings. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 21(4): 746-750
181. Zahir, A.Z., Arshad, M., Frankenberger, W.T. Jr (2004): Plant growth promoting rhizobacteria: application and perspectives in Agriculture. *Adv Agron*, 81: 97–168
182. Zhu, J., Tremblay, N., Liang, Y. (2012): Comparing SPAD and atLEAF values for chlorophyll assessment in crop species. *Can. J. Soil Sci.*, 92: 645-648
183. Zubillaga, M.M., Aristi, J.P., Lavado, R.S. (2002): Effect of phosphorus and nitrogen fertilization on sunflower nitrogen uptake and yield. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 188(4): 267-274

184. Zubriski, J.C., Deibert, E.J., Schneider, R.P. (2009): Nitrogen: A limiting factor in sunflower production on non-follow soils.
185. Zsombik, L. (1999): Napraforgó hibridek Diaporthe-fertőzöttségének dinamikai vizsgálata az 1998-as évben. Tudományos Diákköri Dolgozat. XXIV. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Agrártudományi Szekció. Gyöngyös
186. Zsombik, L., Pepó, P. (2003): Napraforgó hibridek trágyareakciója eltérő évjáratokban. III. Növénytermesztési Tudományos Nap. Proceedings 429-434
187. Zsombik, L., Pepó, P. (2003): Napraforgó hibridek trágyareakciója eltérő évjáratokban. Agrárágazat 8. 1. 40-43
188. Zsombik, L. (2006a): A napraforgó-termesztésének helyzete, a hibridmegválasztás fontosabb kérdései. Agrárágazat, 7(1): 22-24
189. Zsombik, L. (2006b): A napraforgó olajtartalmát befolyásoló tényezők. Agrárágazat 7(3): 52-55
190. Zsombik, L. (2006c): A napraforgó hibridspecifikus vetésidejének komplex vizsgálata a hajdúsági löszháton. Doktori (Ph.D.) értekezés. Debrecen.
191. Zsombik, L. (2007): Effect of sowing time on yield and oil content of sunflower hybrids in hajdúság. Cereal Research Communications, 35(2): 1349-1352
192. Zsombik, L., Borbélyné, H.É., Kutasy, E. (2002): Újabb adatok a napraforgó hibridspecifikus vetéstechnológiájához. In: Jávora A. (szerk.) Innováció, a tudomány és gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban. Debrecen. 242-248
193. Zsombik, L., Pepó, P. (2004): Napraforgó hibridek Diaporthe/phomopsis helianthi - fertőzöttségi viszonyainak alakulása a hajdúsági löszháton 1998-2002 között. Növénytermelés, 23-35

194. Yang, J., Pan., X. (2013): Root exudates from sunflower (*Helianthus annuus* L.) show a strong adsorption ability toward Cd(II). *Journal of Plant Interactions*,8(3): 263-270
195. Yang, H., Li, J., Yang, J., Wang, H., Zou, J., He, J. (2014): Effects of Nitrogen Application Rate and Leaf Age on the Distribution Pattern of Leaf SPAD Readings in the Rice Canopy. *PLOS ONE* 9(3): e92509. doi: 10.1371/journal.pone.0092509
196. Yeole, R.D., Dube, H.C. (2000): Siderophore mediated antibiosis of Rhizobacterial fluorescent *Pseudomonas* against certain soil borne fungal plant pathogens. *Journal of Mycology and Plant Pathology*, 30: 335-338

11. ÁBRÁK JEGYZÉKE

- 1. ábra** PGPR kezelésnek köszönhető morfológiai és fiziológiai változások, melyek hozzájárulnak az abiotikus stressztoleranciához. IES: indol-ecetsav; ExoPSZ: exopoliszacharidok; ACC deamináz: 1-aminociklopropán-1-karboxiláz-deamináz (Dutta és Khurana (2009) alapján)

- 2. ábra** A tápelemek felvehetősége a kémhatás függvényében

- 3. ábra** Folyamatos levegőztetés mellett, hidropónikusan, klímaszobában nevelt növények (fotó: Nagy, 2013)

- 4. ábra** A napraforgó hidropónikus nevelése klímaszobában (fotó: Nagy, 2013)

- 5. ábra** A napraforgó hajtás és gyökér része (3.: kontroll, 4.: 'A' biotrágya) (fotó: Nagy, 2013)

- 6. ábra** A klorofill molekulák a vörös fény egy részét abszorbeálják, az infravörös fényt viszont átengedik, így a készülék az érzékelőbe érkező fénysugarak intenzitásának arányosításával egy indexet (SPAD érték) képez (Dobos, 2013 alapján)

- 7. ábra** SPAD-502 (Minolta, Oszaka, Japán) relatív klorofillmérő (fotó: Nagy, 2012)

- 8. ábra** A fotoszintetikus pigmentek mennyiségének meghatározása spektrofotométerrel (fotó: Nagy, 2013)

- 9. ábra** Mikroorganizmus alapú biotrágya hatása napraforgó hibridek (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma) hajtásának szárazanyag-tartalmára (g hajtás⁻¹). A hibrid és a kezelések között nincs szignifikáns összefüggés. Fajta hatása $p \leq 0,05$ szinten

szignifikáns, kezelés hatása $p \leq 0,05$ szinten szignifikáns. $n=9$, $\pm s.e.$ Debrecen, 2012-2014

10. ábra Mikroorganizmus alapú biotrágya hatása napraforgó hibridek (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma) gyökerének szárazanyag-tartalmára (g gyökér^{-1}). A hibrid és a kezelések között nincs szignifikáns összefüggés. Fajta hatása $p \leq 0,05$ szinten szignifikáns, kezelés hatása $p < 0,01$ szinten szignifikáns. $n=9$, $\pm s.e.$ Debrecen, 2012-2014

11. ábra Mikroorganizmus alapú biotrágya hatása napraforgó hibridek (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma) hajtás és gyökér szárazanyag-tartalmának arányára (hajtás/gyökér). A hibrid és a kezelések között nincs szignifikáns összefüggés. $n=9$, $\pm s.e.$ Debrecen, 2012-2014

12. ábra A specifikus levélterület (SLA) értéke ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) az idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontroll növények esetében (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma.) $n=6$, $\pm s.e.$, $p < 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$ a kor szerinti különbség tekintetében. Debrecen, 2012-2014

13. ábra A specifikus levélterület (SLA) értéke ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) az idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél az 'A' biotrágya-kezelés hatására (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10.

PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma). $n=6$, $\pm s.e.$, $p<0.05^*$ a kor szerinti különbség tekintetében. Debrecen, 2012-2014

14. ábra A specifikus levélterület (SLA) értéke ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) az idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél a 'B' biotrágya-kezelés hatására (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma). $n=6$, $\pm s.e.$, $p\leq 0.05^*$, $p<0.01^{**}$ a kor szerinti különbség tekintetében. Debrecen, 2012-2014

15. ábra A specifikus levélterület (SLA) értéke ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) az idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél a 'C' biotrágya-kezelés hatására (7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma). $n=6$, $\pm s.e.$, $p<0.05^*$, $p<0.01^{**}$, $p<0.001^{***}$ a kor szerinti különbség tekintetében. Debrecen, 2012-2014

16. ábra A specifikus levélterület (SLA) értékének ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) változása biotrágya-kezelések (A: 'A' jelű biotrágya, B: 'B' jelű biotrágya) hatására Barolo, Heliasol, Alego, PR63E82, P63LE13, P64LE25 hibrideknél. $n=6$, $\pm s.e.$, $p<0.001^{***}$ a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014

17. ábra A specifikus levélterület (SLA) értékének ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) változása biotrágya-kezelések (A: 'A' jelű biotrágya, B: 'B' jelű biotrágya, C: 'C' jelű biotrágya) hatására Brio, Alexandra, Kondi, PR64H42, Estiva, Morena hibrideknél. $n=6$, $\pm s.e.$, $p\leq 0.05^*$, $p<0.01^{**}$, $p<0.001^{***}$ a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014

18. ábra A specifikus levélterület (SLA) értékének ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) változása biotrágya-kezelések (A: 'A' jelű biotrágya, B: 'B' jelű biotrágya, C: 'C' jelű biotrágya) hatására Paraiso 102, Paraiso 1000, Sunflora, Lolita, Talento, Ferti, hibrideknél. $n=6$, $\pm\text{s.e.}$, $p \leq 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, $p < 0.001^{***}$ a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014

19. ábra A specifikus levélterület (SLA) értékének ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) változása biotrágya-kezelések (A: 'A' jelű biotrágya, B: 'B' jelű biotrágya, C: 'C' jelű biotrágya) hatására Tutti, Oktava, Stradi, Meridies, Tristan, Neoma hibrideknél. $n=6$, $\pm\text{s.e.}$, $p \leq 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, $p < 0.001^{***}$ a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014

20. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontroll növények esetében (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma). $n=6$, $\pm\text{s.e.}$, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$ a kor szerinti különbség tekintetében. Debrecen, 2012-2014

21. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél az 'A' biotrágya-kezelés esetében (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma) $n=12$, $\pm\text{s.e.}$, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, $p < 0.001^{***}$ a kor szerinti különbség tekintetében. Debrecen, 2012-2014

22. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél az 'B' biotrágya-kezelés esetében (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23.

Tristan, 24. Neoma.) $n=12$, $\pm s.e.$, $p<0.05^*$, $p<0.01^{**}$, $p<0.001^{***}$ a kor szerinti különbség tekintetében. Debrecen, 2012-2014

23. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél az 'B' biotrágya-kezelés esetében (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma.) $n=12$, $\pm s.e.$, $p<0.05^*$, $p<0.01^{**}$, $p<0.001^{***}$ a kor szerinti különbség tekintetében. Debrecen, 2012-2014

24. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása idősebb (1. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Barolo, Heliasol, Alego, PR63E82, P63LE13, P64LE25) $n=12$, $\pm s.e.$, $p<0.01^{**}$ a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014

25. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Barolo, Heliasol, Alego, PR63E82, P63LE13, P64LE25) $n=12$, $\pm s.e.$, $p<0.01^{**}$ a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014

26. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása idősebb (1. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Brio, Alexandra, Kondi, PR64H42, Estiva, Morena) $n=12$, $\pm s.e.$, $p<0.01^{**}$ a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014

27. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Brio, Alexandra, Kondi, PR64H42, Estiva, Morena) $n=12$, $\pm s.e.$, $p\leq 0.05^*$ a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014

- 28. ábra** A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása idősebb (1. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Paraiso 102, Paraiso 1000, Sunflora, Lolita, Talento, Ferti) $n=12$, $\pm s.e.$ Debrecen, 2012-2014
- 29. ábra** A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Paraiso 102, Paraiso 1000, Sunflora, Lolita, Talento, Ferti) $n=12$, $\pm s.e.$, $p \leq 0.05^*$ a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014
- 30. ábra** A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása idősebb (1. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Tutti, Oktava, Stradi, Meridies, Tristan, Neoma) $n=12$, $\pm s.e.$, $p < 0.01^{**}$ a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014
- 31. ábra** A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Tutti, Oktava, Stradi, Meridies, Tristan, Neoma) $n=12$, $\pm s.e.$, $p < 0.01^{**}$ a kontrollhoz viszonyítva. Debrecen, 2012-2014
- 32. ábra** Mikroorganizmus alapú biotrágya hatása napraforgó hibridek (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma) remobilizációs hányadosára (NRR). A hibrid és a kezelések között nincs szignifikáns összefüggés. A kezelés hatása $p \leq 0,05$ szinten szignifikáns. $n=12$, $\pm s.e.$ Debrecen, 2012-2014
- 33. ábra** A klorofill-a tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint) és fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Barolo, Heliasol, Alego, PR63E82, P63LE13, P64LE25) $n=3$, $\pm s.e.$, $p \leq 0,05^*$, $p < 0.01^{**}$, $p < 0.001^{***}$,

a kontrollhoz viszonyítva, $p \leq 0,05^a$, $p < 0,01^b$, idős és fiatal közötti szignifikáns különbség. Debrecen, 2012-2014

34. ábra A klorofill-a tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint) és fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Brio, Alexandra, Kondi, PR64H42, Estiva, Morena) $n=3$, $\pm s.e.$, $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz viszonyítva, $p \leq 0,05^a$, $p < 0,01^b$, idős és fiatal közötti szignifikáns különbség. Debrecen, 2012-2014

35. ábra A klorofill-a tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint) és fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Paraiso 102, Paraiso 1000, Sunflora, Lolita, Talento, Ferti) $n=3$, $\pm s.e.$, $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz viszonyítva, $p \leq 0,05^a$, $p < 0,01^b$, $p < 0,001^c$ idős és fiatal közötti szignifikáns különbség. Debrecen, 2012-2014

36. ábra A klorofill-a tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint) és fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Tutti, Oktava, Stradi, Meridies, Neoma, Ferti) $n=3$, $\pm s.e.$, $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz viszonyítva, $p \leq 0,05^a$, $p < 0,01^b$, $p < 0,001^c$ idős és fiatal közötti szignifikáns különbség. Debrecen, 2012-2014

37. ábra Mikroorganizmus alapú biotrágyák hatása napraforgó hibridek idősebb (1. szint) levél (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma) klorofill-a/klorofill-b hányados értékének változására. A hibrid és a kezelések között nincs szignifikáns összefüggés. A kezelések és hibrid hatás sem szignifikáns. $n=3$, $\pm s.e.$ Debrecen, 2012-2014

38. ábra Mikroorganizmus alapú biotrágyák hatása napraforgó hibridek fiatalabb (2. szint) levél (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14.

Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 20. Oktava, 21. Stradi, 22. Meridies, 23. Tristan, 24. Neoma) klorofill-a/klorofill-b hányados értékének változására. A hibrid és a kezelések között nincs szignifikáns összefüggés. A kezelések és hibrid hatás sem szignifikáns. $n=3$, \pm s.e. Debrecen, 2012-2014

39. ábra A karotinoid tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint) és fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Barolo, Heliasol, Alego, PR63E82, P63LE13, P64LE25) $n=3$, \pm s.e., $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz viszonyítva, $p \leq 0,05^a$, $p < 0,01^b$, idős és fiatal közötti szignifikáns különbség. Debrecen, 2012-2014

40. ábra A karotinoid tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint) és fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Brio, Alexandra, Kondi, PR64H42, Estiva, Morena) $n=3$, \pm s.e., $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz viszonyítva, $p \leq 0,05^a$, $p < 0,01^b$, idős és fiatal közötti szignifikáns különbség. Debrecen, 2012-2014

41. ábra A karotinoid tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint) és fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Paraiso 102, Paraiso 1000, Sunflora, Lolita, Talento, Ferti) $n=3$, \pm s.e., $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz viszonyítva, $p \leq 0,05^a$, $p < 0,01^b$, idős és fiatal közötti szignifikáns különbség. Debrecen, 2012-2014

42. ábra A karotinoid tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint) és fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Tutti, Oktava, Stradi, Meridies, Tristan, Neoma) $n=3$, \pm s.e., $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz viszonyítva, $p \leq 0,05^a$, $p < 0,01^b$, idős és fiatal közötti szignifikáns különbség. Debrecen, 2012-2014

- 43. ábra** A pH változás (ΔpH) értéke a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Barolo, Heliasol, Alego, PR63E82, P63LE13, P64LE25) $n=3$, $\pm\text{s.e.}$ A kezelés hatása nem szignifikáns. Debrecen, 2012-2014
- 44. ábra** A pH változás (ΔpH) értéke a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Brio, Alexandra, Kondi, PR64H42, Estiva, Morena) $n=3$, $\pm\text{s.e.}$ A kezelés hatása nem szignifikáns. Debrecen, 2012-2014
- 45. ábra** A pH változás (ΔpH) értéke a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Paraiso 102, Paraiso 1000, Sunflora, Lolita, Talento, Ferti) $n=3$, $\pm\text{s.e.}$ A kezelés hatása nem szignifikáns. Debrecen, 2012-2014
- 46. ábra** A pH változás (ΔpH) értéke a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Tutti, Oktava, Stradi, Meridies, Tristan, Neoma) $n=3$, $\pm\text{s.e.}$ A kezelés hatása nem szignifikáns. Debrecen, 2012-2014

12. TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. *táblázat* A világ 10 legnagyobb napraforgó termesztő országa (Maps of World alapján, 2016. februári adatok)
2. *táblázat* A hazai napraforgó-termesztés főbb adatai (betakarított terület; betakarított összes termés; termésátlag) 2000 és 2010-2014 (Agrárgazdasági Kutató Intézet adatai alapján, 2014)
3. *táblázat* A tápanyagellátás szerepe a napraforgó-termesztésében (Pepó, 2008 alapján)
4. *táblázat* Biotrágya alapját képezhető lehetséges mikroorganizmusokkal végzett vizsgálatok
5. *táblázat* *ABacillus subtilis* mikroszkopikus gombákat gátló antibiotikumai és leírója
6. *táblázat* A vizsgált napraforgó hibridek, azok érésideje, olajtartalma (%) és terméspotenciálja ($t\ ha^{-1}$) (n.a.= nincs adat)
7. *táblázat* A vizsgált napraforgó hibridek szárazanyag-tartalmának ($g\ növény^{-1}$) változás mikroorganizmus alapú biotrágya-kezelés ('A', 'B', 'C') hatására $\pm s.e.$; $n=9$. A kezelések és a kontroll átlagai közötti szignifikáns különbség jelölése: $p \leq 0,05^*$, $p \leq 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$ A különböző betűjelzések (a, b, c, d) a szignifikáns különbséget jelölik a kontroll szárazanyag-értékek között.

13. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton mondok köszönetet konzulensemnek, *Dr. Veres Szilvia* egyetemi docensnek a kísérletekhez és a doktori értekezés elkészítéséhez nyújtott segítségével. Köszönöm *Dr. Lévai László* ny. egyetemi docens segítségét, hasznos tanácsait és észrevételeit, valamint, hogy tanszékvezetőként lehetőséget biztosított az irányítása alatt álló kutatómunkába való bekapcsolódásra.

Köszönöm *Dr. Tóth Brigitta* egyetemi tanársegéd és *Csákyné Faragó Erzsébet* laboráns a kísérletek beállításához, kivitelezéshez nyújtott segítségét. Köszönöm *Dr. Tóth Brigitta* egyetemi tanársegéd és *Dr. Makleit Péter* egyetemi adjunktus segítségét a publikációk elkészítésében, megjelentetésében.

Köszönöm a Debreceni Egyetem, MÉK, Növénytudományi Intézet Mezőgazdasági Növényteni, Növényélettani és Biotechnológiai Tanszék minden dolgozójának és hallgatóinak a vizsgálataim elvégzéséhez nyújtott segítségüket.

Köszönetemet fejezem ki dolgozatom bírálóinak, *Dr. Zsombik Lászlónak* és *Dr. Kruppa Józsefnek*, hogy opponensi észrevételeikkel, szakmai javaslataikkal hozzájárultak a doktori értekezés végleges formájának elkészítéséhez.

Köszönöm családom tagjainak, elsősorban Édesapám végtelen támogatását, a belém fektetett bizalmukat és türelmüket.

Köszönöm!

14. PUBLIKÁCIÓJEGYZÉK



DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR



Nyilvántartási szám: DEENK/76/2017.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Nagy László
Neptun kód: CLCA9F
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10054887

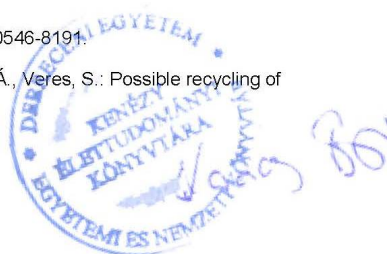
A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű konferencia közlemények (1)

1. Hankovszky, G., Bojtor, C., **Nagy, L.**, Gombás, D., Tóth, B.: Komplementációs vizsgálatok a biogáz üzemi présvíznél.
In: 56. Georgikon Napok, PE Georgikon Kar, Keszthely, 144-152, 2015.

Időgen nyelvű konferencia közlemények (7)

2. Tóth, B., Nagy, L. G., **Nagy, L.**, Veres, S., Lévai, L.: Is there any possible way of the use of industrial wastes in crop production?
In: Legislation, Technology and Practice of Mine Land Reclamation: Proceedings of the Beijing International Symposium on Land Reclamation and Ecological Restoration (LRER 2014), Beijing, China, 16-19 October 2014. Ed.: Zhenqi Hu, CRC Press, London, 243-246, 2015. ISBN: 9781138027244
3. Bodnár, K. B., Nagy, L. G., **Nagy, L.**, Hankovszky, G., Makleit, P., Lévai, L., Veres, S., Tóth, B.: Are there different effects of biofertilizers on maize hybrids?
Research People and Actual Tasks on Multidisciplinary Sciences. 4, 11-15, 2013. ISSN: 1313-7735.
4. **Nagy, L.**, Nagy, L. G., Tóth, B., Makleit, P., Veres, S.: Improving soil fertility by applying biofertilizer.
Növénytermelés. 62 (Suppl.), 281-284, 2013. ISSN: 0546-8191.
5. Tóth, B., Nagy, L. G., **Nagy, L.**, Lévai, L., Fodor, F., Solti, Á., Veres, S.: Possible recycling of industrial wastes and by-products in agriculture.
Proc. Env. Sci. 18, 737-741, 2013. ISSN: 1878-0296.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proenv.2013.04.100>



Cím: 4032 Debrecen, Egyetem tér 1. ☐ Postacím: 4010 Debrecen, Pf. 39. ☐ Tel.: (52) 410-443
E-mail: publikaciok@lib.unideb.hu ☐ Honlap: www.lib.unideb.hu



6. Bodnár, K. B., Nagy, L. G., **Nagy, L.**, Hankovszky, G., Veres, S., Tóth, B.: Role of biofertilizers in sustainable agriculture.
In: Book of Abstracts : Krakow Conference of Young Scientists. Krakow, September 26-28, 2013, KKMU, Krakow, 62-66, 2013.
7. Nagy, L. G., **Nagy, L.**, Bodnár, K. B., Veres, S., Tóth, B.: Suitable nutrient supply - good fertility.
Növénytermelés. 62 (Suppl.), 409-412, 2013. ISSN: 0546-8191.
DOI: <http://dx.doi.org/10.12666/Novenyterm.62.2013.suppl>
8. Tóth, B., Bodnár, K. B., Nagy, L. G., **Nagy, L.**, Hankovszky, G., Lévai, L., Veres, S.: Use of by-products of lime factory in the maintenance of soil pH.
Research People and Actual Tasks on Multidisciplinary Sciences. 4, 31-35, 2011. ISSN: 1313-7735.

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (6)

9. **Nagy, L.**, Nagy, L. G., Makleit, P.: Cyclic hydroxamic acid content of maize hybrids measured by HPLC-method.
In: 48th Croatian and 8th International Symposium on Agriculture : Book of Abstracts. Ed.: Sonja Marić, Zdenko Lončarić, Faculty of Agriculture, University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Dubrovnik, Croatia, 192, 2013.
10. Makleit, P., Bodnár, K. B., Hankovszky, G., Tóth, B., Lévai, L., Veres, S., **Nagy, L.**, Nagy, L. G.: Dimboa- and Dibo- content of various maize (*Zea Mays L.*) hybrids.
In: Research People and Actual Tasks on Multidisciplinary Sciences : fourth Conference : Volume 1: Agriculture and Veterinary medicine. Technical sciences, Processing & Post Harvest Technology and Logistics, Power and machinery : Lozenec, Bulgaria, 12-16 June, 2013, Bulgarian National Multidisciplinary Scientific Network of the Professional Society for Research Work, Lozenec, 120-124, 2013.
11. Tóth, B., **Nagy, L.**, Nagy, L. G., Veres, S., Lévai, L.: Lead pollution and living bacteria containing fertilizers.
In: Phytotechnologies, International Phytotechnology Society, New York, 177, 2013.
12. **Nagy, L.**, Nagy, L. G., Tóth, B., Makleit, P., Veres, S.: Sensitivity of different sunflower hybrids to biofertilizer treatments.
In: Research People and Actual Tasks on Multidisciplinary Sciences : fourth Conference : Volume 1: Agriculture and Veterinary medicine. Technical sciences, Processing & Post Harvest Technology and Logistics, Power and machinery : Lozenec, Bulgaria, 12-16 June, 2016, Bulgarian National Multidisciplinary Scientific Network of the Professional Society for Research Work, Lozenec, 262-265, 2016.



13. Nagy, L. G., **Nagy, L.**, Bodnár, K. B., Lévai, L., Veres, S., Tóth, B.: Sustainable plant nutrition - the global challenge.
In: 3rd AGRIMBA-AVA Congress, Agribusiness and Rural Development as a Global Challenge, Programme and abstract book. Ed.: Wim Heijman, University of the Mediterranean in Podgorica, Budva, Montenegro, 21, 2013.
14. Nagy, L. G., **Nagy, L.**, Makleit, P., Lévai, L., Hankovszky, G., Bodnár, K. B., Veres, S., Tóth, B.: Use of living bacteria containing fertilizer for the good nutrient supply.
Research People and Actual Tasks on Multidisciplinary Sciences. 1, 21-25, 2013. ISSN: 1313-7735.

További közlemények

Magyar nyelvű közlemények hazai folyóiratban (1)

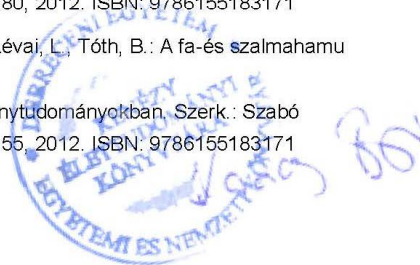
15. Nagy, L. G., **Nagy, L.**, Bodnár, K. B., Makleit, P., Lévai, L., Veres, S., Tóth, B.: Biotrágyák hatása kukoricahibridek főbb növényfiziológiai paramétereire.
Növénytermelés. 62 (5), 67-78, 2013. ISSN: 0546-8191.

Idegen nyelvű közlemények külföldi folyóiratban (1)

16. Tóth, B., Nagy, L. G., Veres, S., **Nagy, L.**, Lévai, L.: Industrial by-products: stress factors or nutrients?
J. Med. Bioeng. 3 (4), 288-291, 2013. ISSN: 2301-3796.
DOI: <http://dx.doi.org/10.12720/jomb.3.4.288-291>

Magyar nyelvű konferencia közlemények (2)

17. Hankovszky, G., **Nagy, L.**, Nagy, L. G., Juhász, C., Veres, S., Lévai, L., Tóth, B.: A biogáz üzemi présvíz lehetséges alkalmazása a növénytaplálásban.
In: Alap és alkalmazott kutatások eredményei a növénytudományokban. Szerk.: Szabó András, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 174-180, 2012. ISBN: 9786155183171
18. Bojtok, K., **Nagy, L.**, Nagy, L. G., Juhász, C., Veres, S., Lévai, L., Tóth, B.: A fa- és szalmahamu vizsgálata, mint lehetséges növényi tápanyagforrás.
In: Alap és alkalmazott kutatások eredményei a növénytudományokban. Szerk.: Szabó András, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 149-155, 2012. ISBN: 9786155183171





Idegen nyelvű konferencia közlemények (1)

19. Tóth, B., **Nagy, L.**, Nagy, L. G., Ványiné Széles, A., Lévai, L.: Agricultural use of sewage sludge to reduce environmental pollution.
Int. Proc. Chem., Biol. Envir. Eng. 44, 34-37, 2012. ISSN: 2010-4618.

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (4)

20. Makleit, P., **Nagy, L.**, Nagy, L. G., Veres, S.: Az együttes nevelés hatása a napraforgó (*Helianthus annuus* L. cv.: NK Brio) és a bojtortján szerbtóvis (*Xanthium strumarium* L.) növekedésére és fotoszintetikus pigment tartalmára.
In: LV Georgikon napok : 55th Georgikon Scientific Conference : Kivonat-kötet : Programfüzet, valamint az elhangzó és poszter előadások rövid kivonatainak gyűjteménye, Universitas Pannonia, Keszthely, 68, 2013. ISBN: 9789639639522
21. Nagy, L. G., **Nagy, L.**, Lévai, L., Veres, S., Bodnár, K. B., Tóth, B.: Baktérium tartalmú biotrágyák hatása a növénytermesztésben.
In: LV Georgikon napok : 55th Georgikon Scientific Conference : Kivonat-kötet : Programfüzet, valamint az elhangzó és poszter előadások rövid kivonatainak gyűjteménye, Universitas Pannonia, Keszthely, 73, 2013. ISBN: 9789639639522
22. **Nagy, L.**, Nagy, L. G., Tóth, B., Makleit, P., Veres, S.: Biotrágyák hatása napraforgó (*Helianthus Annuus* L.) fiziológiai paramétereire.
In: LV. Georgikon napok: Georgikon Scientific Conference : Kivonat-kötet : Programfüzet, valamint az elhangzó és poszter előadások rövid kivonatainak gyűjteménye, Universitas Pannonia, Keszthely, 74, 2013. ISBN: 9789639639522
23. Veres, S., Malik, I., Tóth, B., Makleit, P., **Nagy, L.**, Nagy, L. G., Rengel, Z.: Búza genotípusok fotokémiai aktivitásának változása eltérő adagú nitrogéntáplálásnál.
In: LV Georgikon napok : 55th Georgikon Scientific Conference : Kivonat-kötet : Programfüzet, valamint az elhangzó és poszter előadások rövid kivonatainak gyűjteménye, Universitas Pannonia, Keszthely, [1], 2013. ISBN: 9789639639522

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (3)

24. Nagy, L. G., **Nagy, L.**, Tóth, B., Lévai, L., Veres, S.: Biofertilizer application as a tool of sustainable and economical agriculture.
In: 3rd AGRIMBA-AVA Congress, Agribusiness and Rural Development as a Global Challenge, Programme and abstract book. Ed.: Wim Heijman, University of the Mediterranean in Podgorica, Budva, Montenegro, 16, 2013.
25. Hankovszky, G., Bodnár, K. B., Nagy, L. G., **Nagy, L.**, Lévai, L., Veres, S., Tóth, B.: Effect of fluid by-product of biogas factory on *Helianthus annuus*.
Research People and Actual Tasks on Multidisciplinary Sciences. 1, 41-45, 2013. ISSN: 1313-7735.



26. Tóth, B., Lévai, L., Ványiné Széles, A., **Nagy, L.**, Nagy, L. G., Bákonyi, N., Veres, S.: To sustain sustainability in agricultural using industrial by-products.

In: Phytotechnologies-plant based strategies to clean water, soil, air and provide ecosystem services : Abstracts of 9th IPS Conference, [Hasselt University], [Diepenbeek], 35, 2012.

A DEENK a Jelölt által az IDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2017.03.29.



NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem, Kerpely Kálmán Doktori Iskola keretében készítettem el, a Debreceni Egyetem doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2017. március 31.

.....
a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy Nagy László doktorjelölt 2012-2015 között a fent nevezett Doktori Iskola keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezéshez foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javaslom.

Debrecen, 2017. április 1.

.....
a témavezető aláírása