

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

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

Készítette:

Nagy László
doktorjelölt

Témavezető:

Dr. Veres Szilvia
egyetemi docens



DEBRECENI EGYETEM
Kerpely Kálmán Doktori Iskola

Debrecen, 2017

1. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS ELŐZMÉNYEI ÉS CÉLKITŰZÉSEI

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. Eredményképpen 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.

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. 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-szárazanyagtartalom és arány, specifikus levélterület (SLA) fiatalabb és idősebb levélben, relatív (SPAD index) és tényleges klorofilltartalom, klorofill-a, -b és karotinoidok mennyisége ugyancsak korfüggésben, nitrogén remobilizációs ráta (NRR) és a nevelési közeg kémhatásának változása.

2. ANYAG és MÓDSZER

2.1. A kísérleti körülmények

2.1.1. Kísérleti növények

A kísérleti növények napraforgó (*Helianthus annuus* L.) hibridjei voltak (PR63E82, Heliasol RM, P64LE25, Barolo RM, P63LE13, NK Alego, NK Brio, Alexandra PR, NK Kondi, PR64H42, NK Oktava, NK Stradi, NK Tristan, NK Neoma, Tutti HO, NK FERTI, Talento CL (NX 99338), Mv Lolita, Sunflora CL, Paraiso 1000 CL PLUS, Paraiso 102 CL, Morena CL, Meridies CL, NK Estiva). A magvak felületének fertőtlenítését 30 %-os H_2O_2 -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 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 0,7mM K_2SO_4 , 0,5mM MgSO_4 , 0,1mM KH_2PO_4 , 0,1mM KCl, 10 μM H_3BO_3 , 1 μM MnSO_4 , 1 μM ZnSO_4 , 0,2 μM CuSO_4 , 0,01 μM $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$. A növények a vasat 100 μM Fe(III)-EDTA formában kapták. A tápoldatot háromnaponta cseréltük, a tápoldat levegőztetése folyamatos volt. 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 kezelésenként és hibridenként.

2.1.2. A nevelés körülményei

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

2.1.2.1. 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*
- Összcsíraszám: $(5 \times 10^9 \text{ db cm}^{-3})$

A 'B' jelölésű baktériumtrágya összetétele:

- *Azospirillum lipoferum*

- *Azotobacter vinelandii*
 - *Bacillus circulans*
 - *Bacillus megaterium*
 - *Bacillus subtilis*
 - *Micrococcus roseus*
 - *Pseudomonas fluorescens*
- Összcíraszám: $5,2 \times 10^9$ db cm^{-3}

A 'C' jelölésű baktériumtrágya összetétele:

- *Azotobacter chroococcum*
 - *Azospirillum lipoferum*
 - *Bacillus megaterium*
 - *Bacillus subtilis*
- Összcíraszám: 1×10^9 db cm^{-3} + 3×10^7 db cm^{-3}

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

2.2. Az alkalmazott módszerek

2.2.1. 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 minták tömegét a lehűlést követően négy tizedesjegy pontossággal mértük. A mérésekhez OHAUS Explorer (Svájc) típusú analitikai mérleget használtunk. A minták szárazanyag-tartalmát a frisstömeg százalékában számoltuk ki (DM%). Kezelésként kiszámoltuk továbbá a hajtás/gyökér arányt.

2.2.2. Specifikus levélterület meghatározása

A növényi-szárazanyagtartalom, illetve a levél szerkezetének számszerű jellemzésére a specifikus levélterület (specific leaf area=SLA) értékét használtuk. 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 használódik fel a növényi szárazanyag felhalmozódására

A specifikus levélterület meghatározásához a növény fiatal és idősebb leveleiből 7 mm átmérőjű levélkorongokat vettünk, mintánknét 4 db-ot. A korongokat számozott alufóliába csomagoltuk, majd 104°C -os szárítószekrényben 2 napig, tömegállandóságig szárítottuk. A mintákat excikátorban, CaCl_2 felett hagytuk kihűlni, majd a száraz mintákat a lehűlést követően négy tizedesjegy pontossággal mértük. A mérésekhez OHAUS Explorer (Svájc) típusú analitikai mérleget használtunk.

2.2.3. Relatív klorofilltartalom mérése

A relatív klorofilltartalom mérését (SPAD-index) SPAD-502 (Minolta, Japán) klorofillmérővel végeztük. A készülék a relatív klorofilltartalmat SPAD (Soil Plant Analysis Development) értékben fejezi ki, amit a levélen áthaladt vörös és infravörös fény intenzitásából kalkulál. A műszer a relatív össz-klorofilltartalomról ad információt. Méréseinket 40-szeres ismétlésben végeztük, mind fiatal, mind az idősebb levelek esetében.

2.2.3.1. Nitrogén remobilizációs képesség értékelése

Az egyes hibridek nitrogén-remobilizációs képességét, azaz a nitrogén fiatalabb levelekbe való újrahasonosításának 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 relatív klorofilltartalma

$SPAD_i$ = idősebb levél relatív klorofilltartalma

2.2.4. Fotoszintetikus pigmentek kvalitatív és kvantitatív meghatározása

A fotoszintetikus pigmentek, azaz a klorofill-a, -b és a karotinoid tartalom meghatározásához a friss levelekből – fiatalabb és idősebb levél – 0,05 grammnyi levélkorongot vettünk, amelyekből kivontuk 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 a következő összefüggések alapján számoltuk ki.

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

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

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

A mérésekben felhasznált paraméterek:

a_{480} : 480 nm-en mért abszorbancia

a_{647} : 647 nm-en mért abszorbancia

a_{664} : 664 nm-en mért abszorbancia

Számoltuk az összklorofill/karotinoid arányt, amely érték információt ad a növény stresszel szembeni plaszticitásáról, stressztűrő képességéről.

2.2.5. 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:

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

2.2.6. 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 használtunk. 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.

3. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELEÉSÜK

3.1. A szárazanyag-gyarapodás változása biotrágya-kezelések hatására

Kísérleteink során összehasonlítottuk a vizsgált hibridek szárazanyag-tartalmát a kontroll növényeknél és a biotrágya-kezelések hatására. Eredményeinket az *1. táblázatban* foglaltuk össze.

1. táblázat A vizsgált napraforgó hibridek szárazanyag (g növény⁻¹) tartalmának 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) 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

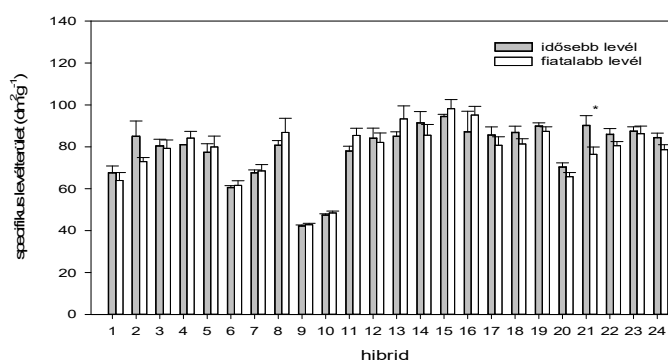
A legnagyobb szárazanyag-tartalommal a Morena (1,282 $\pm$ 0,09) és a Paraiso 1000 (1,282 $\pm$ 0,11) hibridek jellemezhetőek, néhány százalékkal kevesebb, de ugyancsak magas a Meridies, a Barolo, a Ferti és a Neoma szárazanyag-tartalma (*1. táblázat*). A legkisebb szárazanyag-tartalommal a Heliasol (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 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. A 10% fölötti teljes szárazanyag-gyarapodások mögött ugyanakkor a gyökér intenzívebb gyarapodása áll, ami a továbbiakban is alapját képezi a jobb tápanyagellátásnak.

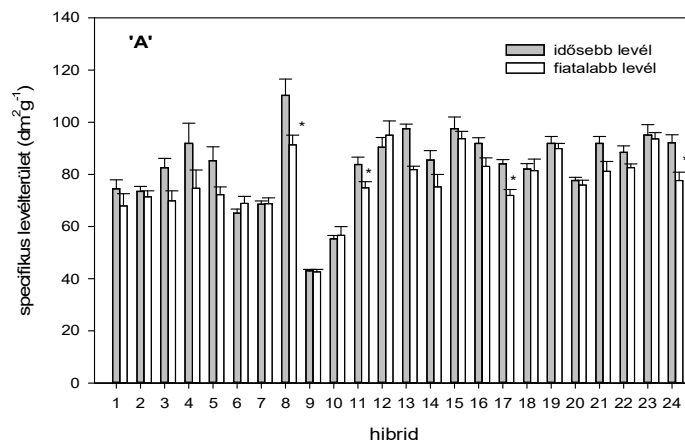
3.2. A specifikus levélterület értékének változása mikroorganizmus alapú biotrágya-kezelés hatására

Kísérleteink során mértük a kezelések hatását a specifikus levélterület változására is. A növényi produkció, a növényi szárazanyag-tartalom, illetve a levél szerkezetének számszerű jellemzésére a specifikus levélterület (Specific Leaf Area=SLA) elismerten alkalmazható. Értéke a friss levél területének és szárazanyag-tartalmának a hányadosa ($\text{mm}^2 \text{mg}^{-1}$ vagy $\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$). 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. 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 jelentős különbség lehet. Amint az *1. ábra* eredményei mutatják fajon belül, a hibrdek között is eltérés van. Idősebb és fiatalabb levelek SLA értékeit összehasonlítva (*1. ábra*) a kontroll egyedek esetében szignifikáns különbség nem tapasztalható, kivéve a 21-es számmal jelölt 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 hibrdekre a $60\text{--}80 \text{ dm}^2 \text{g}^{-1}$ értéktartomány érvényes.

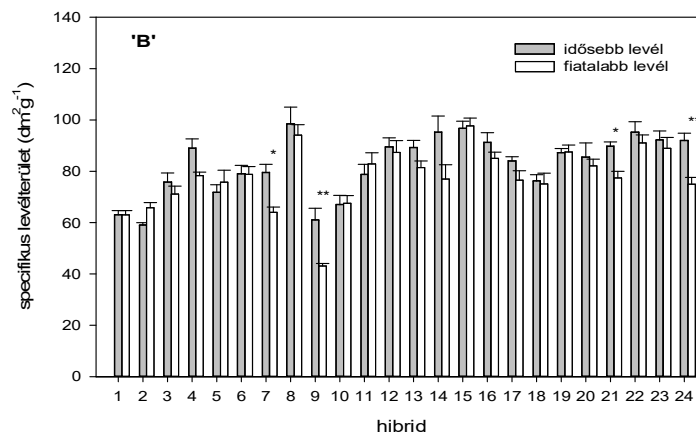


1. ábra A specifikus levélterület (SLA) értéke ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) az idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontrollnövények esetében (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 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.) $n=6 \pm \text{s.e.}$, $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, $p < 0.001^{***}$ a kor szerinti különbség tekintetében

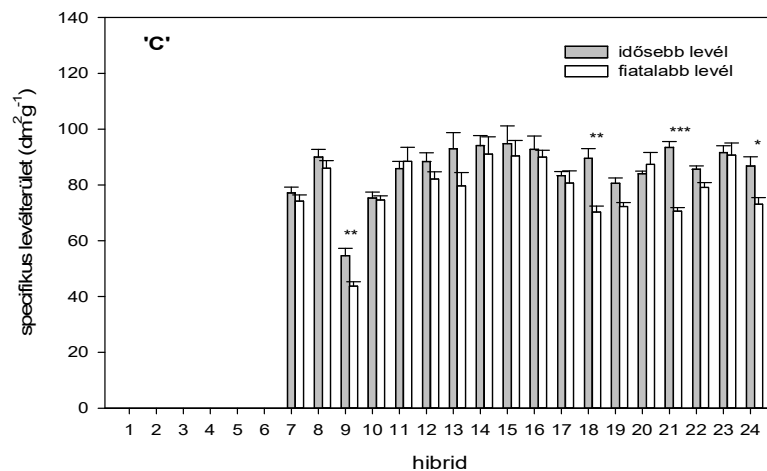
A biotrágyákkal kezelt egyedek esetében az a tendencia figyelhető meg, hogy a fiatal levelek kisebb SLA értékkel jellemezhetők (2., 3., 4. ábra). Az A-biotrágya alkalmazása hatására 2-27%-kal nagyobb SLA értéket mértünk a kontrollhoz viszonyítva. A B-biotrágya esetében ez a különbség 2-18%, míg a C-biotrágya hatása is 2-10%-kal növelte a fajlagos levélterület értékét a kontrollhoz képest.



2.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. $n=6 \pm \text{s.e.}$, $p < 0.05^*$ a kor szerinti különbség tekintetében.



3.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. $n=6 \pm \text{s.e.}$, $p \leq 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$ a kor szerinti különbség tekintetében



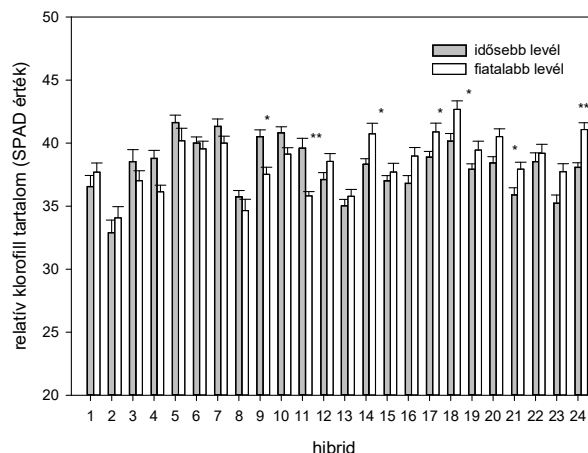
4.ábra A specifikus levélterület (SLA) értéke ($\text{dm}^2 \text{g}^{-1}$) az idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél a 'C' biotrágya-kezelés hatására (7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17.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

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 hibrdek közötti eltérést mutatja. A specifikus levélterület értéke jól használható az egyes fajok különböző környezeti tényezőkhez való alkalmazkodásának jellemzésére is, a nagyobb SLA érték nagyobb szárazanyagra vonatkoztatott N tartalmat és magasabb nettó fotoszintetikus kapacitást jelent. 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.

3.3. A relatív klorofilltartalom változás biotrágya-kezelések hatására

A SPAD-502 relatív klorofilltartalmat meghatározó műszer. A SPAD érték szoros összefüggésben áll a levelek klorofilltartalmával, nitrogéntartalmával és a termés mennyiségével, 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.

Vizsgálataink során mértük a biotrágyákkal kezelt és kontroll napraforgó fiatal és idősebb leveleinek relatív klorofilltartalmát (5. ábra).



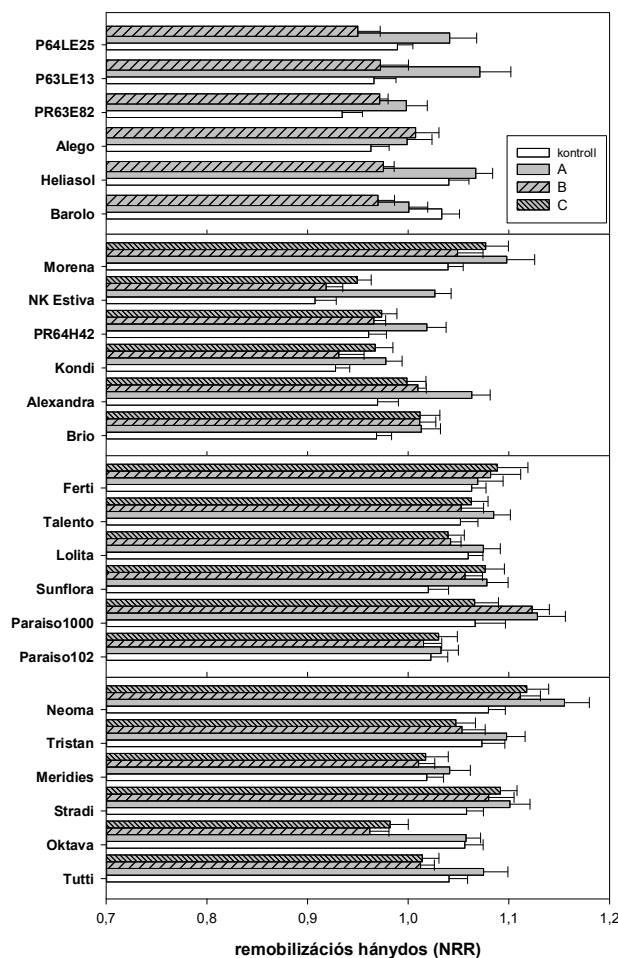
5. ábra A relatív klorofilltartalom (SPAD érték) változása idősebb (1. szint) és a fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontrollnövények esetében (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 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

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 hibrdek többségében a fiatal levelek nagyobb SPAD értékkel jellemezhetők, a különbség a hibrdek harmadánál szignifikánsnak bizonyult. Az eltérés 5-7%, a legnagyobb különbséget mutató hibrid a Neoma. 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 több esetben szignifikáns (5. ábra). A 'B' biotrágya hatása kevésbé szignifikáns, de itt is a Paraiso 1000 és a Neoma hibrdek voltak a legérzékenyebbek és a változás is szignifikáns volt. A 'B' biotrágya hatására a legtöbb hibrid esetében nem volt szignifikáns különbség a fiatal és az idős levelek között. A 'C' biotrágya hatására szignifikánsan nagyobb volt a fiatal levelek SPAD értéke a következő hibrdekben: Estiva, Paraiso 1000, Sunflora, Talento, Ferti, Stradi, Neoma. A különbség 10% körüli volt ezekben az esetekben. A Tutti, az Oktava, a Stradi, a Meridies, a Tristan, és a Neoma fiatalabb levelei közül csak Stradi esetében növekedett a relatív klorofilltartalom mindhárom biotrágya esetében. A legnagyobb mértékben a 'C' biotrágya volt hatékony. Az 'A' és 'B' biotrgya 2-5%-kal növelte a fiatal levelek relatív klorofilltartalmát, a 'C' biotrágya 9%-kal. A hibrdek kontroll egyedeinek SPAD értéke 32-42 között van. A P63LE13 hibrdre mértük a legnagyobb relatív klorofill tartalmi értéket ($41,63 \pm 0,67$), míg a Heliasolnál a legkisebbet ($32,87 \pm 0,47$).

3.4. Remobilizációs hányados alkalmazhatósága

Mivel nagy különbségeket tapasztaltunk a fiatalabb és idősebb levelek biotrágya-kezelésre adott válaszreakcióiban, ezért azt feltételezzük, hogy különbség van a vizsgált hibrdek 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 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 szárazanyag-gyarapodás fő akadálya. 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 aközött, hogy milyen mértékben és milyen gyorsan képes a növény az újrahasznosításra, remobilizálásra. 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.



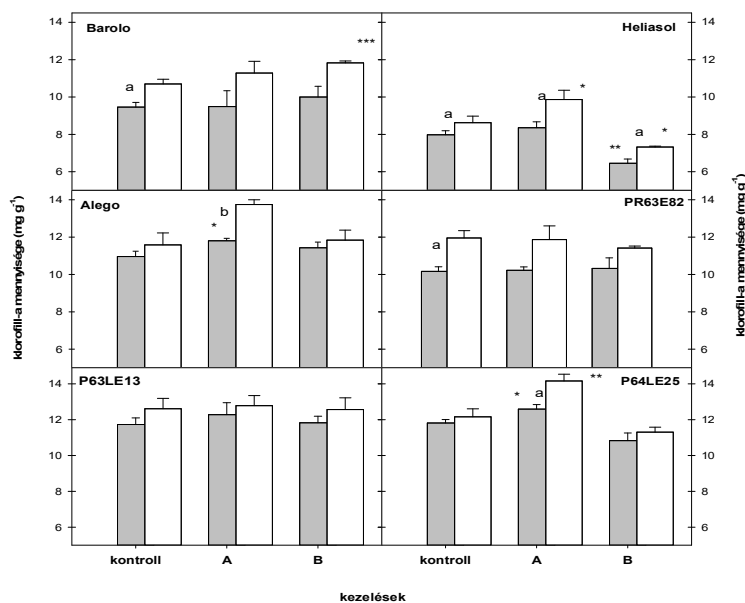
6. ábra Mikroorganizmus alapú biotrágya hatása napraforgó hibridek (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. Talento, 18. Ferti, 19. Tutti, 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. $n=12$, $\pm s.e.$

A növények adott stresszhelyzet – biotikus és abiotikus környezeti stresszre, például tápelem hiányra – hatására először a fehérjéket, és a klorofilokat kezdik lebontani, ezért klorofill-vesztéssel mindenképpen számolhatunk. Az általunk bevezetett remobilizációs hányados (Nitrogen Remobilization Rate=NRR) az idősebb és fiatalabb levél SPAD értékének egymáshoz viszonyított változását veszi figyelembe. Amennyiben értéke egy felett van, az a fiatalabb levél magasabb nitrogéntartalmát 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 (6. ábra). Eredményeink szerint a biotrágya-kezelések pozitívan befolyásolták a remobilizációs rátát. Az értékek egy felettiek, 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.

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

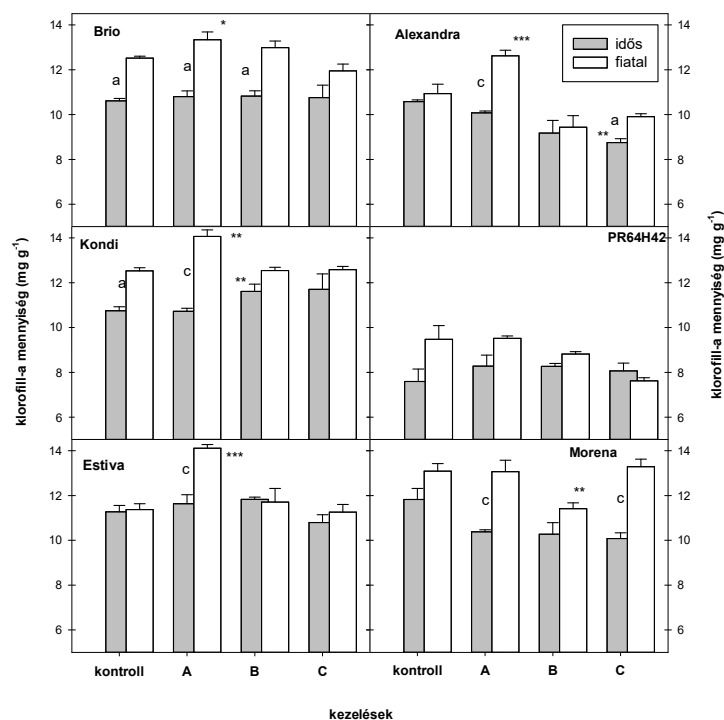
3.5.1. A klorofilltartalom változása

A növényi szárazanyag-gyarápodás 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 a fotoszintetikus rendszer felépítéséről és annak működéséről. A 7., 8., 9., 10. ábra a klorofill-a molekula mennyiségének változását mutatja a biotrágya-kezelések hatására a vizsgált hibridekben.



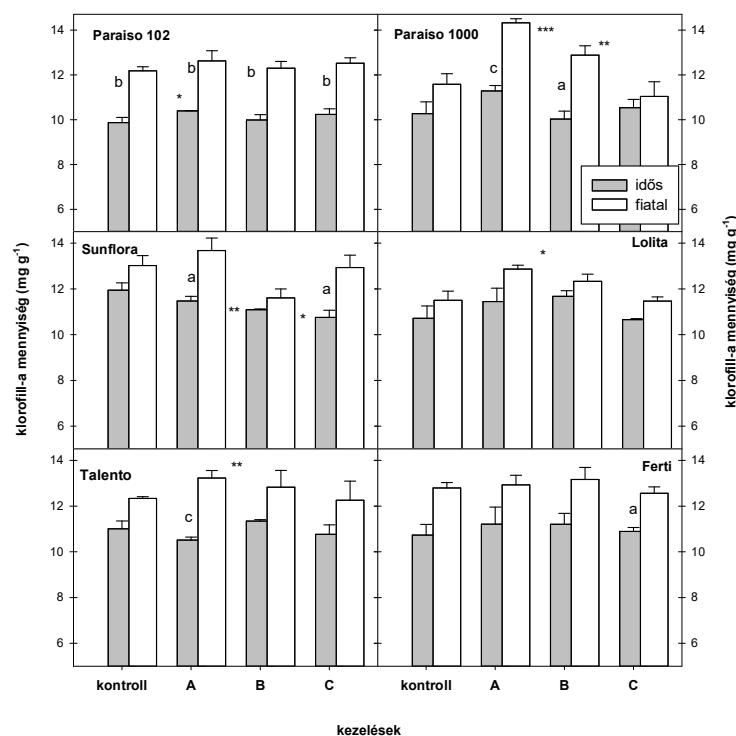
7. ábra A klorofill-a tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint) és fiatalabb (2. szint) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Barolo, Heliasol, Alego, PR63E82, P63LE13, P64LE25) $n=3 \pm \text{s.e.}$, $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz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

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 (7. 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 8. ábra mutatja be.



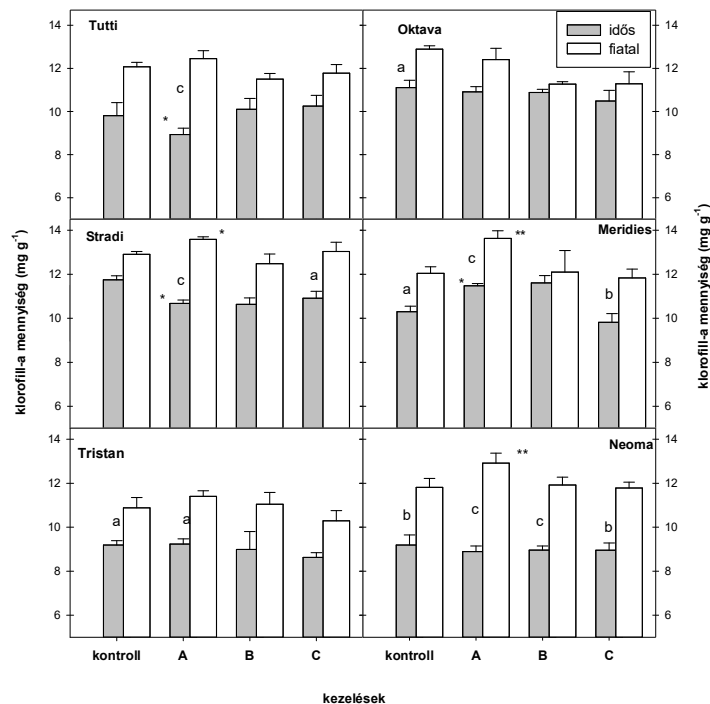
8. ábra A klorofill-a tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint,) és fiatalabb (2. szint,) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Brio, Alexandra, Kondi, PR64H42, Estiva, Morena) $n=3\pm\text{s.e.}$, $p\leq 0,05^*$, $p<0,01^{**}$, $p<0,001^{***}$, a kontrollhoz viszonyítva,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

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 9. ábra foglalja össze.



9. 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) $n=3 \pm \text{s.e.}$, $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz viszonyítva, $p \leq 0,05^a$, $p < 0,01^b$, $p < 0,001^c$ idős és fiatal közötti szignifikáns különbség

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 vonatkoztatható. A kontrollhoz képest inkább a fiatalabb levelekben érvényesül a biotrágyák klorofill-a tartalmat növelő hatása. A Tutti, az Oktava, a Stradi, a Meridies, Tristan és a Neoma hibridek fiatal és idősebb leveleinek klorofill-a tartalom változását a 10. ábra mutatja.

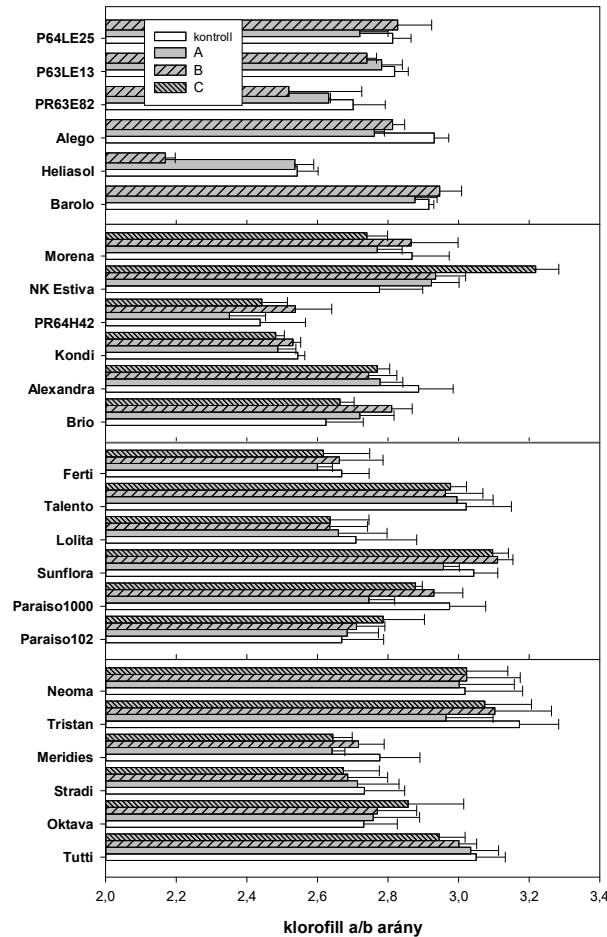


10. ábra A klorofill-a tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint,) és fiatalabb (2. szint,) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Tutti, Oktava, Stradi, Meridies, Tristan, Neoma) $n=3 \pm \text{s.e.}$, $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz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

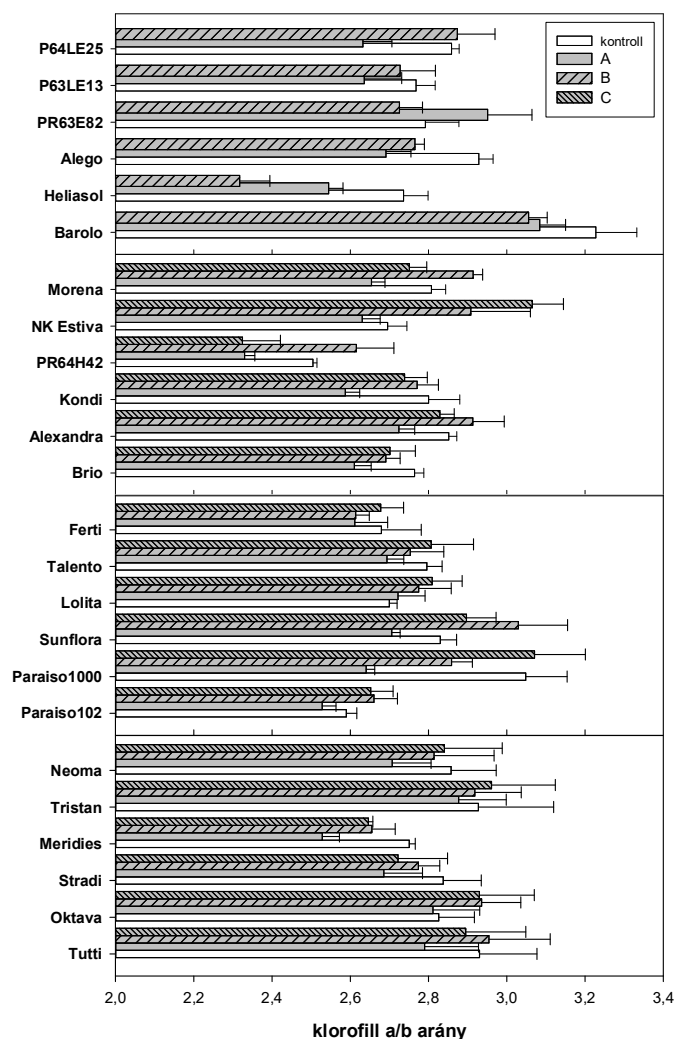
Az idősebb leveleknél a biotrágyák pozitív hatása a klorofill-a tartalomra nem meggyőző, nincs szignifikáns különbség a kontroll és a kezelt egyedek idős leveleinek klorofill-a tartalma között. A fiatal levelek klorofill-a tartalma nagyobb, mint az idősebb leveleké, ahogyan azt a többi hibrid esetében is tapasztalhattuk (8., 9., 10. 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 ($6-8 \text{ mg g}^{-1}$). Kiemelkedően magas klorofill-a tartalmú hibrid nincs, az idősebb levelek klorofill-tartalma $7-9 \text{ mg g}^{-1}$, míg a fiatalabb leveleké nagyobb, $11-13 \text{ mg g}^{-1}$. 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 Heliasol hibridek fiatal levelei esetében.

A kísérletek során vizsgáltuk a klorofill-a/klorofill-b hányados értékét és annak változását a biotrágya-kezelések hatására idősebb (11. ábra) és fiatalabb (12. ábra) levelek esetében is. A hányados értéke három körüli a vizsgált kontroll hibrideknél, a PR64H42 hibrid esetében a legalacsonyabb ($2,43 \pm 0,12$). A kontroll értékek közül négy hibridnél volt az érték háromnál magasabb: Neoma ($3,01 \pm 0,16$), Talento ($3,02 \pm 0,12$), Tutti ($3,05 \pm 0,08$) és Tristan ($3,17 \pm 0,11$). 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 13. ábra mutatja. A fiatalabb levelekre az arányokat tekintve hasonló arányban vannak a klorofill-a és klorofill-b pigmentek. A klorofill-a/klorofill-b arány értéke 3 körüli, ahogyan az az idősebb levelekben is volt.



11. 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. $n=3$, $\pm s.e.$



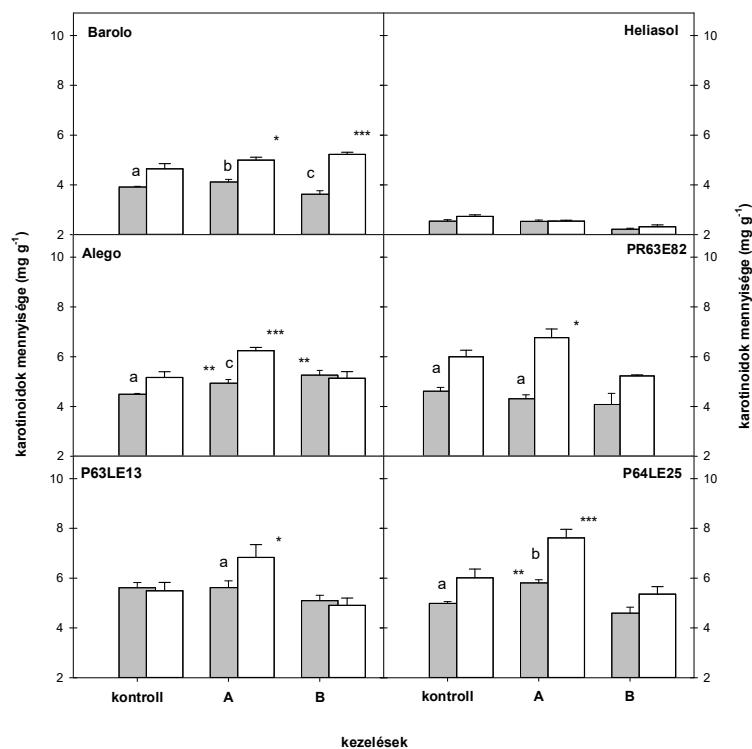
12.ábra Mikroorganizmus alapú biotrágyák hatása napraforgó hibridek fiatalabb (2. szint) levél (1. Barolo, 2. Heliasol, 3. Alego, 4. PR63E82, 5. P63LE13, 6. P64LE25, 7. Brio, 8. Alexandra, 9. Kondi, 10. PR64H42, 11. Estiva, 12. Morena, 13. Paraiso 102, 14. Paraiso 1000, 15. Sunflora, 16. Lolita, 17. 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. $n=3, \pm s.e.$

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

3.5.2. A karotinoidok mennyiségi változása

A növényekben jó stressz indikátor a klorofill/karotinoid arány változása 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. Az összkarotinoid tartalom változását a fiatal és idős levelek esetében a vizsgált hibrideknél a kontroll és a biotrágya-kezelés hatására a 13., a 14., a 15. és a 16. ábra mutatja be.

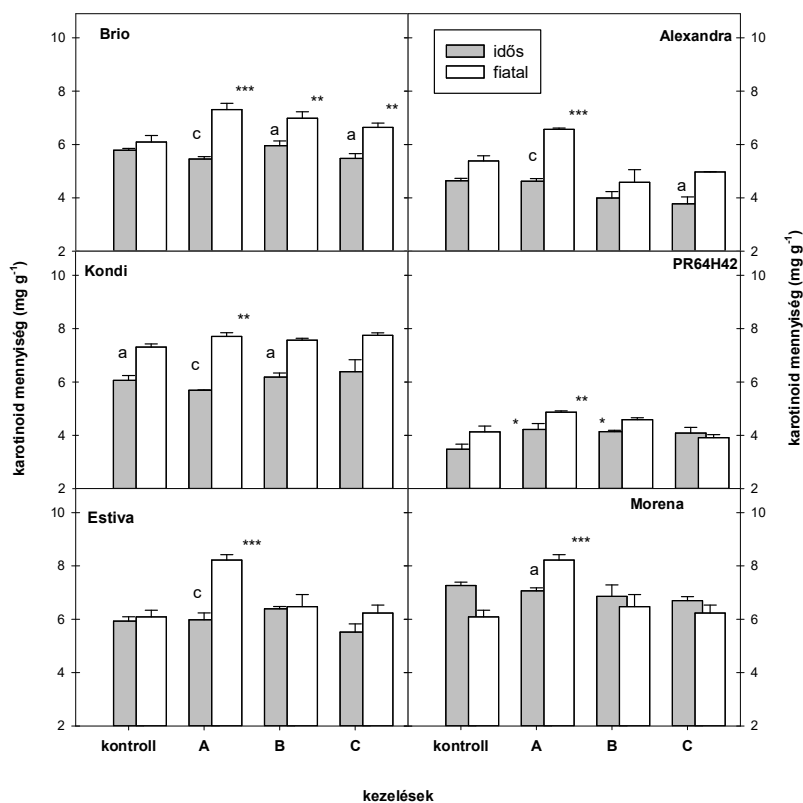
Heliasol hibridnek (14. ábra) viszonylag alacsony ($2,1-2,4 \text{ mg g}^{-1}$) a karotinoid tartalma, Az 'A' biotrágya karotinoid tartalmat növelő hatása kiemelkedő (5-15%) a fiatal levelek esetében, kivéve a Heliasol hibridet. A fiatalabb leveleknek magasabb a karotinoid tartalma (5-50%).



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

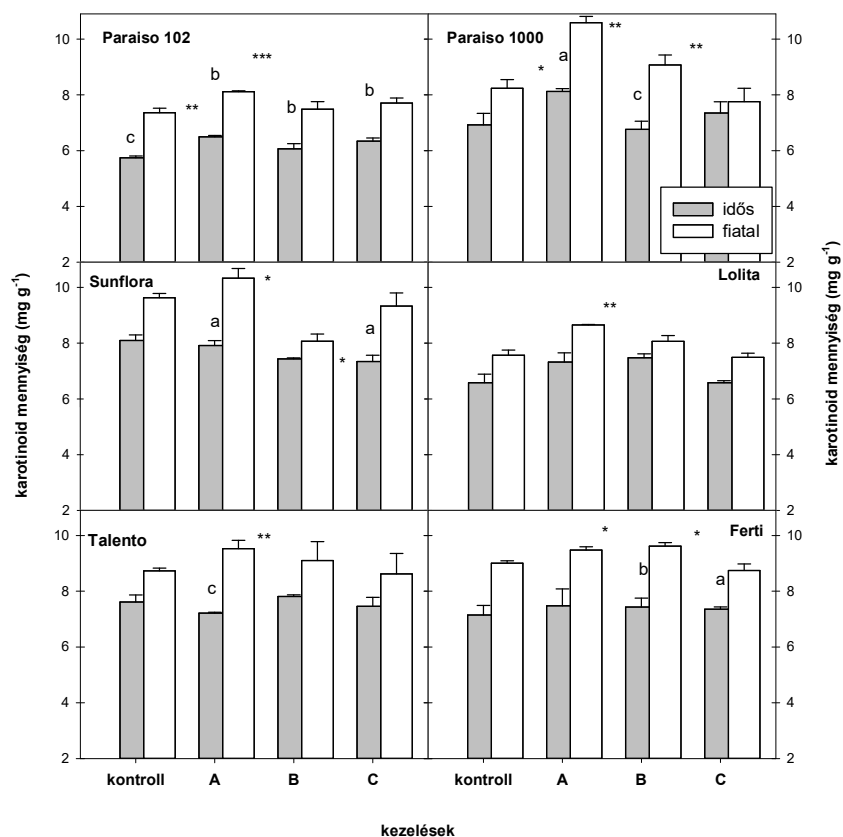
A 14. ábra a Brio, az Alexandra, a Kondi, a PR64H42, az Estiva és a Morena hibridek idős és fiatal levelének karotinoid tartalmának változását mutatja a kontroll és az 'A', a 'B' és a 'C' biotrágyákkal kezelt egyedekben. A fiatal levelek ezekben a hibridekben is több karotinoidot tartalmaznak, ahogyan 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 ($8,22 \pm 0,11$) (14. ábra), a Paraiso 1000-nél ($9,8 \pm 0,11$), a Sunfloránál ($10,2 \pm 0,15$) (15. ábra), a Stradinál ($9,8 \pm 0,15$), a Meridies ($9,8 \pm 0,05$) (16. ábra).



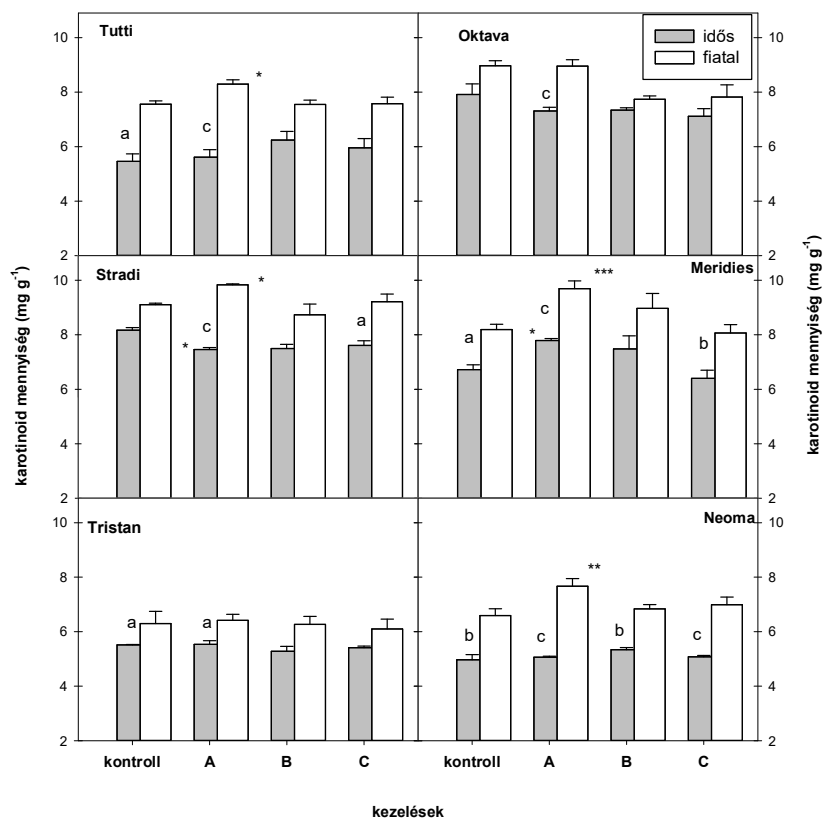
14. ábra A karotinoid tartalom (mg g^{-1}) változása idősebb (1. szint,) és fiatalabb (2. szint,) leveleknél a kontroll, az 'A' és a 'B' biotrágya-kezelés esetében (Brio, Alexandra, Kondi, PR64H42, Estiva, Morena) $n=3 \pm \text{s.e.}$, $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz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

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 15. 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 (15. ábra). Ez a 10-15%-os emelkedés jellemző az többi, a 15. ábrán ábrázolt egyedre az 'A' biotrágya karotinoid tartalmának tekintetében.



15. 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±s.e., p≤0,05*, p<0.01**, p<0.001***, a kontrollhoz viszonyítva, p≤0,05^a, p<0.01^b, idős és fiatal közötti szignifikáns különbség

A 16. ábrán a Tutti, Oktava, Stradi, Meridies, Tristan, Neoma hibridek fiatal és idős leveleinek karotinoid tartalmát ábrázoltuk a biotrágya hatás függvényében.



16. 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) $n=3 \pm \text{s.e.}$, $p \leq 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$, a kontrollhoz viszonyítva, $p \leq 0,05^a$, $p < 0,01^b$, idős és fiatal közötti szignifikáns különbség

A vizsgált hibridek idősebb leveleinek kontrollját tekintve három csoportba sorolhatóak. 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 rendelkezik a Tristan, a Tutti és a Neoma, a többi hibridnek 6-8 mg g^{-1} körüli karotinoid tartalma van az idősebb leveleknek. 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 Heliasol – mely hibrid a legalacsonyabb karotinoid tartalmú – karotinoid tartalma nem növekedett szignifikánsan a biotrágya-kezelések hatására.

3.6. 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. Ugyanakkor a nevelési közegben – talajban, tápoldatban – élő mikroorganizmusok is képesek olyan anyagok kiválasztására, melyek közvetlen pH befolyással bírnak. Továbbá közvetve, azaz 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.

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 gyökérzettel. A növény gyökere jelent tulajdonképpen korlátot a kevésbé hasznos és toxikus elemek korlátlan bejutásának.

4. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI

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.

5. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

1. Az alkalmazott mikroorganizmus alapú biotrágyák mindegyike alkalmas a növényi tápanyag-utánpótlásra. A növényi produkciót közvetlenül jellemző paraméterek alapján – szárazanyag-gyarapodás – 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 fajösszetételű 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, megfelelve ezzel hazánk Nemzeti Agrár-környezetvédelmi Programjának.

6. PUBLIKÁCIÓSEGYZÉK



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.

Idegen 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)

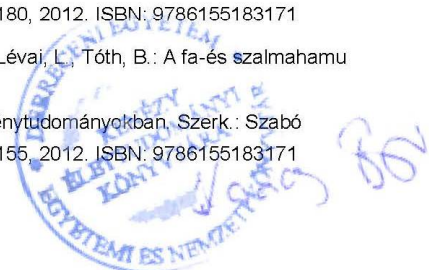
15. Nagy, L. G., **Nagy, L.**, Bodnár, K. B., Makleit, P., Lévai, L., Veres, S., Tóth, B.: Biotrágyák hatása kukorica hibridek főbb növényfiziológiai paramétereire.
Növénytermelés. 62 (5), 67-78, 2013. ISSN: 0546-8191.

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 növény táplálásban.
In: Alap és alkalmazott kutatások eredményei a növénytudományokban. Szerk.: Szabó András, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 174-180, 2012. ISBN: 9786155183171
18. Bojtók, 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 bojtorján szerbtövis (*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.

