

**„15 ÉVES TEHETSÉGGONDOZÁS AZ AGRÁRIUMBAN”
A Tormay Béla Szakkollégium hallgatóinak tudományos eredményei**

Felelős szerkesztő:
Bodnár Karina Bianka

Borítóterv:
**Bodnár Karina Bianka
Kuti Gergő**

***Kiadja a
Debreceni Egyetem Tormay Béla Szakkollégium***

ISBN 978-963-473-957-9

Center Print Nyomda
Debrecen
2017

A kiadványt a felsőoktatásban működő szakkollégiumok támogatására szóló *NTP-SZKOLL-16-0059* számú, *Tudomány és tehetséggondozás az Agráriumban, a Tormay Béla Szakkollégium Jubileumi programjai* című pályázat támogatta.

A KIADVÁNYBAN SZEREPLŐ PUBLIKÁCIÓK SZERZŐI:

1. Bacskai Adrienn
2. Barna Adrien
3. Bene Ágnes
4. Bodnár Karina
5. Erdős Adél Dorottya
6. Erdős Zsuzsa
7. Heim Péter
8. Hidvégi Réka
9. Illés Árpád
10. Kádár Szilárd
11. Kántor Andrea
12. Koczinger Hannelore
13. Kovács Péter
14. Madar Ágota
15. Molnár Miklós
16. Oláh Orsolya
17. Pongrácz Enikő
18. Sarádi Márk
19. Simkó Attila
20. Tóth Anna Rita
21. Varga Csaba

ELŐSZÓ

A kiadvány, amit most Ön a kezében tart, a Debreceni Egyetem Tormay Béla Szakkollégiumának 15. jubileumi évfordulójának alkalmából készült, melléklete az eseményre íródott történeti áttekintő kiadválynak.

A Szakkollégium szakmai programjai között nagyon fontos szerepet tölt be a tanszékhez kötődő és a vezető tanárok által irányított kutatómunkák bemutatása hallgatói beszámolók alapján. A kiadvány célja a kiemelkedő tudományos és gyakorlati eredményekkel bíró hallgatók eredményeinek közzététele az agrár- és gazdálkodástudományok valamennyi területén.

A Szakkollégium tanár- és diákvezetői kiváló feladatuknak tekintik a tehetséges hallgatók tudományos eredményeinek széleskörű megismertetését, és lehetőséget biztosítanak évről évre az eredmények nyomtatott formában való megjelentetésére. Az így megjelent közlemények fontos mérföldkövei lehetnek azon hallgatók számára, akik jövőjüket a tudományos életben, a PhD képzés keretein belül képezik el.

A kiadvány a felsőoktatásban működő szakkollégiumok támogatását szolgáló Nemzeti Tehetség Program támogatásával készült.

Bodnár Karina Bianka

CSÖKKENTETT NITROGÉN ELLÁTÁS HATÁSA ŐSZI BÚZA (*TRITICUM AESTIVUM* L.) GENOTÍPUSOK FOTOSZINTETIKUS VÁLASZREAKCIÓIRA

SIMKÓ Attila¹ – KISS László² – Dr. VERES Szilvia³

¹ Debreceni Egyetem MFK Növénytudományi Intézet, Mezőgazdasági Növénytermelési, Növényélettani és Bioteknológiai Tanszék, 4032 Debrecen, Bószorményi út 138. e-mail: simkottilla90@gmail.com

² Debreceni Egyetem MFK Növénytudományi Intézet, Mezőgazdasági Növénytermelési, Növényélettani és Bioteknológiai Tanszék, 4032 Debrecen, Bószorményi út 138

³ Debreceni Egyetem MFK Növénytudományi Intézet, Mezőgazdasági Növénytermelési, Növényélettani és Bioteknológiai Tanszék, 4032 Debrecen, Bószorményi út 138

Bevezetés

A növényi produktiót számos külső és belső hatás befolyásolhatja. A belső tényezők magát a genotípust, az öröklött tulajdonságokat jelentik, míg a külső tényezők a különböző biotikus és abiotikus faktorokat foglalja magába. A növények tápanyagellátása összetett művelet, mivel egyaránt befolyásolja a külső és belső faktorok is. Ebből a szempontból, külső hatásként jelentős hatást gyakorol a növényre a talajok tápanyag ellátottsága, illetve a tápanyagok felvehetősége. Azonban nagyon fontos a tápanyag ellátottság, illetve a tápanyagok tápanyag hasznosító képessége, melyekben genetikailag kódolt tulajdonság a növények tápanyag hasznosító képessége, melyekben jelentős különbségeket fedezhetünk fel az eltérő genotípusok között. A Nitrogén műtrágyázás alapvető termesztéstechnológiai eleme a hatékony termelésnek. Napjaink búzatermesztésében, az egyik legnagyobb anyagi ráfordítást, a tápanyagellátás igényli, melyen belül az egyik legjelentősebb költséget és környezetvédelmi kockázatot a nitrogén műtrágyák talajba juttatása jelenti. Ezen okokból kifolyólag indokolt lenne a nitrogén műtrágya adagok csökkentése. Ez azonban csak úgy valósítható meg, ha olyan genotípusokat választunk, melyek alacsonyabb tápanyagszint mellett is képesek ugyanazt a mennyiségű és minőségű termést produkálni. Az ilyen genotípusok egy újabb nemzési irányt jelenthetnek a növénytermesztés számára. A munkánk során őszi búza (*Triticum aestivum* L.) genotípusok (Babona, Bánkúti M, Békés, Berény, Főti, Gyöngyöstarjáni, HB04, Hyfi, Hylux, Hyspeed, Kunglória, Kunhalom, Lupus, Marcalói, Marsall, Mulán, Mv Karéj, Mv Lucilla, Mv Suba, Nádor, Nagyati, Toldi, Nagyoroszi, Nagyrovágyi, Porteleki, Rétsági, Ricsi, Saturnus, Sirtaki, Szajlai, Toldi, Urai) főbb fotoszintetikus paramétereit illetve a föld alatti és a föld feletti szervek szárazanyag produktumát határoztuk meg eltérő nitrogén táplálás (optimális és annak 1/4-ed része) mellett, korai fejlődési stádiumban.

Anyag és Módszer

A munkánk során őszi búza (*Triticum aestivum* L.) genotípusok fotoszintetikus paramétereit és szárazanyag produktumát határoztuk meg, eltérő nitrogén ellátás (optimális, annak 1/4-része) mellett a növények bokrosodási stádiumában. A növényeket kontrollált feltételek között neveltük. Az egyedeket földalatti bélelt PVC csővekben neveltük, melyekbe rendkívül alacsony tápanyag tartalmú, ámosott folyami homokot töltöttünk, nevelési közeg gyanánt. A klímazóna (Debreceni Egyetem, MFK, Növénytermelési Intézet, Mezőgazdasági Növénytermelési és Növényélettani

Biotechnológiai Tanszék klímazobájára) környezeti feltételei szabályozottak voltak. A fényintenzitás: $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, a hőmérséklet periodicitása: 25/20 °C (nappal/éjjel), a megvilágítás/sötét periódus: 16 h/8 h, a relatív páratartalom: 65-75% volt. A növényeket táploldattal láttuk el, és kétnaponta öntöztük.

A kísérleti növények

A kísérlet során 31 db őszi búza genotípust használtunk fel. Genotípusonként és szakaszonként 3-3 ismétlést állítottunk be. Vizsgálatainkat a búza bokrosodási szakaszában végeztük. Igyekeztünk genetikai változatosságra törekedni, így vizsgáltunk őszi búza fajtaikat, tájfajtaikat, valamint hibrid búza genotípusokat is.

Vizsgálati módszerek

A kísérlet során a növények hajtásszámát, minden növény esetében megszámoltuk és ezt táblázatos formában összesítettük.

A növényi részek tömegét termogravimetriás módszerrel határoztuk meg. A kísérlet végén a növények gyökereit kimostuk. A növények hajtáit és gyökereit külön választottuk, majd szárítókörnyékbe helyeztük. A szárítás 65°C-on történt tömegállandóságig. A minták lehűlését követően négy tizedes jegy pontossággal megmértük a tömegüket. A mérést analitikai mérleg (OHAUS Explorer) segítségével végeztük.

A fotoszintézis aktivitás értékelését a klorofill fluoreszcencia indukció módszer segítségével, a növényi szövetek roncsolása nélkül végeztük. A méréshez PAM-2001 típusú fluorimétert használtunk (WALZ GmbH, Németország). Az utolsó kifejlett leveleken az *in vivo* klorofill fluoreszcenciát, a klorofill fluoreszcencia indukció gyors és lassú szakaszának paramétereit mértük.

Első lépésként a növények leveleit 20 percen keresztül sötétadaptáltuk. Ez idő alatt a mintában a PS II reakciócentrumok nyitott állapotba kerülnek és az elektron-akceptorok oxidált állapotban vannak. Az eszközt ezután csatlakoztatjuk speciális elcsőtítő csipeszhez, és elindítottuk a mérést (2.kép). Első lépésként a sötétadaptált mintát gyenge mérőfényrel világítottuk meg, és mértük az alap fluoreszcencia (Fo) szintjét, majd telítési fényimpulzus ($8000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) alkalmazása után a műszer detektálta a maximális fluoreszcenciát (Fm). Az Fm sötétben kb. 20s elteltével az Fo szintre esik vissza (1. ábra). Az Fm és Fo különbsége a változó fluoreszcencia (Fv). Az Fv/Fm arányt a PSII maximális (potenciális) fotokémiai hatékonyság jellemzésére használjuk fel. Ezt követően a klorofill fluoreszcencia indukció lassú szakaszát $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ intenzitással, aktiváló fényrel történő 5 perces megvilágítás mellett szaturációs pulzus módszerrel elemeztük, amely lehetővé teszi, a fotokémiai és a nem fotokémiai klorofill fluoreszcencia kioltási folyamatok jellemzését.

Eredmények és megvitatásuk

A nitrogén kezelések hatása a gyökér szárazanyag felhalmozódására

A gyökér a tápanyag felvétel fő szerve, hiszen a növények tápelemeinek zöme, így a nitrogén hozzáférhető formái is a talajban találhatók, ezért a gyökér, jelentős módon

képes befolyásolni a növényi produkciót. A felvétel aktivitásának szerepe mellett a gyökér szerkezetének meghatározó része van a növény nitrogén hozzáférési hatékonyságában (Xu et al., 2012). Méréseink szerint a vizsgált genotípusok közül mindössze kilenc, azaz az összes vizsgált genotípus mindössze 29%-ában fordult elő, hogy az optimális nitrogén táplálás a gyökér szárazanyag tartalmának növekedését okozta. Az esetek többségében (71%-ban) azonban a csökkentett nitrogén táplálás okozott szárazanyag-tömeg növekedést, a gyökér tekintetében. A vizsgált genotípusok túlnyomó többségében a csökkentett nitrogén ellátás a gyökér szárazanyag tömegének növekedését eredményezte. Középes mértékű nitrogén hiány az auxin termelés fokozódása révén elősegíti a laterális gyökérkezdemények növekedését (GRUBER et al., 2013). A Sirtaki, Saturnus, Porteleki, Hylux és Gyöngyöstarjáni genotípusoknál az eltérő tápanyag ellátás nem okozott jelentős szárazanyag tömegváltozást egyik esetben sem, így ezek mindenképp figyelmet érdemelnek a további kutatások során.

A nitrogén kezelések hatása a hajtás szárazanyag felhalmozódására

A talajból felvett nitrogén jelentős része a felvételt követően a növények hajtásrendszerébe kerül. A hajtásoknak jelentős szerepe van a növények további fejlődésében így azok fejlettsége, mérete kiemelkedően fontos szereppel bír a termés kialakulásában

Eredményeink szerint mindössze három esetben, azaz 9,7 %-ban fordult elő, hogy a csökkentett nitrogén táplálás nagyobb szárazanyag tömeget eredményezett. Ez a három genotípus a következő volt: Mulán, Mv. Karaj, Mv. Lucilla.

A hajtás szárazanyag tartalom tekintetében is fontos kiemelni azokat a genotípusokat, melyek esetében nem jelentkezett jelentős különbség az optimális és a csökkentett nitrogén kezelés között. Azaz negyedére csökkentett nitrogén ellátás mellett is csaknem ugyanazt a hajtástömeget tudta produkálni a növény. A Bánkuti Marquis esetében az optimális nitrogén ellátás csupán 2%-os (0,02 g) eltérést eredményezett a csökkentett nitrogén ellátáshoz képest. A Békés esetében az optimális nitrogén kezelést kapott 5%-al(0,06g) haladta meg a csökkentett nitrogén adaggal táplált kísérlet szárazanyag tömegét. A Hylux optimális nitrogén ellátás mellett 8,8% többlet produkcióra volt képes. Összegezve elmondható, hogy néhány kivételtől eltekintve a csökkentett nitrogén ellátás a hajtások szárazanyag tömegének csökkenését okozta, de előfordult olyan eset is ahol hasonló produkcióra volt képes a növény az alacsony nitrogén táplálás esetén mint az optimálisnál.

A nitrogén kezelések hatása a hajtás/gyökér arányra

A hajtás és a gyökér arányának meghatározása kiemelkedő jelentőségű egy adott genotípus értékelésekor. Ezen két növényi szerv együttesen befolyásolja a növények vízgazdálkodását. Mind két szerv részt vesz a vízfelvitelben és transzpirációs folyamatokban is, valamint a gyökér a tápanyagfelvétel fő szerve. A megfelelő, harmonikus tápanyagellátással jelentős hatást gyakorolhatunk a növények vízhasznosítására. Az eredményekből kitűnik, hogy a csökkentett nitrogén táplálás egy esetben se eredményezett alacsonyabb hajtás tömeg produkciót, mint a gyökér tömeg produkciót. Azonban bizonyos esetekben a csökkentett nitrogén adag – mint korábban

láttuk – viszonylag nagy gyökér szárazanyag képződést indukált. A legszembetűnőbb a Babona eredménye ugyanis e genotípus gyökér/hajtás aránya 1,31. Ebben az esetben igen jelentősen megközelítette a gyökér a hajtás produktumát. Érdemes még kiemelni a Hyfi hibridhúzat, ugyanis ekkor az arányszám 1,70 ami a gyakorlatban azt jelenti hogy nem közelítette meg a gyökér szárazanyag tömege a hajtásét, de a hajtás tömegének felénél nagyobb produktumot ért el a gyökér. Hasonló eredményt ért még el a Nagyatádi tájfajta 1,97 értékű hajtás/gyökér arányával. E paraméterben a legnagyobb különbség a Lupus fajta esetében volt felfedezhető. E fajta esetében a hajtás/gyökér arány 6,86-s értéket ért el, azaz közel hétszer akkora szárazanyag tömeget ért el a hajtás mint a gyökér. Az eredmények szerint optimális nitrogén táplálás esetén a legalacsonyabb hajtás/gyökér arány értékét a HB04 érte el. Ennél a fajtánál az érték 3,98 volt. A legnagyobb értéket a Kunhalom produkálta ahol ez az arány 14,84-es értéket vett fel, tehát a hajtás szárazanyag tömege nagy mértékben meghaladta a gyökér szárazanyag tömegét. Ennél a genotípusnál az arány eltolódását, az optimális nitrogén mennyiségre adott alacsony szintű gyökér-szárazanyag tömeg növekedése okozta.

Az optimális nitrogén ellátás nem minden esetben, de alapvetően növelte a hajtás szárazanyagtartalmát, viszont a gyökér szárazanyagtartalmánál megfigyelt, kisebb produktum a csökkentett nitrogén ellátáshoz képest, a hajtás/gyökér arányt hajtás javára toltta el. Összességében elmondható, hogy a csökkentett nitrogénadag hatására a hajtás/gyökér arány jelentős mértékben megváltozott, eltolódott. Míg az optimális nitrogén táplálás esetén jelentős méretű különbség jött létre a hajtás és a gyökér szárazanyag tartalma között, addig a csökkentett nitrogén táplálás ezt az arányt a gyökér tömege felé mozdította, de alapvetően a gyökér tömeg – mint az várható volt – mindig a hajtás tömeg alatt maradt.

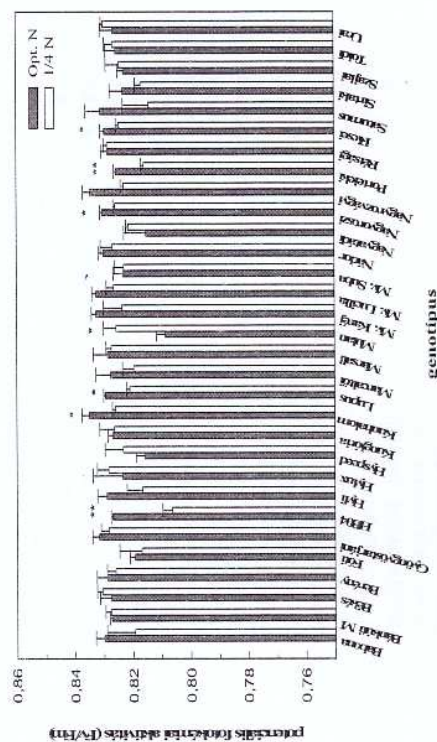
A nitrogén kezelések hatása a növények hajtásszámára

Az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) termését döntően három tényező alapján tudjuk megbecsülni: a területegységre eső kalászsám, a kalászokénti szemszám illetve az ezerszem-tömeg. A területegységre eső kalászsám szempontjából döntő fenológiai szakasz a bokrosodás időszaka. A termésképző elemek a búza különböző fenológiai szakaszaiban eltérő agrotechnikai eljárásokkal befolyásolhatóak. A bokrosodási időszakban az egyik legjelentősebb eljárás a növény N-trágyázása, mely hatását főként a hajtások kialakulásában fejtheti ki. Ugyanakkor a hajtások száma is nagymértékben függ a nitrogén hozzáférhetőségétől (LONGNECKER et al., 1993.) Eredményeink szerint, az esetek túlnyomó többségében az optimális nitrogén ellátás magasabb hajtásszámot eredményezett.

Kiemelendők azon genotípusok, melyek esetében az eltérő mértékű nitrogén táplálás csak alacsony mértékű eltérést okozott a hajtások fejlődésében. A Babona esetében 3% eltérés volt a csökkentett nitrogén adag javára. A Hyflux, esetében az optimális nitrogén adagolás csak 9,8%-kal eredményezett több hajtást. Szintén fontos kiemelni a Kunglórát, melynél az optimális nitrogén ellátás hatására 13,7%-kal több hajtás képződött, és végül a Nagyatádi, ahol szintén az optimális táplálás eredményezett több hajtást, de ez csupán 16%-kal volt több, mint a csökkentett nitrogén ellátás produkciója. Összességében elmondható, hogy a kiemelt genotípusok esetében csökkentett nitrogén táplálás nem okozott jelentős csökkenést a hajtásszám tekintetében.

A kettős fotokémiai rendszer potenciális fotokémiai hatékonysága (Fv/Fm)

A klorofill fluoreszcencia gyors szakaszában a következő paramétereket határozhatjuk meg: alap fluoreszcencia (F_0), maximális fluoreszcencia (F_m) változó fluoreszcencia (Fv). A változó fluoreszcencia érték a maximális fluoreszcencia és az alap fluoreszcencia különbsége. A változó és a maximális fluoreszcencia hányadosa az Fv/Fm érték, ami a PS II potenciális fotokémiai hatékonyságáról ad pontos információt (MAXWELL és JOHNSON, 2000). Az Fv/Fm értéke optimális fejlődési körülmények között élő, hajtásos növényeknél $0,832 \pm 0,004$ (BJÖRKMAN és DEMMING-ADAMS, 1987). A kísérlet során, genotípusonként, az eltérő kezelést kapott egyedek esetében szignifikáns különbséget csak 7 esetben fedeztünk fel (6. ábra). Ezek a genotípusok a következők voltak: HB04, Kunhalom, Lupus, Mulan, Nagyoroszi, Portelki, Ricsi. A paraméter értékei a legtöbb esetben a Björkmann és Demming-Adams által meghatározott optimális érték közelében voltak. Azonban néhány esetben a paraméter értékének csökkenését véltük felfedezni. Az optimális kezelés esetén a Fői $0,819 (\pm 0,001)$ értéket ért el, míg a Mulan Fv/Fm értéke ugyanilyen kezelés mellett $0,808 (\pm 0,002)$ értékű volt. A csökkentett nitrogén adagnál, az alábbi genotípusok esetében fedeztünk fel eltérést az Fv/Fm arány optimális értékéhez képest: Babona $0,819 (\pm 0,009)$ -t, a Fői $0,817 (\pm 0,007)$ -t, a HB04 $0,806 (\pm 0,003)$ -t, a Hyfi $0,816 (\pm 0,005)$ -t, a Mulan $0,808 (\pm 0,004)$ -t, és a Saturnus $0,814 (\pm 0,008)$ értéket ért el.



1. ábra: A potenciális fotokémiai aktivitás (Fv/Fm) értékének változása eltérő mennyiségű nitrogén (N) táplálás hatására (Opt. N: optimális, az optimális negyed része: 1/4N) genotípusonként (N kezelés hatása kontrollhoz képest $p < 0,05^*$, $p < 0,01^{**}$, $p < 0,001^{***}$). $n=3$, $\pm s.e.$

A vitalitási index (RFD)

A kísérletünk során a növények relatív fluoreszcencia értékének csökkenését is vizsgáltuk. A vitalitási indexet, más néven relatív fluoreszcencia csökkenést az RFD értékkel jellemezzük (LICHTENTHALER és RINDERLE, 1988). Amennyiben értéke 1 alatt van, valamilyen stressz hatást jelezhet számunkra. Mivel ez az érték főként stressz jelző szerepe miatt jelentős, így azon genotípusokat érdemes megemlíteni amelyek RFD értéke az említett 1 érték alatt maradt. Ilyen genotípus volt a Hyfi és a Mulan, mind a két esetben, a csökkentett nitrogén ellátás okozta a stressz helyzetet.

A fotoszintetikus elektron transzport ráta (ETR)

A fotoszintetikus elektrontranszport lánc működését az ETR (Electron T-transport R:rate) paraméterrel jellemezhetjük. A kísérletünkben, e mutatók tekintetében a genotípusonként jelentős eltéréseket tapasztaltunk. A felhasznált genotípusok között, a kezelések hatására a legtöbb esetben jelentős különbségek adódtak. Az optimális nitrogén táplálás esetében a legnagyobb értéket a Hyspeed hibrid búza érte el 132,4 ($\pm 15,62$) értékkel. Ugyanilyen kezelés esetén a legalacsonyabb ETR értéket a Mulan fajta érte el 65,63 ($\pm 1,83$), melynél a vitalitási index (RFD) értéke is alacsony volt. A csökkentett nitrogén ellátás mellett a legnagyobb értékkel a Nádor jellemmezhető 139,44 ($\pm 6,38$), míg a legalacsonyabbat a Sirtaki 65,18 ($\pm 18,62$) produkálta. 10 darab genotípus, a csökkentett adagú nitrogén ellátás nagyobb ETR értéket produkált. Azonban a genotípusok közül csak a mulan esetében volt szignifikáns az eltérés. A fennmaradó 21 genotípus esetén az optimális tápanyag ellátás okozta a paraméter értékének növekedését. Az eltérő nitrogén táplálás a Sirtaki fajta esetében okozta a legnagyobb különbséget a paraméter tekintetében. Ez esetben a csökkentett nitrogén ellátás 39,6%-kal csökkentette a paraméter értékét. Kiemelendő a Saturnus fajta is mivel ez esetben az optimális és a csökkentett nitrogén ellátás mindegyike 0,35%-os eltérést eredményezett az optimális tápanyag adaggal kezelt egyed javára. De alacsony eltérés jelentkezett még a HB04, Kunglória, Szajlai genotípusoknál is.

Az aktuális fotokémiai aktivitás(YIELD) értékei

A YIELD értékeit szemlélve megállapíthatjuk, hogy a genotípusok igen változó eredményt produkáltak. 11 genotípus esetében a csökkentett nitrogén ellátás eredményezett magasabb értéket, de szignifikáns különbséget csak a Mulan esetén észleltünk. Optimális tápanyag ellátás esetén a legmagasabb értéket a Hyspeed hibrid érte el 0,197 ($\pm 0,023$) értékkel. A legnagyobb különbség (41,5%) szintén, a genotípus optimális és csökkentett nitrogén ellátása között indukálódott. Azonban meg kell jegyezni, hogy a legmagasabb értéket a Nádor fajta esetében mértük csökkentett nitrogén ellátás mellett, ennek értéke 0,207 ($\pm 0,009$) volt, de az Urai fajta értéke is 0,205($\pm 0,01$) volt

Nem fotokémiai klorofill fluoreszcencia kioltó folyamatok (NPQ)

A felesleges gerjesztési energia elvezetésében, a klorofill fluoreszcencián kívül más folyamatok is részt vesznek. Ezen folyamatok torzíthatják, a mérést így ismeretlünk elengedhetetlen. A nem fotokémiai kioltó folyamatok eredményeit a 3. táblázat tartalmazza. Az optimális nitrogén táplálás esetén a legmagasabb értéket Nagyadai érte el,melynek NPQ-jai,755 ($\pm 0,098$) volt. A legalacsonyabb értéket optimális tápanyag ellátás esetén a Hylux hibrid esetében mértük, ennek értéke 0,7725 ($\pm 0,149$) volt. A csökkentett tápanyag adag esetén a legmagasabb értéket a Marcaltoi fajta produkálta 2,1413 ($\pm 0,259$) értékű NPQ-val, míg a legalacsonyabbat a Mulan esetén mértük, ennek értéke 0,604 ($\pm 0,055$) volt. Összességében az eredmények igen változatosak voltak. Egyértelműen nem volt kimutatható az eltérő nitrogén táplálás pozitív vagy negatív hatása ebben a paraméterben ugyanis 15 esetben azaz, a genotípusok közel 50%-ban a csökkentett nitrogén táplálás hatására volt magasabb az NPQ értéke, míg 16 genotípus esetén épp ellenkezőleg az optimális nitrogén ellátás eredményezett nagyobb értéket. E paraméter tekintetében az optimális és a csökkentett nitrogén ellátás értékeiben, két esetben jelentkezt szignifikáns különbség, mégpedig a HB04 és a Kunhalom fajták esetében. A HB04-nél az optimális ellátás, míg a Kunhalomnál a csökkentett nitrogén adag javára változott a különbség.

A fotokémiai munka qP értékei

A fotokémiai munka (qP) értékeit a 3. táblázat tartalmazza. Az eredmények a genotípusok között változatosak, viszont a genotípuson belül a nitrogéntáplálás megváltoztatása nem okozott jelentős eltéréseket. Azonban érdemes kiemelni azt a megfigyelést, miszerint ebben az értékben 11 genotípus esetén okozott magasabb értéket a csökkentett adagú nitrogén, és hogy ezek pontosan azok a genotípusok voltak amik a YIELD tekintetében is ugyanígy reagáltak a csökkentett nitrogén ellátásra. Ezek esetében a következő értékek születtek: Babona0,261 ($\pm 0,06$), Bankuti0,282 ($\pm 0,01$), Jékes0,299 ($\pm 0,029$), Kunglória0,307 ($\pm 0,018$), Mareallói0,307 ($\pm 0,047$),Mulan0,203 ($\pm 0,008$), Mv.Suba0,266 ($\pm 0,034$), Nádor0,328 ($\pm 0,001$), Szajlai0,245 ($\pm 0,01$), Toldi0,278 ($\pm 0,058$), Urai0,320 ($\pm 0,007$). Az eltérő nitrogén ellátás a legnagyobb hatást a Hyspeed és a Nádor genotípusokra gyakorolta. A Hyspeed esetében az optimális ellátás eredménye 0,324 ($\pm 0,021$) magasabb volt, mint a csökkentetté 0,189 ($\pm 0,031$) és ebben az esetben volt egyedül szignifikáns az eltérés. A Nádor esetében a csökkentett nitrogén adag eredménye 0,328 ($\pm 0,001$) megelőzte az optimálisét0,219 ($\pm 0,058$).

A PSII fényérzékenysége (1-qp/NPQ)

Korábbi eredményeknek megfelelően (VERES et al., 2013) az 1-qp/NPQ arány alkalmas a PS II azon képességének kimutatására, amely során a fotokémiai és nem-fotokémiai folyamatok arányát meghatározza adott nitrogén ellátás mellett. Ezen értékek, szintén a 3. táblázatban találhatók.

A genotípusok tekintetében, ezen érték is jelentős eltéréseket mutat, azonban az eltérő nitrogén táplálás hatására csak néhány esetben alakult ki jelentős különbség az adott genotípusok között. Az optimális nitrogén táplálásnál 13-szor, míg a redukált nitrogén adaggal táplált egyedeknél 18 alkalommal eredményezett nagyobb értéket az ellenkező típusú tápanyag adagolással ellentétben. Azon esetek közül, ahol a csökkentett nitrogén adag eredményezte az 1-qP/NPQ értékének növekedését, a Saturnus fajta reagált a legintenzívebben. Ennek a genotípusnak a csökkentett tápanyag adag esetében kialakult értéke 1,091 ($\pm 0,172$) közel kétszer akkora, mint az optimális tápanyag esetén 0,567 ($\pm 0,149$). A másik oldalról nézve az optimális tápanyag ellátás esetén nagyobb értéket mutatók közül alfylux esetében tapasztaltuk a legnagyobb különbséget. Ebben az esetben az optimális nitrogén mennyiséggel táplált egyednél az érték 1,034 ($\pm 0,279$), míg a csökkentett esetében 0,660 ($\pm 0,053$) volt. Szignifikáns eltérést a HB04, a Kunhalom, a Marcallói, valamint a Sirtaki genotípusok között véltünk felfedezni. A csökkentett nitrogén ellátásnál tapasztalt érték a HB04-nél 0,951 ($\pm 0,01$), a Kunhalomnál 0,435 ($\pm 0,06$), a Marcallóinál 0,331 ($\pm 0,03$), a Sirtakinál 1,052 ($\pm 0,06$) volt. Az optimális nitrogén ellátásnál tapasztalt érték a HB04-nél 0,522 ($\pm 0,02$), a Kunhalomnál 0,759 ($\pm 0,02$), a Marcallóinál 0,542 ($\pm 0,07$), a Sirtakinál 0,685 ($\pm 0,11$) volt.

Az Fo/Fo' arány értékének változása eltérő mennyiségű N táplálásnál

Az Fo/Fo' arányok értékeit a 3. táblázat tartalmazza. Az értékek a következő képen alakultak. Ebben a paraméterben sem a genotípusok között, sem pedig az eltérő kezelések hatására nem volt jelentős különbség megfigyelhető. Valamivel jelentősebb kiugrást két esetben, a Marcallói és a Nagyoroszi fajták esetében tapasztaltunk. Mind a két esetben a csökkentett adagú nitrogénnel kezelt egyedeknél jelentkezett a kiugrás. A Marcallóinál a csökkentett tápanyag adagú esetében az érték 1,144 ($\pm 0,049$) volt, míg az optimális nitrogén adagnál 1,026 ($\pm 0,019$). A Nagyoroszi genotípusnál a csökkentett N adagú értéke 1,068 ($\pm 0,022$) volt, míg az optimális tápanyag adag esetén 0,967 ($\pm 0,04$) vett fel. E paraméter tekintetében a legalacsonyabb értéket a csökkentett nitrogén adagú Mulan mutatta. Értéke 0,902 ($\pm 0,006$) volt. Szignifikáns különbséget a Hylux genotípusnál észleltünk ahol az optimális táplálás értéke 0,915 ($\pm 0,01$), míg a csökkentetté 0,999 ($\pm 0,01$) volt.

Következtetések

Munkánk során eltérő őszi búza (*Triticum aestivum* L.) genotípusok (Babona, Bánkúti M, Békés, Berény, Főti, Gyöngyöstarjáni, HB04, Hyfi, Hylux, Hyspeed, Kunglória, Kunhalom, Lupus, Marcallói, Marsall, Mulan, Mv Karaj, Mv Lucilla, Mv Suba, Nádor, Nagyatádi, Nagyoroszi, Nagyzsvágyi, Porteleki, Rétsági, Ricsai, Saturnus, Sirtaki, Szajlai, Toldi, Urai) fotokémiai aktivitás értékét határoztuk meg eltérő mennyiségű nitrogén (N) ellátás mellett (optimális és annak 1/4 része), a búza bokrósodási fejlődési fázisában. A kísérleteket klímazsámban, kontrollált feltételek mellett végeztük. Mértük a növények szárazanyag tartalmát, külön a gyökereket és a hajtást is, valamint megszámoztuk a hajtások számát is a kezelések függvényében. Szárazanyag tömeg,

valamint hajtás szám tekintetében kiemelendők azon genotípusok melyek az eltérő táplálás ellenére is hasonló produkcióra voltak képesek, ilyen módon jellemezhető a Hylux hibrid búza és a Sirtaki fajta. A fotokémiai aktivitás értékeit klorofill fluoreszcencia indukció módszerrel vizsgáltuk. Mértük az indukciós görbe gyors szakaszának a paramétereit, így az optimális fotokémiai aktivitást (Fv/Fm), a változó (Fv) és az alap (Fo) fluoreszcencia értékét is. Továbbá magas fényintenzitás mellett mértük az indukciós görbe lassú szakaszában meghatározható indikátorait is. Így az elektron-transzport rátát (ETR), a nem-fotokémiai kióltó folyamatok arányát jellemző NPQ értéket, a vitalitási indexet (RFD), az aktuális fotokémiai aktivitást (YIELD), az Fo/Fo' és az 1-qP/NPQ arányokat. A vizsgált paraméterek között bizonyos jellemzők kiemelten alkalmasak a nitrogén igény jellemzésére a vizsgált korai fejlődési stádiumban. Eredményeink szerint az 1-qP/NPQ arány alkalmas a PSII azon belső képességének jellemzésére, mely során a fotokémiai és nem-fotokémiai folyamatok arányát szabályozza az adott nitrogén koncentráció jelenlétében. Továbbá eredményeink szerint néhány vizsgált genotípus a nagymértékben csökkentett nitrogén ellátás mellett is az optimálishoz hasonló fotokémiai aktivitással bír (GK, Békés, MV, Marsall, MV Toldi, Rétsági, Szajlai). A kisebb nitrogén mennyiség mellett is aktív fotoszintézissel jellemezhető genotípusok egy újabb nemesítési irányt jelenthetnek.

Hivatkozások

- BÜRKMAN, O., DEMMIG-ADAMS, B. (1987): Photon yield of O_2 evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77K among vascular plants of diverse origins. *Planta*, 170: 489-504. GRUBER, B.D., GIEHL, R.F.J., FRIEDEL, S., VON WIREN, N. (2013): Plasticity of the *Arabidopsis* root system under nutrient deficiencies. *Plant Physiol.* 163: 161-179.
- LICHTENTHALER, H.K., RINDERLE, U. (1988): The role of chlorophyll fluorescence in the detection of stress conditions in plants. *Crit. Rev. in Anal. Chem.*, 19: 329-383.
- LONGMECKER, N., KIRBY, E.J.M., ROBSON, A. (1993): Leaf emergence, tiller growth and apical development of nitrogen-deficient spring wheat. *Crop Science* 33: 154-160.
- MAXWELL, K., JHONSON, G.N. (2000): Chlorophyll fluorescence - a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 659-668.
- VERES, SZ., MALIK, A.I., TÓTH, B., MAKLEIT, P., NAGY, L., NAGY, L.G., RENGEL, Z. (2013): Values of photochemical activity in wheat genotypes under different nitrogen supply conditions. *VL Georgikon Napok Tudományos Konferencia kötet (Tóth, E., Szerk.)*, Keszthely, szeptember 26-27., p 105-110. ISBN 978-963-639-52-2.
- XU, G.H., FAN, X.R., MILLER, A.J. (2012): Plant nitrogen assimilation and use efficiency. *Annu. Rev. Plant Biol.* 63: 153-182.