

Csökkentett nitrogén ellátás hatása búza genotípusok fotoszintetikus válaszreakcióira

Effect of reduced amount of nitrogen on the photosynthetic responses of wheat genotypes

szilvveres@gmail.com

¹Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, MSc hallgató

²Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, PhD hallgató

³Debreceni Egyetem, Nyíregyházi Kutatóintézet, tudományos főmunkatárs

⁴Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Debrecen, egyetemi docens

1. ÖSSZEFOGLALÁS

A fenntartható mezőgazdaság elveinek megfelelés a növénytermesztésben is a haszonnal együtt kell, hogy megtörténjen. A növénytermesztés, lévén az egyik legfőbb élelmiszer alapanyag szolgáltató, kettős kihívással néz szembe. Az egyik, hogy megfelelő mennyiséget termeljen, a másik, hogy a minőséget sem hanyagolhatja el, sőt, napjainkban már a személyre szabott igények is felmerülnek. A növényi produkció számos külső és belső tényező függvénye. A belső tényező maga a genotípus, az örökölt adottságok. A termőhely klimatikus tényezőin túl fontos abiotikus faktor a tápanyag ellátás, hiszen a sikeres növénytermesztés alapja a megfelelő tápanyag utánpótlás. A nitrogén műtrágyázás alapvető eszköze a növényi produkció növelésének. A 'zöld' mezőgazdaságban egyre inkább fontos célkitűzés olyan genotípusok kiválasztása, melyek kevesebb nitrogén ellátás mellett is ugyanazt a mennyiségű és minőségű termést produkálják a termesztő számára.

Munkánk során eltérő búza genotípusok fotokémiai aktivitás értékét határoztuk meg optimális és csökkentett nitrogéntáplálás mellett, a búza bokrosodási fejlődési fázisában. A kísérleteket klímazobában, kontrollált feltételek mellett végeztük. Mértük a növények szárazanyag tartalmát, külön a gyökeret és a hajtást is, valamint megszámloltuk a hajtások számát is a kezelések függvényében. A fotokémiai aktivitás értékeit klorofill fluoreszcencia indukció módszerrel vizsgáltuk. Mértük az indukciós görbe gyors szakaszának a paramétereit, így az optimális fotokémiai aktivitást (F_v/F_m), a változó (F_v) és az alap (F_o) fluoreszcencia értékét is. Továbbá magas fényintenzitás ($1600 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) mellett mértük az indukciós görbe lassú szakaszában meghatározható indikátorait is. Így az elektron-transzport rátát (ETR), a nem-fotokémiai kioltó folyamatok arányát jellemző NPQ értéket, a vitalitási indexet (RFD), az aktuális fotokémiai aktivitást ($Yield$), az F_o/F_o' 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 fotokémia aktivitással bír. A kisebb nitrogén mennyiség mellett is aktív fotoszintézissel jellemezhető genotípusok egy újabb nemesítési irányt jelenthetnek.

2. BEVEZETÉS

Napjainkban a mezőgazdaságnak az egyik legnehezebb feladata, hogy a fenntarthatógazdálkodás elveinek megfeleljen. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a növekvő népesség táplálékmennyiséggel szembeni növekvő igényének kielégítése céljából, növelnünk kell a termésátlagokat. Emellett törekednünk kell arra, hogy a lehető legjobb minőségű élelmiszert állítsuk elő, mivel az ilyen, kiváló minőségű termékek iránt is egyre nagyobb a kereslet. Mindezt egyre szigorúbb környezet- és természetvédelmi, valamint élelmiszerbiztonsági szabályok betartása mellett kell megvalósítanunk. Ezen felül meg kell felelni a fenntartható mezőgazdaság azon alapelveinek, hogy a termelés minden esetben haszonnal kell, hogy társuljon. A növényi produkciót számos külső és belső hatás befolyásolhatja. A belső tényezők magát a genotípust, az örökölt tulajdonságokat jelentik, míg a külső tényezők a különböző biotikus és abiotikus faktorokat foglalja magába. A növények tápanyagellátása összetett művelet, mivel egyaránt befolyásolják külső és belső faktorok is. Ebből aszempontról, külső hatásként jelentős

hatást gyakorol a növényre a talajok tápanyagellátottsága, illetve a tápanyagok felvehetősége. Azonban nagyon fontos 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 nemesítési irányt jelenthetnek a növénynemesítés számára.

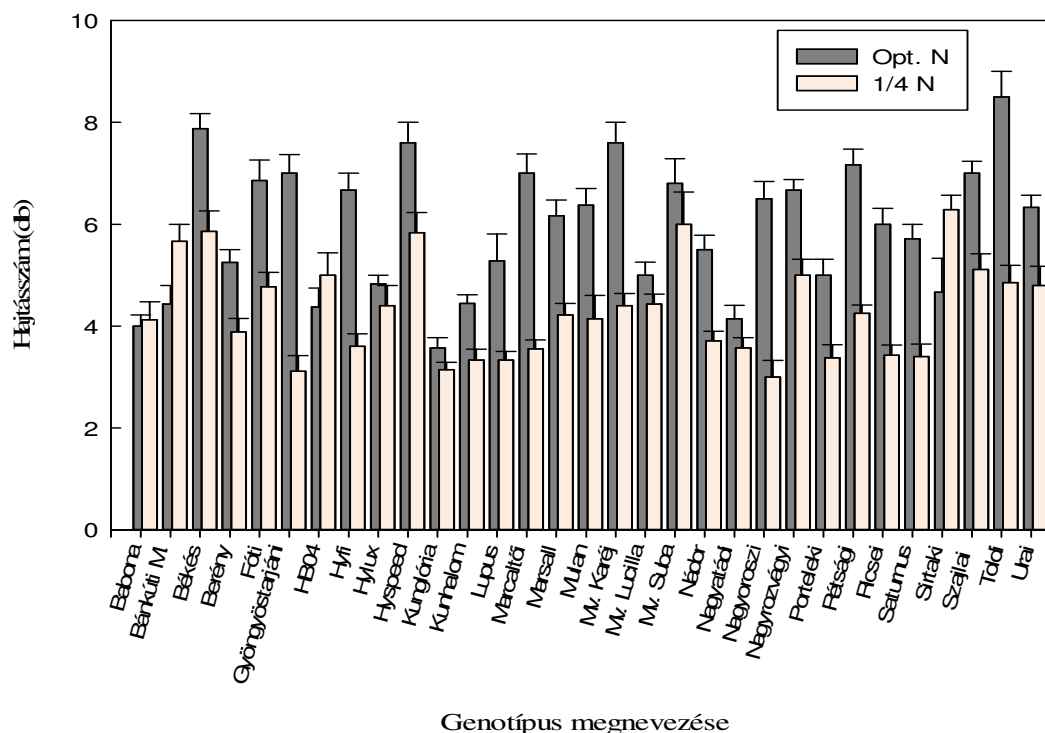
3. ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleteink során őszi búza (*Triticum aestivum* L.) 31-féle genotípusát (Babona, Bánkúti M, Békés, Berény, Fóti, Gyöngyöstarjáni, HB04, Hyfi, Hylux, Hyspeed, Kunglória, Kunhalom, Lupus, Marcaltói, Marsall, Mulan, Mv Karéj, Mv Lucilla, Mv Suba, Nádor, Nagyatádi, Nagyoroszi, Nagyrozvágyi, Porteleki, Rétsági, Ricsei, Saturnus, Sirtaki, Szajlai, Toldi, Urai) vizsgáltuk eltérő mennyiségű nitrogén (N) ellátás mellett (ptimális és annak ¼ része) kontrollált körülmények között. A klímaszoba (Debreceni Egyetem, MÉK, Növénytudományi Intézet, Mezőgazdasági Növénytan, Növényélettani és Biotechnológiai Tanszék klímaszobája) 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 vizsgálatokat a bokrosodás fejlődési stádiumában végeztük.

A növényi részek (hajtás és gyökér) tömegét termogravimetriás módszerrel határoztuk meg. A hajtásokat és gyökereket 65°C-os szárítószekrénybe helyeztük és tömegállandóságig szárítottuk, majd a lehűlést követően négy tizedes jegy pontossággal mértük meg a tömegüket. A fotoszintézis aktivitásának megállapításához a klorofill fluoreszcencia indukció módszert alkalmaztuk (Schreiber et al., 1994). Az utolsó kifejlett leveleken az *in vivo* klorofill fluoreszcenciát, a klorofill fluoreszcencia indukció gyors és lassú szakaszának paramétereit PAM-2001 típusú fluorométerrel (WALZ GmbH, Németország) végeztük. A mérések előtt a növényi mintát 20 percig sötétadaptáltuk. A mérés során előbb a sötétadaptált mintát gyenge mérőfényvel világítottuk meg, és mértük az alap fluoreszcencia (F_0) szintjét, majd telítési fényimpulzus ($8000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) alkalmazása után a műszer detektálta a maximális fluoreszcenciát (F_m). Az F_m sötétben kb. 20s elteltével az F_0 szintre esik vissza. Az F_m és F_0 különbsége a változó fluoreszcencia (F_v). Az F_v/F_m arányt a PSII maximális (potenciális) fotokémiai hatékonyság jellemzésére használtuk fel. További vizsgált paraméterek: az elektron-transzport ráta (ETR), a nem-fotokémiai kioltó folyamatok arányát jellemző NPQ értéke, a vitalitási index (RFD), az aktuális fotokémiai aktivitás (Yield), az F_0/F_0' és az $1-qP/NPQ$ arányok.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELESLÉSEK

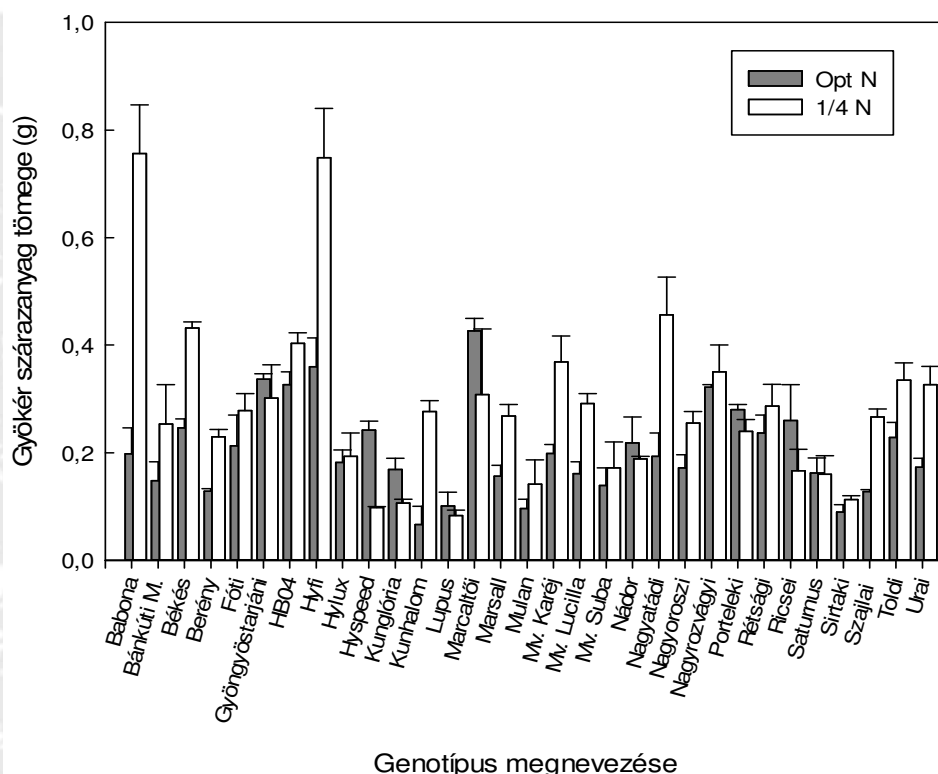
Az őszi búza (*Triticum aestivum* L.) termését döntően három tényező alapján tudjuk megbecsülni: a területegységre eső kalászsorszám, a kalásonkénti szemszám illetve az ezerszem-tömeg. A területegységre eső kalászsorszám szempontjából döntő fenológiai szakasz a bokrosodás időszaka. A termésképző elemek 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. Ennek megfelelően, a kísérletünk során a genotípusok hajtás számát is meghatároztuk (1. ábra).



1. ábra A hajtásszám (db) értékének változása eltérő mennyiségű nitrogén (N) táplálás hatására (Opt. N: optimális, az optimális negyed része: 1/4N) genotípusonként (Babona, Bánkúti M, Békés, Berény, Fóti, Gyöngyöstarjáni, HB04, Hyfi, Hylux, Hyspeed, Kunlória, Kunhalom, Lupus, Marcaltői, Marsall, Mulan, Mv Karéj, Mv Lucilla, Mv Suba, Nádor, Nagyatádi, Nagyoroszi, Nagyrozvágyi, Porteleki, Rétság, Ricsei, Saturnus, Sirtaki, Szajlai, Toldi, Urai). $n=9, \pm s.e.$

Eredményeink szerint, az esetek túlnyomó többségében az optimális nitrogén ellátás magasabb hajtásszámot eredményezett. Csökkentett nitrogén táplálásnál négy esetben figyelhattunk meg több hajtást a növényeken, mégpedig a Babona, a Bánkúti Marquis, a HB-04 és a Sirtaki genotípusok esetében. Azonban e genotípusok közül csak a Sirtaki esetében észleltünk jelentős különbséget. Ez esetben a csökkentett nitrogéntáplálás 34,76% -kal (1,62db) eredményezett több hajtást, mint az optimális nitrogén ellátás. Kiemelendők azon genotípusok, melyek esetében az eltérő mértékű nitrogén táplálás csak alacsony mértékű eltérést okozott a hajtások fejlődésében. A Babona esetében 3% (0,12 db) eltérés volt a csökkentett nitrogén adag javára. A Hylux, esetében az optimális nitrogénadagolás csak 9,77% -kal (0,43db) eredményezett több hajtást. Fontos kiemelni a Kunlóriát melynél az optimális nitrogén ellátás hatására 13,69% -kal (0,43 db) több hajtás képződött, és végül a Nagyatádit ahol szintén az optimális táplálás eredményezett több hajtást, de ez csupán 15,96% -kal (0,57 db) volt több mint a csökkentett nitrogén ellátás produkciója. Összességében elmondható, hogy a kiemelt genotípusok esetében csökkentett nitrogéntáplálás nem okozott jelentős többlet produkciót.

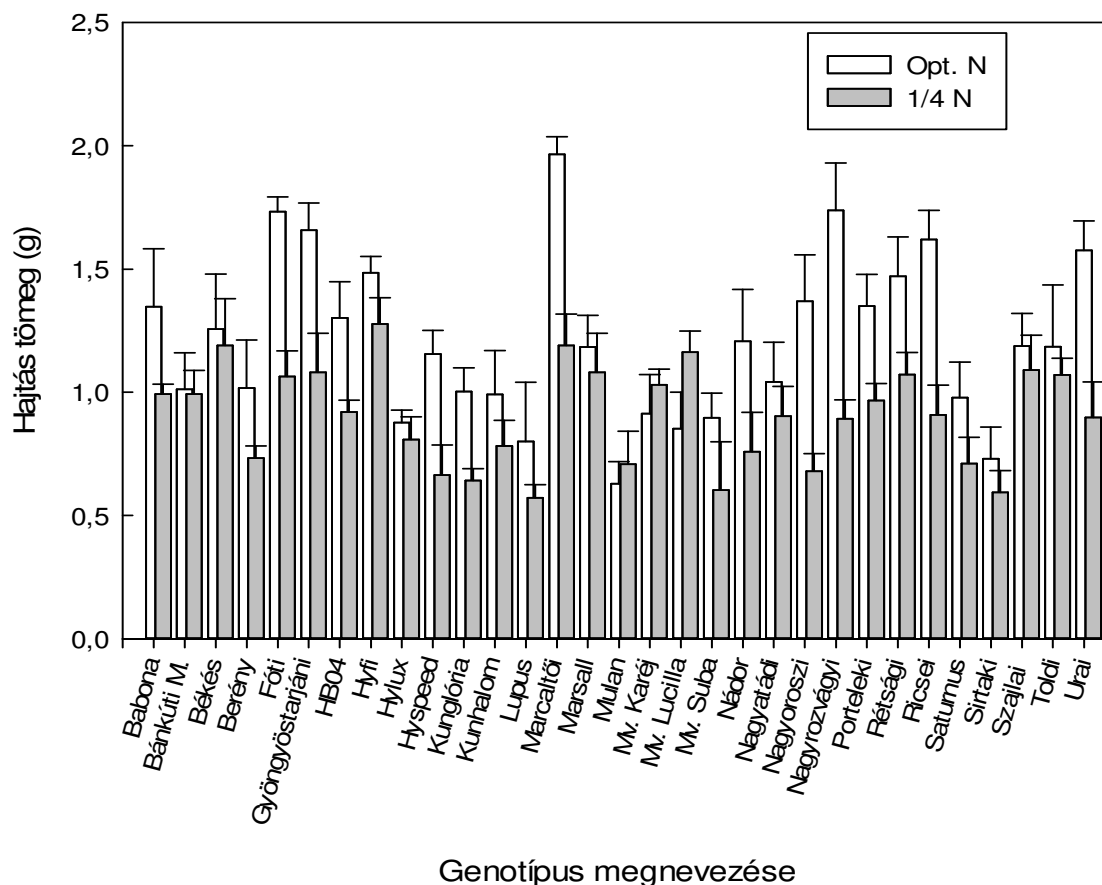
A gyökér, a tápanyag felvétel fő apparátusa, ezért méretével jelentős módon képes befolyásolni a növényi produkciót. Ezért a kísérlet során fontos lépés volt a gyökér szárazanyag tartalmának meghatározása (2. ábra).



2. ábra A gyökér szárazanyag tömegének (g) értékének változása eltérő mennyiségű nitrogén (N) táplálás hatására (Opt. N: optimális, az optimális negyed része: (1/4N) genotípusonként (Babona, Bánkúti M, Békés, Berény, Fóti, Gyöngyöstarjáni, HB04, Hyfi, Hylux, Hyspeed, Kunglória, Kunhalom, Lupus, Marcaltői, Marsall, Mulan, Mv. Karéj, Mv. Lucilla, Mv. Suba, Nádor, Nagyatádi, Nagyoroszi, Nagyrozvágyi, Porteleki, Rétsági, Ricsei, Saturnus, Sirtaki, Szajlai, Toldi, Urai) . $n=3, \pm s.e.$

Méréseink szerint a vizsgált genotípusok közül mindössze kilenc, azaz az összes vizsgált genotípus mindössze 29,03 %-ban fordult elő, hogy az optimális nitrogén táplálás a gyökér szárazanyag tartalmának növekedését okozta. Az esetek többségében (70,97 %-ban) azonban a csökkentett nitrogén táplálás okozott szárazanyag-tömeg növekedést, a gyökér tekintetében. Kiemelkedően magas produkcióval reagált a csökkentett nitrogén adagra a Babona ($2,27g \pm 0,048$), valamint a Hyfi ($2,24g \pm 0,053$) genotípus. Összegezve megállapítható, hogy az esetek túlnyomó többségében a csökkentett nitrogén ellátás a gyökér szárazanyag tömegének növekedését eredményezte.

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 (3. ábra).



3. ábra A hajtások szárazanyag tömegének (g) értékeinek változása eltérő mennyiségű nitrogén (N) táplálás hatására (Opt. N: optimális, az optimális negyed része: (1/4N) genotípusonként (Babona, Bánkúti M., Békés, Berény, Főti, Gyöngyöstarjáni, HB04, Hyfi, Hylux, Hyspeed, Kunglória, Kunhalom, Lupus, Marcaltői, Marsall, Mulan, Mv. Karéj, Mv. Lucilla, Mv. Suba, Nádor, Nagyatádi, Nagyoroszi, Nagyrozvágyi, Porteleki, Rétsági, Ricsei, Saturnus, Sirtaki, Szajlai, Toldi, Urai). $n=6, \pm s.e.$

Eredményeink szerint mindössze három esetben, azaz 9,67 % -ban fordult elő, hogy a csökkentett nitrogén táplálás nagyobb szárazanyag tömeget eredményezett. Ez a három genotípus a következő volt: Mulan, Mv. Karéj, Mv. Lucilla. E fajták közül jelentős különbséget csak az Mv. Lucilla genotípus esetében mértünk mely esetében a csökkentett nitrogén ellátás 36,47 %-kal több szárazanyag termelést generált. 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. A Bánkúti Marquis esetében az optimális nitrogén ellátás csupán 2,02 %-os (0,02 g) eltérést eredményezett a csökkentett nitrogén ellátáshoz képest. A Békés esetében az optimális nitrogén kezelést kapott 5,04 %-al (0,06 g) haladta meg a csökkentett nitrogén adaggal táplált kísérlet szárazanyag tömegét. A Hylux optimális nitrogén ellátás mellett 8,75 % többlet termelésre volt képes, míg a Mulan esetében a csökkentett nitrogén adag eredményezett többlet termelést, mégpedig 12,9 %-al (0,08 g) több volt a szárazanyag tömege az optimális táplálással elérhető képest. Hajtás szárazanyagtömeg tekintetében, kimagasló eredményt, minden esetben az optimális nitrogén ellátás eredményezett. Ebből a szempontból kiemelkedőnek tekinthetők a Főti (1,73g $\pm 0,059$), a Gyöngyöstarjáni (1,65g $\pm 0,109$), Marcaltői (1,96g $\pm 0,071$), Nádor (1,2g $\pm 0,209$), Nagyoroszi (1,37g $\pm 0,187$), Nagyrozvágyi (1,73g $\pm 0,192$), Ricsei (1,62g $\pm 0,117$), Urai (1,57g $\pm 0,118$) genotípusok. Összegezve elmondható, hogy néhány kivételtől eltekintve a csökkentett nitrogén ellátás a hajtások szárazanyag tömegének csökkenését okozta. A relatív klorofill tartalom értékek a növény

szárazanyag tartalmával pozitív korrelációt mutatnak, a nagyobb szárazanyaggal jellemezhető genotípusok relatív klorofill tartalma nem érzékeny a kisebb nitrogén ellátásra a vizsgált fejlődési stádiumban.

A klorofill fluoreszcencia a fényelnyelés során feleslegesen elnyelt energia fényként való visszasugárzását jelenti. Kísérletünkben mértük a klorofill fluoreszcencia indukció gyors és lassú szakaszának különböző paramétereit, melyek összességében átfogó képet nyújtanak a növények fotoszintetikus aktivitásának változásáról. Emellett a módszer egy gyors, precíz, nondestruktív, ezáltal széles körben alkalmazott módja a különféle stresszhelyzetek fotoszintézisre gyakorolt hatásának (Schreiber et al., 1988). A klorofill fluoreszcencia gyors szakaszában meghatározható alap fluoreszcencia (F_0) és a maximális fluoreszcencia (F_m) érték különbsége a változó fluoreszcencia (F_v). Utóbbi két értékből meghatározható az F_v/F_m érték, amely a PS II potenciális fotokémiai hatékonyságáról ad pontos információt (Maxwell és Johnson, 2000). Az F_v/F_m értéke optimális fejlődési körülmények között élő, hajtásos növényeknél $0,832 \pm 0,004$ (Björkmann és Demming-Adams, 1987). Eredményeink szerint a vizsgált genotípusok esetében a különböző mennyiségű nitrogén ellátástól függetlenül az F_v/F_m értékek az ideális értékhez közeleiek voltak, és nem volt jelentős különbség a kezelések hatására. Néhány genotípus esetében (Babona, HB-04, Marcaltó, Kunhalom) tapasztaltuk az érték csökkenését (3-5%) csökkentett nitrogén ellátás hatására. A vitalitási indexet, más néven relatív fluoreszcencia csökkenést az RFD értékkel jellemezzük (Lichtenthaler és Rinderle, 1988). Amennyiben értéke 1 alatt van, az stresszjelző. A vizsgált genotípusok közül csak a Hyfi és a Mulan genotípusoknál mértünk egynél kisebb értéket, azaz ebben az esetben a csökkentett nitrogén ellátás stresszhelyzetet, tápanyaghiányt jelentett. Az ETR (elektron transzport ráta) változása eltérő a genotípusok és a kezelések között. A ráta értéke 70-132 intervallumban változik, a vizsgált hibrid búzák (Hyfi, Hylux, Hyspeed) optimális nitrogén ellátás mellett magas, azaz kiválóan, nagy hatékonysággal működik a fotokémia reakció, ugyanakkor éppen ezen hibrideknél a csökkentett nitrogén ellátás nagy csökkenést eredményez az ETR-ben. Korábbi eredményeknek megfelelően (Veres et al., 2013) a 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.

Vizsgálati eredményeink fontos információt nyújtanak a vizsgált genotípusok tápanyagellátás szempontjából lévő különbségről. A genotípusok egy része a korai fejlődési stádiumban nem érzékeny a jóval alacsonyabb nitrogén ellátásra, negyedni nitrogén adag mellett is az optimálishoz hasonló szárazanyag produkcóra képes. A klorofill-fluoreszcencia paraméterek közül kiválaszthatóak azok, melyek a leginkább alkalmasak a nitrogén hiány kimutatására in vivo, még akkor, amikor látható tünetek nem jelennek meg a növényen, de fotoszintetikus folyamatok jelzik a nitrogén ellátás hiányát. A gyors detektálásnak köszönhetően mihamarabb kielégíthetjük az arra érzékeny genotípus további nitrogén igényét, illetve olyan genotípusokat választhatunk ki a nemesítés számára, melyek nitrogén ellátással kapcsolatos toleranciája széles.

5. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Köszönet illeti a projekt finanszírozása végett a DE, Belső Kutatási Pályázati forrást és a 'Kiváló malomipari paraméterekkel rendelkező adaptív őszi búza vonalak előállítás' (AGR_PIAC_13-1-2013-0002) pályázatot.

6. IRODALOMJEGYZÉK

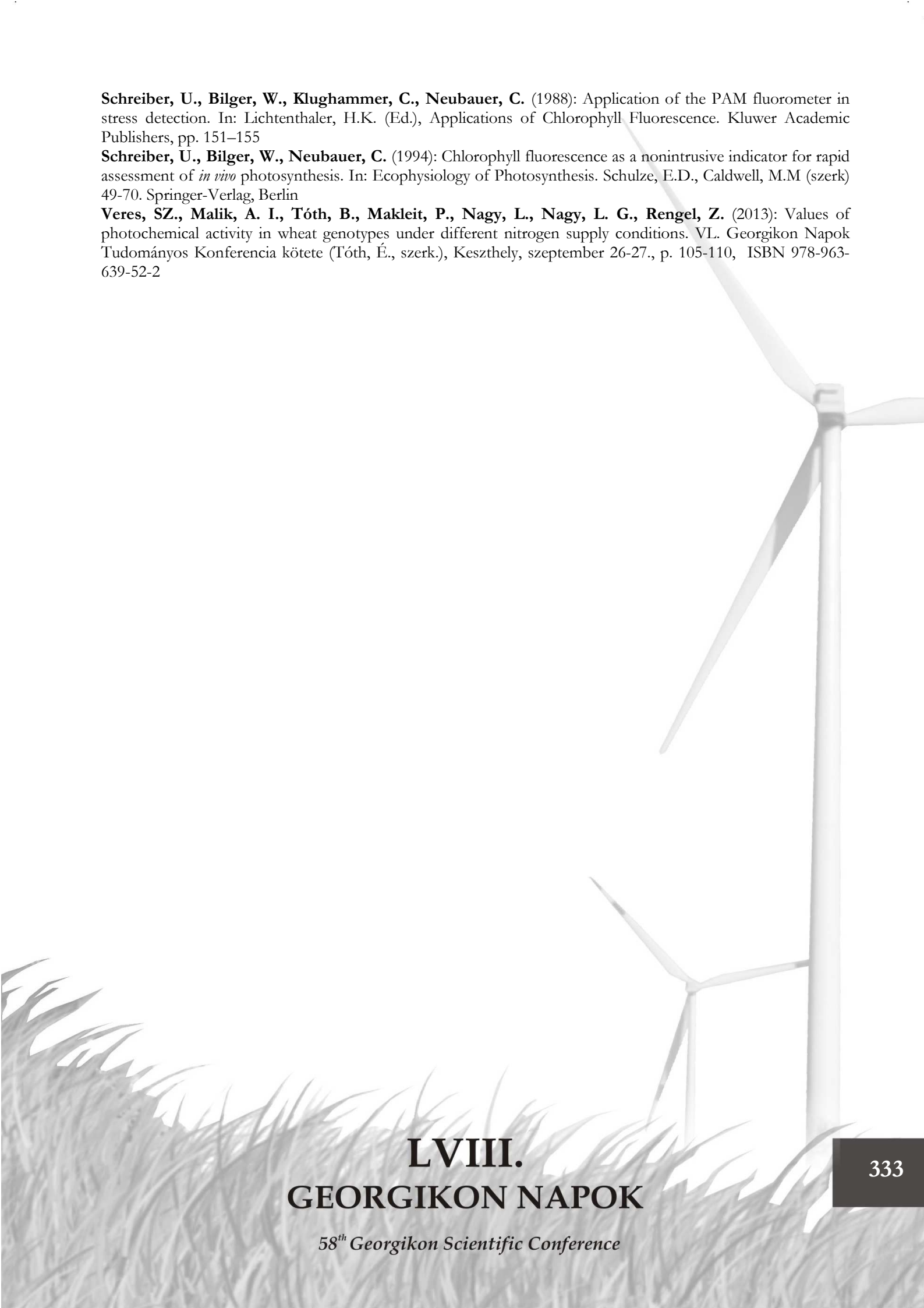
Björkmann, O., Demming-Adams, B. (1987): Photon yield of O_2 evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77K among vascular plants of diverse origins. *Planta*, 170: 489-504

Maxwell, K., Johnson, G. N. (2000): Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51: 659-668

Schreiber, U., Bilger, W., Klughammer, C., Neubauer, C. (1988): Application of the PAM fluorometer in stress detection. In: Lichtenthaler, H.K. (Ed.), Applications of Chlorophyll Fluorescence. Kluwer Academic Publishers, pp. 151–155

Schreiber, U., Bilger, W., Neubauer, C. (1994): Chlorophyll fluorescence as a nonintrusive indicator for rapid assessment of *in vivo* photosynthesis. In: Ecophysiology of Photosynthesis. Schulze, E.D., Caldwell, M.M (szerk) 49-70. Springer-Verlag, Berlin

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. VI. Georgikon Napok Tudományos Konferencia kötete (Tóth, É., szerk.), Keszthely, szeptember 26-27., p. 105-110, ISBN 978-963-639-52-2



LVIII. GEORGIKON NAPOK

58th Georgikon Scientific Conference