

Válasz Dr. Győri Zoltán Professzor, az MTA doktora opponensi véleményére

Köszönöm, hogy Professzor Úr vállalta dolgozatom bírálatát, és a technológiai minőség kutatásában jártas, neves szakértőként véleményével és javaslataival segíti további munkámat.

A durumbúza bár a második legnagyobb területen termesztett *Triticum* faj, kutatási háttére eltörpül a kenyérbúzáéhoz viszonyítva. Ennek ellenére a disszertáció témáját jelentő két tulajdonság kiemelkedő jelentőséggel bír a nemzetközi szakirodalomban. Elsősorban tavaszi durumbúza fajtákra, törzsekre és genotípusokra vonatkozó információk találhatóak a publikációkban, őszi durumbúzáról nagyon kevés közlemény készült. Ennek elsődleges oka, hogy a világ durumbúza termőterületének több mint 90%-án, ősszel, vagy tavasszal vetett tavaszi fajtákat termesztnek. Az őszi fajtakörben a minőség – és ezen belül a sikerindex és a Minolta b\* érték – javítása kiemelt jelentőségű. Opponensen furcsállotta a disszertáció címét. Sokat gondolkodtam ezen, de végül a precíz megnevezés mellett döntöttem. A szakirodalomban a Minolta b\* értéket sárga indexként is említik (korábban én is így tettem). A sárga index megnevezés már korábban is megjelent a szakirodalomban, szegedi kutatók (Beke és Szabellédy 1981, Sallai et al. 1983, Erdei et al. 1984) több alkalommal is használták ezt a megnevezést. Az általuk vizsgált tulajdonságot viszont más típusú készülékkel, Momcolor-D színmérővel, tésztakorongot használva határozták meg. Az egyértelműség miatt döntöttem végül a Minolta b\* megnevezés használata mellett. Napjainkban a Minolta kromaméterek használata már elterjedt a feldolgozóiparban, így a tulajdonság könnyen beazonosítható a durumbúzával foglalkozó szakemberek és kutatók számára. A sikerindex megnevezés nem általánosan mérhető tulajdonságra utal, hiszen kizárólag a Perten gyártmányú sikérmóssóval és az ehhez tartozó Perten 2015 típusú centrifugával – sőt annak is egy speciálisan átalakított változatával – határozható meg. Az valóban igaz, hogy a tulajdonság hivatalos nevében nem szerepel, de valójában a Perten-féle sikerindex méréséről van szó.

A rövidítések jegyzékének összeállításán sokat gondolkodtam, de végül elvettem ennek megjelenítését. A tulajdonságok nevét a szövegben minden esetben kiírtam, egyedül a táblázatokban és az ábrákon található meg nagyobb mennyiségben a rövidített változat. Ezek feltüntetése pedig – ismerte az általános szabályt, miszerint az ábráknak és táblázatoknak önmagukban is értelmezhetőnek kell lenni – nem pótolható a rövidítések jegyzékével.

Opponensem az Anyag és módszer részből hiányolt néhány információt. Ezek egyike a talaj pH értékének meghatározására vonatkozott. A vizsgálatokat a NAH-1-1776/2015 számon akkreditált Környezetvédelmi és Talajvizsgáló Laboratórium végezte, melynek székhelye éppen Debrecenben található. A jegyzőkönyvön az alábbi pH mérésre vonatkozó információ szerepel: „pH (KCl 1:2,5)[-]”, ami kálium-klorid oldattal készített vizsgálatra utal.

A műtrágyánál valóban csak a hektáronként kijuttatott makro hatóanyagok mennyiségét adtam meg. Mivel minden évben ugyanannyi nitrogént, foszfort és káliumot használtunk és ugyanazt a típusú termékkel kezeltük a parcellákat, ezért nem tartottam lényegesnek az ennél részletesebb ismertetést. A nemesítési tenyészterületen 20-20-20 NPK összetételű komplex műtrágyát juttattunk ki ősszel 60 kg ha<sup>-1</sup> nitrogén hatóanyag mennyiségben, tavasszal pedig Pétisó formájában fejtrágyáztunk, hektáronként további 60 kg nitrogént kijuttatva (a hatóanyag mennyiségek szerepelnek a dolgozatban). A Pétisó a 27% nitrogén mellett 5% magnézium-oxidot és 7% kalcium-oxidot tartalmaz. Az agronómiai kísérletek a vizsgált Martonvásáron nemesített durumbúzákat N-reakcióinak megismerését célozták. A terület kiválasztása során alapvető szempont volt, hogy mindig jó foszfor- és kálium-ellátottságú területekre kerüljön a kísérlet, amelyeken nem e két makroelem felvehető mennyisége limitálja a N-reakciók kialakulását a várhatóan átlagos, vagy csapadékos évjáratokban. A felhasznált N-műtrágya minden évben 27%-os N-tartalmú szilárd halmazállapotú mészammonsalétrom (Pétisó) volt. A

kísérlet egyéb mezo- és mikroelem kiegészítésben közvetlenül nem részesült (a Pétisóban lévő dolomit Ca- és Mg-tartalmától eltekintve). Mezoelem tekintetében a közepes, vagy jó P-ellátottság fenntartására használt 18%-os szuperfoszfát műtrágya fontos része a tápelemek pótlásának, hiszen a benne lévő, mintegy 13% kén a búzafélék sikerminőségének egyik meghatározó tényezője. Mikroelem kiegészítést sem talajba juttatással, sem lombtrágyázással nem végeztünk.

Professzor Úr felhívta figyelmemet arra a hiányosságra, hogy nem adtam meg a mérések értelmezési tartományát. A sikerindex relatív érték, leegyszerűsítve a centrifugálást követően a speciális szita belső felén fennmaradt nedvesség mennyiségének arányát adja meg százalékos értékben. Ennek nagysága 0 és 100 között változhat. A Minolta készülékkel a CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) által kidolgozott és a feldolgozóiparban elterjedt  $L^*a^*b^*$  szín meghatározási rendszert használtuk. Eszerint az  $L^*$  érték 0 és 100 között változhat, viszont az  $a^*$  és a  $b^*$  koordinátán mérhető értékeknek nincs konkrét tartományuk. Általánosságban elmondható, hogy a mért adatok -128 és +127 között helyezkednek el, de a referenciaként megadott fehér szín függvényében még  $\pm 150$ -es érték is előfordulhat. Kissé meglepő a készülék gépkönyvében található ábra, hiszen ezen valóban csak a  $\pm 60$  közötti értékekre értelmezik a színt a kiadvány összeállítói, ugyanakkor a brosurában példaként bemutatott citrom adatainál már 68,54-es  $b^*$  érték szerepel. A legjobb durumbúza szemolina minták Minolta  $b^*$  értéke meghaladhatja a 30-at, de még ez is távol helyezkedik el a mérhető maximális értéktől. A mérési tartomány kísérleteinkben a sikerindex esetén 0,38 és 99,65, a Minolta  $b^*$  értéknél 15,06 és 32,36 közötti volt. Valamennyi statisztikai számítást intézetünkben végeztem az Agrártudományi Kutatóközpont által megvásárolt programokat használva.

Utólag is elnézést kérek a szövegben elkövetett hibákért. Ellenőriztem a leadott pdf fájlt, amiből a bekötött példányok készültek. Ebben a „köveztetünk” szó szerepel, így genetikai példára fordítva, egyszerű „deléció”-ról (három betű elhagyásáról) van szó, és mivel értelmesnek tűnő szó alakult ki, ezért a Word helyesírás-ellenőrzője sem észlelte az elütést.

Köszönöm, hogy opponensem az új tudományos eredmények többségét elfogadta.

Opponensem két kérdést tett fel

1. 1) A hőstressz sikerindexet befolyásoló hatására véleménye szerint hogyan hathat a talaj nedvességtartama?

Röviden megfogalmazva, nincs jelentősége, vagy csak áttételesen, minimális hatással lehet a folyamatokra. Mindazonáltal köszönöm ezt a szép, összetett és elgondolkodtató kérdést. A 35 évvel ezelőtti Állatálettan vizsga emlékei törtek fel bennem, amikor Tóth Béla Lajos professzor úr azon kérdését kellett megválaszolnom, hogy, ha egy madarat hasba szúrnak, kap-e légmellet? Itt is egy hasonlóan összetett helyzetről van szó. A hőstressz a növényi fejlődés különböző szakaszaiban léphet fel. Ez hazánkban a búzaféléket általában a kalászoslást követő fázisban éri, bár a 2000-es évek elején néhány évben (2000, 2002, 2003, 2005, sőt még 2012-ben is) előfordult, hogy a kalászoslást megelőzően már 30 °C feletti napi hőmérsékleti maximum értéket mértünk. A szakirodalmi források jelentős része azt a véleményt támasztja alá, hogy a korai hőstressz a termésmennyiséget csökkenti és a szemtelítődési időszak utolsó napjaiban bekövetkező pedig a technológiai minőségre hat kedvezőtlenül.

A helyzetet tovább árnyalja az a tény, hogy a hőstressz gyakran szárazságstresszel kombinálva lép fel, így szántóföldi körülmények között szinte lehetetlen olyan körülményeket teremteni, hogy kizárólag a hőstressz hatását tudják megfigyelni, a víz pedig ne legyen limitáló faktor a kísérletben.

Még egy további tényezőt is figyelembe kell venni a kérdés megválaszolása során, ez pedig a növényállomány élettani folyamatainak megváltozása. A párologtatás hatására csökken a növények felületi hőmérséklete, ami mérsékelheti a hőstressz hatását. A növényállományból a légkörbe távozó víz két forrásból származhat, részben a talajból (evaporáció), másrészt a növényállományból (transzspiráció). Amíg a talajban elegendő víz áll rendelkezésre és a növény képes pótolni az elpárologtatott vízmennyiséget (pl. nincs légköri aszály), addig ez a folyamat képes megakadályozni, vagy lassítani a kedvezőtlen hatást. Az érési folyamat előrehaladtával a levélzet örepszik, a transzspirációval távozó víz mennyisége az aratást megelőző néhány hétben rohamosan csökken, majd teljesen leáll. Ez az állapot a tejesérés végén következik be, ekkor a gyökerek befejezik működésüket, a továbbiakban már vizet és tápanyagot sem vesznek fel a talajból. Az ezt követő érési fázisban viszont még aktívan zajlik a tartalék tápanyagok kialakulása és beépülése. Ezt a folyamatot a szélsőséges környezeti feltételek is befolyásolhatják, pl. hőstressz hatására eltolódhat a gliadinok és a gluteninek szintézisének intenzitása az előbbieik javára.

Mindezek után a feltett kérdés konkrét megválaszolása speciális körülmények között beállított kísérletek adatokra alapozva lehetséges. Ezek egyik típusa az, ha szántóföldi körülmények között két rész-kísérletet állítanak be, melyek közül az egyiket folyamatosan öntözik. E módszerrel próbálkoztak Mahdavi és mtsai (2022) Iránban. Eredményeik meglepő módon a hőstressz sikérerősség-növelő hatását bizonyították a szerzők által toleránsnak és az érzékenynek tartott fajták csoportjában egyaránt. Az Anyag és módszer részből azonban világossá vált, hogy a hőstressz kiváltását a vetésidő egy hónappal későbbre tolásával érték el. Ilyen körülmények között a növények fejlődési sebessége jelentősen eltérhetett és a két rész-kísérlet eredményeinek összehasonlítása megkérdőjelezhető.

Másik lehetőség zárttéri kísérlet beállítása. Ezzel a módszerrel a hőstressz intenzitása és hossza precízen szabályozható, a talaj vízkapacitása folyamatosan megfelelő szinten tartható. Martonvásáron Balla Krisztina és mtsai (2011) állítottak be egy többtényezős fitotroni kísérletet, melyben a hő- és szárazságstressz, valamint ezek kombinációjának hatását vizsgálták őszi búzafajták minőségére. HPLC-vel mérték a szemtermés glutenin és gliadin tartalmát, melyek egymáshoz viszonyított aránya a sikérerősség mutatója. Eredményeik alapján az öt vizsgált fajta közül a kombinált stressz a Plainsman V. fajtán kívül valamennyi őszi búzafajta glutenin/gliadin arányát szignifikánsan csökkentette (ez a sikérszerkezet gyengülését bizonyítja), ugyanakkor a kizárólag hőstresszrel kezelt minták közül, csak a Bezosztaja 1-nél figyeltek meg hasonló hatást. Mivel a Plainsman V. fajta glutenin/gliadin aránya nőtt és a többi három búzafajtáé nem változott, az eredmények alapján a hőstressz genotípus-függő hatására lehet következtetni.

Ausztráliában 30-40 évvel ezelőtt Blumenthal és mtsai (1991) szántóföldi és zárttéri kísérletekben is részletesen tanulmányozták a hőstressz búza technológiai minőségére gyakorolt hatását. Szántóföldön mind a négy vizsgált búzafajta dagasztással szembeni ellenállósága (Extenzográf  $R_5$  érték) romlott, de a közleményben nem található arra vonatkozó információ, hogy milyen volt a talaj nedvességtartalma, így lehet, hogy a hatást szárazsággal kombinálva váltotta ki. A feldolgozott minták különböző termőhelyekről származtak, melyeket különböző időpontban takarítottak be, így az eredmények kevés tudományos értékkel bírnak, viszont arra megfeleltek, hogy további vizsgálatok szükségességét megalapozzák. Oponensem által feltett kérdés megválaszolásához az előbbi szerzők által beállított következő kísérlet eredménye adja a legpontosabb segítséget. Ebben a kalászolás követő 21. napon levágott kalászokat üvegházi körülmények között  $^{14}\text{C}$  izotóppal jelölt aminosavakat tartalmazó oldatban nevelték kontroll és megnövelt hőmérsékleti körülmények között ( $40\text{ }^\circ\text{C}$ ). Kontroll hőmérsékleten 4 órával a kísérlet indulását követően a Gli/Glu arány 2,19 volt, ami 28 órával

később 0,86-os értékre csökkent. A hőstresszel kezelt mintákban már a 4 órás hőstressz kezelés is ugrásszerű növekedést idézett elő, a kontroll 2,19-es értékéhez képest 3,89-et számítottak. A stressz időtartamát 8 órára növelve a Gli/Glu arány 2,31-re csökkent, de ezt követően is a kontroll értékeit valamennyi időpontban egyértelműen meghaladta. A kísérlet végén a kontrollnál mért 0,86-os értékkel szemben a hőstresszel kezelt kalászból származó minták Gli/Glu aránya 2,07 volt, ami arra utal, hogy a nyújthatóság a rugalmasság rovására nőtt, ami a siker gyengülését jelenti. Mivel a kísérletben a tápközeg víztartalma nem volt limitáló tényező, így a kísérlet eredménye a hőstressz önálló hatásának jelentőségét bizonyítja. Azért megjegyzendő, hogy Balla és mtsai (2011) mellett több kutatócsoport is a hőstressz tartalékfehérje-összetétel módosító hatásának genotípus-függőségét bizonyította (pl. Stone és Nicolas 1994, Blumenthal et al. 1995, Tanaka et al. 2021; Olckers et al. 2022), így az eredményeket széles genetikai bázisú fajtakörön szükséges lenne validálni.

2. kérdés: Hogyan ítéli meg a céltermeltetés jelentőségét a durumbúza minőségének biztosítása során?

Alapvető fontosságúnak tartom a durumbúza vertikum szigorú kontrollját, amit a feldolgozóiparnak szükséges koordinálni. A hazai adottságok kedvezőek, hiszen két malom (Gyermelyi Zrt. és Júlia malom) a durumbúza örlés területén meghatározó jelentőségű. Termelői partnereikkel szoros kapcsolatot tartanak fenn, így lehetőségük van a jó technológiai minőségű alapanyagot előállító, megbízható partnerek kiválasztására. Azonban több más szempontot is figyelembe kell venni, melyek alapjaiban befolyásolhatják a durumbúza vertikum gazdaságosságát. Optimális esetben a durumbúzafajták termése nem sokkal marad el a kenyérbúza-fajtákétól, minőségük megfelel a feldolgozóipar igényének, a termés árban realizálható 20%-os, vagy ennél is nagyobb különbség, továbbá a kiváló exportpiaci lehetőség biztos jövedelmet jelent a gazdáknak. A durumbúza termesztése a szokásos, kenyérbúzánál is alkalmazott szántóföldi gépeket igényli, ezzel a felszereltséggel pedig sok gazdaság rendelkezik Magyarországon. Ilyen körülmények között nagy a csábítás, sokan belekezdtek a faj termesztésébe. A vetésterület 2014 és 2018 között 14,5 eha-ról közel 45 eha-ra nőtt. A disszertációmban is megjegyeztem, hogy hazánkban az elmúlt évtizedekben több gazdaság is igazi specialistává vált a durumbúza termesztésben. Ezek többsége céltermeltetésben állít elő alapanyagot a malmok számára, valóban professzionális körülmények között. A hirtelen területbővülés azonban azzal járt, hogy a faj olyan gazdaságokban is megjelent, ahol nem készültek fel a különleges termesztési igények pontos betartására. Ugyanis akármennyire is vonzó az optimális körülmények között realizálható extra jövedelem, a durumbúza termesztése továbbra is fokozott kockázattal jár Magyarországon. Íme néhány pont, ahol eldőlhet a jövedelmezőség:

- A terület kiválasztása: talaj (tápanyagtartalom, homogenitás); elővetemény (kukorica ne!); elhelyezkedés (fagyzugtól mentes), beleértve a malomtól mért távolságot is (szállítási költségek);
- Agronómia: vetés (időpont, mélység, sűrűség, fémzárolt vetőmag); tápanyag-utánpótlás (technológiai minőségre optimalizálva); növényvédelem (főként a kalászvédelemre koncentrálni 2-3 alkalommal); betakarítás (amint lehet azonnal, megfelelő kapacitással, már 15-16% nedvességtartalomtól, majd hideglevegővel szárítani);
- Piaci lehetőségek: a céltermeltetés hosszútávon kifizetődő; feldolgozó kapacitás; exportpiaci lehetőségek;
- Évjárat: aszály (termésmennyiség csökkenése, aszottság); csapadékos betakarítás (üvegeség romlása, fehérje- és keményítő minőség).

A 2000 és 2022 közötti időszak országos terméseredményei alapján a durumbúza termése mindössze 10%-kal maradt el a kenyérbúzáétól, pedig a két faj közötti genetikai és biológiai különbség miatt ez jóval nagyobb érték is lehetne. Sajnos a KSH kizárólag átlagadatokat tesz közzé, arról nincs információ, hogy milyen alapadatokból készült a számítás. A kedvező eredmény háttérben feltételezhetően éppen az állhat, hogy a durumbúzát kiváló technológiai színvonalon működő gazdaságokban termesztették, míg a kenyérbúzánál az 1,5-2 t/ha-os termésszinttől a 10 t/ha-t meghaladóig minden megtalálható. A feldolgozóiparnak a zárt termelési láncok kialakításával lehetőségük nyílik a fajtaválasztás irányítására, ami lehetővé teszi számukra az alkalmazott malom- és száraztészta-ipari technológiának megfelelő, nagy mennyiségű, egységes tételek felvásárlását. A durumbúza piac rendkívül hektikusan működött az elmúlt néhány évben. Tavaly olyan árak alakultak ki, melyek már ellehetetlenítették a malmok gazdaságos működtetését a hazai gabonára alapozva. Ilyen körülmények között megnő a saját gazdaságban történő alapanyag-előállítás jelentősége. Ebben az esetben a haszon teljes vertikum szinten realizálódik, lehet, hogy a növénytermesztésben kevesebb, de a malmi feldolgozás és száraztészta-gyártás során annál több profit képződik.

Még egyszer köszönöm opponensem munkáját és izgalmas kérdéseit.

Martonvásár, 2023. március 5.



Vida Gyula

#### Hivatkozott irodalom:

- Balla, K., Rakszegi, M., Li, Z., Békés, F., Bencze, Sz., Veisz, O. (2011): quality of winter wheat in relation to heat and drought shock after anthesis. *Czech J Food Sci* 29(2): 117–128.
- Blumenthal, C., Bekes, F., Gras, W., Barlow, W.R., Wrigley W. (1995): Identification of wheat genotypes tolerant to the effects of heat stress on grain quality. *Cereal Chem* 72(6): 539–544.
- Blumenthal, C.S., Barlow, E.W.R., Wrigley, C.W. (1993): Growth environment and wheat quality: the effect of heat stress on dough properties and gluten proteins. *J Cereal Sci* 18: 3–21.
- Mahdavi, S., Arzani, A., Maibody, S. M., & Kadivar, M. (2022): Grain and flour quality of wheat genotypes grown under heat stress. *Saudi J Biol Sci* 29(10): 103417.
- Olckers, S.L., Osthoff, G., Guzmán, C., Wentzel, B., van Biljon, A., Labuschagne, M. (2022): Drought and heat stress effects on gluten protein composition and its relation to bread-making quality in wheat. *J Cereal Sci* 108: 103562.
- Stone, P.J., Nicolas, M.E. (1994): Wheat cultivars vary widely in their responses of grain yield and quality to short periods of post-anthesis heat stress. *Aust J Plant Physiol* 21(6): 887–900.
- Tanaka, H., Gorafi, Y.S.A., Fujita, M., Sasaki, H., Tahir, I.S.A., Tsujimoto, H. (2021): Expression of seed storage proteins responsible for maintaining kernel traits and wheat flour quality in common wheat under heat stress conditions. *Breeding Sci* 71: 184–192.