

OPPONENSI vélemény

Rakszegi Marianna

Természetes bioaktív komponensek vizsgálata és azok dúsítása gabonafélékben

című doktori munkájáról

Rakszegi Marianna doktori értekezésének témaköre jól illeszkedik az utóbbi évtizedben egyre inkább megerősödő egészségtudatos táplálkozással kapcsolatos kutatásokhoz. Az élelmiszerekkel, illetve élelmiszer alkotókkal összefüggő megbetegedések (allergia, intolerancia) száma emelkedő tendenciát mutat. A fogyasztók érdeklődése megnőtt az egészségesebb étrend választás iránt. Ez a tendencia az élelmiszer termelőket és gyártókat arra ösztönözte, hogy minél jobban kielégítsék a változó fogyasztói igényeket és az egészséget jobban támogató élelmiszereket állítsanak elő. A gabonafélék táplálkozásunkban jelentős szerepet töltenek be, így a gabonaalapú funkcionális élelmiszereknek nagy jelentősége lehet bizonyos betegségek megelőzésében is. A gabonafélékkel kapcsolatos kutatások mind az agrár, mind az élelmiszertudomány területén központi helyet foglalnak el. A Jelölt kutatási témaválasztása mindezen szempontok alapján időszerűnek tekinthető.

A Jelölt kiváló hazai és külföldi kutatócsoportokkal való együttműködésben színvonalas kutatómunkát végzett, amelyről nívós folyóiratokban megjelent közleményei is tanúskodnak. Nagyra értékelem az elért eredményeit, emiatt említem előljáróban, hogy a bírálói szerepben a disszertációval kapcsolatban tett észrevételeim nem befolyásolják érdemben a kutatómunkájának egészét érintő pozitív véleményemet.

Formai értékelés:

Rakszegi Marianna doktori értekezése 146 számozott oldalt tartalmaz, melyben a következő fejezetek szerepelnek: 3 oldal Tartalomjegyzék, 3 oldal Rövidítések jegyzése, 4 oldal Bevezetés és célkitűzések, 30 oldal Irodalmi áttekintés, 10 oldal Anyagok és módszerek, 34 oldal eredmények, 17 oldal Megvitatás, 4 oldal Összefoglalás, 1 oldal Tudományos eredmények, 2 oldal Eredmények gyakorlati hasznosíthatósága, 1 oldal Köszönetnyilvánítás, 21 oldal irodalomjegyzék (530 hivatkozással), és végül 15 oldal Mellékletek fejezet zárja az értekezést. A szöveges részt 30 ábra és 24 táblázat egészíti ki.

Néhány kritikai észrevételt meg kell említenem a szerkesztéssel kapcsolatban. A dolgozatban használt betűméret nem egységes. Különösen apró betűvel szerkesztett az Irodalomjegyzék. Az ábrák nagyon ellomosodottak és a feliratok nehezen olvashatók az apró betűhasználat miatt több esetben nehezen értelmezhetőek (különösen 9., 19., 28, 29., 30. ábra), több helyen angol elnevezések maradtak az ábrán (pl. 2., 3., 4., 5., 6. ábra). Feltételezem, hogy az eredeti ábrák tudományos közleményben való átemeléséhez megkapta a folyóirat/könyvkiadó engedélyét.

A több oldalt elfoglaló táblázat fejlécét minden oldalon meg kell ismételni, a táblázat számát is ki kell írni és jelezni, hogy ez egy folytatás (Rövidítések jegyzéke 5-7. o.; Melléklet 1. táblázat 132-133.o.; Melléklet 4. táblázat 136-141. o.). Az ábrák és táblázatok címe után nem kell pontot tenni (ezek címek, nem mondatok).

A „Rövidítések jegyzékében” van néhány javításra szoruló „magyar megfelelő” bejegyzés, amelyek helyesen:

- PAD: pulzáló amperometriás detektálás
- SIBO: vékonybél bakteriális túlszaporodása
- d.m. (lásd 23. o.)/ sz.a.: dry matter/ szárazanyag

Fejezetek számozása: A fejezeteket és alfejezeteket sorszámmal kell ellátni, azaz pontot kell tenni a számok után. Nem következetes a sorszámozás, több esetben vannak alfejezetek a fejezeteken belül számozás nélkül (Bevezetés és célkitűzések, Irodalmi áttekintés stb. szinte minden fejezetben előfordul).

A Fejezetek címe, nem minden esetben pontos, önállóan nem áll meg. Nem derül ki, hogy pontosan mire vonatkozik (pl. 4.2.2. (milyen törzsek?), 4.4.3. (mire vonatkozóan?), 5.6. (honnan származó U, M kromoszómák?), stb.)

Irodalmi hivatkozások hiánya: A *Bevezetés és célkitűzések* fejezetben az alfejezetekből hiányoznak az állításokhoz (számadatok) tartozó szakirodalmi hivatkozások. Az *Irodalomjegyzékből* hiányzik a második alfejezetben említett EUFIC 2006-os definícióra vonatkozó, valamint az EC 2010:7 hivatkozás. A harmadik alfejezetből hiányzik a β -glükán mennyiségének árpában és zabban való vizsgálatára vonatkozó szakirodalmi hivatkozás (csak a búzára vonatkozóan adta meg). A negyedik alfejezetből hiányzik a búza nemesítési programjaira vonatkozó állításokhoz tartozó szakirodalmi hivatkozás. A 8. táblázathoz (28. o.) nincs megadva irodalmi hivatkozás; 37. o. nincs hivatkozva a búzára vonatkozó Magyar Szabvány; 9. és 10. táblázathoz megadott hivatkozás (Martonvásár 2010-2019) nincs megadva az Irodalomjegyzékben;

A szövegközben nem találtam idézve (vagy elkerülte a figyelmemet) az irodalomjegyzékben feltüntetett alábbi irodalmakat:

- Almeida et al. 2010
- Hogg et al. 2013
- ICC 1998
- McIntoch and Henry 2008
- Wittmack 1879

Részletes értékelés

1. Bevezetés és célkitűzések

A Tézisfüzetben összeállított *Bevezetés* fejezet, véleményem szerint jobban sikerült, sokkal inkább illeszkedik a disszertáció búzaközpontú tartalmához. A disszertációban inkább komponensközpontú a leírás.

Előzőleg már említettem, hogy a disszertáció *Bevezetés és célkitűzések* fejezetében több esetben hiányoznak az adatokkal bemutatott állításokhoz tartozó szakirodalmi hivatkozások.

A gabonafélék táplálkozásunkban betöltött alapvető szerepének ismeretében a növény nemesítési programokban a mennyiségi szempontok mellett a minőség növelő szempontok is egyre előtérbe kerültek. A Jelölt bemutatott kutatási témája, a rosttartalom növelése a búzában, is ehhez törekvéshez kapcsolódik

Az értekezésben bemutatott **kutatások célkitűzéseit** az alábbi hat pontban jelölte meg:

1. Nagy amilóztartalmú búza genotípusok előállítása és jellemzése (SGP-1 mutáns: SGP-A1B1D1 null búzatörzsek felhasználásával a rezisztens keményítő mennyiségének növelése a lisztben)
2. A környezet és a genotípus hatásának vizsgálata az amilóztartalomra és az általa meghatározott tulajdonságokra.
3. Nagy arabinoxilán (AX) -tartalmú búza genotípusok előállítása és jellemzése (nagy vízdoldható (WE) AX-tartalmú búzafajtával való keresztezésekkel a liszt vízdoldható rosttartalmának növelése).
4. A környezet és a genotípus hatásának vizsgálata az AX-tartalomra és az általa meghatározott tulajdonságokra
5. Extrém környezeti hatások (elsősorban hő- és szárazságstressz) rostanyagtartalomra kifejtett hatásának vizsgálata.
6. Egyes búzával rokon fajok génforrásként való alkalmazhatóságának vizsgálata a búza rostanyagtartalmának növelésére.

2. Irodalmi áttekintés

Az Irodalmi áttekintésben, szinte tankönyvszerű összeállításban mutatta be a búza összetételére, genetikájára vonatkozó ismeretanyagot. Ami egyben tükrözi a Jelölt alapos jártasságát a tématerületen. Tudom, hogy nagyon nehéz a búzával kapcsolatos több évtizednyi tudásanyag bemutatásánál döntést hozni, de véleményem szerint a mérnöki típusú MTA Doktori értekezésben inkább a kutatási terület legfontosabb előzményeit és legújabb eredményeit és azok/kritikai értékelését kell bemutatni, nem szükséges a monografikus teljes áttekintést megcélzó szakirodalmi összeállítás. Jobban koncentrálnak volna a kutatását képező komponensekre vonatkozó ismeret bemutatására. Ennek a gondolatnak mentén, a dolgozat egészére vonatkoztatva, csökkenthető lett volna a kissé túlméretezett 530 szakirodalom felsorolása is.

Apróbb megjegyzés: az 1. táblázatban szereplő fitinsav nem szénhidrát.

3. Anyagok és módszerek

A búzatörzsek előállítása az Agrártudományi Kutatóközpontban szakszerű módon és a minták vizsgálata korszerű módszerekkel és analitikai készülékekkel történt. A környezeti tényezők hatásait az elvárt többéves (2013-2017) ismétlésben vizsgálták. Az eredmények értékeléséhez a megfelelő statisztikai módszereket alkalmazták.

A 3.1.2. pontban az Időjárás termesztési körülmények... című alfejezet szöveges részében a zárójelben felsorolt szélesség, hosszúság és tengerszint feletti magasság értékek nem egyeznek meg a 9. táblázatban közölt adatokkal. A 9. és 10. táblázathoz megadott hivatkozás (Martonvásár 2010-2019) nincs megadva az Irodalomjegyzékben.

Apróbb megjegyzés: az 9. táblázatban helyesen pH (nem PH)

4. Eredmények

A célkitűzésben megfogalmazott feladatok elvégzésének sorrendjében először a nagy amilóztartalmú búza genotípusok előállításával és jellemzésével kapcsolatos eredményeket mutatta be, ezt követték a környezet (évjárat) és a genotípus amilóztartalomra kifejtett hatásának vizsgálati eredményei, majd a nagy arabinoxilán-tartalmú búza genotípusokra vonatkozó eredmények, a környezet (hő és szárazság stressz) és a genotípus arabinoxilán-tartalomra kifejtett hatásának vizsgálati eredményei következtek, és végül a rostanyagtartalom

növelése érdekében búzával rokon *Aegilops* fajok génforrásként való alkalmazhatóságának vizsgálati eredményeivel zárult az *Eredmények* fejezet.

4.1. fejezet bevezető szövege egy másik közlemény szövegére emlékeztető mondatokat tartalmaz, a disszertáció részeként furcsán hangzik pl. jelen tanulmányban e törekvésekről....számolunk be. Az eredmények fejezetben szükségtelen irodalmi összefoglalást, bevezetést írni, amit egyébként a *Megvitatás* fejezetben is megismétel (inkább odavalóan).

A 4.3.1.pontban nem adott információt arról, hogy milyen agronómiai tulajdonságok alapján végezték a szelekciót a nagy arabinoxilán-tartalmú búzatörzsek létrehozására.

Az eredmények bemutatása figyelmes olvasással, a sok betűszó használat és közbe ékelt adatok ellenére/azzal együtt viszonylag jól követhető. Az értelmezhetőséget nagyban javította volna, a pontosabb fogalmazás vagy fogalom meghatározás. Nem derül ki, hogy nedves vagy szárazanyagra vonatkoztatott adatokra von le következtetést illetve mutat be táblázatos adatokat (pl. 12., 19. táblázat).

A búza beltartalmi összetételének megváltoztatásával kapott eredmények igen bonyolult biokémiai összefüggésekre mutatnak rá. Milyen korlátjai (nemesítési, kémiai) vannak az amilóztartalom növelésének a búzaszemben? Van-e információja arról, hogy a fehérje mennyiségi arányának változása hogyan befolyásolja biológiai értékét (aminosav összetételét)?

Egyéb megjegyzés:

- sajnálatos, hogy néhány ábrán (pl. 13., 14., 19. ábra) nehezen kivehető a feliratozás;
- a 15. táblázatnál hiányzik az n.s. rövidítés feloldása, 17. táblázatnál pedig szükségtelen a megadása;
- a 16., 17., 18., 21., 22. és 24. táblázatban nincs megadva a 3-féle színezés jelentése (r-értékekhez rendelve), a 22. táblázatban kimaradt a 3. szín;
- 4.6.1. fejezetben hivatkozik a 27. ábrára, emiatt ebben a fejezetben kellett volna elhelyezni és nem a következőben;

5. Megvitatás

A 17 oldalnyi *Megvitatás* fejezetben egy kicsit nagyobb hangsúlyt kapott, ismételten az irodalmi előzmény bemutatása. Az eredményeik irodalmi adatokkal való összevetésekor bár rendszerint azok megerősítésről számoltak be, de világossá válnak a Jelölt új tudományos eredményei és jelentőségük is. A következtetések mértéktartóak és logikusan következnek az eredményekből.

- Kiemelkedő eredménynek számít a 10 nagy (29-43%) amilóztartalmú, valamint a 10 nagy vízdoldható arabinoxilán tartalmú (átlagos növekedés 16%) búzatörzs előállítása hagyományos nemesítési módszerekkel.
- A hő- és szárazságstressz hatásainak vizsgálataival kapott eredmények a búza beltartalmi összetételére fontos információkkal szolgálhatnak stressztűrő fajták nemesítéséhez, amely a klímaváltozásra való felkészülést segíti elő.
- Az *Aegilops* fajok U és M kromoszómáinak hatása a búza beltartalmi értékeire

Apróbb megjegyzés: 87. o. 2. bekezdésben Yamamori és mtsai irodalmi hivatkozásból hiányzik az évszám

6. Összefoglalás

A tématerület fontosságának rövid bemutatása után megvilágította a kutatás céljait. Kiemelendő a téma felvetés többoldalú megközelítése.

A legfontosabb eredményeket az eredetileg megfogalmazott célkitűzés 6 pontjától kissé eltérő hangsúllyal 5 kiemelt bekezdésben mutatta be.

- A keményítő amilóztartalmának növelése búzában (ebben a bekezdésben számol be a környezet és a genotípus hatásának vizsgálati eredményeiről is)
- A sejtfalalkotó komponensek (AX) mennyiségének növelése búzában
- Az abiotikus stressz hatásai a búza rostanyag komponenseire
- Az *Aegilops* kromoszóma addíció hatása a búza rostanyag tartalmára
- A búza rostanyag tartalmával összefüggő gének homológjainak azonosítása *Aegilops*-ban

Számomra az 5. kiemelésben bemutatott eredmények logikailag előbbre sorolandók, mint a 4. kiemelés eredményei.

7. Új tudományos eredmények

Az új tudományos eredményeit 6 tézispontban foglalta össze. Valamennyi tézispontnak önmagában is értelmezhetőnek kell lennie és nem csak szövegösszefüggésben. A tézispontok néhány esetben túl általánosak és nem derül ki, hogy mire (mely gabonára) vonatkoznak a megállapítások.

- A rövidítések jelentését meg kell adni a szöveg jobb értelmezhetősége érdekében.
- A 2. és 3. tézispontban a „kombinálhatóság” szó számomra mást jelent, mint amit a tézispont sugall. Helyette az „összekapcsolás” vagy „társítás” kifejezést ajánlanám, mivel egyirányban a jóminőséget elérve kellene társítani a tulajdonságokat.
- A 4. tézispontból nem derül ki, hogy milyen gabonáról van szó (búza) és hogy a szignifikáns hatások milyen irányúak (növelték, vagy csökkentették az AX tartalmat)
- Az 5. tézispontban felesleges a „vizsgáltuk szó”.
- A 6. tézispontból a 2. mondat elhagyható és a harmadik mondatban pontosítani kell a szignifikáns hatás jelentését.

A tézispontokban megfogalmazott eredményeket elfogadom a Jelölt új tudományos eredményeinek, az alábbi pontosítások megtételével:

1. Elsők között hoztunk létre Európában lisztjükben nagy amilóz- és nagy **arabinoxilán (AX)** tartalmú búzatörzseket. Kimutattuk e tulajdonságok örökölhetőségét és nemesítési célra való hasznosíthatóságát.

2. Kimutattuk, hogy lehetséges a nagy amilóztartalmat determináló mutáns SGP-1 allélek (**keményítőhöz kötött fehérjék**) átvitele búzába hagyományos nemesítési módszerekkel, de annak kombinálhatósága (?) a nagy ezerszemtömegegél és lisztkihozattal nehézségekbe ütközik mindhárom allélre mutáns törzsekben. A keményítő összetételének drasztikus megváltoztatása ugyanis a keményítő mennyiségét a búzaszemben oly mértékben csökkentette, mely a gyakorlati hasznosíthatóságot nem teszi lehetővé.

3. Megállapítottuk, hogy a nagy **vízoldható arabinoxilán (WE-AX)**-tartalmú genotípusok jó fizikai és sütőipari tulajdonságokkal, többek között nagy ezerszemtömegegél és vízfelvétellel rendelkezhetnek, valamint bizonyítottuk a stabil jó minőség és az egészségügyi előnyöket eredményező nagyobb rostanyag tartalom kombinálhatóságát (?).

4. Kimutattuk, hogy mind az amilóztartalmat, mind az **arabinoxilán** (AX)-tartalmat a szignifikánsan befolyásolja (milyen irányban?) a **búza** tenyészidejének utolsó 100 napjában előforduló hőségnapok száma. Az **arabinoxilán teljes mennyisége** (TOT) és a **vízoldható arabinoxilán** (WE-AX) esetén kimutattuk az utolsó 100 napban kapott csapadék mennyiségének szignifikáns hatását (milyen irányú a hatás?).

5. ~~Vizsgáltuk és~~ **Kimutattuk** a szárazság- és a hőstressz szignifikáns hatását a búza rostanyagtartalmára. Megállapítottuk, hogy a β -glükán-tartalom csökken, míg az **arabinoxilán** (AX)-tartalom nő a búza egységnyi tömegében. Emellett elsőként mutattuk ki mennyiségi elemzéssel, hogy a nem szubsztituált **arabinoxilán oligoszacharid** (AXOS) aránya és a hosszabb β -glükán láncok **polimerizáltsági fokának** (DP) aránya stressz hatására nő (**DP3-4/DP5-11**), míg a mono- és di-szubsztituált (M/D) AXOS arány csökken búzában. A legnagyobb hatása a két stressztényező kombinált alkalmazásának volt. A rostanyagok szerkezetében bekövetkező változások a rostanyagok oldhatóságát is befolyásolhatják. Ez lehet az oka, hogy a hőstressz növelte az AX vízoldhatóságát

6. Kimutattuk, hogy az *Aegilops* kromoszómák ígéretes forrásai lehetnek a kromoszóma-mediált génátvitelnek és azon kromoszóma mérnökségi programoknak, melyeknek célja a búza rostanyag-, elsősorban β -glükán-tartalmának növelése. ~~Ebben segít a β -glükán és az arabinoxilán (AX) tartalmat meghatározó gének ortológjainak azonosítása és kromoszomális lokalizációjának megismerése is.~~ Az 5U és a 7M kromoszómák addíciójának szignifikáns hatását mutattuk ki a búza rostanyagtartalmára (milyen irányú a hatás?)

8. Eredmények gyakorlati alkalmazhatósága

Az Eredmények gyakorlati alkalmazhatósága fejezetben három fő tématerülethez kapcsolódva mutat rá eredményeik hasznosíthatóságára.

A Nemesítés és feldolgozóipari hasznosítás témakörben kiemelték, hogy a nagy rostanyagtartalmú genotípusok tulajdonságainak jellemzése elősegítheti ezen komponensek hatásának felderítését a búza különböző feldolgozóipari tulajdonságaira.

Klímaváltozás hatásainak megértése témakörben hangsúlyozták, hogy a hő- és szárazságstressz hatásainak vizsgálata a növények fejlődésére és a gabonaszemek beltartalmi összetételére fontos információkkal szolgálhatnak stressztűrő fajták nemesítésében.

A genetikai erőforrások hasznosítása területén fontos eredmény, hogy *Aegilops* fajokban azonosítottak néhány rosttartalommal összefüggő, a búzagenommal homológ génszakaszt, amelyek átvitele lehetővé teszi az egészségre jótékony hatású gabonafélék előállítását.

Valamennyi említett területen a tudományos eredmények minél előbbi gyakorlati hasznosítása kívánatos lenne.

Irodalomjegyzék

A 530 irodalmi forrás között a jelölt 9 első szerzős közleménye és további társszerzős közleménye is szerepel. Ezek közül 7 közleményt jelölt meg a tézisfüzetben, mint a disszertáció alapját képező források. A nagyszámú irodalom felsorolása a Jelöltnek a tématerületen való alapos tájékozottságát mutatja. Ugyanakkor a bírálatom elején említett kifogást a felhasznált irodalom túlzott számára vonatkozóan fenntartom.

Melléklet

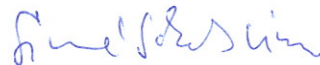
Melléklet 1. és 4. táblázat címsorában lévő Tukey HSD jelentése nincs feloldva, hiányzik a fejléc ismétlése ezeknél a többoldalas táblázatokban

Összegezve: Rakszegi Marianna MTA doktori disszertációja igen értékes kutatásokat foglalt össze. Az értekezés alapját képező közlemények száma és minősége kiemelkedő. Mindezek alapján javaslom az értekezés nyilvános vitára bocsájtását és sikeres védelem esetén az MTA doktora cím odaítélését támogatom.

Kérdések:

1. Van-e irodalmi adat a gabonafélék amilóz- és rostanyag-mennyiségének genetikai transzformációval vagy génszerkesztéssel történő módosítására?
2. Mikorra várható olyan búzafajták előállítása, melyek az *Aegilops*-ból átvitt amilóz- és rostanyag-mennyiséget meghatározó géneket tartalmaznak?
3. Táplálkozásélettani szempontból fontos xilo-oligoszacharidok új élelmiszerként való használatának engedélyezése az Európai Unióban nem régen megtörtént. Hogyan látja az Ön által vizsgált búzafajták felhasználhatóságát és annak gazdasági vonatkozásait?

Budapest, 2022. június 14.



Simonné Sarkadi Livia

MTA Doktora

