

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**A MŰTRÁGYÁZÁS ÉS AZ ELŐVETEMÉNY HATÁSÁNAK
VIZSGÁLATA TARTAMKÍSÉRLETBEN
BÚZA GENOTÍPUSOK SÜTŐIPARI TULAJDONSÁGAIRA
INNOVATÍV STATISZTIKAI MÓDSZEREKKEL**

Magyar Zoltán

Témavezetők: Prof. Dr. Pepó Péter és Dr. habil. Gyimes Ernő



DEBRECENI EGYETEM

Kerpely Kálmán Doktori Iskola

Debrecen, 2022

1. A doktori értekezés előzményei és célkitűzései

A búza az egyik legnagyobb gazdasági értékkel rendelkező gabonanövény Magyarországon (*Horváth, 2014*), ahol hosszú időkre visszanyúló hagyománya van a jó minőségű búza termesztésnek (*Bedő et al., 2018*) a hazai éghajlati adottságok folytán (*Gasztonyi, 2004*).

Az őszi búza minőségének kutatása sok évtizedes múltra nyúlik vissza, amelynek során számos kapcsolatot és ok-okozati megállapítást tettek már. Azonban a folyamatos vizsgálatok tartamkísérletek keretein belül elengedhetetlenek az alábbi okok miatt. Egyrészt a piacra kerülő fajták átlag élettartama folyamatosan csökken (*Pepó és Sárvári, 2011*). Másrészt sürgető kényszer érezhető globális szinten, miszerint rá kell lépni a fenntarthatóság felé vezető útra, azaz el kell kerülni a talajok kizsákmányolását, a túltrágyázást és fejleszteni kell az agrotechnikai ismereteinket annak érdekében, hogy a növekvő népességet továbbra is elláthassa az agrárium. Továbbá a klímaváltozás, a biotikus és az abiotikus stresszfaktorok hatása egyre élesedik. Az elmúlt évtizedekben a sütőipari automatizáció és a fagyasztott technológia megjelenése következtében még határozottabb elvárássá vált a liszt jó minősége. Fontos megemlíteni, hogy a magyar búzatermesztés bőven fedezni tudja a hazai búzaigényt, így a gazdák évről évre jelentős mennyiségű búzát értékesítenek exportra. Ugyanakkor az exportáló országok szigorú minőségi kritériumokat állítanak fel, ahol az árszabás és az átvétel a minőségi mutatószámok függvényében történik. A fent említett okok miatt a minőségi búzaliszt iránti kereslet megújulása tapasztalható.

Magyarországon a búzaliszt minősége ingadozó tendenciát mutat, míg a terméshozam az elmúlt 6 évben 5 t/ha felett volt minden esetben (*KSH, 2020*). Az előző évtizedben az árdifferencia szinte teljesen megszűnt a minőségi és a takarmány búza között (*KSH, 2018*). Emiatt a termesztés a gazdasági érdektelenség miatt a nagy terméshozam és termésstabilitás felé mozdult el, míg a minőség egyre jobban háttérbe szorult, annak ellenére, hogy a megtermelt búza 65%-a élelmezési céllal hasznosul (*Pepó, 2019*). A fent említett okok miatt egyre inkább élénkült a hibridbúzák iránti kereslet (5-7%), amely kiválóan teljesíti a gazdák által felállított igényeket. Ellenben napjainkig a hibridbúzák minőségéről szóló tudományos munkák száma igen csekély.

A magyar búza szortiment sokaságából adódó inhomogén lisztminőség, illetve a kiváló minőségű liszt fontossága, illetve annak részleges hiánya, amelyet például a vitális glutén és sütőszerek növekvő használatával kompenzál az iparág motiválta dolgozatom

témájának választását. Ez utóbbiak alkalmazása ugyanis számos vevő nemtetszését váltja ki, hiszen komoly igény fogalmazódott meg az új évezredtől az E-mentes termékek iránt.

Úgy gondolom, hogy az őszi búza minősége egy igen körbejárt témakör, amit jól mutat, hogy a ScienceDirect-en több, mint 131 ezer találat van a „wheat quality” címszóra. Tartamkísérletemben átfogóan vizsgáltam a búzaliszt csaknem valamennyi mérhető minőségi paraméterét és a közöttük megállapítható korrelációkat különböző agrotechnikai kezelések, eltérő agroökológiai jegyek és búzanemesítés mellett, a leginnovatívabb programozással végezhető statisztikai megoldások alkalmazásával.

Célkitűzéseim az alábbiak voltak:

- a műtrágyakezelés, az elővetemény és az évjárat hatásának vizsgálata különböző őszi búza fajták és genotípusok (klasszikus, modern és hibrid) termésminőségi mutatószámaira;
- a műtrágyakezelés, az elővetemény és az évjárat hatásának vizsgálata differens őszi búza genotípusok terméshozamára;
- eltérő genotípusok természetes tápanyag és műtrágya hasznosító képességének összehasonlítása;
- őszi búza termésminőségi paramétereinek közötti korrelációk és multikollinearitások meghatározása statisztikai módszerek segítségével;
- a cipótérfogat és a műszeres vízfelvétel becslésére alkalmas egyenletek megalkotása többszörös lineáris regressziós analízissel;
- a vizsgált minták minőségi mutatószámainak összevetése a magyar búzaszabvány kritériumaival és ajánlattétel a termelők számára;
- programozott statisztikai megoldások által a nehezen interpretálható, nagy adathalmazok könnyebb megértésének céljából innovatív és informatív vizualizációk létrehozása.

2. Anyag és módszertan

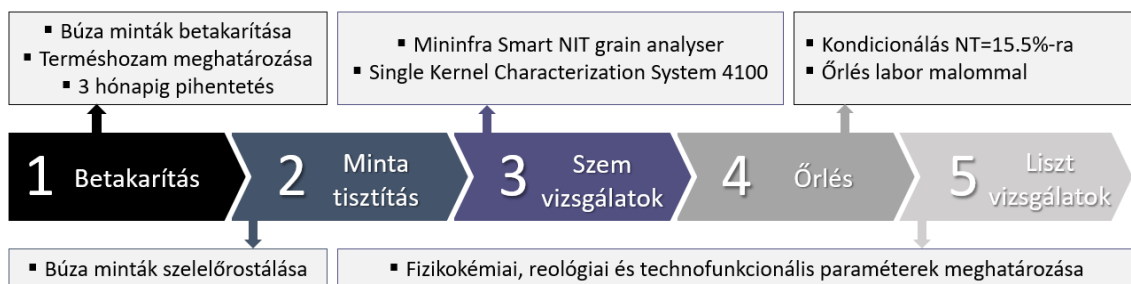
2.1. A kísérlet és alkalmazott mérési módszerek ismertetése

A kisparcellás, szántóföldi kísérlet a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepén lett elvégezve két egymást követő termesztési évben (2018-2019), split-split plot elrendezésben. A vizsgálat 15 km-re Debrecentől, egy 1983-ban beállított tartamkísérlet részeként valósult meg, amelyet Prof. Dr. Pepó Péter vezet. A kísérleti telep talajgenetikai szempontból mészlepedékes csernozjom típushoz, talajfizikai szempontból pedig vályog kategóriához tartozik (Aranyféle kötöttségi fok: 43-45). A terület P_2O_5 ellátottsága közepes, K_2O ellátottsága közepes-jónak, kémhatása semlegesnek ($pH=6.46$), humusztartalma közepesnek (2.7-2.8%) tekinthető.

A több tényezős kísérlet egy elővetemény részből és egy fajta vizsgálati részből tevődik össze, amelyek egy szegmense komplementert képez. Az első kísérleti részben (4 tényezős) 2 őszi búzafajtát (GK Öthalom és Mv Ispán), 2 előveteményt (csemegekukorica és napraforgó) és 3 tápanyagkezelést (kontroll, $N_{90}PK$ és $N_{150}PK$) tanulmányoztam. A második blokkban (3 tényezős) 5 őszi búzagenotípuson (GK Öthalom, Mv Ispán, GK Csillag, KG Kunhalom és Hybiza), 3 tápanyagkezelés (kontroll, $N_{90}PK$ és $N_{150}PK$) hatását tanulmányoztuk 2 termesztési éven keresztül. Ebben az esetben minden fajta előveteménye csemegekukorica volt.

A N műtrágya 50%-a, a teljes K és P mennyiség őszi alaptrágyaként, míg a maradék 50% N pedig tavasszal, fejtrágyaként lett kijuttatva a 10 m^2 -es parcellákra. A különböző kezelések vizsgálata 4 ismétlésben lett elvégezve.

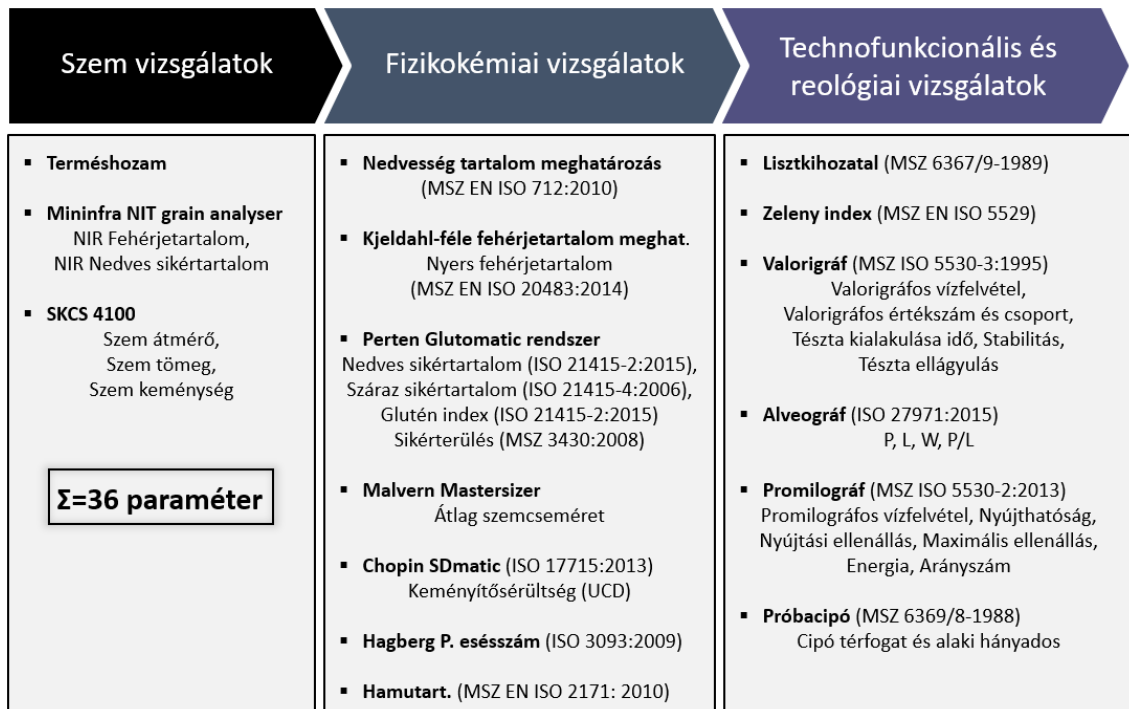
A búzamintákat szelelőrostálást követően a Szegedi Gabonakutatóban Mininfra Smart NIT grain analyser és SKCS 4100 vizsgálat alá vetettük. (1. ábra).



1. ábra – A kísérleti minták feldolgozásának lépései

Ezután a Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Karának Élelmiszermérnöki Intézetének laboratóriumában bemértük a minták nedvességtartalmát, majd kondicionáltuk, másnap Brabender Quadrumat Senior laboratóriumi malom segítségével liszté őröltük. Őrlés alkalmával megállapítottuk a frakciók mennyiségét és

meghatároztuk a lisztkihozatalt. A kísérlet során a kombájntolt terméshozamot, fizikai szemtulajdonságokat, lisztkihozatalt, fizikokémiai és technofunkcionális paramétereket együttvéve 36 paramétert mértem (2. ábra).



2. ábra – A kísérleti minták vizsgált paraméterei

2.2. A kísérlet során alkalmazott statisztikai módszerek ismertetése

Az adatok statisztikai feldolgozásához az RStudio v3.6.1, Python v3.7 és IBM SPSS Statistics v25 programot használtam. Az eredmények rendezéséhez és szűréséhez az RStudio „*dplyer*” csomagját hívtam segítségül. A különböző kezelések közötti különbséget az RStudio „*agricolae*” csomagjának egytényezős varianciaanalízisével vizsgáltam LSD poszt hoc teszttel ($P > 0.05$ szignifikancia szinten).

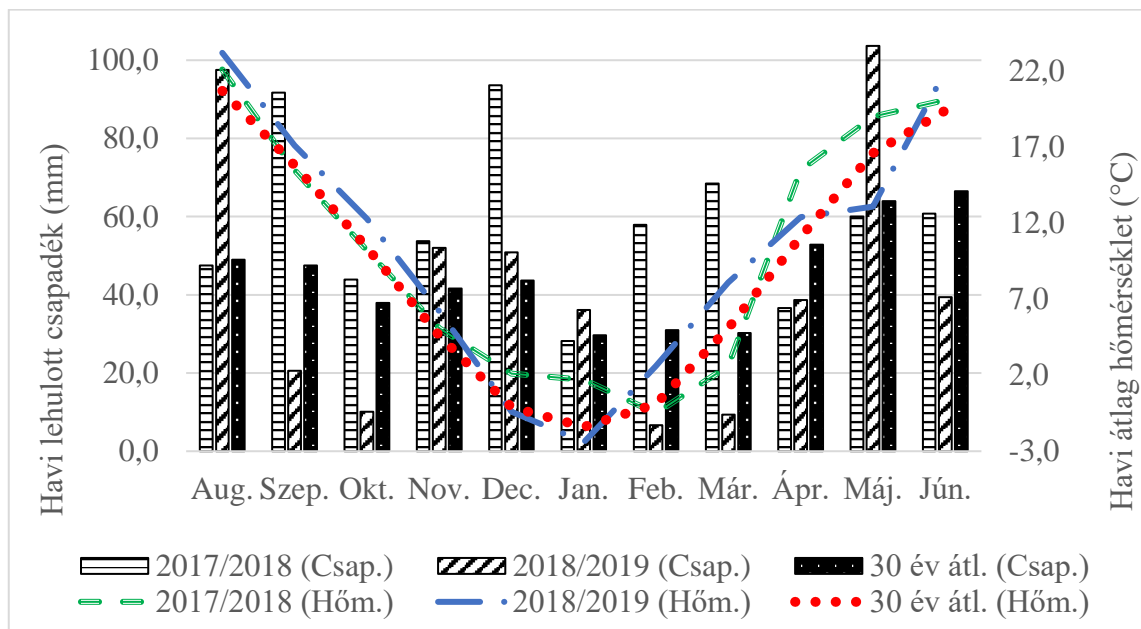
Az eredmények közötti kapcsolatok felderítéséhez és vizuális megjelenítéséhez a Python program „*Matplotlib*” könyvtárának radarját, korrelációs analízisét, hőtérképét, ostyadiagramját illetve a „*Seaborn*” könyvtár jointplot és boxplot diagramját használtam.

Emellett elvégeztem az SPSS program főkomponens analízisét is, hogy egy átfogó képet kapjak a vizsgált paraméterek összefüggéseiről, illetve, hogy főkomponenseket határozzak meg ezek alapján. Valamint az eredmények vizsgálatokor többszörös lineáris regressziós analízist is végrehajtottam, ahol a cél egy becslő egyenlet létrehozása volt több magyarázó változó által. Továbbá meghatároztam a nitrogén hasznosítási hatékonyságot a fehérje (NUE_F) és terméshozam (NUE_{TH}) vonatkozásában.

3. Eredmények

3.1. Az előveteményes kísérlet statisztikai elemzése

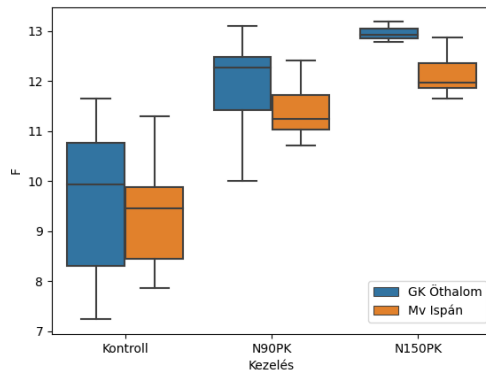
Az előveteményes kísérletben ($n=96$) az volt a célkitűzésem, hogy a különféle agrotechnikai tényezők (műtrágya, elővetemény) hatását tanulmányozzam egy modern és egy klasszikus őszi búza minőségi paramétereire (33) 2 tenyészéven keresztül. Az első termesztési szezon kimagasló hozamai (+21.7%) megmagyarázhatóak voltak a kedvező vízellátottsággal (+149.5 mm a 30 éves átlaghoz képest), emellett a 2. évjárat viszontagságos időjárási viszonyaival, mint például a csapadékhiánnyal és gyors februári (+2.5°C a 30 éves átlaghoz mérten) és márciusi (+3°C a 30 éves átlaghoz viszonyítva) felmelegedéssel (3. ábra). Mindazonáltal a 2. vizsgált év áprilisi és májusi enyhe időjárása és az átlagosnak mondható éves csapadék mennyisége a minőségi paramétereket igen optimálisan befolyásolta.



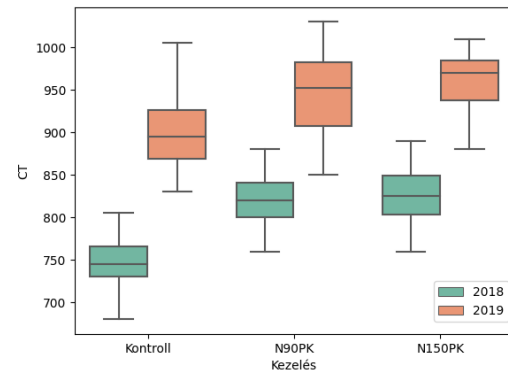
3. ábra – A két termesztési szezon havi csapadék mennyiségeinek és átlag hőmérsékleteinek összevetése a 30 éves átlaggal

A klasszikus szegedi búzafajta, a GK Öthalom minőségét tekintve a 2018/2019-es szezon ökológiai tényezői szignifikánsan javították, amely elsősorban a fehérjéhez kötődő attribútumokon (fehérje, nedves siker, Zeleny index, siker terület, értékszám, értékcsoport, stabilitás, ellágyulás, promilográfus maximális ellenállás, energia és cipó térfogat) volt megfigyelhető. A tápanyagutánpótlással a minőségi mutatók legjava növekedett, azonban szignifikáns javulást csak az N₉₀PK dózis okozott a terméshozam, vízfelvelelek, promilográfus energia, cipó térfogat (5. ábra), átlag szemcseméret,

szemtömeg és Hardness Index esetében, a műtrágya további növelése már nem volt észlelhető kihatással. Felülvizsgálva az alábbi mutatószámokat: a terméshozamot, vízfelvételt és cipó térfogatot elmondható, hogy a sütőipar szempontjából az N₉₀PK műtrágya adag elegendő volt a fajta hozam és minőség potenciáljának realizálásakor.



4. ábra – A műtrágya és a fajta hatása a fehérjetartalomra



5. ábra – A műtrágya és az évjárat hatása a cipó térfogatra

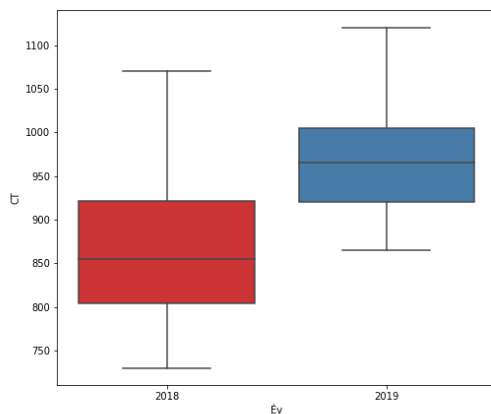
Továbbá a mérési eredmények azt sugallták, hogy a műtrágyázás meghatározó szerepet játszott a magyar búzaszabványban szereplő betakarítás utáni mérőszámok alakulásában, mint például: fehérje (4. ábra), nedves sikértartalom, Zeleny index, valorigráfos értékszám, értékcsoport, stabilitás, alveográfus W és P/L értékek, hiszen még az N₁₅₀PK dózis is szignifikáns javulást eredményezett esetükben. Ez azért kardinális, mivel vannak évek, amikor akár a magyar búzatermelés felét exportálják, ahol az árszabás és az átvétel ezen értékek függvényében történik. A 2017/2018-as évjáratban, szuboptimális tápanyagellátás (kontroll) tekintetében az elővetemény választás igen esszenciálisnak volt mondható, mivel a terméshozam, fehérje, száraz sikér, Zeleny index, lisztkihozatal, valorigráfos értékszám, tészta kialakulási idő, stabilitás, ellágyulás, promilográfus nyújtási ellenállás, maximális ellenállás, energia, átlag szemcseméret, alveográfus W, P, L és P/L értékek vonatkozásában a csemegekukorica szignifikánsan javította az eredményeket a napraforgóhoz hasonlítva, mivel sokkal kedvezőbb kultúrállapotot hagyott maga után. A vizsgált agrotechnikai tényezők hatását a siker minőségre a siker terület és glutén index értékek alakulásában lehet megfigyelni. A glutén indexet nagy mértékben befolyásolta a műtrágyázás, évjárat-, és fajtahatás, míg a siker területet a fajta helyett az elővetemény hatás módosította jelentősen. Összegezve a tápanyagkezelés mennyiségének növelése, a magas áprilisi és májusi hőmérséklet, a nagy mennyiségű éves csapadék és a napraforgó elővetemény negatív kihatással van a siker

erősségét illetően. A fajtaválasztás fontosságát ki kell emelni, hiszen szignifikáns differenciákat lehetett megfigyelni a vizsgált fajták glutén index, lisztkihozatal, valorigráfós vízfelvétel, értékcsoport, tészta kialakulási idő, stabilitás, ellágyulás, promilográfós nyújtási ellenállás, nyújthatóság, alveográfós P, L, P/L, cipó térfogat és alaki hányados, keményítősérülés, átlag szemcseméret, szemtömeg, szemméret és Hardness index értékei kapcsán. Általánosságban a 2 fajtát összehasonlítva a GK Öthalom jobb minőségi műtrágya hasznosító tulajdonsággal (NUE_F) és minőségi paraméterekkel (4. ábra), míg az Mv Ispán jobb természetes tápanyag hasznosító képességgel (+22.9%), NUE_{TH} értékkel ($N_{90}PK$: 32.62 kg/ha; $N_{150}PK$: 19.37 kg/ha) és terméshozammal (+31.7% 2019-ben) rendelkezett. A Zeleny indexet kivéve, csak 1 minta felelt meg a magyar búzaszabvány malmi I-es minőségi előírásainak, még hozzá a GK Öthalom (2019-ben, $N_{90}PK$ kezelés és csemegekukorica elővetemény mellett). A többi minta maximum a malmi II-es minőséget érte el, amely azt mutatja, hogy egyik termesztési szezon sem volt optimális a búza vegetatív és generatív fejlődése tekintetében. Emellett fontos megemlíteni azt is, hogy műtrágyázás nélkül egy minta sem felelt meg a malmi II-es követelményeknek, más szóval csak takarmányozási célból lehetne ezeket hasznosítani.

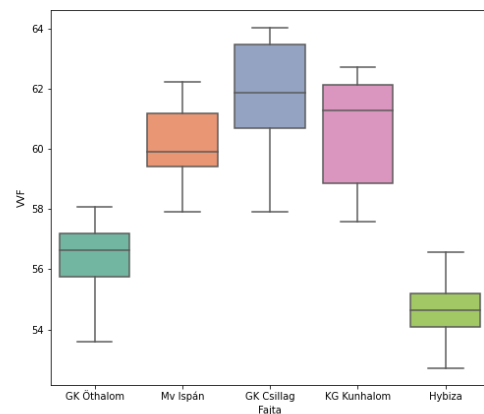
3.2. A fajta kísérlet statisztikai elemzése

A fajta kísérlet ($n=120$) esetében, a műtrágyázás hatását vizsgáltam 5 eltérő őszi búza genotípus minőségi paramétereinek (33) vonatkozásában 2 termesztési évben. További célom az volt, hogy ezen adatok segítségével egy újszerű, innovatív megoldást hozzak létre annak érdekében, hogy programozott vizualizáció segítségével könnyebbé váljon nagy adathalmazokat megérteni és interpretálni az agrárstatisztika keretein belül. Legjobb tudásom szerint a múltban senki se használta ilyen célból a Python program ezen opcióinak összeségét az agrártudomány terén. Általánosságban elmondható, hogy egyik év sem kedvezett a búza fejlődésének. Az első termesztési szezon ökológiai körülményei (csapadékban gazdag, +177.3 mm éves csapadék) kedvezően hatottak a terméshozamra (+1553 kg/ha), lisztkihozatalra, siker területre, cipó alaki hányadosra, szemtömegre és szemméretre, míg a 2. évjárat (3. ábra) (átlagos csapadék mennyiséggel) szignifikánsan javította az alábbi mutatószámokat: alveográfós P, W, valorigráfós értékcsoport, stabilitás, promilográfós nyújtási ellenállás, maximális ellenállás, energia, nyújthatóság, glutén index, cipó térfogat (6. ábra), keményítősérülést és Hardness index, összefoglalva a fehérjével kapcsolatos paramétereket. A fajta összehasonlító kísérlet során is azt

tapasztaltam, hogy az N₉₀PK műtrágya dózis kielégítette a vizsgált genotípusok tápanyagigényét. Ugyanakkor a tápanyagkezelések a vizsgált mutatószámok 69%-át (22) szignifikánsan javították a kontroll mintákhoz képest, név szerint terméshozamot (+1804 kg/ha), fehérjét (+2.37%), Zeleny indexet (+7.68 cm³), nedves (+6.91%) és száraz sikért, L (+30 mm), P/L, W (+63.6 x 10⁻⁴J), valorigráfós vízfelvételt (+2.3%), értékszámot, érték csoportot, tészta kialakulási időt (+1 perc), stabilitást (+2.5 perc), ellágyulást, promilográfós vízfelvételt, nyújthatóságot, siker területét, glutén indexet (-12.3%), cipó alakú hányadost, cipó térfogatot (+70 cm³), M_{átl} és Hardness indexet (+7.9%).

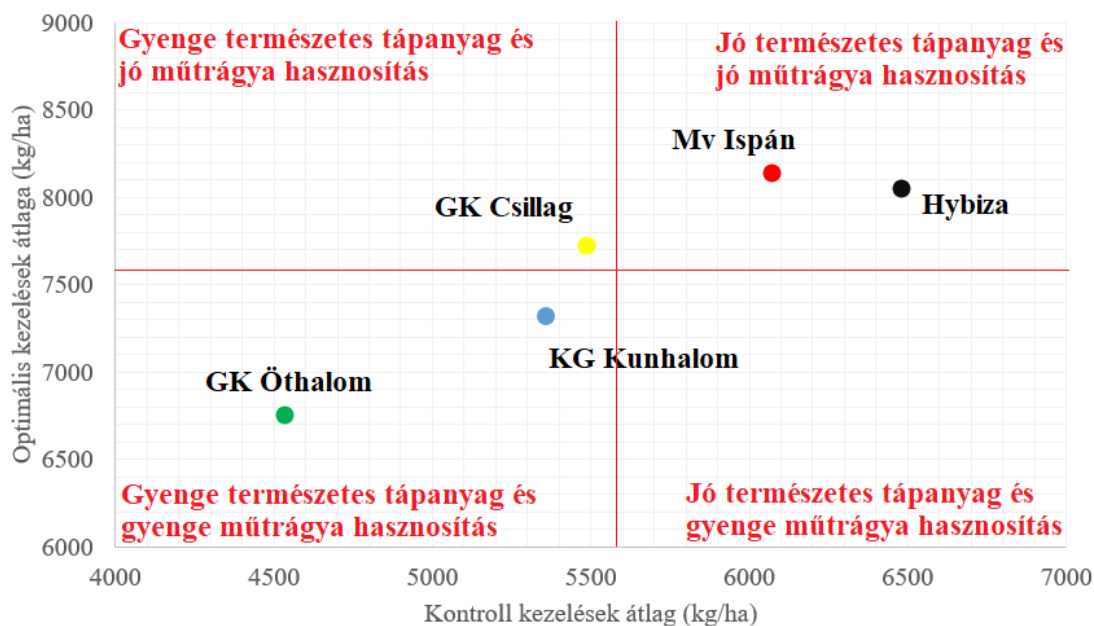


6. ábra – Az évjárat hatása a cipó térfogatra



7. ábra – A fajta hatása a valorigráfós vízfelvételre

A GK Öthalom, a GK Csillag és a Hybiza 2018-ban statisztikailag bizonyíthatóan alacsonyabb esésszámot produkált, amely az extrém mennyiségű csapadékkal indokolható. Ahogy az irodalmi áttekintésben is említettem, az átlag életkora a természetben lévő búzafajtáknak egyre csak csökken, emiatt a legújabb regisztrált genotípusok folyamatos tesztelése elengedhetetlen. Az agrárszektor egyik legfontosabb mutatószámát, a terméshozamot tekintve, a Hybiza (7457 kg/ha) és az Mv Ispán (7346 kg/ha) jobban teljesített a GK Csillaghoz (6862 kg/ha) és a KG Kunhalomhoz (6508 kg/ha) hasonlítva és szignifikánsan jobban a GK Öthalomhoz (5702 kg/ha) mérten. Az Mv Ispán és a Hybiza jó, míg a GK Csillag és a KG Kunhalom átlagos, végül a GK Öthalom gyenge természetes tápanyag és gyenge műtrágya hasznosítási képességgel rendelkezett a terméshozamot tekintve (8. ábra).



*piros vonalak a kísérleti átlagokat jelölik

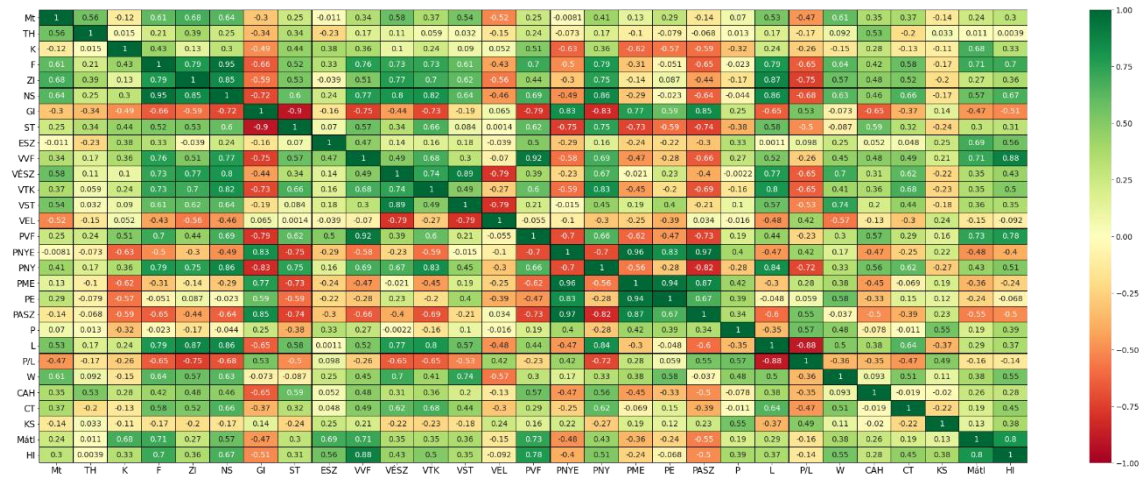
8. ábra – A vizsgált fajták természetes tápanyag és műtrágya hasznosítási képességeinek összehasonlítása (Balogh, 2009 nyomán)

Ezzel ellentétben, a KG Kunhalom és a GK Csillag szignifikánsan magasabb fehérjével kapcsolatos paramétereket adott úgy, mint: fehérje, száraz siker, valorigráfus vízfelvétel (7. ábra), értékcsoport, tézta kialakulási idő, promilográfus vízfelvétel, nyújthatóság, maximális ellenállás, siker terület és Hardness index. A Zeleny index, nedves siker, L, P/L, valorigráfus értékszám, stabilitás, ellágyulás, cipó térfogat és $M_{\text{át}}$ értékeket tekintve a KG Kunhalom szignifikánsan jobb értékekkel bírt a többi 4 vizsgált fajtához képest. Az Mv Ispán genotípus a valorigráfus vízfelvétel és Hardness index kapcsán csatlakozni tudott a jó minőségű fajták csoportjához. Ezenkívül fontos megemlíteni, hogy az Mv Ispán szignifikánsan magasabb keményítősérülést, alveográfus W és P értéket adott a többi fajtához hasonlítva.

Jelenleg a szakirodalom kevés statisztikai adattal rendelkezik a hibridbúzákat illetően. Az egyetlen vizsgált hibridet (Hybiza) górcső alá véve az mondható el, hogy igen gyengén szerepelt a minőségi mutatószámok és a lisztkihozatal terén, ellenben kimagaslóan erős siker szerkezettel bírt, amely kontraproduktívan hatott a próbacipók térfogatára annak ellenére, hogy a legmagasabb terméshozamot (9172 kg/ha) produkálta a kísérlet során. Ezen eredmények azt sugallják, hogy a Hybiza alapvetően alkalmatlan sütőipari felhasználásra, ellenben kiváló takarmányforrásként szolgálhat.

3.3. A fajta kísérlet Pearson-féle korrelációs és regressziós analízise

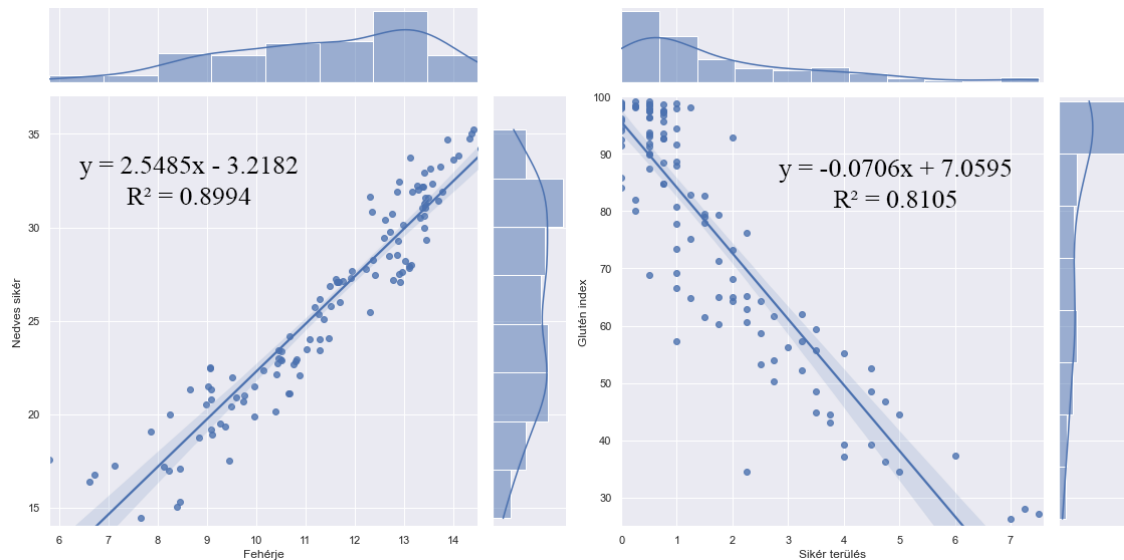
A Pearson-féle korrelációs analízis (9.ábra) elvégzése alkalmával komplex képet kaphatunk az őszi búzaliszt minőségi mutatószámai (28) közötti kapcsolatokról, néhányat megemlítve: alveográfus P és keményítősérülés (0.522**), a fehérje és átlag szemcseméret (0.711**), a promilográfus energia és alveográfus W (0.578**) közepes, pozitív; míg a promilográfus nyújthatóság és alveográfus L érték (0.835**) szoros, pozitív korrelációban állt.



9. ábra – A fajta kísérlet hőterképes Pearson-féle korrelációs mátrixa

Sütőipari perspektívából megközelítve, a leginformatívabb vizsgálati metódus a próbacipó, hiszen a mai, magyar piaci elvárások az E-szám mentesség mellett a nagy térfogatú, létezett bélzett termékekben testesülnek meg. A cipó térfogat közepes, pozitív korrelációban állt valamennyi fontos reológiai és standard mutatószámmal: fehérjével (0.582**), nedves sikerrel (0.665**), Zeleny index-szel (0.526**), valorigráfus értékkel (0.625**) és tészta kialakulási idővel (0.68**), promilográfus nyújthatósággal (0.618**), alveográfus L (0.644**) és W értékkel (0.513**). A cipó térfogat mellett, a Hardness index jelentőségét is nyomatékosítani szükséges, mivel szoros, pozitív kapcsolatban állt az átlag szemcsemérettel (0.807**), valorigráfus (0.883**) és promilográfus (0.781**) vízfelvétellel; észlelhetően a fehérjével (0.704**), nedves sikerrel (0.668**), tészta kialakulási idővel (0.503**), nyújthatósággal (0.512**) és W értékkel (0.549**). A fehérjetartalom meghatározás fontosságát ki kell hangsúlyozni, hiszen a mért paraméterek 64%-val (28/18) legalább közepes kölcsönhatásban állt, köztük a legtöbb reológiai jellemzővel is. A glutén index, mint relative újabb minőségi értékszám nem mutatott jelentős és gyakorlatban hasznosítható kölcsönhatást a vizsgált reológiai és technofunkcionális paraméterekkel, így nem

javaslom a sütőipari potenciál önálló prediktálására. Ugyanakkor a siker terület kiváltására – amely egy igen időigényes módszer – kiválóan alkalmas. Számos kutató próbálta csoportosítani a liszteket a glutén index értékük alapján, az én esetemben az optimális érték 40-90% között volt, hiszen ezen lisztek adták a legjobb térfogatú próbácipókat.



10-11. ábra – Lineáris regresszió analízise a nedves sikernek és a fehérje tartalomnak (bal); illetve a glutén indexnek és a siker területnek (jobb)

A korrelációs (0.949**) és regressziós (10. ábra) ($R^2=0.899$) eredmények miatt, a fehérje és nedves sikértartalom között, a komplexradarokban a nedves sikértartalmat használtam, mert gyorsabb módszer, illetve egyszerre el lehet végezni a glutén index vizsgálatával. A korrelációs (0.899**) és regressziós (11. ábra) ($R^2=0.811$) eredmények miatt, a glutén index és siker terület között a Komplexradarokban a glutén indexet használtam, mert precízebb módszer, illetve egyszerre el lehet végezni a nedves és száraz siker meghatározásával.

3.4. A fajta kísérlet többszörös lineáris regressziós analízisei a cipó térfogat és valorigráfós vízfelvétel becslése érdekében

A Pearson-féle korrelációs analízis eredményeit felhasználva szerettem volna két fontos mutatószám (cipó térfogat és műszeres vízfelvétel) becselő egyenletét elkészíteni többszörös lineáris regressziós analízis által. A cipótérfogatot a Zeleny index, a valorigráfós tészta kialakulási idő, az alveográfós L és W érték segítségével tudtam felírni $R^2=0.554$ determinációs együttható mellett.

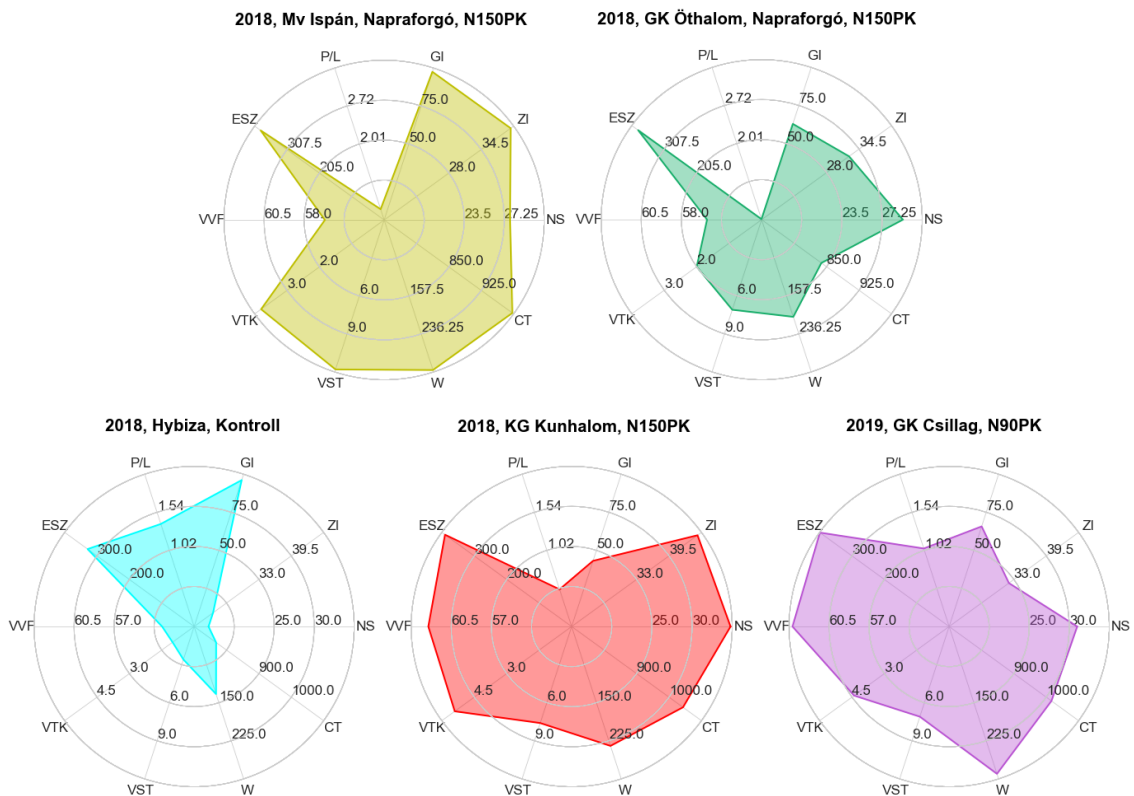
$$\text{Cipó térfogat} = 766.545 + (-4.92 * \text{ZI}) + (27.988 * \text{VTK}) + (1.332 * \text{L}) + (0.54 * \text{W})$$

A valorigráfos vízfelvételt ($R^2=0.901$) három gyors módszeres paraméter bevonásával sikerült felírni: glutén index, Hardness index és NIR_F .

$$\text{Valorigráfos vízfelvétel} = 52.6 + (-0.054 * \text{GI}) + (0.145 * \text{HI}) + (0.541 * \text{NIR}_F)$$

A cipó térfogatot becsülő egyenlet hasznosságát emeli ki azon tény, hogy a próbacipós vizsgálat egy igen időigényes, nagy precizitást és búzaminta mennyiséget igénylő módszer. Addig a valorigráfos vízfelvételt felíró modell előnye, hogy segít megközelítőleg meghatározni a műszeres vízfelvételt az 500 VE konzisztenciájú tészta elérése érdekében.

3.5. A kísérlet komplexradarjainak ismertetése



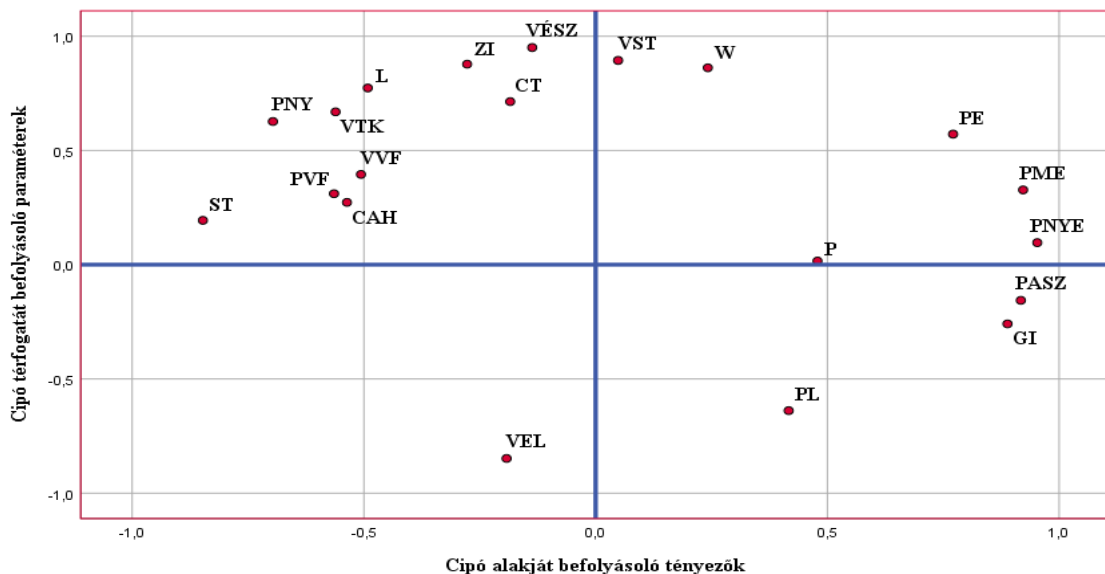
12. ábra – A kísérlet néhány komplexradarjának összehasonlítása

Mivel a 21. században az adatok pusztán közlése mellett egyre fontosabb a gyors, áttekinthető vizuális megjelenítés is, ezért mindkét kísérlet eredményeit felhasználva

készítettem el a különböző faktorok hatását analizáló komplexradarokat, amelyek a 10 általam legfontosabbnak vélt mutatószámot (nedves siker, glutén index, Zeleny index, esésszám, tészta kialakulási idő, stabilitás, vízfelvétel, cipó térfogat, W és P/L érték) ábrázolják szimultán annak érdekében, hogy gyorsan egy komplex képet kapjunk az adott liszt minőségi potenciáljáról (12. ábra).

3.6. A minőségi paraméterek főkomponens analízise

A két kísérlet eredményeit összegezve elvégeztem két főkomponens analízist is, hogy megismerjem a vizsgált minőségi attribútumok közötti kölcsönhatásokat. Az első alkalmával a standard mutatószámokat (15) tanulmányoztam, ahol két főkomponens határoztam meg: 1) „fehérjével kapcsolatos paraméterek”, amely lényegi összefüggésben állt a fehérje, nedves és száraz siker, NIR_{NS}, NIR_F, Zeleny index, glutén index, siker terület és Hardness index értékekkel; 2) „szemkeménységgel kapcsolatos paraméterek”, mivel szignifikáns korrelációban állt a Hardness index-szel, a szemtömeggel, a szemmérettel, a keményítősérüléssel, az esésszámmal és az átlag szemcsemérettel.



13. ábra – Főkomponens analízis R&T paraméterek felhasználásával

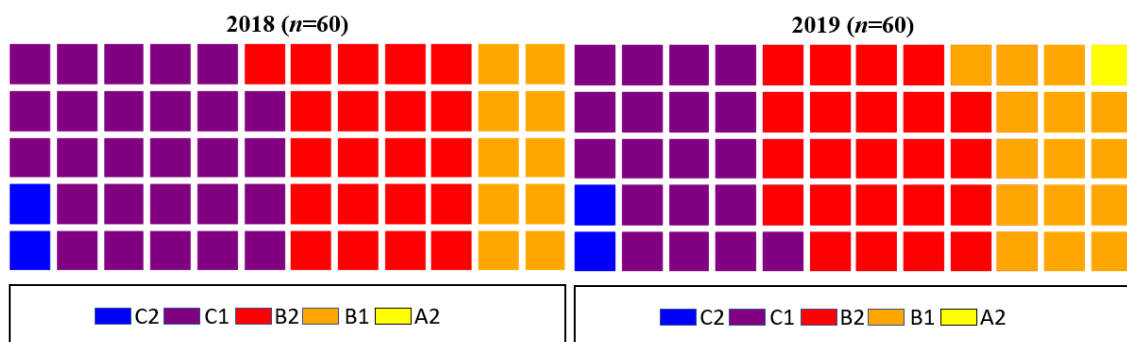
Rövidítések: ST= stabilitás; PNY: promilográfus nyújthatóság; PVF= vízfelvétel; VVF= valorigráfus vízfelvétel; CAH= cipó alaki hányados; VTK= tészta kialakulási idő; VEL= ellágyulás; ZI= Zeleny index; CT= cipó térfogat; VÉSZ= értékszám; VST= stabilitás; PE= energia; PME= maximális ellenállás; PNYE: nyújtási ellenállás; PASZ= arányszám; GI= glutén index

A második analízis folyamán a reológiai és technofunkcionális mutatószámokat (20) vontam be. Szintén két főkomponens állapítottam meg: 3) „cipó alakját meghatározó

paraméterek”, hiszen jelentős kapcsolatban állt a cipó alakihányadossal, promilográfus nyújtási ellenállással, nyújthatósággal, maximális ellenállással, arányszámmal, energiával, vízfelvétellel, glutén index-szel, siker területtel, valorigráfus vízfelvétellel és tészta kialakulási idővel; 4) „cipó térfogatát befolyásoló paraméterek”, mivel lényegi korreláció volt a cipó térfogattal, alveográfus W, P/L és L értékkel, promilográfus energiával és nyújthatósággal, valorigráfus értékszámával, stabilitással, ellágyulással és tészta kialakulási idővel és Zeleny index-szel (13. ábra).

3.7. A fajta kísérleti eredmények összevetése a Magyar búzaszabvánnyal

A fajta kísérleti rész minőségi paramétereit összevettem a magyar búzaszabvány (MSZ 6383:2017) előírásaival. Az volt megállapítható, hogy a fehérje, a nedves siker és a Zeleny index tekintetében csak a KG Kunhalom (2018-ban), míg a valorigráfus értékesoport és stabilitás esetében csak a GK Öthalom (2019-ben) tudott prémium minőséget elérni. Az alveográfus W-t vizsgálva a GK Öthalom, a GK Csillag és az Mv Ispán is több esetben prémium értékeket adott 2019-ben. Az esésszámot illetően a minták 94%-a, a vízfelvételnél pedig a minták 39%-a prémium minőséget adott. A két tápanyagutánpótlási dózist tekintve nem volt szignifikáns differencia tapasztalható. A Hybizát kivéve a többi búzafajta műtrágyázás mellett legalább malmi II. csoportot elérte. A hibridet szemügyre véve az látható, hogy a minőségi attribútumok esetén csak helyenként tudta produkálni a malmi minőséget.



14. ábra – 2018-as és 2019-es valorigráfus értékesoport értékek összehasonlítása ostya diagramokkal (fajta kísérlet)

3.8. Összefoglalás

Fontos eredményként kell megjegyezni, hogy az ostya diagram a valorigráfus értékesoportnál (14. ábra), a „joint” diagram a regresszió analízisnél, a hőterkép a Pearson-féle korrelációs analízisnél és agroökológiai értékeknél, a komplexradar az

összetett minőségi vizsgálatnál igen informatív vizualizációknak bizonyultak az agrárstatisztika kapcsán, továbbá véleményem szerint akár más tudományos területen is komoly potenciál rejtőzik bennük. A megállapításaimat összefoglalva nagy hangsúlyt kell fektetni az adott termesztési viszonyokhoz adaptálódott fajtaválasztásra, a genotípus-specifikus tápanyagellátásra annak érdekében, hogy elkerülhetővé váljon a túltrágyázás, ellenben maximalizálni lehessen mind a hozamot, mind a minőséget is. Kulcskérdés továbbá a termesztési hely optimalizált agrotechnika is azért, hogy a fokozódó biotikus és abiotikus stresszfaktorok hatását mérsékelhessük. Emellett úgy vélem a kutatásom hozzájárulhat az őszi búza általános és kevésbé kutatott minőségi mutatószámainak és a köztük felállítható korrelációk ismeretének bővítéséhez.

4. Az értekezés új tudományos eredményei

- 1) Vizsgálati eredményeim alapján a mészlepedékes csernozjom talajtípus esetén az N₉₀PK műtrágya dózis elegendőnek bizonyult a vizsgált búzagenotípusok terméshozam és-minőség potenciáljának elérése szempontjából. A tápanyagutánpótlás mennyiségének további növelése már nem okozott statisztikailag bizonyítható javító hatást. Kivételt képez a fehérje, a nedves sikértartalom, a Zeleny index, a valorigráfus értékszám, értékcsoport, stabilitás, az alveográfus W és P/L értékek, amelyeket az előveteményes kísérlet folyamán még az N₁₅₀PK kezelés is szignifikánsan javítani tudott.
- 2) Megállapítottam, hogy az újabb genotípusok, mint a Hybiza és az Mv Ispán szignifikánsan jobb terméshozam potenciállal, természetes tápanyag és műtrágya hasznosító képességgel rendelkezett, mint a többi vizsgált fajta. A legjobb minőség elérésére viszont a KG Kunhalom és a GK Csillag volt képes.
- 3) A cipótérfogat és a liszt vízfelvételének becslésére, matematikai modell egyenleteket hoztam létre többszörös lineáris regresszió analízissel. A cipótérfogat modelljében a Zeleny indexet, a valorigráfus tézszakialakulási idő, az alveográfus L és W változókat használtam a becslésre, míg a vízfelvétel esetén a glutén indexet, a szemkeménység indexet és a fehérjetartalmat.
- 4) Öt fajta, két éves vizsgálatával, három féle tápanyag utánpótlás mellett, Pearson-féle korrelációs analízissel megállapítottam, hogy a sütőipar számára kulcsfontosságú cipótérfogat közepesen erős, pozitív korrelációban állt a fehérje és nedves siker tartalommal, a Zeleny index-szel valamint számos reológiai paraméterrel (valorigráfus értékszám, tézta kialakulási idő, promilográfus nyújthatóság, W és L). Ezen értékek alapján beazonosítottam azon tulajdonságokat, melyek egymás kiváltására nem alkalmasak, ezért potenciális változói lehetnek egy matematikai modellnek.
- 5) Tíz minőségi paraméter (nedves siker, glutén index, Zeleny index, esésszám, tézszakialakulási idő, tézta stabilitás, cipótérfogat, W, P/L) kiválasztásával egy új komplexradar értékelő módszert fejlesztettem ki a búzaminták minőségi jellemzőinek és a kezelések hatásának vizuálisan megjeleníthető komplex összehasonlítása céljából.

5. Az eredmények gyakorlati hasznosíthatósága

- 1) A két kísérlet eredményeit párhuzamba vonva a vizsgált genotípusok maximális terméshozamát és minőségét gazdasági szempontokat figyelembe véve az N₉₀PK műtrágya dózissal értem el. Műtrágyázás nélkül egyik minta sem felelt meg a malmi II-es előírásoknak, más szóval csak takarmányozási célból lehetett volna őket felhasználni.
- 2) Mészlepedékes csernozjom talajtípus esetén az őszi búza számára, kontroll tápanyagkezelés mellett a csemegekukorica, mint elővetemény sokkalta kedvezőbb körülményeket biztosított, mint a napraforgó mind a terméshozam, mind a fehérje, száraz sikér, Zeleny index, lisztkihozatal, valorigráfus értékszám, tészta kialakulási idő, stabilitás, ellágyulás, promilográfus nyújtási ellenállás, maximális ellenállás, energia, M_{átl}, alveográfus W, P, L és P/L értékek esetén.
- 3) A kísérlet során alkalmazott agrotechnika mellett sütőipari felhasználási céllal a KG Kunhalom és a GK Csillag fajtákat ajánlom termesztésre, hiszen a betakarítás utáni minőségi paraméterek (fehérje, száraz sikér, valorigráfus vízfelvétel, értékcsoport, tészta kialakulási idő, promilográfus vízfelvétel, nyújthatóság, maximális ellenállás, sikér terület és Hardness index) tekintetében ezen fajták teljesítettek a legjobban. Terméshozamukat tekintve viszont átlagosan szerepeltek (GK Csillag: 6862 kg/ha; KG Kunhalom: 6508 kg/ha). A GK Öthalom (5702 kg/ha), mint klasszikus búzafajta átlagos minőséggel, gyenge természetes tápanyag és gyenge műtrágya hasznosítási képességgel rendelkezett. A legjobb terméshozamokat a két legújabb (2015-ben regisztrált) genotípus adta: az Mv Ispán (7346 kg/ha) és a Hybiza (7457 kg/ha), azonban ezek birtokolták a leggyengébb lisztminőségi jegyeket.
- 4) A glutén index nem mutatott jelentős, gyakorlatban hasznosítható kölcsönhatást a vizsgált reológiai és technofunkcionális paraméterekkel, így nem javaslom a sütőipari potenciál önálló prediktálására. Ugyanakkor a sikér terület kiváltására – amely egy időigényes módszer – kiválóan alkalmas, mivel szoros, negatív korrelációban állt vele.
- 5) A Hardness index, mint gyorsmódszeres mutatószám alkalmas a vizsgált búzaminta minőségi potenciáljának előrejelzése szempontjából, mivel szoros, pozitív kapcsolatban állt az átlag szemcsemérettel, a valorigráfus és a promilográfus vízfelvétellel; míg közepesen a fehérjével, a nedves sikérrel, a tészta kialakulási idővel, a nyújthatósággal és a W értékkel.
- 6) Az agrárstatisztika területén kevésbé ismert és használt Python program Matplotlib és Seaborn könyvtára kiválóan alkalmas nagy adathalmazok vizuális megjelenítésére,

mint például az ostya diagram a valorigráfós értékcsoport, a „joint” diagram a regresszió analízis, a hőtérkép a Pearson-féle korrelációs analízis és időjárási paraméterek, a boxplot diagram az összetett minőségi vizsgálat értékelésére. Emellett egy rendkívül informatív vizualizációt, a komplexradart hoztam létre, amely segítségével 10 változó (nedves sikér, glutén index, Zeleny index, esésszám, tészta kialakulási idő, stabilitás, vízfelvétel, cipótérfogat, W és P/L érték) által egyszerűen össze lehet vetni a vizsgált minták minőségi tulajdonságait.

6. Irodalomjegyzék

- Balogh Á.* (2009): A fajtaspecifikus tápanyagellátás hatása az őszi búza termésmennyiségére és minőségére, doktori értekezés, Hankóczy Jenő Doktori Iskola
- Bedő Z., Láng L., Rakszegi M.* (2018): Mennyiségi és minőségi igények összhangja – termőhelyre adaptált fajtakinálat a búzatermesztésben, *Agroinform* 55., 22-23 p.
- Gasztonyi K.* (2004): Amit a búzalisztek sütőipari értékéről tudni illik, *Sütőiparosok, pékek* 51. évf. 6. szám, 54-60 p.
- Horváth Cs.* (2014): Storage proteins in wheat (*Triticum aestivum L.*) and the ecological impacts affecting their quality and quantity, with a focus on nitrogen supply, *Columella* Vol. 1 (2), 57-76 p.
- Központi Statisztikai Hivatal (KSH)* (2018): *Mezőgazdasági táblák (STADAT)*, www.ksh.hu
- Központi Statisztikai Hivatal (KSH)* (2020): *Mezőgazdasági táblák (STADAT)*, www.ksh.hu
- Pepó P. és Sárvári M.* (2011): Gabonanövények termesztése, Az agrármérnöki MSc szak tananyagfejlesztése, 14-26 p.
- Pepó P.* (2019): Integrált növénytermesztés 2., Alapnövények, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 11-58 p.

7. Publikációs lista



**DEBRECENI
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Nyilvántartási szám: DEENK/465/2021.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Magyar Zoltán
Doktori Iskola: Kerpely Kálmán Doktori Iskola

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

1. **Magyar, Z.**, Pepó, P., Bakos, T., Gyimes, E.: Az eltérő agrotechnikai faktorok hatása a búzáliszt próbácipós és egyéb minőségi paramétereire.
Jelenkori Társad. Gazd. Foly. 14 (2), 73-78, 2019. ISSN: 1788-7593.
DOI: <https://doi.org/10.14232/jtgf.2019.2.73-78>

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (5)

2. **Magyar, Z.**, Pepó, P., Gyimes, E.: Effect of different levels of fertilizers and forecrops on rheological properties of winter wheat.
Rev. Agric. Rural Dev. 8 (1-2), 47-52, 2020. ISSN: 2063-4803.
3. Gyimes, E., Csercsics, D., **Magyar, Z.**: Effect of short term storage on wheat quality parameters.
Anal. Tech. Szeged. 14 (1), 130-141, 2020. EISSN: 2064-7964.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14232/analecta.2020.1.130-141>
4. **Magyar, Z.**, Pepó, P., Gyimes, E.: Effects of agrotechnical factors on the quality and quantity of yield in winter wheat production.
Acta agraria Debreceniensis. 1, 69-75, 2020. ISSN: 1587-1282.
DOI: <https://doi.org/10.34101/actaagrar/1/3735>
5. **Magyar, Z.**, Véha, A., Szabó, P. B.: Examination of milling technological properties of different wheat varieties.
Prog. Agric. Eng. Sci. 16 (1), 75-86, 2020. ISSN: 1786-335X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/446.2020.10008>
6. **Magyar, Z.**, Véha, A., Pepó, P., Bartók, T., Gyimes, E.: Wheat cleaning and milling technologies to reduce DON toxin contamination.
Acta agraria Debreceniensis. 2, 89-95, 2019. ISSN: 1587-1282.
DOI: <http://dx.doi.org/10.34101/actaagrar/2/3684>





Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (2)

7. **Magyar, Z.**, Pepó, P., Gyimes, E.: Comprehensive study on wheat flour quality attributes as influence by different agrotechnical factors.
Agron. Res. 19 (1), 147-170, 2021. ISSN: 1406-894X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.15159/ar.21.011>
8. **Magyar, Z.**, Pepó, P., Véha, A., Gyimes, E.: Influence of fertilizer and cultivar on the gluten quality of winter wheat.
Nat. Res. Sustain. Develop. 9 (2), 136-143, 2019. ISSN: 2066-6276.
DOI: <http://dx.doi.org/10.31924/nrsd.v9i2.031>

Magyar nyelvű konferencia közlemények (2)

9. **Magyar, Z.**, Véha, A., Pepó, P., Bartók, T., Gyimes, E., Szarka, P.: A malmi műveletek DON toxin csökkentő hatásának és szeparáló tulajdonságának összehasonlítása.
In: Tavaszi Szél 2019 = Spring Wind 2019 : Tanulmánykötet : I. kötet. Szerk.: Bihari Erika, Molnár Dániel, Szikszai-Németh Ketrin, Doktoranduszok Országos Szövetsége, Budapest, 77-85, 2020. ISBN: 9786155586606
10. **Magyar, Z.**, Pepó, P., Zakupszki, Z., Gyimes, E.: Az eltérő műtrágya szintek és elővetemények hatása a GK Őthalom és az Mv Ispán búzafajták minőségi paramétereire.
In: XXV. Ifjúsági Tudományos Fórum, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 1-6, 2019. ISBN: 9789639639980

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2021.10.12.



Magyar Z. and Pepó P. (2021): Studying standard and rheological quality parameters of winter wheat by Python visualisation. Plant Soil Environ., 67 (12): 711–720.