

DEBRECENI EGYETEM

**KERPELY KÁLMÁN NÖVÉNYTERMESZTÉSI ÉS KERTÉSZETI TUDOMÁNYOK
DOKTORI ISKOLA**

Doktori Iskola vezető:

Prof. Dr. Holb Imre, DSc.

egyetemi tanár

Témavezetők:

Prof. Dr. Pepó Péter, DSc.

MTA doktora, egyetemi tanár

Dr. habil. Gyimes Ernő, PhD.

egyetemi docens

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

Készítette:

Magyar Zoltán

doktorjelölt

Debrecen

2022

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

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
a növénytermesztési és kertészeti tudományágban

Írta: Magyar Zoltán, okleveles élelmiszerbiztonsági és- minőségi mérnök

Készült a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Növénytermesztési és Kertészeti
Tudományok Doktori Iskolája keretében

Témavezetők: Prof. Dr. Pepó Péter, DSc. és Dr. habil. Gyimes Ernő, PhD.

Az értekezés bírálói:

Dr.

Dr.

Dr.

A bírálóbizottság:

elnök: Dr.

tagok: Dr.

Dr.

Dr.

Dr.

Az értekezés védésének időpontja: 2022. . . . Debrecen

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS.....	5
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
2. 1. Az őszi búzatermesztés jelentősége és aktualitásai	7
2. 2. Az őszi búza morfológiája, összetétele és ökológiai igénye	10
2. 3. Az őszi búza termesztésének általános áttekintése	12
2. 4. Az elővetemény hatása az őszi búza terméshozamára és minőségére	13
2. 5. A tápanyagellátás hatása az őszi búza terméshozamára és minőségére	16
2. 5. 1. Nitrogén műtrágyázás	16
2. 5. 2. Foszfor műtrágyázás	24
2. 5. 3. Kálium műtrágyázás.....	25
2. 6. Az évjárat hatása az őszi búza terméshozamára és minőségére.....	26
2. 7. Az őszi búza genotípusok terméshozama és minősége közötti eltérések.....	32
2. 8. Az őszi búza terméshozama	35
2. 9. Az őszi búza lisztminősége	36
2. 10. Az őszi búza minőségi vizsgálatainak csoportosítása	38
2. 11. A búzaszem fizikai és minőségi vizsgálatai.....	41
2. 12. A búzaliszt fizikokémiai, reológiai és technofunkcionális vizsgálatai.....	42
2. 12. 1. Fehérjetartalom	42
2. 12. 2. Száraz és nedves sikértartalom.....	43
2. 12. 3. Glutén index és sikér terület	44
2. 12. 4. Zeleny index (szedimentációs érték).....	45
2. 12. 5. Esésszám	46
2. 12. 6. Próbacipó készítés	47
2. 12. 7. Valorigráfos paraméterek.....	49
2. 12. 8. Alveográfos paraméterek	51
2. 12. 9. Promilográfus és extenzográfus paraméterek.....	53
2. 12. 10. Keményítősérülés	53
2. 12. 11. Szemcseméret eloszlás	54
2. 12. 12. Lisztkihozatal és hamutartalom.....	54
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	56
3. 1. A kísérlet és a minőségvizsgálati módszerek bemutatása	56
3. 2. Az eredmények feldolgozásához használt statisztikai módszerek ismertetése	60
3. 3. A vizsgált termesztési évek agrometeorológiai jellemzése.....	62
3. 3. 1. 2017/2018-as termesztési szezon jellemzése	62
3. 3. 2. 2018/2019-es termesztési szezon jellemzése	64
4. EREDMÉNYEK	66

4. 1. Az előveteményes kísérlet statisztikai elemzése	66
4. 1. 1. Az előveteményes kísérlet varianciaanalízis eredményeinek elemzése	66
4. 1. 2. Az előveteményes kísérlet valorigráfus értékcsoport eredményeinek elemzése ostya diagramokkal.....	80
4. 1. 3. Az előveteményes kísérlet komplexradarjainak ismertetése	82
4. 1. 4. Az előveteményes kísérleti minták nitrogén hasznosító képességének összehasonlítása (NUE)	86
4. 2. A fajta kísérlet statisztikai elemzése	87
4. 2. 1. A fajta kísérlet varianciaanalízis eredményeinek elemzése	87
4. 2. 2. A fajta kísérlet Pearson-féle korrelációs és regressziós analízise	105
4. 2. 3. A fajta kísérlet valorigráfus értékcsoport eredményeinek elemzése ostya diagramokkal.....	111
4. 2. 4. A fajta kísérlet komplexradarjainak ismertetése	112
4. 2. 5. A fajta kísérlet többszörös lineáris regressziós analízisei a cipótérfogat és valorigráfus vízfelvétel becslése érdekében	115
4. 2. 6. A fajta kísérleti eredmények összevetése a Magyar búzaszabvánnyal	116
4. 3. A minőségi paraméterek főkomponens analízise.....	118
4. 3. 1. Főkomponens analízis a standard paraméterekkel	118
4. 3. 2. Főkomponens analízis a reológiai és technofunkcionális paraméterekkel.....	120
5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	123
6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	130
7. GYAKORLATBAN HASZNÁLHATÓ EREDMÉNYEK.....	131
8. ÖSSZEFOGLALÁS.....	133
9. ÖSSZEFOGLALÁS (angol nyelven)	136
10. IRODALOM.....	139
11. PUBLIKÁCIÓK.....	161
12. NYILATKOZATOK	163
13. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS	164

Science is organized knowledge.
Wisdom is organized life.

I. Kant

RÖVIDÍTÉSEK

átl.	átlag	PÉ	promilográfus érték
CAH	cipó alaki hányados	PME	promilográfus max. ellenállás
CT	cipótérfogat	PNY	promilográfus nyújthatóság
ESZ	esésszám	PNYE	promilográfus nyújtási ellenállás
F	fehérje	PVF	promilográfus vízfelvétel
GI	glutén index	P/L	alveográfus arányszám
HI	hardness index	R&T	reológia és technofunkcionális
KS	keményítősérülés	ST	sikér terület
L	alveográfus nyújthatóság	SZM	szemméret
LK	lisztkihozatal	SZS	száraz sikér
LSD	„least significant difference”	SZT	szemtömeg
M _{átl}	Malvern átlag szemcseméret	TH	terméshozam
Mt	műtrágya	VÉ	valorigráfus érték
NIR _F	NIR-es fehérje	VEL	valorigráfus ellágyulás
NIR _{NS}	NIR-es nedves sikér	VÉCS	valorigráfus érték csoport
N ₉₀ PK	N ₉₀ P _{67,5} K _{79,5} műtrágya kezelés	VÉSZ	valorigráfus értékszám
N ₁₅₀ PK	N ₁₅₀ P _{112,5} K _{132,5} műtrágya kezelés	VST	valorigráfus stabilitás
NS	nedves sikér	VTK	valorigráfus teszta kialakulási idő
NUE _F	„nitrogen use efficiency” fehérje	VVF	valorigráfus vízfelvétel
NUE _{TH}	terméshozam	W	alveográfus deformációs munka
P	alveográfus ellenállás	ZI	Zeleny index
PASZ	promilográfus arányszám	30 _{átl}	30 éves átlag
PE	promilográfus energia	Ø	kontroll kezelés

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

A búza az egyik legnagyobb gazdasági értékkel rendelkező gabonanövény Magyarországon (Horváth, 2014), amelyet mi sem bizonyít jobban, mint hogy külön világnapja van a lisztnek március 20-án. Magyarországon hosszú időkre visszanyúló hagyománya van a jó minőségű búzatermesztésének (Bedő et al., 2018) a hazai éghajlati adottságok folytán (Gasztonyi, 2004a). A múltat idézve (Bocz, 1992): „Jó minőségű búzát exportáló ország voltunk. Külföldön a magyar búzát a saját gyenge minőségű búzáik, illetve lisztjeik feljavítására használták”.

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. Ezt azonban ki kell egészíteni azon tényekkel, hogy amíg a magyar javító minőségű búzaliszt nagy része nyugati exportra kiáramlik, addig keleti szomszéd országokból importálunk olcsó és gyengébb minőségű búzát.

Magyarországon a búzaliszt minősége ingadozó tendenciát mutat, addig 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 az agronómiai trendek a gazdasági érdektelenség miatt a nagy terméshozam és termésstabilitás felé mozdultak el, míg a minőség egyre jobban háttérbe szorul, annak ellenére, hogy a megtermelt búza 65%-a élelmezési céllal hasznosul (Pepó, 2019). A fent említett okok miatt egyre inkább élénkül a hibridbúzák iránti kereslet, amely

kiválóan teljesíti a gazdák által felállított igényeket. Ellenben napjainkig a hibridbúzák minőségéről szóló tudományos munkák száma igen csekély volt napjainkig.

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 paraméterei 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.

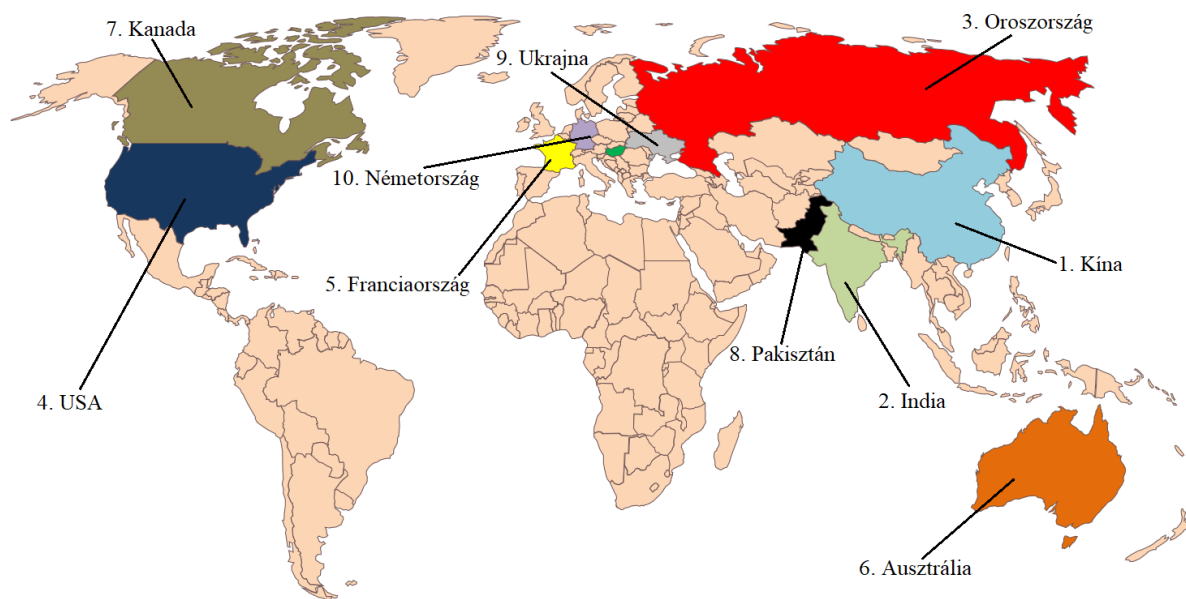
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2. 1. Az őszi búzatermesztés jelentősége és aktualitásai

Hazánkban a búza a 2. helyet foglalja el szántóföldi növények termesztési területét tekintve (Pepó, 2019). A búza számos iparág alapanyaga, mint például a sütőipar, az édesipar, a tésztaipar, emellett felhasználása egészen kiterjed az állati takarmányozástól (Ragasits, 1989) a vitális glutén, a keményítő és a bioetanol előállításig (Uthayakumaran és Wrigley, 2017). A FAOSTAT (2017) számítása szerint Magyarországon a népesség napi kalória bevitelének az egyharmadát búzalisztból készült élelmiszerek adják. A búzaliszt rendelkezik egy unikális tulajdonsággal, hiszen a fehérje csoportjai, a glutenin és a gliadin vízzel érintkezve hidratálódnak, duzzadnak és mechanikai hatásra kialakul a sikérszerkezet. Ennek köszönhető a tészta gázvisszatartó képessége, amely meghatározó sajátosság alapja a sütőipari termékek gyártásakor (Monda et al., 1990).

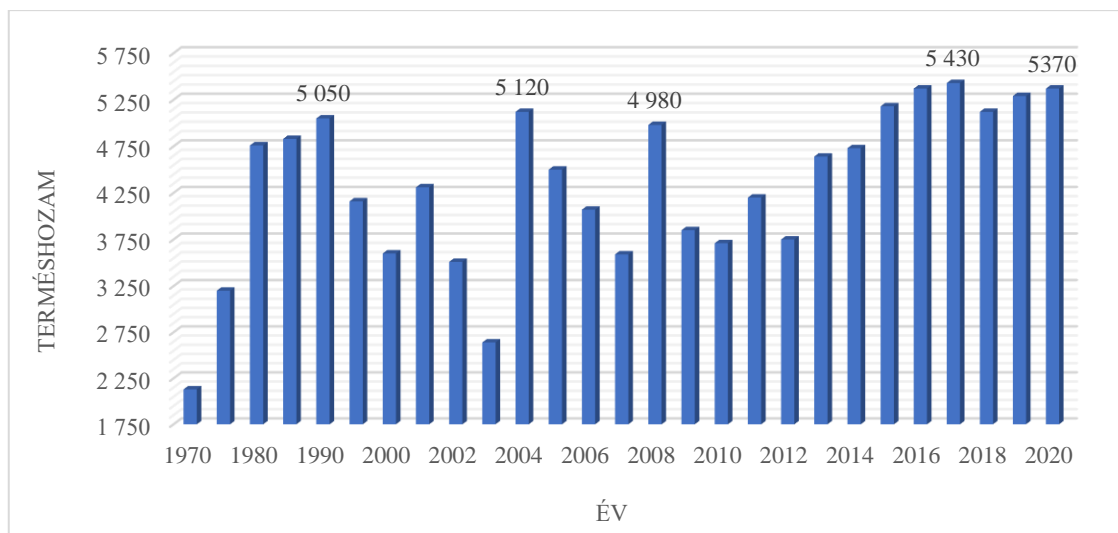
A búza a legnagyobb területen termesztett gabona a világon (OECD, 2019). A Föld szárazföldi részének 9-10%-a hasznosul növénytermesztés céljából (Bruinsma, 2003), ezt kiegészítve Prokop et al. (2011) adataival, miszerint az EU-ban évente mintegy 1000 km²-t vesznek el a különböző beruházások a mezőgazdaságtól. Megyes (2005) előadásában megfogalmazza, hogy 1950 óta két magyarországi megyének megfelelő területtel csökkent a mezőgazdasági célból felhasznált területek nagysága, ezzel együtt a művelés alól kivont területek nagysága évente mintegy 5-8 ezer hektár/évvel nő.

2019-ben a világon megtermelt búza egyötöde takarmányozási, kétharmada pedig élelmezési célra lett felhasználva (OECD, 2019). A malmi minőségű búza mennyisége több mint felét adja a magyar búzatermelésnek. 1989-ben az összes vetésterület 70%-án hazai nemesítésű fajtákat termesztettek, azonban ez az arány évről évre csökken a külföldi fajták javára (Matuz, 2013). Az elmúlt időszakban az árdifferencia szinte teljesen megszűnt a takarmány (47 ezer Ft/t) és a jó minőségű (50.3 ezer Ft/t) búzák között (KSH, 2019), így a termesztők sokan a minőség helyett a terméshozamot (TH) és termésbiztonságot választják (Vida és Veisz, 2018). A piacon egy fajtának egyértelmű hátránya származik abból, ha például jó minőséggel, de nagyon gyenge termés potenciállal rendelkezik, és ez igaz lehet fordítva is, mivel ezek a paraméterek határozzák meg együttesen egy búzafajta versenyképességét és jövedelmezőségét.



1. ábra - A világ TOP 10 búzatermesztő országa (FAOSTAT, 2017), saját szerk.

A több mint 25000 féle fajta létezése (Feldman, 1995) bizonyítja a búza széleskörű természetességét és magas alkalmazkodó képességét számos talaj és klíma típus mellett. Ez lehetővé teszi azt, hogy minden hónapban történik aratás a Föld valamelyik pontján mintegy 120 országban Perutól egészen Szibériáig, dél Argentínától az Északi Sarkkörig, akár Tibetben is (Ragasits, 1989; Kent és Evers, 1994; Uthayakumaran és Wrigley, 2017). A búza világpiacon jelentős átrendeződések figyelhetők meg. Oroszország 2010-hez viszonyítva közel 44%-kal növelte termését, ezzel átvette a 3. helyet, míg Ukrajnában 55%-kal növekedett a búza mennyisége (1. ábra). Ezzel ellentétben az USA visszaesett a 3. helyről a 4. helyre, termése mintegy 21%-os csökkenést szenvedett a kukorica és szója javára. Emellett fontos kiemelni Kazahsztán (54%) és Ausztrália (44%, 6. hely) növekedését is (Nag, 2019). A magyar búzatermesztés (3-6 millió t/év) bőven fedezni tudja a hazai lakossági és takarmány búzaigényt (2.2-2.6 millió t/év), így átlagosan exportként 0.5-3.5 millió tonna búzát értékesítenek (Pepó és Sárvári, 2011) főként Németországba, Olaszországba, Romániába és Bosznia-Hercegovinába (Pepó, 2019). Az Európai Unió termésmennyiségének 4.1%-át a magyar gazdák termelték meg 2019-ben (OECD, 2019), illetve hazánk a vetésterületet tekintve a 8. helyet foglalta el (KSH, 2019). A magyar átlag terméshozam (5,28 t/ha) 154%-kal magasabb volt a világ átlaghoz képest 2019-ben (3,43 t/ha) (OECD, 2019; KSH, 2019) (2. ábra).



2. ábra – A búza terméshozamának alakulása az elmúlt 50 évben Magyarországon (KSH, 2020; FAOSTAT 2017), saját szerk.

Magyarországon a búza vetésterülete az elmúlt 50 évben 20%-kal csökkent. A 2010-2019 közötti periódusban 1.03 millió hektár körül normalizálódott a hazai vetésterület az 1970-es 1.27 millió hektárhoz képest. Az átlagos terméshozam az elmúlt 50 évben két és félszeresére, a termés mennyisége pedig két szeresére növekedett (KSH, 2020).

2009-ben a megtermelt búza 15-18%-a került a világkereskedelemre (Balogh, 2009), ez a szám 2019-re 24%-ra emelkedett (OECD, 2019). Annak tudatában, hogy a FAO becslései szerint 2050-re a népesség 9.3 milliárdra növekszik, az élelmiszerek exportja tovább fog fokozódni (FAO, 2006).

A mezőgazdaság jelenlegi kihívása az a jövőkép, miszerint a következő 20-30 évben meg fog duplázódni az élelmiszer, a takarmány és a bioüzemanyag igény a növekvő népesség miatt, ami jelentős problémát jelenthet a talajaink kihasználtságát tekintve. Annak érdekében, hogy ezt a volumenű növekedést az agrárium ki tudja szolgálni anélkül, hogy világméretű élelmezési krízis alakuljon ki, komoly előreleléseket kell tenni, hogy tovább fejlesszük az agrotechnikai tudásunkat a fenntarthatóság jegyében. Emellett nagy hangsúlyt kell helyezni a klímaváltozás okozta biotikus és abiotikus stresszfaktorok megismerésére is (Spiertz és Ewert, 2009; Hawkesford, 2014; Guzman et al., 2016; Li et al., 2018). A világ élelmezési kihívásait tekintve fontos megemlíteni azt is, hogy helyes búzatermesztési gyakorlattal akár 10 t/ha termelési volument lehet elérni, azonban a világ átlag hozamait tekintve ez az érték csupán 2.8 t/ha-t éri el (Shewry, 2009). Az üzemi termés világrekordot az Oakley nevezetű búza változat

tartja a maga 16.8 t/ha termésével (Matuz, 2018), ugyanakkor a genetikai potenciálja a búzának 25-30 t/ha között helyezkedik el szemben a jelenleg tapasztalható magyar agroökopotenciális 4.5-5.5 t/ha terméshozammal (Pepó, 2019). Emiatt a búzanemesítés fő feladatai közé tartozik, hogy a terméshozam növelése mellett megfelelő minőségű, stabilitású és betegség rezisztenciával rendelkező növényeket fejlesszenek (Bunta et al., 2017). Ennek érdekében az újonnan megjelenő fajták műtrágyareakcióját mind terméshozam, mind minőség vonatkozásában tesztelni szükséges különböző elővetemények és időjárási tényezők függvényében.

2. 2. Az őszi búza morfológiája, összetétele és ökológiai igénye

A búza rendszertanilag a *Poaceae* család *Triticum* nemzetségébe sorolható (Pepó, 2019). A ma termesztett búza (*Triticum aestivum* L.) ősei közé tartozik az alakor (*Triticum monococcum*); a tönke (*Triticum dicoccum*) és a tönköly (*Triticum spelta*) (Barabás, 1987).

A búza bojtos gyökérrendszerrel rendelkezik, amely főgyökérből és mellégyökerekből áll, ezek döntő többsége 40-60 cm-es talajmélységig hatol le. A búzának szalmaszára van, amelyet szárcsomók osztanak fel szártagokra (Lelley és Mándy, 1963; Pepó, 2019). A virágai, amelyek kétivarúak egy összetett virágzatot, úgynevezett kalászt alkotnak, amelynek kalászorsólyán helyezkednek el két oldalt a kalászkák. A kalászkákban 3-5 virágkezdemény található, amelyekből átlagosan 3-5 virág lesz termőképessé. A búza öntermékenyülő növények közé tartozik (Pepó, 2019). Termését tekintve szemterméssel rendelkezik, ahol a mag és a héj összenőtt. A búza ontogenetikáját 6 fő szakaszra oszthatjuk fel: kelés, bokrosodás, szárbaszökés, kalászhányás, virágzás és érés (Ragasits, 1989; Pepó, 2019). Az egyszikűekre jellemző, hogy csírájuk egy sziklevéllel rendelkezik. A gabona virágát két toklász borítja, a külső toklászokon gyakran szálka helyezkedik el. A szálka nélküli növényt tar változatnak hívjuk (Monda et al., 1990). Érés idő szerint 4 csoportba sorolhatjuk a búzafajtákat: igen korai, korai, középérésű és késői érésű fajták (Pepó, 2019), amely a gyakorlatban 6-16 nap közötti differenciát jelent. Megkülönböztetünk generatív szerveket, amelyek a növény szaporodását szolgálják (virág, termés és mag), illetve vegetatívakat, amelyek a növény életbe maradásához szükségesek (gyökér, szár és levél).

A búza jól alkalmazkodott a mérsékelt övi csapadék- és hőmérséklet-eloszlásához. Vannak búzafajták, amelyek kiválóan tűrik akár a -20 °C hótakaró nélküli hideget is, azonban a 90 napnál nem tovább tartó, nem túl vastag hóréteg pozitív hatással

van a növényre. A búza megerősödéséhez elengedhetetlen az enyhe és csapadékos ősz, amennyiben nincs elegendő csapadék, az késleltetheti a kelést (*Pepó és Sárvári, 2011*). Az enyhébb, csapadékosabb tél és a virágzás utáni meleg és száraz idő kedvez a búzának. Ha a tél elnyúlik hosszasan, akkor az negatív hatással lehet a búza fejlődésére. A kívánt mennyiségű és minőségű termés feltétele a búza jó vízellátása a szárbaindulástól egészen a szemfejlődés szakaszáig, ennek ellenére az érés és betakarítás során a csapadék nélküli idő a legmegfelelőbb, hiszen nagyobb mennyiségű eső jelentősen megnehezíti a betakarítási munkálatokat. A csapadékos, meleg május kedvezően hat a termésre, azonban a június esetében a hirtelen megjelenő nyárias hőség felgyorsíthatja az érést (*Pepó, 2019*).

A búza talajigényét tekintve a jó vízellátású, mély rétegű, semleges kémhatású csernozjom talajt kedveli (*Lelley és Mándy, 1963*). Magyarország éghajlata igen kedvező a búzatermesztéshez, azonban meg kell említeni, hogy a dunántúli csapadékos éghajlat kisebb terméshozam ingadozást okoz, míg az alföldi időjárás miatt jó minőségű termést lehet realizálni (*Bicskei, 2008*). A búza 480-550 mm-es vízigényét tekintve mérsékeltnek tekinthető, de szélsőséges esetekben képes akár 250-1800 mm csapadék mellett is képes termést hozni (*Uthayakumaran és Wrigley, 2017*), amelynek jelentős részét tavasszal veszi fel szárnövekedéstől a termékenyülésig (*Pepó és Sárvári, 2011*). A vízigény %-os megoszlását illetően a keléskor 8%, bokrosodáskor 28%, száriba induláskor 33%, kalászoláskor 5%, virágzáskor 3%, szemfejlődéskor pedig a maradék 23%-ot veszi fel a növény (*Bocz, 1992*). *Pepó* (2010a) szerint a magyar búzatermesztésnek a minőség irányába kell elmozdulnia, mivel a mennyiséget nem képes maximalizálni az időjárási tényezők és a kevés kijuttatott műtrágya mennyiség miatt.

Búzaszem 13-15%-át a héj, 81-83%-át a magbelső, míg a csíra 3-5%-át adja (*Véha, 2011*). A búzaszem elsődleges feladata, hogy biztosítsa a különféle tápanyagokat a csírázó növény számára (*Shewry és Tosi, 2016*). A búzaszem héjának vastagsága: 1 mm, fő feladata a szemtermés védelme a külső behatásokkal szemben (*Lovra, 2011*), alapanyagául szolgál a korpa és a teljes kiőrlésű lisztek előállításának (*Monda et al., 1990*).

Osborne (1907) nyomán a búzában található fehérjéket oldhatóságuk alapján 4 fő csoportra osztják: 1) albuminok – víz oldható; 2) globulinok – híg sóoldatban oldható; 3) prolaminok (fő alkotója: gliadin) – alkoholban oldódó; 4) gluteninek – híg savakban vagy gyenge lúgokban oldhatóak. Az utóbbi kettőt együttesen sikérférféjéknek nevezzük, melyek a fehérjék 85-90%-át adják és főként az endospermiumban találhatóak (*Salunkhe*

et al., 1986). A jó siker viszonyszáma (nedves és száraz siker aránya) 2.8 körüli, színe sárgásfehér és gyöngyház fényű, rugalmas és közepesen nyújtható (*Véha, 2011*). A glutenin a tészta erősségét és ellenállóképességét (*Wieser, 2007*), a gliadin a viszkozitását és a nyújthatóságát adja (*Móré et al., 2012*), ezek 1:1-es aránya a legmegfelelőbb jó sütőipari termékek előállítására céljából (*Lásztity, 1999*). A glutenin mennyisége az adott lisztben meghatározza a sütőipari minőségét is egyben (*Preston et al., 1992, Anjum et al., 2007*). A vízfelvétel során a lisztszemcsék szétesnek, majd a búzaliszt sikéreképző fehérjei egymással összekapcsolódva létrehozzák a sikérvázat (*Gasztonyi, 2004a*), ez az alábbi kötések által történhet: diszulfid, hidrogén, tirozin, hidrofób és ionos (*Wieser, 2007; Tilley et al., 2001*). *Shewry és Halford (2002)* nyomán létezik egy kén tartalom alapján történő csoportosítás, így megkülönböztetünk: 1) kénben gazdag prolaminok: α és γ gliadinok, a B és C típusú kis molekulatömegű gluteninek (LMW), amelyek intermolekuláris diszulfid hidakat alkotnak; 2) kén-szegény prolaminok: az ω -gliadinok, és D típusú kis molekula tömegű gluteninek, amelyek intramolekuláris diszulfid hidakat alkotnak; 3) nagy molekulatömegű gluteninek (HMW) csoportja. Ezek eloszlása függ a termesztett genotípustól és az agrotechnikától (*Wieser, 2007*).

2. 3. Az őszi búza termesztésének általános áttekintése

Az őszi búzát elhelyezkedéstől függően késő nyáron vagy ősze vetik a mérsékelt övön, annak érdekében, hogy a fiatal növény kellően megerősödjön és kibírja a téli viszontagságokat. A világon mindenhol termesztik, ahol a talaj nem fagy meg olyan mértékben, hogy akadályozza az áttelelést. Az őszi búza előnyei közé lehet sorolni, hogy hasznosítani tudja az őszi csapadékot a csírázáshoz, a tavaszi meleget, napsütést és csapadékot a további fejlődéséhez (*Faridi et al., 1989*). Az őszi búzák átlagos tenyészideje 270 és 300 nap között helyezkedik el, ez főként függ a hőmérséklettől, mivel a meleg és száraz idő rövidítő hatással van, írja *Koltay és Balla (1982)*. A vetés egy fontos lépése a búzatermesztésnek, hiszen a vetés jó időzítése segíthet elkerülni az érés során bekövetkező negatív stresszeket, mint például az aszályt, a hőséget vagy az esőzéseket, azonban ezt a gyakorlatban felülírhatja a mezőgazdaság logisztikája, az időjárási feltételek vagy éppen az elővetemény (*Gooding et al., 2017*). *Erdei és Szániel (1975)* véleménye szerint a búza betakarítását a viaszérés alkalmával kell megejteni, ekkor a legjobbak a búza paraméterei.

Pepó (2010c) két csoportra osztotta a búzatermesztés agrotechnikai tényezőit: 1) indirekt tényezők: növényvédelem, elővetemény, vetés és talaj előkészítő műveletek; 2)

direkt elemek: műtrágyázás, betakarítás módszere és öntözés. *Pepó* (2006) szerint extenzív technológia esetén az évjárat 20%, a talaj állapota 40%, a termesztett fajta 5% és a műtrágyázás 10% szereppel rendelkezik a terméshozam tekintetében. Ez az arány jelentősen megváltozik intenzív technológia során: a műtrágyázás 30%-ra és a fajta 20%-ra növekszik, míg az évjárat 15%-ra, a talaj állapota 10%-ra csökken. Amennyiben nem szélsőséges környezeti viszonyok vannak, akkor az agrotechnika által 70%-ban lehet befolyásolni a termést. Extenzív búzatermelés esetén az ökológiai tényezők akár 60%-ban befolyásolhatják a terméshozam kimenetelét (*Pepó, 2010b*). A megfelelő mezőgazdasági gyakorlat használata megalapozhatja, hogy a termésminőség kevésbé függjön a különböző időjárási körülményektől (*Stoeva és Ivanova, 2009*).

Normál évjárat mellett a búza minőségét 3 kulcsfontosságú elem befolyásolja nagyjából ugyanakkora arányban: ökológiai tényezők (időjárás: 22%, talaj: 10%), alkalmazott agrotechnika (elővetemény: 8%, vetés: 4%, műtrágyázás: 20%, növényvédelem: 6%, betakarítás: 3% és fajtahatás (27%) (*Pepó és Sárvári, 2011*). Az agrotechnikai tényezők állandó és szoros kölcsönhatásban vannak egymással (*Pepó, 2010b*). A búza termesztési módszere nagyban befolyásolhatja a minőségét, hiszen azonos búzafajta és termesztési hely, de különböző agrotechnika esetén alakulhat ki az a jelenség, mikor a fehérjetartalom (F) azonos lesz, azonban a sütőipari minőség különbözik (*Borghini et al., 1995*). A búzaminőség jelentősen függ a termesztett fajtától, az évjárat hatástól, a betakarítástól és a tárolástól egyaránt (*Pasha et al., 2010*). *Monda et al.* (1990) által megfogalmazottak alapján az őszi búzatermesztés alapfeltételei: a megfelelő talajelőkészítés, a fajtaválasztás, a csávázott vetőmag, az elővetemény, a növényvédelem, a tápanyagellátás és az öntözés.

2. 4. Az elővetemény hatása az őszi búza terméshozamára és minőségére

Számos kísérlet történt az elővetemények felmérésére és kategorizálására, hiszen bebizonyították azt, hogy a búza termésmennyisége nagyban függ attól, hogy milyen növény volt előtte vetve. Itt megkülönböztetnek jó, közepes és rossz előveteményeket (1. táblázat). Azok számítanak jó előveteménynek, amelyek nem használják el a talaj tápanyag és víz készleteit vagy akár gazdagítják a N készleteket. Az elővetemény hatása annál szignifikánsabb, minél közelebb van a betakarítás időpontja a búza vetéséhez (*Ragasits, 1989; Pepó, 2019*). Az elővetemények kategorizálásakor figyelembe kell venni a növényi maradványok mennyiségét és tápanyag szolgáltató minőségét, illetve a lehetséges növényvédelmi kérdéseket is (*Pepó és Sárvári, 2011*).

1. táblázat – Az őszi búza előveteményeinek csoportosítása

(Bicskei, 2008; Saaten-Union, 2019; Pepó, 2019)

Jó elővetemények	hüvelyesek, korán lekerülő növények (repce, mák, dohány, korai burgonya, lucerna, vöröshere, szója, borsó, bab, csillagfürt, lóbab, mustár, facélia)
Közepes elővetemények	silókukorica, kender, korán lekerülő napraforgó, kukorica, árpa, cukorrépa, később lekerülő pillangósok, csemegekukorica
Rossz elővetemények	búza, árpa, rozs, zab, tritikálé; későn érő kukorica, cukorrépa, takarmánycirok

Koltay és Balla (1982) véleménye nyomán a legjobb előveteménynek a pillangósok és keverékek számítanak, mivel a növény maradványai lebomlását követően a talaj a búza számára fontos tápanyagokat tartalmazza. A kalászosok, köztük a búza – monokultúras termesztése - a lehető legelőnytelenebb előveteménynek számítanak, ezt bizonyítja *Litke et al.* (2018) kutatása is, ahol 3 éven keresztül vetettek búzát egymás után, és a harmadik évben 20%-os terméshozam csökkenést tapasztaltak az első évhez képest. A kukorica elfogadható előveteménynek számít, azonban fontos az, hogy idejében betakarítható legyen annak érdekében, hogy maradjon elegendő idő a megfelelő előkészületi munkákhoz (*Koltay és Balla, 1982; Barabás 1987*). Eltérő elővetemény esetén változtatásokat kell eszközölni a műtrágyázás tekintetében azért, hogy megfelelő mennyiségű tápanyagot biztosítsuk a növény fejlődéséhez. Napraforgó elővetemény esetén kiemelt figyelmet kell fektetni a tápelem visszapótlásra, mivel tápanyaghiányos területet hagy maga után (*Saaten-Union, 2019*). *Árendás et al.* (2010) cikke alapján 0.88 t/ha-ral nőtt az átlag terméshozam abban az esetben, ha búza helyett kukorica szolgált előveteményként. A kukorica hátrányai közé tartozik, hogy könnyen elgyomosodik, amelyek viszont a búza fejlődéséhez szükséges tápanyagokat és vizet is elvonhatják. A megfelelő elővetemény kiválasztásakor az alábbi előnyökkel lehet számolni: 1) fajtaspecifikus kártevők és korokozók elszaporodásának elkerülése; 2) különböző talajmélységű tápanyag felszívási igény; 3) egyes növények javítják a talaj tápanyag tartalmát, míg mások gyakorlatilag kizsákmányolják teljesen.

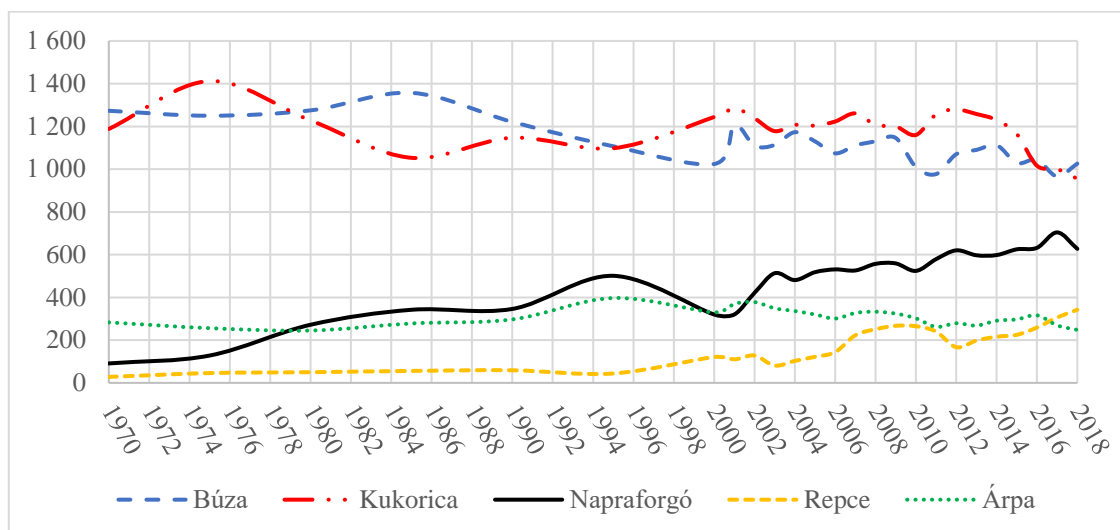
Magyarországon napjainkban a szántóföldek 85%-án búza, kukorica, repce, napraforgó és árpa termesztése történik. Az országban a búza előveteménye 33%-ban kukorica, illetve 33%-ban saját maga (*Pepó és Sárvári, 2011*). Előnyös elővetemény esetén (pl.: borsó) 40-100 kg/ha N, míg gyengébb elővetemény után (pl.: kukorica) 110-

150 kg/ha N volt az optimális dózis a maximális terméshozam eléréséhez (*Pepó, 2010b*). Bikultúra esetén 150 kg/ha N dózissal, trikultúránál pedig 50 kg/ha N-ra volt szükség a maximális terméshozam megvalósításához (*Vári et al., 2010*). Minél kedvezőtlenebb ökológiai viszonyokat hagy maga után egy elővetemény, annál nagyobb gazdasági ráfordítással és környezeti terheléssel lehet megteremteni a megfelelő termesztési körülményeket (*Hajdu, 1977; Pepó, 2019*).

Hazánkban a termőterületek több, mint kétharmadát gabonafélék, egyötödét pedig olajnövények teszik ki (*Pepó, 2019*). Magyarországon az 5 meghatározó szántóföldi növényt 2010-2018 közötti időszakban vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a búza (-20%) és kukorica (-3.5%) területe csökkent 1970-hez képest, míg a napraforgó közel hétszeresére, a káposztarepce közel kilenceszeresére nőtt (3. ábra), míg az árpa változatlan maradt (*KSH, 2018*). Érdekes tény, hogy a magyar napraforgó termelés az EU egyötödét adja, a búza pedig a 3.4%-át (*NAK, 2017*). A kutatás szempontjából fontos még a csemegekukorica, amely betakarított mennyisége 1990-hez viszonyítva négyszeresére növekedett, a 2019-ben vetési területe 34700 hektár volt, így a legnagyobb területtel rendelkező zöldségnek számított (37.7%) (*KSH, 2018*).

Napjainkban a legfontosabb az, hogy az adott elővetemény minél előbb lekerüljön és legalább 1 hónap maradjon a talajelőkészítésre (*Bicskei, 2008*). Száraz évjáratban, optimális tápanyagellátás mellett az elővetemény hatás miatt 3.6-4.7 t/ha-ral magasabb terméshozamot realizáltak abban az esetben, ha a búza előtt napraforgó vagy kukorica helyett borsó volt vetve, amely terméshozamot lecsökkent kevesebb, mint 1 t/ha-ra megfelelő csapadék viszonyok mellett. Összefoglalva az elővetemény hatás sokkalta erőteljesebb száraz években, és ezt még a megfelelő műtrágyázás sem képes kompenzálni. Azonban az elővetemény szignifikánsan befolyásolja a termést kontroll tápanyagellátásnál (*Pepó, 2010b*). *Pepó és Hornok (2007)* kutatásaiban eltérő elővetemények, mint a napraforgó, csemegekukorica, szemes kukorica és borsó hatását vizsgálták. Míg optimális csapadékmennyiség mellett a terméshozam 8.5-9.3 t/ha között, míg aszályos évben 2.2-6.9 t/ha között volt. A leggyengébb hozamot a napraforgó, a legmagasabbat a borsó után mérték. *Gil és Narkiewicz-Jodko (1998)*, akik kísérleteket végeztek 4 különböző elővetemény mellett és a következőket állapították meg: borsó és kukorica esetén a liszthozam magasabb volt, mint a repce és árpa után; a legnagyobb cipótérfogatot (CT) a kukorica elővetemény után kapták; a szedimentációs index a legmagasabb kukorica és repce esetén volt; a legjobb térszta stabilitási (VST), ellenállási, ellágyulási (VEL) és értéket a kukorica után kapták, azonban egyik előveteménynek sem

volt szignifikáns hatása az esésszámra (ESZ). Mindent összevetve a kukoricának volt a legjobb hatása a búza minőségi paramétereire.



3. ábra - Az 5 fő szántóföldi növény hazai vetésterületének alakulása 1970-2018 között (ezer ha) (KSH, 2018), saját szerk.

Stoeva és Ivanova (2009) 3 éves kísérletük folyamán a borsó, a napraforgó és a kukorica elővetemény hatását vizsgálták a termésminőségre, mely során nem tapasztaltak szignifikáns különbséget a nedves sikér (NS), a cipótérfogat, a szedimentációs érték és a farinográfus sütőipari érték esetén. Borghi et al. (1995) kísérletei rávilágítottak továbbá arra, hogy az elővetemény (kukorica, lucerna) szignifikáns hatással van az alveográfus W, L és P/L értékekre. A lucerna, kukorica és búza vetésforgó esetén szignifikánsan javult a fehérjetartalom és az alveográfus W, a kukorica és búza bikultúrához képest. Az elővetemény és műtrágyázás interakciója szignifikáns hatással volt fehérjetartalomra és a W értékre. Mindamelllett az elővetemény szignifikáns hatással volt a nedves sikér mennyiségére is (Litke et al., 2018).

2. 5. A tápanyagellátás hatása az őszi búza terméshozamára és minőségére

2. 5. 1. Nitrogén műtrágyázás

Az őszi búza nagy tápigényű növények közé sorolható, azonban rendkívül jó tápanyag reakciós képességgel rendelkezik, amelyet nagy mértékben befolyásolhatnak az agrotechnikai (elővetemény, növényvédelem) és agroökológiai (talaj és évjárat) viszonyok (Nagy és Pepó, 2015). A talajban felvehető N mennyisége a termesztési helyek specifikus sajátossága, így a N-ellátottság az egyik legfontosabb korlátozó tényező a búza terméshozamának vonatkozásában. Éves szinten a talaj szerves anyag tartalmának 2-3%-

a alakul át mineralizáció útján a növény által is felvehető formába (ammónium és nitrát ionná), így átlagos esetben 2-4 t/ha szerves formában lévő nitrogénből 40-80 kg lesz elérhető, amely függ a talajhőmérséklet és a nedvességtartalom kölcsönhatásától. Átlagosan 100 kg búzaszem fejlődéséhez 3 kg N-re van szükség, amely jól mutatja, hogy a mineralizáció által elérhető N nem elegendő a magas terméshozam eléréséhez (Cassman és Munns, 1980; Borghi, 1999).

A műtrágyázást megvizsgálva 3 fontos kérdésre kell tudnunk a választ: melyik elem milyen hatással van a búzára, mennyi az optimális kijuttatási mennyiség, végül a növény melyik fejlődési szakaszában van szüksége rájuk (Lelley és Mándy, 1963). A különböző tápelemek hiánya súlyos terméseszköket és minőségromlást okozhatnak: makroelemek 10-60%-kal, mezoelemek 5-15%-kal, végül mikroelemek 2-10%-kal ronthatják ezen paramétereket. Makroelemnek nevezzük azokat az elemeket, amelyeket az adott növény 100-300 kg/ha, mezoelemnek melyeket 15-50 kg/ha, és mikroelemnek melyeket 0.01-2.5 kg/ha mennyiségben vesz fel (Pepó és Sárvári, 2011). Átlagos terméshozam esetén ezen elemek igényének összesége 300-400 kg, kiemelkedő évjáratokban akár 700-800 kg is lehet (Pepó és Sárvári, 2011). A növény fejlődéséhez számos elem szükséges, ezek közül a legjelentősebb a nitrogén, foszfor és a kálium, azaz az „NPK” makronutriensek hármasa (Ragasits, 1989). Emellett az analitikai módszerek fejlődésével már több, mint 50 elemet mutattak ki a búza hamutartalmából, állapítja meg Koltay és Balla (1982).

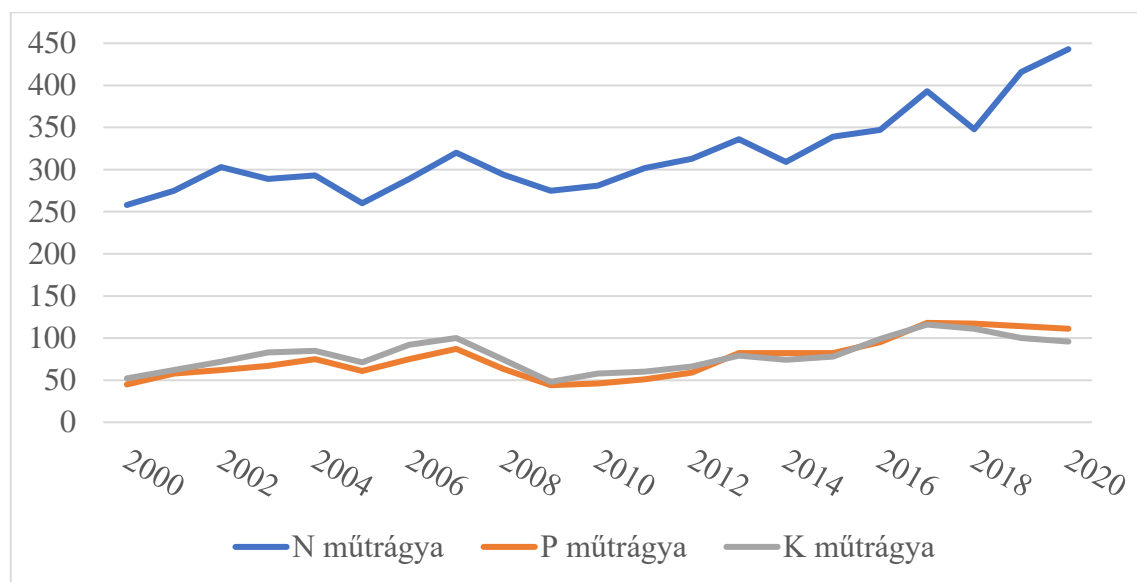
Nitrogén műtrágyázás hatására a gyökérzet sűrűsége növekedett 0.5 méteres mélység alatt, emellett szignifikánsan különböztek a vizsgált fajták gyökérsűrűségei. A gyökérsűrűség növelése nagy szerepet játszhat a talajban található elemek és a víz felvételében (Rasmussen et al., 2015). Hosszú évtizedek kutatási eredményei bizonyítják azt a tényt, hogy megfelelő mennyiségű és jó minőségű termést csak műtrágyázással lehet elérni (Koltay és Balla, 1982). A N műtrágyázás egy örök dilemma a növénytermesztés berkeiben, hiszen a magas N műtrágya mennyiség elengedhetetlen a kívánt fehérjetartalom és jó sütőipari minőség miatt, azonban ez felveti a környezetszennyezési problémákat is (Zörb et al., 2018). A fenntartható és kiegyensúlyozott növénytermesztés alap gondolata, hogy a növény által felvett tápanyagok mennyisége egyensúlyban legyen az input tápanyag mennyiségével, a környezet lehető legkisebb terhelésével, azaz a túltrágyázás elkerülésével, hogy csak annyi műtrágyát juttassunk ki, amely az adott növény harmonikus fejlődéséhez elengedhetetlen. Azonban ehhez el kell végezni a szükséges talajvizsgálatokat, hogy felmérjük a talaj tápanyag szolgáltató képességét. A

műtrágyák túlzott használata fokozza a talajsavanyúságot, elősegíti a felszíni vizek eutrofizációját, növeli a káros nitrát koncentrációt és kiegyensúlyozatlan tápelem arányokat idézhet elő (Kátai, 2011). A fiziológiai optimum feletti műtrágyázás hátrányai közé sorolható a megdőlés, különféle betegségekre való fogékonyság, télállóság romlása és a tenyészidő meghosszabodása (Bocz, 1992; Bicskei, 2008), a szem-szalma arány felborulása (Kovács, 1992). Évente mintegy 200 millió tonna műtrágya kerül kijuttatásra világszerte, amelynek 40-50%-a kerül felvételre a növények által, 20%-a kimosódik, 20%-a elpárolog és 10%-a átalakul szerves anyaggá (Gugava és Korokhashvili, 2018).

A búzatermesztés agrotechnikai tényezői közül az egyik legfontosabb a megfelelő tápanyagellátás, amelyet a megfelelő elővetemény megválasztása mellett műtrágyával lehet elérni (Pollhamer, 1981; Győri és Győriné, 1998) azért, hogy elérjük a kívánt mennyiségű és minőségű termést, ezáltal csökkentve az évjárat és az agrotechnikai tényezők által okozott negatív hatásokat (Pepó, 2002a). A jó tápanyagkijuttatási gyakorlat eléréséhez szükséges a megfelelő tápanyag összetételű és mennyiségű műtrágya. Emellett még kardinális a kijuttatási módszer és az időzítés is (Hajdu, 1977), amelyeket befolyásolhatnak a talajviszonyok, az időjárás, az elővetemény és a termesztési kívánt búzafajta input reakciós tulajdonságai is (Szabó, 1966; Pepó, 1999; Pepó, 2011). A műtrágyázás döntő szerepet játszik a búzatermesztés jövedelmezőségében, hiszen a termesztési költségek 25-30%-át adja (Barabás, 1987). Megfelelő műtrágyázási gyakorlat az alapja, hogy az adott fajtában rejlő minőségi és mennyiségi potenciált elérjük (Pepó, 2010a). A kiegyensúlyozott tápanyagellátás elősegíti a növények abiotikus és biotikus stressz hatásokkal szembeni ellenálló képességének javulását, ezáltal javítva a termésstabilitást (Macholdt et al., 2019).

Pepó és Sárvári (2011) kutatásai szerint a rendszerváltást követően visszaesett a műtrágya kijuttatás mértéke 300 kg/ha-ról 90-100 kg/ha-ra, amely azt jelenti, hogy a tápelem visszajuttatási arány igen kedvezőtlené vált. Az 1985-ös mérésekhez képest a talajok NPK tápanyagellátottsága 33-50%-ra csökkent. Magyarországon a műtrágya felhasználása jelentősen növekedett 2000-es évhez képest, hiszen 2018-ban a N 42%-kal, a P felhasználás pedig 131%-kal nőtt (4. ábra). A magyar gazdák átlagosan 93 kg nitrogént, 32 kg foszfort és 25 kg káliumot (összesen: 150 kg) juttattak ki egy hektár szántóföldre 2018-ban, amely 17%-kal magasabb, mint 2012-ben volt (KSH, 2018; KSH, 2021). Az őszi búza fajlagos tápanyag szükséglete 2.0-3.0 kg N, 1.0-1.5 kg P₂O₅ és 1.8-2.5 kg K₂O 100 kg termés esetén (Bicskei, 2008; Pepó és Sárvári, 2011). Számos országban fordulhat elő az, hogy a N műtrágya alacsony ára vagy az állami támogatás

miatt a gazdák gyakorlatilag bátorítva vannak a N túladagolására (Zörb *et al.*, 2018). Erre példa Kína, ahol átlagosan 237 kg N, 154 kg K és 105 kg P műtrágyát juttatnak ki hektáronként (Zhan *et al.*, 2016). Angliában a használt N műtrágya mennyiségét törvény által szabályozták, napjainkban ez 200 kg/ha mennyiségben normalizálódott. Legtöbb esetben a visszatartó erő a K és P műtrágyázásnak az árak növekedése (Lv *et al.*, 2017).



4. ábra – A magyar értékesített NPK műtrágya mennyiségek alakulása 2000-2020 közötti időszakban (ezer tonna) (KSH, 2018-2021), saját szerk.

Az optimális műtrágya mennyiség meghatározásakor több tényező is sarkalatos: a talajtípus, a tápanyag-ellátottság, az elővetemény és a termesztési kívánt fajta (Bicskei, 2008; Pepó, 2002b), hiszen műtrágya használata nélkül borsó elővetemény esetén átlagosan 6.4 t/ha termést realizáltak, míg csemegekukorica után csak 4 t/ha-t. A műtrágya adagok bizonyos küszöbérték feletti adagolása nem növeli tovább a termés mennyiségét (Koltay és Balla, 1982), sőt a fehérjetartalom növekedése egy csúcsérték felett a minőség rovására megy, mivel a glutenin-gliadin aránya felborul (Borghini, 1999). A N műtrágya kijuttatásakor fontos megtalálni az egyensúlyt aközött, hogy ne terheljük az agroökoszisztémát, azonban realizáljuk az adott genotípusban rejlő terméshozamot és minőséget. Pepó (2010c) tartamkísérleti eredményei azt foglalták össze, hogy a kontroll minták esetén megfigyelhető minőség ingadozás nagy mértékben, közel felére mérséklődött a műtrágyázás hatására.

A modern búzafajták nagyobb mennyiségű inputokat igényelnek, amely magával vonja a termesztési költségek megnövekedését is (Guarda *et al.*, 2004). Koltay és Balla (1982) kísérletei alapján 300-350 kg/ha NPK fedezni képes a búza tápanyagigényét. A

minőség maximalizálásához 200 kg/ha N volt szükséges lucerna, kukorica és búza vetésforgó esetén (Borghesi *et al.*, 1995). Pepó (2010a) 2 évtizedes mérései alapján N₆₀₋₁₂₀+PK adagot a termés hozam, N₁₂₀₋₁₅₀+PK dózist ajánlja a minőség maximalizálásához.

Barabás (1987), Koltay és Balla (1982) kihangsúlyozza azt a tényt, hogy a nitrogént nem lehet felhalmozni, hiszen a talaj nem képes a búza számára hasznosítható tartalékot képezni, így érdemes a búza megfelelő igényei szerint adagolni a nitrogént a termesztéskor - például tavaszi fejtrágyaként -, mintsem, hogy az egész adagot vetés előtt egy adagban kijuttatni. A tavaszi műtrágyázás igen fontos, mivel a télvégi hideg idő miatt a talaj N szolgáltató képessége alacsony, azonban a növény asszimilációs tevékenysége már élénkül, így a megfelelő termés érdekében folyamatosan biztosítani kell a nitrogént a búza számára (Kovács, 1992). A szemek nitrogén tartalmának nagyrészt (60-92%-t) a vegetatív részekből nyeri a növény az asszimilációs folyamata során (Simpson *et al.*, 1983). Az asszimilációs folyamatokra kihatással van az adott genotípus, a termesztési körülmények és az elérhető N-tartalom, amelyet a növény elraktározott a növekedés során. A növény a legjobb hatásfokkal az elraktározott nitrogént szárazság és meleg esetén tudja transzlokálni a szemekbe (Barbottin *et al.*, 2005). Montemurro *et al.* (2007) 3 éves kísérletük végén azt foglalták össze, hogy 120 kg/ha N műtrágya feletti dózisok már nem növelik tovább a növény nitrogén felvételét, termés hozamát és fehérjetartalmát, azonban jelentősen emelkedik annak a veszélye, hogy a kijuttatott műtrágya nagy része kimosódhat a talajvízbe.

Lollato *et al.* (2019) kísérletében 45 kg/ha N műtrágya alkalmazása átlagosan 0.52 t/ha, addig ennek a kétszerese már csak 0.72 t/ha terméstöbbletet eredményezett. Miceli *et al.* (1992) mérései alapján azt állapították meg, hogy minden egyes kg N műtrágya átl. 0.025%-os fehérjetartalom növekedést okozott. A N műtrágya mennyiségének növelésével emelkedett a fehérjetartalom és a termés. Minden egyes kg N után a fehérje 0.004%-kal, a hozam 8.2 kg-kal nőtt. A P és K műtrágyának nem volt statisztikailag bizonyítható hatása Lollato *et al.* (2019) szerint. Minden kijuttatott kg nitrogén 0.01-0.04% fehérjetartalom növekedést okozott (Duncan *et al.*, 2018). Az új fajták NUE értéke ("nitrogen use efficiency", azaz nitrogén hasznosító képessége) szignifikánsan növekedett, számszerűsítve N₈₀ esetén 18 kg, addig N₁₆₀-nál 10 kg terméstöbbletet realizáltak minden kijuttatott kg N műtrágya után (Guarda *et al.*, 2004).

A fehérje és sikértartalmat relatíve egyszerűen lehet növelni a megfelelő műtrágyázás által, de a farinográfus paraméterek a fehérje összetételtől is függenek, illetve az időjárás is jelentős mértékbe befolyásolhatja (Pepó, 2010a). Ayoub *et al.* (1994)

kísérletei folyamán 2 éven keresztül vizsgálták a N műtrágya (0, 60, 120, 180 kg/ha N) hatását 4 búzafajta sütőipari minőségére. A műtrágya adagok osztott kijuttatása szignifikánsan javította a fehérjetartalmat és a cipótérfogatot. A N műtrágya csökkentette az esésszámot. Ezt azzal magyarázták, hogy a N műtrágya kijuttatásával a szemek érése eltolódhat. A kontroll mintákhoz képest a N műtrágyázott minták liszt kihozatala 5%-kal magasabb volt, míg a különböző genotípusok liszthozama szignifikánsan különbözött egymástól.

2. táblázat – Más kutatók által ajánlott nitrogén műtrágya dózisek gyűjteménye adott paraméterek esetén

Kutató	Ajánlás	Paraméter
Kovács (1992)	180-240 kg/ha N	fehérje, nedves sikér, sikér terület
Borghi et al. (1995)	100 kg/ha N	terméshozam
Wieser és Seilmeier (1998)	200 kg/ha N	fehérje
Kirda et al. (2001)	160 kg/ha N	terméshozam
Kismányoky és Ragasits (2003)	200 kg/ha N	terméshozam, nedves sikér
Garrido-Lestache et al. (2004)	100 kg/ha N	terméshozam
Garrido-Lestache et al. (2004)	150 kg/ha N	fehérje
Guarda et al. (2004)	80 kg/ha N	terméshozam
Guarda et al. (2004)	160 kg/ha N	szemkeménység
Horváth (2004)	160 kg/ha N	nedves sikér, Zeleny index, VÉSZ
Montemurro et al. (2007)	120 kg/ha N	terméshozam, fehérje
Shi et al. (2007)	168 kg/ha N	terméshozam, fehérje
Dobraszczyk (2008)	80 kg/ha N	fehérje, NS, ZI, GI, VVF, CT
Alda et al. (2010)	150 kg/ha N	fehérje
Grinsven et al. (2013)	120 kg/ha N	terméshozam
Linina et al. (2014)	120-150 kg/ha N	stabilitás, ellágyulás
Asthir et al. (2017)	120 kg/ha N	terméshozam
Jakab et al. (2017)	80 kg/ha N	terméshozam, NS, F, ZI
Szabó et al. (2017)	60 kg/ha N	terméshozam
Szabó et al. (2017)	60-120 kg/ha N	nedves sikér
Yang et al. (2017)	150 kg/ha N	terméshozam (+57-81%-kal)
Ying et al. (2017)	192 kg/ha N	terméshozam
Zhang et al. (2017)	180 kg/ha N	terméshozam, fehérje
Linina és Ruza (2018)	90 kg/ha N	terméshozam
Litke et al. (2018)	180 kg/ha N	terméshozam
Litke et al. (2018)	210 kg/ha N	fehérje, nedves sikér
Walsh et al. (2018)	180 kg/ha N	terméshozam, fehérje
Janczak-Pieniazek et al. (2020)	150 kg/ha N	fehérje, nedves sikér

A nitrogén közvetlenül részt vesz az aminosavak, a fehérjék és az egyéb sejtalkotók kialakításában, ezért a növénynek alapvetően szüksége van rá, hogy

megfelelően tudjon növekedni és fejlődni. A szemek fehérjetartalom változása kihatással lehet a keményítőtartalomra is (Asthir et al., 2017) Ezt bizonyítja *Fuertes-Mendizábal et al.* (2010) kísérlete, mely szerint az amilóz és az amilopektin tartalom negatív szignifikáns kapcsolatban állt a fehérjetartalommal. Amennyiben a növény nitrogén hiányban szenved, akkor rövid és gyenge szárat fejleszt, megsárgulnak a levelei, gyengén bokrosodik, kicsi kalászt és szemtermést képez (Koltay és Balla, 1982; Ragasits, 1989; Erdei és Szániel, 1975). A búza nitrogén felvétele a növény fejlődésétől indul és a teljeséréséig tart (Ragasits, 1989), maximumát a generatív szervek kifejlődése során éri el (Koltay és Balla, 1982). Mértéke igen alacsony az őszi időszakban, illetve az érés ideje alatt is (Pepó és Sárvári, 2011). A teljes felvett nitrogén mennyiség kétharmadát virágzás előtt veszi fel a növény (Montemurro et al., 2007). A szárszilárdság azért kiemelt paraméter, mivel a túlzott nitrogénadagolástól és a sok csapadéktól is kialakulhat megdőlés, amely minőségi és élelmiszerbiztonsági problémákat vethet fel a gombás megbetegedések révén (Ragasits, 1989). A nitrogén hozzájárul a fotoszintetikusan aktív, nagy szén megkötési kapacitású, megfelelően kifejlődött levélzet kialakulásához, amely pozitív hatással van a terméshozam alakulására (Blandino és Reyneri, 2009; Hawkesford, 2014). A N műtrágya kihatással van a négyzetméterenkénti szemszámra, a kalász hosszúságra és a termékeny kalász számra is, mely végeredményben a terméshozamot növeli (Montemurro et al., 2007; Massoudifar et al., 2014). Janczak-Pieniazek et al. (2020) kísérletében a N műtrágyázásnak nem volt észlelhető hatása az ezerszemtömegre.

A nitrogén műtrágyázásnak és az öntözésnek, valamint ezek kölcsönhatásai hatással voltak a búza fehérjetartalmára és az összetételére, illetve a tézta tulajdonságaira, állapította meg *Saint-Pierre et al.* (2008). *Toms* (1965) szerint 100 kg/ha N műtrágya adagig mind a hozam, mind a fehérjetartalom gyors ütemben növekszik, 100-150 kg/ha között a terméshozam nem változik, de a fehérjetartalom még lassú ütemben, de növekszik, majd 150-200 kg/ha között már mindkét mutatószám konstans marad. A terméshozam és a szemek fehérjetartalma közötti negatív korreláció már régóta közismert tény, azonban mind a kettő növelése elérhető egy bizonyos mértékig (*Garrido-Lestache et al.*, 2004). A fehérjetartalom 12%-ról 13%-ra növeléséhez egyes esetekben akár dupla N mennyiségre van szükség, amely függ a fajták N hasznosításának eredményességétől (NUE) és az időjárástól is (*Seiling*, 2010), mivel száraz talaj esetén a növény nem képes felvenni a talajban található N-t (*Gabriel et al.*, 2017). A nitrogén műtrágyázás szignifikánsan növelte a terméshozamot (*Borghini et al.*, 1995; *Massoudifar et al.*, 2014). *Wieser és Seilmeier* (1998) kutatásában a különböző N műtrágya szintek hatását

vizsgálták és azt állapították meg, hogy míg a tartalék fehérjék mennyiségére (gliadin, glutenin) szignifikáns hatással voltak, addig az endospermium fehérjékre (albumin, globulin) nem. A N műtrágyázás kijuttatásával szignifikánsan növekedett a standard liszt minőségi mutatószámok, köztük a fehérjetartalom és nedves siker (*Luo et al., 2000; Ragasits et al., 2000; Masauskiene és Ceseviciene, 2005; Fuertes-Mendizábal et al., 2010; Linina és Ruza, 2012; Móré et al., 2013; Massoudifar et al., 2014; Horváth et al., 2015; Pepó, 2016; Litke et al., 2018*), továbbá a Zeleny index is (*Pollhamer, 1973; Masauskiene és Ceseviciene, 2005; Masauskiene és Ceseviciene, 2006; Linina és Ruza, 2012; Massoudifar et al., 2014*). Emellett növekvő nitrogén műtrágyázás szignifikánsan javított olyan technofunkcionális értékeket is, mint például a próbacipó térfogat (*Wooding et al., 2000; Stoeva és Ivanova, 2009; Massoudifar et al., 2014; Cho et al., 2018*), a vízfelvétel (*Wooding et al., 2000; Linina et al., 2014; Massoudifar et al., 2014; Cho et al., 2018*), a sütőipari értékszám (*Pollhamer, 1973; Stoeva és Ivanova, 2009*), a téstakialakulási idő (*Wooding et al., 2000; Linina et al., 2014; Cho et al., 2018*), a stabilitás (*Park et al., 2014; Cho et al., 2018*), az ellágyulás (*Park et al., 2014*), az alveográfus W, L, P és P/L értéket is (*Corbellini et al., 1998; Győri et al., 2003; Matuz et al., 2007; Fuertes-Mendizábal et al., 2010*). Nitrogén műtrágya adagolással (kontroll, 75 kg/ha és 150 kg/ha) szignifikánsan növekedett az extenzográfus nyújtással szembeni ellenállás, illetve csökkent az extenzográfus nyújthatóság és ellágyulás (*Wooding et al., 2000*). Továbbá statisztikailag bizonyítható mértékben növelt olyan értékeket is, amelyek nem része a magyar búzaszabványnak, köztük a szemkeménységet, a keményítősérülést (KS) (*Luo et al., 2000; Cho et al., 2018*), a glutén indexet (*Massoudifar et al., 2014*). A N műtrágyázás hatással lehet a glutenin-gliadin arányára, amely befolyásolhatja a sikerterületet és a próbacipó térfogatát is (*Pollhamer, 1973*). Az NPK műtrágyázás közepesen szignifikáns hatással volt az esésszámra, *Johansson (2002); Kindred et al. (2004); Masauskiene és Ceseviciene (2005)* kísérleteik alatt. *Kettlewell (1999)* vizsgálataiban során a N adagolás jelentős hatással volt az esésszámra, amelyet azzal indokolt, hogy a kismértékű műtrágya lassítja a búzaszemek száradását, ezáltal elősegítheti az α -amiláz enzim aktivitását, ellenben a műtrágyázásnak nem volt hatása az esésszám alakulására *Pepó (2016), Gerő és Tanács (2003)* kísérletei során.

A tavaszi N műtrágya kedvezőtlenül hatott a sikerterület és a próbacipó alaki hányadosára (CAH) (*Pollhamer, 1965*). A műtrágyázás szignifikáns befolyással volt az ezerszemtömegre (*Borghini et al., 1995*), ellenben *Ducsay és Lozek (2004)* mérései ezt cáfolták.

Fuertes-Mendizábal et al. (2010) tanulmányában összegezte, hogy a N műtrágya 2 vagy 3 adagban történő kijuttatásának nem volt szignifikáns hatása a terméshozamra, az alveográfus P és P/L értékre. A N adagok növelésével szignifikánsan növekedett a W, és csökkent a P/L és a glutén-index. Az évjárat x N műtrágyázás interakciója szignifikáns hatással volt a W és L értékre, amelyet az magyaráz, hogy az L értéket jelentősen befolyásolhatja a környezet, például hőstressz, amely a gliadin termelődését elősegítheti. A gliadin pedig köztudottan a nyújthatóságért felelős a tésztában. A N műtrágya adagok emelésével a hamutartalom, a szemcseméret, és a száraz sikértartalom (SZS) szignifikánsan növekedett, míg a lisztkihozatalra (LK) nem volt hatással (*Cho et al., 2018*).

Malik et al. (2013) és *Eser et al.* (2017) kísérleteiben a műtrágyakezelések és a nyers fehérjetartalom között erős korrelációt állapítottak meg. A műtrágyázás a liszt fehérjetartalmával és nedves siker mennyiségével szoros, a farinográfus értékkel és siker területtel (ST) közepes összefüggésben volt, ugyanakkor a műtrágyázásnak nem volt hatása az esésszámra (*Pepó, 2016*). *Gerő és Tanács* (2003) kísérleteiben a műtrágyázás és a sikerterület között nem találtak korrelációt, ellenben *Pepó* (2016) közepes korrelációt állapított meg. Az NPK műtrágyázás szoros pozitív korrelációban volt a nedves sikértartalommal ($r=0.87$) és a valorigráfus értékszámmal ($r=0.84$) (*Nagy és Pepó, 2015*).

2. 5. 2. Foszfor műtrágyázás

Általánosságban vizsgálva hazánk talajai foszfor szegények (*Bocz, 1992*). A foszfor szerepe azon vegyületek felépítésében testesül meg, amelyek az energia-háztartásért, a genetikai irányításért (*Ragasits, 1989*) és az N illetve CH anyagcseréért felelnek (*Bocz, 1992*). A foszfor-igény kiemelten fontos a búza számára a tenyészidő elején, hiszen hatással van a gyökérfejlődésre, a télállóságra (*Bicskei, 2008*), a bokrosodásra és a szalmaszilárdságra is (*Barabás, 1987*). A búza fajlagos P igénye 13.5 kg/t P₂O₅ (*Bocz, 1992*). A foszfort vetés előtt kell kijuttatni. Megfelelő foszfor ellátás mellett a búza kalászolása és érése hamarabb megtörténik (*Koltay és Balla, 1982; Barabás, 1987*). Foszfor hiány esetében, akárcsak a nitrogénnél a növény szára gyenge és rövid, szemtermése pedig töppedt, fejletlen, levelei száradtak és barnák lesznek (*Ragasits, 1989; Erdei és Szániel, 1975*), emellett romlik a sütőipari minőség is (*Pepó, 2019*). Sőt, foszfor hiányában csökken a kalász szám a gyenge hajtáshozás és a gyökérzet következtében (*Fageria és Baligar, 1999*). A foszfor rövidíti a tenyészidőt, javítja a szem-szalma arányt és elősegíti a csírázást. Túlzott foszfor kijuttatás esetén fennáll a veszélye

a korai kényszerérésnek, amely gyenge sütőipari értéket vonhat magával (*Harmati, 1987*). A búza a számára szükséges foszfor egyharmadát ősszel, egyharmadát tavasszal, az utolsó harmadát pedig koranyáron veszi fel (*Pepó és Sárvári, 2011*). *Duncan et al.* (2018) rávilágított arra, hogy a kijuttatott N mennyiségét csökkenteni lehet abban az esetben, ha megfelelő mennyiségű P, K és S áll rendelkezésre. Emellett ezen elemek harmonikus jelenléte befolyásolja a növény gyökér hosszát, a növény növekedését és a N felvételt is. A Föld foszfor készletei limitáltak, bizonyos területeken található csak meg a foszfát a kőzetekben. Ez magával vonja, hogy a megmaradt mennyiség kitermelése egyre költségesebbé válik (*Dana és White, 2011*).

Bell et al. (1995) cikkében az 1968-1990 közötti időszak terméshozam növekedését vizsgálták, ahol a növekedés 24%-át a foszfor műtrágyázás megjelenésének tulajdonították. *Árendás et al.* (2010) által végzett kutatás arra mutatott rá, hogy a foszfor műtrágya használat előnyeit csak abban az esetben lehetett érzékelni, ha nitrogén is párosult hozzá. *Kovács* (1992) kísérletei alatt azt észlelte, hogy a K és P műtrágya adagolás növelésével a lisztkihozatal javult. *Borghi et al.* (1995) méréseiben a P műtrágyázás hatására a fehérjetartalom nőtt, az alveográfus P érték pedig csökkent. *Ragasits et al.* (2000) 20 éven át tartó kísérletei folyamán azt állapították meg, hogy a növekvő foszfor adagolásnak nincs meghatározó hatása se a sütőipari értékekre, se nedves sikértartalomra, ellenben *Brandt és Wolter* (1965) azt észlelték, hogy P műtrágyázás által javult a sikerminőség. *Lásztity* (1983) publikációjában azt összegezte, hogy a nitrogén és kálium műtrágyázás kedvező hatással volt a valorigráfus értékszámra, addig a foszfor negatív hatást gyakorolt rá. A N műtrágya adagok 240 kg/ha dóziséig szignifikánsan növelték a vízfelvételt, a káliumnak és a foszfornek nem volt statisztikailag bizonyítható hatása (*Kovács, 1992*).

2. 5. 3. Kálium műtrágyázás

A magyar talajok káliumban gazdagnak tekinthetők, emiatt sokáig csak NP műtrágyázásra volt szükség, azonban ez a növénytermesztés intenzitásának növekedésével megváltozott (*Bocz, 1992*). A kálium szintén nélkülözhetetlen tápanyagai közé tartozik a búzának (*Erdei és Szániel, 1975*). A búza fajlagos K igénye 20 kg/t K₂O (*Bocz, 1992*). A legnagyobb mértékű kálium-igénye szárbaindulástól van a búzának. A kálium nem építőelemként funkcionál, hanem szabályozza a fehérjék szintézisét, a fotoszintézist, az enzimaktivitást, a vízfelvételt és a szénhidrát-anyagcserét (*Koltay és Balla, 1982*), erősíti a stressztűrő-képességet. A káliumot a foszforral és a nitrogén

műtrágya egyharmadával egyetemben vetés előtt érdemes kijuttatni (Koltay és Balla, 1982), mivel a búza kálium-igénye a vegetatív időszakban jelentős, a virágzást követően pedig megszűnik (Barabás, 1987). Hiánya esetén a levelek szélei alágörbülnek, színe pedig foltokban besárgul és bebarnul, az anyagcsere folyamatok felborulnak, emellett gyengíti a fagytűrését és betegségekkel szembeni ellenállóságát (Erdei és Szániel, 1975; Koltay és Balla, 1982). A kálium műtrágyának fontos szerepe van a fuzáriumos fertőzésekkel szembeni ellenállóképesség kialakulásában (Harmati, 1987). A nitrogénhez viszonyítva a kálium és a foszfor esetében kisebb a kilúgzási veszély, illetve túladagolásuk nem okoz károsodást (Bocz, 1992). Amennyiben nem elegendő a növény számára elérhető kálium mennyisége, akkor fennáll a kockázata annak, hogy nem erősödik meg a fiatal növény és fogékony lesz a téli károokra (Bicskei, 2008).

Árendás et al. (2010) cikke szerint önmagában a K műtrágya hatását nem lehetett kimutatni csernozjom talajon az előveteménytől vagy az évjárattól függetlenül. Borghi et al. (1995) sem realizáltak a kálium műtrágyázásnak statisztikailag bizonyítható pozitív hatását. Zhan et al. (2016) kutatása során 102 kg/ha K műtrágya a kontroll mintához képest (3.3 t/ha) 5.6 t/ha-ra emelkedett a termés hozam, további emelésnél nem tapasztaltak szignifikáns javulást. A méréseik alapján az ajánlott K mennyisége 80 kg/ha.

2. 6. Az évjárat hatása az őszi búza termés hozamára és minőségére

A környezeti stresszek - hőmérséklet, heves esőzések, szárazság -, amelyek kapcsolódnak a klímaváltozáshoz egyaránt befolyásolják a termés minőségét és mennyiségét is (Nuttall et al., 2017). Napjainkban tapasztalható klímaváltozásnak vannak pozitív és negatív hatásai is a különböző földrajzi területeken. A hűvösebb régiókban a hőmérséklet emelkedése javítani tudja a minőséget, viszont azokon a területeken, ahol a magas hőmérsékleti stressz (35 °C feletti) tapasztalható ott minőségromlás várható. A nemesítés nem képes önmagában ezt orvosolni, ehhez az agrotechnikát is felül kell vizsgálni, ahol például a korai vetés segíthet (Uthayakumaran és Wrigley, 2017). Az elmúlt 150 év alatt az átlag hőmérséklet Európában 1.3 °C-kal nőtt, a század végéig további 2.4-4.0 °C közötti növekedés várható. Bizonyos területeken az élelmiszerellátást negatívan érintheti, míg más területeken, mint például Észak-Európában pozitív hatása lehet, mivel olyan területeken is lehet már növénytermesztést folytatni, ahol eddig nem lehetett jelentősebb hozamokat elérni. Hosszú távon a hőmérséklet emelkedése okozhat aszályokat, áradásokat és hóhullámokat is. A csapadékeloszlás is számottevően változik, hiszen Dél-Európában a nyári csapadékmennyiség csökkenése várható. Amikor esik,

akkor viszont nagy mennyiségben. Észak-Európában főként a téli csapadékmennyiség drasztikus növekedése várható (EEA, 2012). Közép-Európában a szélsőségesen meleg napok gyakoribbá válása és a nyári csapadékmennyisége csökkenésére lehet számítani (EEA, 2016). Az elmúlt 150 évben az átlagos csapadékeloszlással rendelkező évek aránya megfeleződött, az aszályos évek száma pedig megduplázódott. A meteorológiai mérések elindulásakor általában minden negyedik év volt aszály által sújtva, ez ma már nagyjából minden második évet érinti. Debrecen időjárását részletesen vizsgálva azt láthatjuk, hogy 130 mm-t csökkent az elmúlt 130 évben az átlag évi csapadékmennyiség (Pepó, 2010b). A 2003-as termesztési év termésátlagáa 2640 kg/ha, addig a 2004-es év 5120 kg/ha volt, azaz a két évjárat közötti különbség közel 100% volt (Pepó és Sárvári, 2011). Mohammed *et al.* (2013) cikkében az évjárat hatása közel 5 t/ha különbséget okozott a terméshozamban. A megfelelő műtrágyázási gyakorlat mellett sem lehet figyelmen kívül hagyni az évjárat hatását, ezt a tényt bizonyították Kucerová (2005) eredményei is, hiszen magasan a legjobb minőségű termést nagy mennyiségű csapadék és az érés során tapasztalható magas hőmérséklet mellett tapasztalta.

Magyarországon magas hőmérséklet és szárazság jellemzi a kalászolási utáni szemfeltöltődési időszakot, mely erőteljes kihívást okoz a termesztők számára (Balla *et al.*, 2011). A búza terméshozamát kezdve a vetéstől, egészen az érésig befolyásolhatják a környezeti stresszhatások, azonban a két legkritikusabb időszak a virágzás, amikor determinálódik a szemszám, a másik pedig a szemfeltöltődés, amikor a szentömeg kialakul (Otegui és Slafer, 2004). Azon területeken, ahol melegebb és szárazabb időjárás van, ott a szemfeltöltődés felgyorsulhat, ezáltal magasabb fehérjetartalom tapasztalható, addig a hűvösebb és esősebb régiókban az elnyúlt szemfeltöltődés mellett nagyobb terméshozam, azonban kisebb fehérjetartalmú termés érhető el (Gooding *et al.*, 2017). A búzanövény magassága és a megdőlési arány jól jelzi az adott évjárat és az adagolt műtrágya hatását (Pepó, 2016). Az évjárat hatása befolyással lehet a különböző búzafajták műtrágya hasznosítására (Pollhamer, 1973). Az időjárási tényezők, amelyek jelentősen változnak termőhelyenként és évenként szignifikáns hatással vannak a búza terméshozamára (Ducsay és Lozek, 2004; Montemurro *et al.*, 2007; Árendás *et al.*, 2010; Litke *et al.*, 2018; Linina és Ruza, 2018). Számos kutató szerint a búza sütőipari minőségének kialakulásában az évjárat hatása a legmeghatározóbb (Muchová, 2003). Ágoston és Pepó (2005) kísérletei erős szignifikáns hatást véltek felfedezni a terméshozam és a tavaszi hónapok hőmérséklete és csapadékmennyisége között, továbbá erős negatív összefüggést a nyári hónapok hőmérséklete és a terméshozam között.

Garrido-Lestache et al. (2004) 3 éves kísérletük során azt észlelték, hogy a szeptember és május közötti csapadék mennyiség szoros összefüggésben volt a terméshozammal és a fehérjetartalommal, addig a májusi hőmérséklet negatív korrelációban volt a W-vel.

Hazánkban a növénytermesztés elsőszámú termést meghatározó faktora a vízellátás (*Bocz, 1992*). *Bicskei* (2008) szintén kiemeli az éghajlati tényezők fontosságát, mivel az egyik legfontosabb termésingadozást okozó faktor a csapadékhiány vagy annak nem megfelelő eloszlása. A vegetációs időszak során lehullott csapadék mennyisége szignifikáns kihatással van a terméshozamra, illetve Magyarországon a megfelelő termésmennyiség eléréshez 450-500 mm csapadék a legkedvezőbb, állapította meg *Márton* (2008). A vízhiány csökkenti a fotoszintetizálást, ezáltal a növény fejlődését és a növény tápanyagfelvételi képességét is korlátozza (*Mäkinen et al., 2018*). Erős esőzések súlyos károkat okozhatnak azáltal, hogy talajerózió, tápanyag és műtrágya kimosódás révén (*Mäkinen et al., 2018*). A magas csapadék mennyiség következtében kimosódhat a nitrogén a talajból, a levelek tovább folytathatják a keményítő asszimilációját, amely a fehérjetartalom rovására mehet (*Li et al., 1995*). Csapadékosabb évben (500-550 mm csapadék) 150 kg/ha N adag is szignifikánsan javította a hozamot, addig szárazabb évben 100 kg/ha feletti N műtrágyánál nem volt statisztikailag bizonyítható javulás. Az évjáratok hatása (főként a csapadék mennyiség) jelentős hatással volt az ezerszemtömegre, mivel víz hiányában a keményítőbeépülés gátolva van a szemfeltöltődéskor (*Hlisnikovskiy et al., 2014*). A műtrágya hasznosulását rendkívül nagy mértékben befolyásolja a vízellátottság. Ezt bizonyította *Pepó* (2010a), miszerint a kontroll termésekhez viszonyítva az optimális műtrágya adagok mellett aszályos évben a többlet 0.9-2.1 tonna, addig átlagos évjáratokban 3.6-4.3 tonna volt. Kontroll kezelésnél 1 mm csapadék 13.2 kg/ha, optimális műtrágya mennyiségnél pedig 20.7 kg/ha szemtermést idézett elő (*Pepó, 2010b*). *Garrido-Lestache et al.* (2004) 3 éven át tartó kísérletükben a legmagasabb terméshozamot a legcsapadékosabb évben érték el. A szemfeltöltődés alatt bekövetkező esőzések meghosszabbíthatják a levelek élettartamát, ezzel a fotoszintetizációs időszakot, amely további szénhidrátok felhalmozódását eredményezhetik (*Garrido-Lestache et al., 2004*). *Nagy és Pepó* (2015) 28 éves tartamkísérleti adatai alapján azt észlelték, hogy a GK Öthalom műtrágya nélkül 2.7-5.3 t/ha termést hozott az adott évjáratától függően. Több, mint 150 búzafajta átlagában az összegezhető, hogy csapadékos évjáratban a legmagasabb terméshozamot a 30-60 kg/ha N műtrágya adag mellett, addig átlagos éveken a 60-120 kg/ha N adaggal, végül száraz éveken 90-150 kg/ha N dózis mellett kapták. Kontroll tápanyag szint mellett átlagosan minden mm csapadék 12.78 kg/ha

terméstöbbletet okozott, míg optimális műtrágya adag mellett ez a szám 20.52 kg/ha-ra növekedett. A virágzás utáni szárazság lerövidítheti a tartalék fehérjék felhalmozódási időszakát anélkül, hogy változna a gliadin és glutenin aránya (*Panozzo et al., 2001*). A fajtaminőség szempontjából a magas sikértartalom a szárazabb éghajlathoz köthető (*Erdei és Szániel, 1975*), ezt bizonyítja *Horváth et al. (2014)* cikke is, akik a legmagasabb fehérje és nedves sikértartalmakat a legszárazabb évben mérték a 3 éves kísérletben, melyet jelentős termés csökkenés kísért. Csapadékos években nagyobb hozamú (*Koltay és Balla, 1982*), gyengébb sikerű, de nyújthatóbb tulajdonságú tésztát lehet elérni (*Zecevic et al., 2013*), szárazabb esetén jó sütőipari értékű, acélosabb búzatermesre lehet számítani (*Koltay és Balla, 1982*), amelyből kevésbé nyújtható tésztát lehet készíteni (*Zecevic et al., 2013*). A májusi és júniusi átlag hőmérsékletek észlelhető, negatív hatással voltak a valorigráfus paraméterekre (*Pepó, 2010a*). Még olyan esetekben is, ahol a műtrágyázás megfelelő mennyiségű volt ($N_{150-300}$) az évjáratától függően a sütőipari besorolás C1 és A2 között helyezkedett el. Nagyon száraz évjáratban a sikértartalom igen magas értéket ért el (36-43%), ennek ellenére a valorigráfus értékek kedvezőtlenül alakultak (*Pepó, 2010a*). *Massoudifar et al. (2014)* vizsgálatai alkalmával vízhiány esetén szignifikánsan csökkent a glutén-index, a fehérjetartalom, a terméshozam és a szedimentációs index.

Több kutató szerint a következő 50-75 évben több °C-os hőmérséklet emelkedésre lehet számítani a globális felmelegedés következtében, amely azt jelenti, hogy számos termesztési területen a szemfeltöltődési időszak során a hőmérséklet 40 °C fölé emelkedhet. Ezt fokozza a csapadék mennyiségének és megoszlásának változása is (*Kong et al., 2013*). A globális felmelegedés következtében minden egyes °C emelkedés 6%-os csökkenést okozhat a világ búzatermesében az által, hogy csökken a szemfeltöltődési szakasz és hogy kedvezőtlen környezetet eredményez a növény légzésének és fotoszintetizálásának, állapította meg *Asseng et al. (2015)*. A meleg és száraz időjárás pedig gátolja a növények fejlődését, hiszen limitálja a fotoszintézist (*Papakosta és Gagianas, 1991*). Szárbaindulás során fellépő hőmérsékleti stressz a szemszámot, addig a szemfeltöltődés alatt megjelenő a szemméretet (SZM) csökkenti (*Jenner et al., 1990*). A tavaszi gyors felmelegedés negatív hatással van a bokrosodásra, addig a nyáreleji meleg rontja a szemtelítődési folyamatokat (*Pepó és Sárvári, 2011*). A mérsékelt magas hőmérséklet elősegíti a nitrogén felvételt, illetve a nitrogén transzlokációját. A keményítőszintézis optimális hőmérséklete 15-20 °C, míg a fehérjeszintézisé magasabb, így a magas hőmérséklet hatására a fehérjetartalom nagyobb mértékben tud gyarapodni,

azonban aszott szemek keletkezhetnek (Kong et al., 2013). A növekvő napos órák száma növelte a búzaszemek nagyságát és csökkentette a tételek nyers nitrogén tartalmát (Batey és Reynish, 1976). A hőstressz indukálta fehérjetartalom növekedés nem jelentett jobb minőséget, hiszen a Zeleny index csökkent, amely azt jelentette, hogy a mintákból készült cipók térfogata kisebb, bélzetük sűrűbb volt (Balla et al., 2011). A hőmérséklet emelkedése a jövőt tekintve nagy horderejű problémákat okozhat a búzatermesztésben, hiszen a szemtelítődési szakasz során a 40 °C-os hőmérséklet számottevő kihatással lehet a tészta paramétereire (Blumenthal et al., 1993) és a sütőipari minőségre is, hiszen a gliadin/glutenin arány növekszik (Brooks et al., 1982; Ciaffi et al., 1996). Blumenthal et al. (1991), Stone és Savin (2000) mérései bebizonyították azt, hogy szemfeltöltődés alatt a magas hőmérséklet (35 °C feletti) a gliadin-glutenin arány felborulását okozza a gliadin javára, így gyengébb minőségű tésztát lehet kapni a feldolgozás alkalmával, ez a Farinográfus vizsgálatoknál lassabb tészta kialakulást, gyorsabb ellágyulást, míg az Extenzográfánál rövidebb ellenállást okozott. Azokban a növényekben, amelyeket 37/28 °C-on (nappali/éjszakai hőmérséklet) termesztettek 21 nappal hamarabb megszűnt a keményítőfelhalmozódás, azokhoz a növényekhez hasonlítva, amelyeket 24/17 °C-on termesztettek (Hurkman et al., 2003). Altenbach et al. (2003) a különböző hőmérsékletek hatását vizsgálták, ahol azt látták, hogy a 37/17 °C-os hőmérsékleten termesztett növények szemei 7-10 nappal hamarabb érnek be, illetve a keményítő és fehérje felhalmozódás 6 nappal hamarabb fejeződött be, így 13%-kal kisebb tömegű szemek keletkeztek, mint a 24/17 °C-on termesztetteknél. Összegezve a magas hőmérséklet következtében a növény vízfelvétele, szemfeltöltődése és érése lerövidült. A szárazság egyedül a keményítő felhalmozódást rövidítette le. A virágzás után kijuttatott műtrágya képes volt csökkenteni a különböző hőmérsékleti tényezők hatását a fehérjetartalom tekintve. Az optimális hőmérséklet a maximális szemfejlettséghez 16-21 °C közé helyezhető, ez az érték felett a fehérje/keményítő arány folyamatosan növekszik, míg 30 °C felett mind a két alkotó szintézise lelassul, azonban a keményítőé nagyobb mértékben. Wiegand és Cuellar (1981) kísérletei eredményeit összegezve azt deklarálták, hogy minden egyes °C emelkedés az átlag hőmérsékletben a szemfeltöltődési szakaszt 3.1 nappal rövidítette le, emellett a szemtömegek (SZM) 2.8 mg/szemmel csökkentek. Amennyiben a környezeti hatások korlátozták a növényt az elérhető víz mennyiségével a terméshozam csökkent, míg a fehérjetartalom növekedett. A kísérlet során a kontroll minták 30 °C alatti hőmérsékletnek voltak csak alávetve. A minták, amelyek 35 °C feletti hőmérsékletet mellett fejlődtek azok P/L aránya javult, azaz erősödött a tészta, míg a 40

°C -nak kitett minták P/L aránya csökkent, vagyis gyengült a belőlük készült tészta erőssége (*Corbellini et al., 1998*). Erős fagy esetén a megvizsgált búzák 10-30%-os terméscsökkenést szenvedtek el (*Mäkinen et al., 2018*). *Labuschagne et al. (2009)* kísérleteinél a hőmérsékleti stresszt modellezték, egyrészt a 5.5 °C-os hideget, másrészt a 32 °C/15 °C-os meleget a szemfeltöltődési szakasz során és azt vették észre, hogy a meleg hatására szignifikánsan növekedett a fehérjetartalom, addig a hideg hatására csökkent a szedimentációs érték, emellett a szemtömeg és átmérő statisztikailag bizonyítható mértékben csökkent. Ezek az értékek jelentősen eltértek a különböző fajtáknál, így kiemelték a megfelelő fajta kiválasztásának fontosságát a stressz sújtotta területeken. A hideg hőmérsékleti stressz hatása nagyban függ növény fejlettségi szintjétől. A hőmérséklet emelésével (15-24 °C között) és a fotoszintetizációs időszak meghosszabbításával *Kolderup (1975)* azt észlelte, hogy a keményítőszintézis csökkent, a fehérjetartalom növekedése viszont nem változott, emellett kalászolás után a fény mennyiségének növekedése javította a keményítőszintetizációt. Rövid napok esetén a szemek érése lelassult. A magas hőmérsékleti stresszhez (-31%) képest a szárazság (-57%), illetve a kettő kombinációja (-76%) sokkal nagyobb kárt tud okozni a terméshozam tekintetében. A hőstressz nem befolyásolta vagy akár még javította is (+10.5%) a minőséget, addig a szárazság és a kettő kombinációja gyengítette, mivel a gliadin/glutenin arány nőtt. Száraz és meleg időjárás mellett *Barnabás et al. (2008)* szerint a terméshozam növelésére az alábbi lehetőségek állnak rendelkezésre: a gyökérzet növekedésének elősegítése, a szemfeltöltődés javítása és a korai virágzás.

Matuz et al. (1999) tanulmányuk folyamán 29 fajta szegedi őszibúzát vizsgáltak 3 éven keresztül ennek során megállapították, hogy az évjárat hatása valamennyi minőségi mutatóra jelentősen kihatott (farinográf, esésszám, alveográf, sikér vizsgálatok). Az évjárat szignifikáns hatással volt minőségi paraméterekre (*Koppel és Ingver, 2010; Pepó, 2016*), mint például: fehérjetartalom (*Panozzo és Eagles, 2000; Guarda et al., 2004; Horváth, 2004; Masauskiene és Ceseviciene, 2005; Montemurro et al., 2007; Alda et al., 2010; Koppel és Ingver, 2010; Ceseviciene et al., 2012; Pepó, 2016; Jolánkai et al., 2016*), nedves sikér (*Gerő és Tanács, 2003; Muchová, 2003; Masauskiene és Ceseviciene, 2005; Stoeva és Ivanova, 2009; Zecevic et al., 2013; Pepó, 2016; Jolánkai et al., 2016*), Zeleny index (*Masauskiene és Ceseviciene, 2005; Stoeva és Ivanova, 2009; Zecevic et al., 2013*), glutén index (*Curic et al., 2001; Masauskiene és Ceseviciene, 2005*), esésszám (*Pollhamer, 1981; Johansson, 2002; Gerő és Tanács, 2003; Masauskiene és Ceseviciene, 2005; Ceseviciene et al., 2012*), keményítősérültség (*Massaux et al., 2008*),

ezerszemtömeg (*Montemurro et al., 2007*), liszthozam (*Muchová, 2003*), próbacipó térfogat (*Panozzo és Eagles, 2000; Koppel és Ingver, 2010*). Mindemellett jelentős hatás figyelhető meg a reológiai paraméterekre is, név szerint valorigráfos értékszám (*Panozzo és Eagles, 2000; Tanács és Gerő, 2003; Horváth, 2004; Jolánkai et al., 2016*), vízfelvevő képesség (*Muchová, 2003; Tanács és Gerő, 2003; Koppel és Ingver, 2010; Ceseviciene et al., 2012*), tészta kialakulási idő (*Tanács és Gerő, 2003*), stabilitás (*Koppel és Ingver, 2010*); alveográfos W (*Guarda et al., 2004; Tóth et al., 2005*) és P/L (*Corbellini et al., 1998*) érték. Az évjáratati hatás jelentősen befolyásolhatja a valorigráfos értéket, hiszen azonos fajta és műtrágyázottsági szint esetén különböző években akár A2-C1 közötti értékek realizálhatók (*Horváth, 2004*). *Guarda et al.* (2004) publikációjában az évjáratati és N műtrágyázás hatása szignifikáns volt a hardness index (HI), az ezerszemtömeg, a növény magasság, a megdőlési %, a terméshozam vonatkozásában. A glutenin-gliadin arányát az évjáratati hatás befolyásolta a legjobban, a fajta- és tápanyagkezelés hatása kisebb jelentőségű volt, állapította meg *Pollhamer* (1973).

2. 7. Az őszi búza genotípusok terméshozama és minősége közötti eltérések

Az elmúlt évtizedekben meghaladta az államilag elismert őszi búza fajták száma a 150-et (*Nagy és Pepó, 2015*). A gazdák számára a fajtaválasztás kritikus kérdés minden évben a bőséges fajtaválaszték miatt. Magyarországon az 1920-1970 közötti időszakot 2 fajta uralta: a Bánkúti 1201 és a Bezostája 1. Az 1980-1990-es években a hazai vetésterület 80-90%-át a hazai nemesítésű GK és Mv fajták foglalták el (kiemelendő a GK Öthalom fajta 1985-től), azonban ezt követően megjelentek a külföldi fajták is igen szép számban. Ennek eredményeképpen a nemesített búzafajták átlagos élettartama a több tíz évről 5-7 évre lecsökkent (*Balla, 2007; Pepó és Sárvári, 2011*). A magyar vetésterület 47%-át a Martonvásári, 11.5%-át a szegedi fajták adták, a top 12 fajta listán pedig 2 külföldi búza szerepelt 2003-ban (*Balla, 2007*). Az adott agroökológiai paraméterek melletti hatékony és gazdaságos búzatermesztés alapfeltétele a megfelelő búzafajta kiválasztása (*Ágoston és Pepó, 2005*). *Nagy és Pepó* (2015) 28 éves kísérleti adatai alapján azt deklarálták, hogy adott évben két búzafajta között azonos agrotechnika mellett akár 3 t/ha különbségek is fellelhetőek. A fajtahatás következtében az alábbi eltérések figyelhetők meg: a fajták műtrágya nélküli természetes tápanyag hasznosítási tulajdonságai, optimális műtrágya dózis és adott műtrágya dózisok mellett tapasztalható termésthöbblet. Az egyes tájegységek ökológiai tulajdonságai és a gyakorolt agrotechnika különbözik így általánosan jól teljesítő búzafajta nem létezik (*Pepó és Sárvári, 2011*).

Nagy és Pepó (2015) kísérleti eredményeiket összegezve 4 csoportot állítottak fel a búzák műtrágya reakciós tulajdonságaik vonatkozásában: A) jó természetes tápanyag hasznosítás és kiemelkedő műtrágya reakció; B) jó természetes tápanyag hasznosítás és gyenge műtrágya reakció; C) gyenge természetes tápanyag hasznosítás és kiemelkedő műtrágya reakció; D) gyenge természetes tápanyag hasznosítás és műtrágya reakció. A nitrogén felvétel és az asszimilációs képesség a vegetatívából a szaporító szervekbe egy genetikailag kódolt tulajdonság, amelyet befolyásolhat a vízellátottság, a betegségek és a hőmérséklet (Borghini *et al.*, 1995). A genotípusok különbözhetnek abban, hogy milyen korai a kalászás és az érési folyamat, a termés potenciál és a különböző betegségekre való fogékonyság (Barbottin *et al.*, 2005). Kulcskérdés továbbá a termesztett fajta terméshozama, miszerint az elvárt terméshozamot és minőséget milyen ingadozás mellett képes produkálni a termesztés során tapasztalható biotikus és abiotikus stresszfaktorok ellenében (Pepó, 2019). A szemtulajdonságok fajtaspecifikusak, köztük a szemfeltöltődés ideje, mértéke és a végső szemméret is (McMaster, 1997).

Két különböző genotípusú fajta keresztezéséből származó utódot hibridbúzáknak nevezünk (Csajbók, 2012). A hibridbúzáknak lényegi fejlesztése Európában a 60-as évektől kezdődött meg, az elmúlt 25 évben jelentek meg üzemi kísérletekben, azonban már 2009 óta hazánkban is láthatók voltak a köztermesztésben, jelentőségük fokozatosan növekszik. Jelenleg a magyar búza termőterületek 5-7%-át foglalják el (Vida, 2018; Pepó, 2019), 2017-ben pedig az európai vetőterületek 0.5%-át (Saaten-Union, 2017; FAO STAT, 2020), addig világ szinten az 1%-át (Gupta *et al.*, 2019). Vetésterületük Magyarországon 2011-2015 között megtízszereződött, addig 2012-ben Franciaország után a 2. helyet foglalta el Magyarország a hibridbúza vetésterületével Európában (Saaten-Union, 2017), azonban szerepe erősödik Németországban, Olaszországban, Csehországban, Szlovákiában és Romániában is. Európában vetésterülete 2017-2018-as szezonban közel 560 ezer hektárra növekedett. A hibridbúza térhódítása nem állt meg Európa határainál, jelentős figyelmet kapott már Kínában, Indiában, Pakisztán és az USA-ban is (Gupta *et al.*, 2019). Előnyei közé sorolható a gyors gyökérhozás és bokrosodás, a magas termés potenciál, jó évijárati-stabilitás és jó stressztolerancia, amelyet a heterozishatás alapoz meg (Saaten-Union, 2019). Heterozishatásnak vagy hibridvigornak nevezünk, amikor két genetikailag eltérő, tiszta homozigóta szülő keresztezését elvégezzük, és az F1 nemzedék valamely paramétere meghaladja a keresztezett szülőket (Csajbók, 2012), vagy egyesíti azokat (Saaten-Union, 2017). A hibrid búzák a fajtabúzákhöz viszonyítva jelentősen más termesztéstechnológiát igényelnek (Pepó, 2019). A hibridbúzák piaci

jelentősége a szélsőséges időjárás és a növekvő stresszhatások alapozták meg, illetve nem elhanyagolható a kukorica, napraforgó és repce hibridek múltbéli nagy sikere sem (Mucsina, 2019). Janczak-Pieniazek et al. (2020) cikkében összegezte, hogy a hibridbúzák technológiai tulajdonságairól igen kicsi irodalmi háttér áll rendelkezésre. Méréseik során a hibrid búzák sütőipari használatra is alkalmasak voltak.

2003-ban Karcagon egy kísérletet állítottak be azért, hogy megvizsgálják az elmúlt időszak vezető genotípusait. Itt megfigyelték, hogy az extenzív fajták (pl.: Bánkúti 1201) átlagosan közel 5 t/ha termést, az őket váltó fajták (pl.: Bezostája 1) 7.3 t/ha hozamot adtak, míg az 1990-2000-es fajták nagyrésze már 8.7-10 t/ha közötti termést hozott. Kiemelkedő többletet realizáltak a GK Öthalomnál (9.4 t/ha) és KG Kunhalomnál (10.1 t/ha) (Balla, 2007). Pepó (2010b) tartamkísérletei alapján deklarálta, hogy azonos genotípus terméstöbblete nem csak a kontroll kezeléseknél (2.7-5.3 t/ha), hanem az általuk optimálisnak vélt dózis (4.3-8.7 t/ha) mellett is ingadoztak az ökológiai tényezők miatt. Aszályos években az egyes fajták terméshozama között, azonos agrotechnika mellett akár 2-4 t/ha differencia is realizálható, hiszen bizonyos fajták sokkal jobban adaptálódnak az abiotikus stresszekhez (Pepó, 2010b).

A búzalisztből készült tészta reológiai tulajdonságait főként a búzafajta örökölt tulajdonságai határozzák meg (Horváth, 2004). A búzakeményítő tulajdonságait a fajtahatás determinálja (Massaux et al., 2008). A különböző fajták eltérően reagáltak az adott műtrágya dózisokra. A fajta és termesztési hely hatása szignifikáns volt a fehérjetartalomra, nedves és száraz sükérré (***) (Ohm és Chung, 1999). A fajtahatás számottevő volt szemtulajdonságok vonatkozásában, úgy, mint a szemméret (McMaster, 1997), a szemkeménység (Branlard et al., 2001; Massoudifar et al., 2014) és a szemtömeg (Kucerová, 2005). A kísérletek során termesztett genotípusok terméshozama statisztikailag bizonyítható mértékben különbözött (Lukow és McVetty, 1991; Barbottin et al., 2005; Kucerová, 2005; Tayyar, 2010; Linina és Ruza, 2018). Emellett a fajta tulajdonságok szignifikáns kihatással voltak a termésminőségi mutatószámaira is, mint például: fehérje (Lukow és McVetty, 1991; Luo et al., 2000; Panozzo és Eagles, 2000; Kucerová, 2005; Pan et al., 2005; Tayyar, 2010; Massoudifar et al., 2014, Janczak-Pieniazek et al., 2020), nedves sükér (Masauskiene és Ceseviciene, 2005; Pan et al., 2005; Zecevic et al., 2013), Zeleny index (Lukow és McVetty, 1991; Branlard et al., 2001; Kucerová, 2005; Masauskiene és Ceseviciene, 2005; Pan et al., 2005; Massoudifar et al., 2014), glutén-index (Curic et al., 2001; Masauskiene és Ceseviciene, 2005; Tayyar, 2010; Massoudifar et al., 2014, Sekularac et al., 2018), cipótérfogát (Panozzo és Eagles,

2000; Kucerová, 2005; Janczak-Pieniazek et al., 2020), esésszám (Lukow és McVetty, 1991; Kovács, 1992; Pan et al., 2005), keményítősérültség (Lukow és McVetty, 1991). Továbbá a fajták közötti differenciák szintén szignifikánsak voltak a reológiai paraméterek, név szerint a valorigráfos értékszám (Panozzo és Eagles, 2000; Tanács és Gerő, 2003; Kucerová, 2005), vízfelvevőképesség (Lukow és McVetty, 1991; Tanács és Gerő, 2003; Janczak-Pieniazek et al., 2020), stabilitás (Tanács és Gerő, 2003; Zecevic et al., 2013; Janczak-Pieniazek et al., 2020), tészta kialakulási idő (Lukow és McVetty, 1991; Zecevic et al., 2013; Janczak-Pieniazek et al., 2020), ellágyulás (Tanács és Gerő, 2003; Janczak-Pieniazek et al., 2020); az alveográfus P és P/L értékeknél (Vazquez et al., 2019); extenzográfus nyújthatóság és nyújtással szemben ellenállás (Lukow és McVetty, 1991) esetén is.

2. 8. Az őszi búza terméshozama

Alapvető cél növénytermesztés során, hogy a megfelelő minőség mellett a lehető legnagyobb terméshozamot érjük el (Kucerová, 2005). Az 1960-1980 közötti időszakban előrelépések történtek a mezőgazdaság gépesítésében, 1981-1994 között pedig az agrotechnikai gyakorlat indukálta a terméshozamok erőteljes növekedését. Emellett a növénynemesítés is igen komoly sikereket ért el mind terméspotenciál, mind hibridizáció terén. Ennek ellenére a 90-es évek második felétől kezdve lelassult a terméshozam növekedése. Ennek a fő okai, hogy előtérbe került a fenntartható fejlődés és a környezetvédelem kérdése (Calderini és Slafer, 1998; Peltonen-Sainio et al., 2009). A növekedés a terméshozam tekintetében a harvest-index javulása okozta, amelyet elősegített a megfelelő műtrágyázási és növényvédőszeres kezelések megjelenése (Gervois et al., 2008). Magyarországon a búza terméshozam potenciálja 11-12 t/ha, ellenben napjaink kisparcellás kísérleteinek átlag hozama 7 t/ha, azonban az országos átlag hozam 5 t/ha (Cseuz, 2019), amely jól jelzi, hogy mind az agrotechnika, mind a nemesítés terén vannak még kiaknázatlan lehetőségeink. A terméshozamot egyaránt nagymértékben befolyásolja az évjárat, a talajtípus, az elővetemény és a műtrágyázási gyakorlat (Hlisnikovsky et al., 2014; Litke et al., 2018).

Brisson et al. (2010) következtetései szerint a búza terméshozamának stagnálása Európában az 1993-1996 közötti időszak óta annak köszönhető, hogy a hüvelyesek (-10%), mint elővetemények háttérbe szorultak, helyüket a repce (+20-30%) vette át. Emellett szerepet játszott még a N műtrágyázás mennyiségének csökkenése, valamint a hőstressz a szemfeltöltődés illetve a szárazság a szárbaszökés során. Az adatok alapján

azt állapították meg, hogy a 2000-es évek óta 20 kg/ha mennyiséggel csökkent a kijuttatott N műtrágya mennyisége, miközben a kijuttatási metódus 3 részletben stabilizálódott. *Brisson et al.* (2010) szerint a francia terméshozamokban a nem megfelelő elővetemények alkalmazása miatt 0.42 t/ha-os csökkenést lehetett megfigyelni. *Balogh* (2009) kísérletei elvégzésekor azt tapasztalta, hogy aszályosabb években bizonyos műtrágya mennyiség (N₆₀₋₉₀PK) akár termésnövekedést is tud okozni. *Nagy és Pepó* (2015) 10 éves tartamkísérleteik alapján azt foglalták össze, hogy az őszi búza termesztésekor a terméshozam 50%-ban a műtrágyázásnak, 28%-ban az előveteményeknek, 16%-ban a növényvédelemnek és 4.3%-ban az évijárat hatásának tudható be. A nitrogén műtrágya önmagában történő adagolása nem hozott szignifikáns termésnövekedést azonban, ha kiegészítették 30 kg/ha foszforral és 60 kg/ha káliummal, akkor nagyjából egy 30%-os ugrásszerű növekedést tapasztaltak. Ennek ellenére a K és P adag megduplázása már szignifikáns változást nem okozott. *Ying et al.* (2017) kísérleteinél 105 kg/ha N műtrágya esetén 1.11 tonnával, 210 kg/ha N-nél 1.95 tonnával nőtt a hektáronkénti hozam, további nitrogén kijuttatása nem növelte a hozamot.

A termésnövekedés és a fehérjetartalom között negatív korrelációt írt le *Fowler* (2003), mivel ahogy növekszik a biomassza, úgy a felvett nitrogén jobban eloszlik, ezt nevezzük fehérje hígulási effektusnak (*Simmonds, 1995*). A termésnövekedés közepes pozitív kölcsönhatásban volt a fehérjetartalommal (0.511***) *Zhang et al.* (2017) kísérletében. *Massoudifar et al.* (2014) még ennél is szorosabb összefüggést talált (0.899**). A termés volumene negatív korrelációban van a nedves sikelettartalommal, állapította meg *Bunta et al.* (2017).

2. 9. Az őszi búza lisztminősége

A minőségi búzatermesztés első és egyben legfontosabb lépcsője a megfelelő búzafajta kiválasztása (*Pepó, 2010a*). A búzanevelők a felhasználási szándék szerint választják ki a megfelelő fajtákat: magas fehérje tartalmúakat a sütőipar számára, addig a magas keményítő tartalmúakat a takarmányozás részére (*Shewry, 2009*). Fontos termesztés előtt meghatározni a felhasználási célt is. A piac 3 fő csoportot különböztet meg: 1) javító minőségű búza, amely A1-A2 értékcsoporthoz felel meg; 2) malmi búza (B1-B2) avagy 3) takarmánybúza minőség (C1-C2) (*Ragasits, 1989*). A célul kitűzött minőségű búza termesztéséhez az ökológiai adottságokat fel kell tárnunk, majd a legmegfelelőbb fajtát és agrotechnikai gyakorlatot kell alkalmazni, írja *Erdei és Szániel* (1975).

A búza minőségét vizsgáló módszereket tekintve a magyar szakemberek meghatározó szerepet játszottak köztük: Pekár Imre (liszt szín vizsgálat), Kosutány Tamás (tésztagyógyó próba) és Hankóczy Jenő (Farinométer) (Bocz, 1992). A búzaminőség egy komplex fogalom, amely magába foglalja a termés hozamot, a betegség rezisztenciát, az időjárás toleranciát és a sütőipari potenciált (Massaux et al., 2008). A búza és a belőle készült liszt számos piaci szereplő kezén megy keresztül, mielőtt a végső felhasználóhoz eljut (Salunkhe et al., 1986). Emiatt a búzaminőséget definiálni rendkívül nehéz feladat, hiszen a minőség minden felhasználó számára mást és mást jelent. A búza-élelmiszerlánc első szereplője a termelő, akinek a minőség főként az ártalommentességet, a jó szemfejlettséget, a magas termés hozamot és a termésbiztonságot (Salunkhe et al., 1986; Monda et al., 1990) és a lehető legmagasabb jövedelmezőséget jelenti (Erdei és Szániel, 1975), ezért a minőség sokszor háttérbe szorul. Minőségénél fontosak az adott ország élelmiszer előírásai, amelyek szigorúan, számszerűsítve definiálják az elvárt paramétereket (Guzman et al., 2016). A molnár és a malom számára a minőség egyet jelent a szemek uniformitásával, a tétel tisztaságával és a jó tárolhatósággal (Monda et al., 1990) illetve, a megfelelő szemkeménységgel (Salunkhe et al., 1986). Az élelmiszeripari cégek az olyan jó minőségű lisztet igénylik, amellyel egységes minőségű terméket tudnak előállítani a vásárlók számára. És végül, de nem utolsó sorban a végső felhasználók a vásárlók, akiknek különféle minőségi elvárásaik vannak, köztük a magas tápanyagtartalom, illeszkedés az egészséges táplálkozásba és a mutatós küllemű termék (Guzman et al., 2016).

3. táblázat – A cseh (Hlisnikovsky et al., 2014) és magyar búzaszabvány (MSZ 6368:2017) bizonyos követelményeinek összehasonlítása

Paraméterek	Cseh búza szabvány			Magyar búza szabvány		
	Elit minőség	Minőségi	Kenyér minőség	Prémium	Malmi I.	Malmi II.
<i>Nyers fehérje</i>	12.6	11.8	11.0	14.0	12.5	11.5
<i>Zeleny index</i>	49.0	35.0	21.0	45.0	35.0	30.0
<i>Nedves siker</i>	25-27	23-25	20-23	34.0	30.0	26.0
<i>Glutén index</i>	80-90	66-80	41-65	n.d.	n.d.	n.d.

*Rövidítés: n.d.=nem definiált

A búza minősége egy genetikailag kódolt tulajdonság. Ahhoz, hogy ez ne csorbuljon, a megfelelő agrotechnikai (Erdei és Szániel, 1975; Pollhamer, 1981), tárolási

és őrlési módszerek (*Preston és Williams, 2003*) alkalmazására van szükség. Ebből következik az a tény, hogy ha jó sütőipari értékkel rendelkező lisztet szeretnénk kapni, akkor azt a megfelelő búzafajta kiválasztása mellett az optimális tápanyag mennyiség biztosításával és a helyes agrotechnikai gyakorlattal érhetjük el. A megtermelt búza minősége dönti el a lehetséges felhasználási irányokat (*Litke et al., 2018*), így a termelő egyik célja a minőségi előírásoknak való megfelelés, mivel ezáltal képes megfelelő áron értékesíteni a termését (*Gooding et al., 2017*). A búza kereskedelmi árát meghatározni a minőségi paraméterek (3. táblázat) alapján lehetséges (*Budai és Fűkő, 1996*). Minden régióknak vannak kiemelkedően fontos mérőszámok: angoloknál keményítősérülést, németeknél farinográfus értékszámot (*Huen et al., 2018*), Dél-Amerikában az alveográfot (*Vazquez et al., 2019*), Boszniában a magas extenzográfus energiát, Olaszországban a P/L értéket, míg Magyarországon a fehérjét és nedves sikeértartalmat írják elő.

A búza termesztésének valódi értéke a sütőipari felhasználás során mutatkozik meg (*Pollhamer, 1981*). A sütőipar a jó minőségű liszt alatt az alábbiakat érti: a jó vízfelvevőképességet, a belőle készült tészta megfelelő nyújthatóságát, rugalmasságát, jó alaktartó és gáztartó képességét (*Erdei és Szániel, 1975*). A búzatermesztés minőségi stabilitása elengedhetetlen a malom és sütőipar szempontjából, akik automatizált, modern és gyors feldolgozási módszerei a megfelelő és állandó minőségű alapanyagot követelik meg (*Peterson et al., 1992; Bushuk, 1998*). Talán még sohasem volt ennyire nagy jelentősége a liszt minőségnek, hiszen a sütőipar automatizálása és a fagyasztott technológia elterjedése megköveteli a jó minőségű alapanyagot.

Erdei és Szániel (1975) megjegyzi, hogy a búza sütőipari minősége minden évjáratban változó, így a kellő minőségi elvárások kielégítése céljából a javító búza jelentősége meghatározó, hiszen ezekkel végezhető el a gyengébb minőségű búzák keverése. Napjainkban a malmok úgy állítanak elő lisztet, hogy keverik a különböző minőségű búzákat: általában 30% javító, 40% malmi és 30% gyenge minőségűt és ebből őrölnék sütőipar számára általános lisztet (*Beke, 2020*).

2. 10. Az őszi búza minőségi vizsgálatának csoportosítása

Preston és Williams (2003) szerint a liszt minőségi vizsgálatait 3 fő csoportba oszthatjuk: beltartalmi komponens (nedvesség, fehérje, hamu és rost tartalom); feldolgozóipari minőséggel kapcsolatos (nedves sike, glutén index, keményítősérülés, szemcseméret, esésszám, szín, viszkozitás) illetve adalékanyag (pl.: aszkorbinsav) vizsgálatok. *Pasha et al. (2010)* két kategóriába osztották a búza attribútumait: egyrészt

vannak a kémiai tulajdonságok, mint például: fehérjetartalom, szedimentációs érték és nedves sikértartalom; másrészt a fizikai tulajdonságok: acélosság, szín, súly, forma és szemkeménység, amelyek együttesen határozzák meg a búza malom- és sütőipari értékét.

A búza őrlési tulajdonságairól megfelelő és pontos információkat nyerhetünk laboratóriumi malmok használatával, ezáltal könnyedén optimalizálhatók az ipari malmok is. Laboratóriumi malmok gyanánt elsősorban a világon Brabender Quadrumat és Buhler gyártmányúakat szokás használni (WMC, 2008). A különböző búza genotípusok eltérő mennyiségű frakciókat és extrakciós százalékot mutathatnak (Lásztity és Voisey, 1973). Jó minőségű sütőipari termék gyártása során nem elegendő tudni a liszt beltartalmi értékeit, nagy hatással lehetnek a reológiai tulajdonságok is, amelyeket két kategóriába lehet felosztani: statikus (extenzográf/promilográf és alveográf) illetve dinamikus (farinográf/valorigráf) módszerek (Sipos *et al.*, 2007).

4. táblázat – A magyar búzaszabvány (MSZ 6368:2017) bizonyos követelményeinek ismertetése

Paraméterek	Prémium	Malmi I.	Malmi II.
<i>Nyers fehérje (%)</i>	14	12.5	11.5
<i>Nedves sikértartalom (%)</i>	34	30	26
<i>Esésszám (s)</i>	300	250	220
<i>Zeleny index (ml)</i>	45	35	30
<i>Valorigráfós érték csoport*</i>	A	B	B
<i>Valorigráfós vízfelvétel, legalább (%)</i>	60	55	55
<i>Valorigráfós tézsta stabilitás, legalább (perc)</i>	10	6	4
<i>Alveográfós W (10⁻⁴J)</i>	280	200	150
<i>Alveográfós P/L arány</i>	1	1.5	1.5

*A=javító minőségű liszt; B=malmi minőségű liszt (Hankóczy J. csoportosítása, valorigráfós módszer)

A minőséget számos alkalommal kell vizsgálnunk kezdve a gabonafélék nemesítésétől, a tétel átvételi minősítéskor, a tároláskor és a gyártás közben is. Átvételi minősítésnél célszerű gyors műszeres mérést alkalmazni, amelyre a NIR elemzés kiválóan alkalmas. Átvételi vizsgálat során figyelembe kell venni a hatályban lévő szabványt és a szerződő felek közötti kritériumokat is (Monda *et al.*, 1990; Preston és Williams, 2003). A modern malomiparban alapvető kellék a NIR (angolul: near infrared spectroscopy; magyarul: közeli infravörös spektroszkópia) analízis, amellyel folyamatos

képet kaphat a molnár a nedvesség-, fehérje-, nedves siker-, és hamutartalomról és keményítősérültségről (Preston és Williams, 2003). A NIR technológia előnyei közé sorolható, hogy nem destruktív módszer, kevés minta előkészítést igényel, egyszerre több paraméter vizsgálható, nem igényel szakértelmet és gyors. Hátránya, hogy nem eléggé érzékeny és kalibrációt igényel (Manley, 1995; Gabriel et al., 2017).

A sütőipari vállalatok ki vannak téve a lisztminőség változásainak, így nem képesek hosszabb ideig úgy dolgozni, hogy ne kelljen gyökeresen korrigálni a gyártási paramétereket (dagasztási idő, víz adagolás, tészta hőfok és adalék mennyiség. Ez nagyban megnehezíti a mindennapi munkát emiatt, a malom által szállított liszttel érkezik egy minőségi tanúsítvány, amely tartalmaz minden olyan liszt paramétert, amely segítséget nyújthat a technológus számára. Ezáltal lehetővé válik a korrekció, a proaktív reagálás esélye.

5. táblázat – Különböző kutatók véleménye arról, hogy melyek a legfontosabb lisztminőségi paraméterek

Kutató	Legfontosabbak mutatószámok
Erdei és Szániel (1975)	sütőipari értékszám
Pollhamer (1981)	sütőipari értékszám, esésszám
Kovács (1992)	fehérje
Bushuk (1998)	próbacipó
Markovics (2001)	próbacipó, esésszám, siker, szemcseméret
Gasztonyi (2004a)	fehérje, siker, vízfelvétel, szemcseméret, esésszám
Diósi et al. (2015)	sütőipari értékszám
Huen et al. (2018)	esésszám, vízfelvétel, tészta ellenállás változó vízfelvétel mellett (extenzográf), tészta erősség fix víz mennyiség esetén (alveográf)
Janczak-P. et al. (2020)	próbacipó

Magyarországon a 20. században a búzaminőséget a hektoliter-tömeg, a tisztaság, a sikértartalom, a sikerterület és a sütőipari értékszám együttesével jellemezték, majd az export igényei alapján egészült ki a fehérjetartalommal is. Hazánkkal ellentétben más módszerekkel jellemezték a búzaminőséget a világpiacon, amelyek az alábbiak: a fehérjetartalom, az esésszám, az alveográf, az extenzográf és a Zeleny-index. Ennek nyomására 1998-ban a magyar búza szabvány is belevette az esésszámot és a Zeleny-

indexet a kritériumok közé (Réther, 2004), pár évvel rá pedig az alveográfot és az extenzográfot is (Diósi et al., 2015). Így elmondható a magyar búza szabványról (4. táblázat), hogy az egyik legtöbb kritériumot megkövetelő szabvány (Sipos et al., 2007).

Számos kutató próbálta egyetlen, konvencionális értékszámval kifejezni a sütőipari minőséget, azonban ez minden országban eltér, így ezek együttes meghatározása szükséges (Erdei és Szániel, 1975). Emellett az évek során jelentősen változott a búzát kutatók véleménye arról, hogy melyek a legfontosabb mutatószámok (5. táblázat).

A tészta egy viszko-elasztikus anyag, amelynek feldolgozhatóságát jól jellemezhetik a reológiai tulajdonságok. A reológia magába foglalja a tészta rugalmasságát, nyújthatóságát, deformációval szembeni ellenállását és a ragadósságát. A rugalmasság jelentése, hogy a tészta visszatér eredeti alakjához, miután megszűnik a nyújtás. A nyújthatóság azt jelenti, hogy mennyire lehet nyújtani a tésztát, mielőtt elszakad. A deformációval szembeni ellenállás azt értjük, hogy mekkora erőre van szükség ahhoz, hogy a tészta formáját megváltoztassuk (Young, 2012). Konopka et al. (2004) kutatásukban összefoglalták, hogy a cipótérfogatot igen jól lehet prediktálni a reológiai módszerek mutatószámaival. A különböző reológiai vizsgálatok eredményeit más módszerek adatai alapján nem lehet megbízhatóan megjósolni, így a valorigráf, az alveográf és az extenzográf méréseket minden esetben el kell végezni, állapította meg Sipos et al. (2015). Ezzel ellentétben számos kutató megkérdőjelezi a reológiai vizsgálatok valódi hasznosságát, hiszen olyan nagy vagy éppen kicsi nyíró, nyújtó erőnek, illetve hőmérsékletnek van kitéve a vizsgált tészta, amelyek a gyakorlatban nem feltétlenül fordulnak elő. Mai napig is még a legtöbb sütőipari szakember kézzel nyújt sikerhálót és így bizonyosodik meg a tészta és a liszt megfelelésségéről (Dobraszczyk és Salmanowicz, 2008).

2. 11. A búzaszem fizikai és minőségi vizsgálatai

A szemkeménység egy örökölt tulajdonsága a búzának (Chantret et al., 2005), továbbá az egyik legfontosabb jellemvonása, ami befolyásolja a technológiai felhasználást, állapítja meg Morris (2002) cikkében. A szemszerkezet osztályozása két fő tulajdonságon alapszik: az egyik a részecskeméret eloszlása a lisztnek, a másik pedig a szem aprítással szembeni ellenállóképessége. Puha szerkezetű búzák könnyebben aprózódnak, így a keményítő szemcsék nagyobb arányban épek maradnak, míg a kemény szerkezetű (acélosabb, tömörebb) búzák őrléséhez nagyobb energiára van szükség, emiatt nagyobb százalékban sérülnek a keményítőszemcsék és magasabb a lisztkihozatal. Ez a

jelenség a sütőiparban hasznos, hiszen a sérült keményítő jóval több vizet képes felvenni, illetve könnyedén hozzáférhet az α -amiláz enzim a későbbi folyamatok során (Kent és Evers, 1994; Pasha et al., 2010). Groos et al. (2004) szignifikáns kapcsolatot írt fel az SKCS Hardness index és a NIR-es fehérjetartalom (NIR_F) között. A szemkeménység, mint tulajdonság determinálhatja a keményítősérültséget, a szemcseeloszlást, a lisztkihozataalt (Eliasson és Larsson, 1993), a vízfelvételt és a szükséges őrlési technológiát is (Manley, 1995). Általánosságban elmondható, hogy kemény búzák kevesebb, míg a puhább szerkezetűek több keményítővel rendelkeznek (Uthayakumaran és Wrigley, 2017). Pauly et al. (2013) vizsgálataik folyamán aprósüteményeket gyártottak eltérő szemkeménységű búzák lisztjeiből, és arra a következtetésre jutottak, hogy a süteménygyártáshoz egyértelműen a puha szerkezetű búza a megfelelő.

Osborne et al. (1997) cikkében megállapította, hogy SKCS 4100-as típusával akár 50 szemmel is pontos eredményt kaphatunk, így a minták mennyisége miatt a sztenderd előírt 300 szem helyett, 150 szemmel végeztük a méréseket a nagy mintaigény okán. A Hardness index jellemző értéke puha szemű búzánál 0-30, az átmeneti típusnál 30-50, kemény szemű búzánál pedig 50 feletti (50-80) (Szabó, 2009).

Malomiparban egy igen fontos paraméter a szemméret, mivel a nem megfelelő uniformitású szemek ronthatják az őrlés műveletének hatékonyságát (Posner és Hibbs, 2011). A Hardness index szoros, pozitív kapcsolatban állt a keményítősérültséggel (Osborne et al., 1997; Brites et al., 2008; Posner és Hibbs, 2011), továbbá szignifikáns kapcsolatban állt az alveográfus P értékkel (Groos et al., 2004) és a vízfelvétellel (Massoudifar et al., 2014). A hamutartalom közepes, negatív (-0.5**) korrelációban állt a szemtömeeggel (Ohm et al., 1998).

2. 12. A búzaliszt fizikokémiai, reológiai és technofunkcionális vizsgálatai

2. 12. 1. Fehérjetartalom

A búzák átlagos fehérjetartalma Mattern et al. (1970) vizsgálataik alapján 5.6-21% között helyezkedik el. Williams (1993) nyomán a lisztek fehérjetartalma szerint az alábbi csoportokat lehet megkülönböztetni: 6-11.5% cukrász termékek, nudli, aprósütemények és keksz; 10.5-15% kenyér; 15% felett pedig vitális glutén. Addig Baltás (1998) felmérésére alapozva a sütőipar számára a 12.0-13.2% fehérjetartalmú lisztek ajánlotta.

A fehérjeminőség a lisztnek egy örökölt tulajdonsága (Kent és Evers, 1994; Fowler, 2003; Fuertes-Mendizábal et al., 2010), azonban a mennyisége igen nagy

mértékben javítható a megfelelő agrotechnikával (*Rao et al., 1993; Borghi et al., 1995*). *Hlisnikovsky et al.* (2014) szerint a fehérjetartalom 33%-ban a termesztett genotípustól, a maradék kétharmad részt pedig a külső tényezőktől függ. *Gasztonyi* (2004a) szerint az időjárási feltételek is komoly befolyással lehetnek a fehérjetartalom alakulására, bővebben kifejtve a hőmérséklet, a fény-intenzitás, a fotoszintetizációs és szemfeltöltődési időszakok hossza (*Garrido-Lestache et al., 2004*)

Gabriel et al. (2017) cikkében leírta, hogy a fehérjetartalom nem a legmegbízhatóbb minőségi mutató, mivel 12% fehérjetartalom felett már nem volt korreláció a cipótérfogattal. Így fordulhat az elő, hogy fehérjetartalom okán alulértékelt lisztekben jó térfogatú cipót lehet készíteni. Magas fehérjetartalmú búzaliszt nem feltétlenül vonja magával a nagy-térfogatú kenyeret. Így például csírázott vagy poloskaszúrt búzából őrölt lisztekben az enzim-tevékenység nem kívánt negatív hatással lehet a minőségre. Emiatt a fehérjetartalom mellett az esésszámot is szükséges megvizsgálni (*Gasztonyi, 2004a*).

A búzaliszt fehérjetartalma pozitív összefüggésben volt a nedves siker (*Pollhamer, 1981; Pepó, 2016*) és a száraz siker mennyiségével (*Erdei és Szániel, 1975*) és a cipótérfogattal (*Park et al., 2006*). A fehérjetartalom növekedésével a glutenin/gliadin arány csökkent *Triboi et al.* (2003) kutatásában. A fehérjetartalom és a vízfelvétel szignifikánsan korrelált *Ayoub et al.* (1994) vizsgálataiban.

2. 12. 2. Száraz és nedves sikértartalom

A búzalisztból készült tészta tulajdonságai elsődlegesen a lisztben található siker mennyiségétől és minőségétől függenek, emiatt érdemes meghatározni a liszt nedves és száraz sikértartalmát és a tészta reológiai paramétereit egyaránt (*Gasztonyi, 2004a*). A siker mennyisége egy adott liszt mintában nem egyenlő a siker minőségével, amely dióhéjban a siker nyújthatóságát és rugalmasságát jelenti (*Curic et al., 2001*). A siker minőséget és így a reológiai tulajdonságokat a fehérje összetétel határozza meg. Így például a tészta stabilitását, nyújthatóságát, kialakulási idejét és a cipótérfogatot (*Erdei és Szániel, 1975; Baltás, 1998; Nuttall et al., 2017*). A sikerképző fehérjék dagasztás során víz hozzáadásával duzzadnak, eközben akár tömegük 180%-át képesek víz formájában felvenni, ezt az állapotot jellemezzük a nedves siker mennyiségének meghatározáskor (*Gasztonyi, 2004a*). A búzaliszt víz és só oldható alkotóinak - albumin, globulin, keményítő - kimosása után a sikerfehérjék maradnak csak meg (*Gasztonyi, 2004b*). A lisztben található enzimek nagy része az albuminok és globulinok csoportjához

tartozik (Faridi et al., 1989; Kent és Evers, 1994). A lisztminőség meghatározó fehérjéi, gliadin és a glutenin csoportokat, melyeket más néven prolaminoknak is hívják, mivel magas prolin és glutamin tartalmuk van (Buckley, 2013). A fehérjetartalom 30-35%-át adják a gliadinok, 40-50%-át a gluteninek (Eliasson és Larsson, 1993). A száraz és nedves siker arányszámból, amelynek átlagos értéke 2.8, a liszt vízfelvevőképességére lehet következtetni (Gasztonyi, 2004a). A prolamin és glutenin tartalom főként a N műtrágyázástól, míg az albumin és globulin tartalom a genotípustól függ (Fuertes-Mendizábal et al., 2010).

Bushuk (1998) Kanadában folyó kísérletei során azt tapasztalta, hogy a vizsgált 26 fajta cipótérfogata és a glutenin mennyisége között erős pozitív korreláció volt (0.85**). A magas molekulatömegű glutenin (HMW-GS) tartalom erős pozitív korrelációban volt a dagasztási idővel (0.86). Tanács et al. (2008) vizsgálataikor a szignifikáns kapcsolatot találtak a nedves siker és az alveográfus L értékkel. Emellett pozitív korrelációt véltek felfedezni a sikértartalom és az alveográfus W érték között (Miceli et al., 1992).

2. 12. 3. Glutén index és siker terület

A nedves siker minőségének meghatározására fejlesztették ki a Glutomatic rendszert, amely egy mechanikus sikermosó, amivel nem csak a siker mennyiségét, de a minőségét is meg lehet adni, erre szolgál a glutén index mérőszám (Curic et al., 2001), melynek előnye, hogy kisebb a lisztigénye, gyorsabb és kevesebb szaktudást igényel, mint a farinográf vagy extenzográf (Sekularac et al., 2018). Ezt a lisztből készült tészta mosásával és a siker egy rostán történő centrifugálásával határozhatjuk meg. Minél kevesebb megy át a rostán, annál erősebb a siker (Posner és Hibbs, 2011). Számos kutató állított fel különböző minőségi csoportokat a glutén index alapján, amely a 6. táblázatban látható.

A glutén index nem korrelált a cipótérfogattal, így nem ajánlják önmagában a sütőipari minőség meghatározására (Bonfil és Posner, 2012). Curic et al. (2001) szerint a glutén index egy alulértékelt, ám igen fontos paramétere a búzalisztnak és erőteljes kihatással lehet a végtermék minőségére, hiszen a 75% alatti GI eredménnyel rendelkező minták hamar elengedték a vizet és ragadós tésztát eredményeztek, míg a 90% feletti pedig kis térfogatú cipót adtak és nem voltak alkalmasak sütőipari felhasználásra. Janczak-Pieniazek et al. (2020) hibrid búzákkal történt kutatásában a glutén index 94% és 99% között változott.

Curic et al. (2001) megállapította továbbá, hogy a glutén index erős, pozitív korrelációban állt az extenzográfós eredményekkel: így a maximális ellenállás (0.86**), az energia (0.799**), az arányszám (0.635**) értékével, de negatív az összefüggése a nedves sikkrel (-0.528**), és nem volt kölcsönhatásban a farinográfós eredményekkel. *Eljak et al.* (2018) vizsgálataiban a glutén index nagyon szoros kölcsönhatásban állt az esésszámmal (0.929***). *Janczak-Pieniazek et al.* (2020) mérési eredményei arra világították rá, hogy a glutén index közepes, negatív korrelációban állt a cipótérfogattal ($r = -0.64$).

6. táblázat – A glutén index értékek csoportosítása különböző kutatók által

Kutató	Csoportosítás
Ceseviciene et al. (2012)	50% > gyenge; 51-70% közepes; 71-85% erős; 86 < nagyon erős sikk
Curic et al. (2001)	75-90% között optimális
Gil et al. (2011)	40% > állati takarmány; 55-100% között sütőipari minőség
Oikonomou et al. (2015)	30% > gyenge; 30-80% között normál; >80% erős sikk
Preston és Williams (2003)	30% > gyenge; 90% < erős sikk

2. 12. 4. Zeleny index (szedimentációs érték)

Baltás (1998) szerint a szedimentációs érték általában 20-65 ml között mozog. Minél magasabb az érték, annál jobb a tészta gáztartó képessége és stabilabb tésztát lehet készíteni az adott lisztből kenyér és péksütemény gyártása esetén. Csoportosítva: 20 ml > rossz minőség; 20-30 ml rövid tészta vezetés mellett jó minőség; 30-40 ml jó minőség; 40 ml < nagyon jó minőség és intenzív dagasztást is bírja. *Konopka et al.* (2004) szerint a reológiai módszerek sokkal nagyobb kölcsönhatásban állnak szedimentációs értékkel, mint a fehérjetartalommal.

A Zeleny index és a cipótérfogat között erős korrelációt állapított meg *Sapirstein és Suchy* (1999), illetve *Shewry és Tatham* (2000), amelyet azzal indokoltak, hogy mind két érték nagyban függ a fehérjetartalomtól. *Hrusková és Svec* (2009) mérései alapján a Zeleny index közepes korrelációban állt a fehérjével.

2. 12. 5. Esésszám

Az esésszám illetve a keményítősérülés a két legfontosabb keményítőminőség vizsgálati módszer (Lu, 2017). Az 1960-as évek előtt súlyos problémákat okoztak a csírázott lisztek a sütőipari felhasználás folyamán, emiatt szükség volt egy vizsgálati módszerre, amellyel gyorsan meg lehetett határozni a csírázási %-ot és az enzimátikus állapotot. Erre a célra fejlesztették ki a Hagberg-féle esésszám viszkometrikus módszerét. A magas esésszámú lisztekből készült termékek lassan pirulnak, így a sütési idő akár a másfelesére is növekedhet. A tésztakészítéskor fontos kiemelni az proteáz és amiláz enzim tevékenységét, mivel azok hiánya, de túlzott mértéke is gyenge minőséget okozhat (Erdei és Szániel, 1975; Gasztonyi, 2004a). Pollhamer (1981) jelentőséget tulajdonított annak, hogy a farinográfus értékszám és a próbacipó térfogata közötti összefüggést sok esetben nem lehet megállapítani, azaz hiába volt jó a farinográfus érték, a lisztből készített próbacipó kis térfogatú lett. Ezt a jelenséget az amilolites állapottal magyarázta, amelyet az esésszámmal lehet jellemezni. A mérések során kiderült, hogy enzimszegények voltak a lisztek, ez okozta a kis térfogatot. Abban az esetben, ha esőzések és lehűlések tapasztalhatók az aratást megelőző időszakban, akkor a búzaszemek el kezdhetnek csírázni, ennek következtében az α -amiláz enzim aktivitása megnő (Buchanan és Nicholas, 1979; Dencic et al., 2013). Barbeau et al. (2006) 2 éves tanulmányában 17 búzafajtát vetettek el 3 különböző területen, az egyik térségben az aratás előtt nagy esőzések voltak, amelyek beindították a csírázást. Az esésszám a legtöbb mintánál kimutatta a csírázást, azonban 5 esetben 400 feletti esésszámot mértek, mivel vannak csírázásra nem hajlamos fajták. A további vizsgálatok azt mutatták ki, hogy ebből a 5 mintából örölt lisztek tészta kialakulási ideje és dagasztás toleranciás indexe is szignifikánsan megváltozott a megnövekedett proteáz-aktivitás következtében. Így kijelenthető, hogy a csírázás ellenőrzésekor nem elegendő egyedül az esésszám vizsgálatot elvégezni. A búzaliszt amilóz és amilopektin tartalmának függvényében alakul a gélesedési tulajdonságai, illetve az enzimátikus hidrolízisre való hajlamossága (Gerard et al., 2001). A búzaszem csírázása során a keményítőtartalom az elsődleges energiaszolgáltató, amelyet a megnövekedett enzimtevékenység el kezd bontani (Whan et al., 2014). Az α -amiláz egy keményítő feltáró enzim. Az esésszámot a természet genotípus és a környezeti tényezők nagyban befolyásolhatják. Normál termesztési viszonyok mellett az esésszám 350-400 s között van, ellenben számos genotípus α -amiláz aktivitása alapvetően magas, annak ellenére, hogy nincs kicsírázva a szem (Evers et al., 1995). Megkülönböztetünk 3 féle csoportot az esésszámot tekintve: alacsony (150-200

s), közepes (200-350 s) és magas (350 s feletti) (Dencic et al., 2013). A csírázott búzaszem, magas α -amiláz aktivitás és az alacsony esésszám rontja a lisztminőségét, hiszen degradáció történhet a liszt keményítő és fehérje részecskéiben, amely problémákat okozhat a feldolgozás során. Minél magasabb az esésszám, annál enzimszegényebb a liszt (Dencic et al., 2013), amely magába foglalja a ragadós tézstaszerkezetet, a kis térfogatú, tömör, morzsálódó bélzetű, gyorsan öregedő és nehezen piruló terméktulajdonságokat (Pollhamer, 1981; Krupnov és Krupnova, 2016).

Az esésszám pozitív, szignifikáns kapcsolatban állt az alveográfus W-vel, a vízfelvétellel és a tézsta stabilitással (Hareland, 2003). A modern automatizált sütőipari feldolgozáskor a liszt α -amiláz aktivitásának nagyobb mértékű változása nem elfogadható (Mares és Mrva, 2008), így a malmoknak egységes paraméterekkel rendelkező lisztek kell előállítaniuk. A kereskedelmi elvárások az esésszám tekintetében 250-350 s feletti értékek (Hareland, 2003).

2. 12. 6. Próbacipó készítés

A próbasütés elvégzését Gasztonyi (2004a) és Bushuk (1998) egyaránt kiemeli a lisztvizsgálatok közül, hiszen itt egyszerre kapunk képet a sütőipari értékről, az enzimes és a fizikai tulajdonságokról, illetve az érzékszervi paraméterekről. A kihűlt próbacipó legnagyobb szélességéből és magasságából kapott hányados az alaki hányados, amelynek 1.8-2.1 értéke a legmegfelelőbb a sütőipar számára (Gasztonyi, 2004a). Az alakihányados 2 felett terüλέkeny és rossz alaktartó képességű tézstát, 1.8 alatt pedig kis térfogatú és tömör bélzetű cipót jelent (Szabó és Véha, 2015). A próbacipó térfogatának meghatározására az egyik lehetőség a mustármagvas térfogatmérés (Gasztonyi, 2004a). A próbacipós vizsgálat hátránya, hogy rendkívül hosszú folyamat (Gabriel et al., 2017), nagy precizitást igényel (dagasztás, formázás, kelesztés, sütés), illetve, hogy országonként eltér a kenyerek típusa így a próbacipós vizsgálatok is (tézsta összetétel, tézsta vezetés, kelesztés és sütés vonatkozásában).

A próbacipó térfogata és az esésszám között jelentős összefüggést rögzített Pollhamer (1981), Markovics (2001), ezzel szemben Millar (2003) eredményei szerint a cipótérfogatot nem befolyásolta szignifikánsan a keményítősérültség és az esésszám. Preston et al. (1992) mérései bebizonyították, hogy a liszt fehérjetartalma és a próbacipó térfogata között szignifikáns korreláció állapítható meg, sőt He és Hosenev 1991-es vizsgálatai alkalmával olyan konklúziót vontak le, miszerint 7.0%-11.5% közötti fehérjetartalomnál egyenesen arányosan nőtt az adott lisztből készített cipó térfogata.

Szintén *He és Hosney* (1991) a kelesztést befolyásoló paraméterek közül a hőmérsékletet kizárva (23 °C-on) vizsgálták a tészta kelesztés alatt bekövetkező térfogat növekedését, amely során a következőket állapították meg: a magasabb fehérjetartalommal rendelkező lisztből készült tészta jóval hosszabb ideig bírta a kelesztést, amely azzal is járt egyben, hogy összességében jóval nagyobb volt a kelesztés során elért növekedés a tészta magasságát illetően, számokban kifejezve a 11.5% fehérjetartalmú és a 7% fehérjetartalmúhoz hasonlítva, 48%-kal nagyobb térfogatúra nőtt meg a tészta. A cipótérfogat a gliadin minőségétől függ, addig a dagasztási idő a glutenin minőségétől, azonban az alacsony dagasztási idő igényű tésztákból kis térfogatú cipót lehet készíteni, így ezek összefüggésben állnak egymással (*Faridi et al., 1989*). *Janczak-Pieniazek et al.* (2020) publikációjában leírta, hogy a legkisebb cipótérfogatot a legmagasabb glutén index-szel rendelkező hibridnél mérte.

Seiling (2010) cikkében 5 fajtát tanulmányozott, ahol egyes fajták fehérjetartalma szorosan, míg néhány egyáltalán nem korrelált a cipótérfogattal. A próbacipó alaki hányadosa szignifikánsan nőtt a liszt fehérjetartalmának és glutén indexének növekedésével, azonban gyenge kapcsolat volt a GI és cipó térfogat között (*Popa et al. 2014*). A cipótérfogat pozitív, szoros korrelációban állt a fehérjével (0.77**); közepesen a száraz (0.61**) és nedves sikerrel (0.65**) (*Ohm és Chung, 1999*). *Curic et al.* (2001) eredményei alapján a cipótérfogat közepes kapcsolatban állt a fehérjével (0.511**) és extenzográfus energiával (0.602**). *Massoudifar et al.* (2014) vizsgálatai arra mutattak rá, hogy a cipótérfogat pozitív közepes korrelációban volt a glutén index-szel (0.683**) és negatív közepesen az esésszámmal (-0.667*), illetve szoros negatív korrelációban a vízfelvétellel (-0.863**). A cipótérfogat szoros, pozitív kölcsönhatásban volt a fehérjével (0.92), a vízfelvétellel (0.77), a nyújthatósággal (0.77) és az alveográfus W-vel (0.8) (*Dowell et al., 2008*). A cipótérfogat közepes pozitív korrelációban volt a vízfelvétellel (*Wooding et al., 2000*). A tésztakialakulás idő (0.88**), a fehérjetartalom (0.85**) és a tészta stabilitás (0.72**) pozitív korrelációban állt a cipótérfogattal (*Cho et al., 2018*). *Eljak et al.* (2018) mérései arra világítottak rá, hogy a cipótérfogat szoros, negatív korrelációban áll az esésszámmal (-0.9***). *Konopka et al.* (2004) tanulmányában a cipótérfogat szoros korrelációban állt a vízfelvétellel (0.82*), addig közepesen a fehérjével (0.52*). *Dobraszczyk és Salmanowicz* (2008) mérései során a cipótérfogat a legszorosabb összefüggésben a Zeleny index-szel (0.853***) állt, továbbá erős kapcsolat volt a glutén index-szel (0.804***) és nedves sikértartalommal (0.742***) is, ebből azt a következtetést vonták le, hogy a sütőipari minőségét a lisztnek nem lehet pontosan

elvégezni a fehérje vagy nedves sikértartalom alapján. *Sekularac et al.* (2018) negatív, gyenge kapcsolatot talált a glutén index és cipótérfogat között (-0.328), így nem ajánlják a sütőipari potenciál prediktálásának szempontjából.

Lee et al. (2006) tanulmányában $R^2=0.7$ determinációs együttható mellett megtudták jósolni a cipótérfogatot a Hardness index, a fehérjetartalom és a lisztkihozatal segítségével. *Andersson et al.* (1994) publikációjában egy modellt állítottak fel, amellyel 65.4%-os biztonsággal jósolták meg a cipótérfogatot a fehérjetartalom, a tészta kialakulási idő, a stabilitás, az ellágyulás, az extenzográfus nyújthatóság, a maximális ellenállás és az energia felhasználásával. *Dowell et al.* (2008) által meghatározott modellben ugyanakkor 7 változó segítségével ($R^2=0.91$ biztonsággal) becsülték meg a cipótérfogatot, köztük: fehérjetartalom, vízfelvétel, tészta stabilitás, szemcseméret, szemtömeg és esésszám. *Konopka et al.* (2004) $R^2=79.3$ determinációs együttható mellett, a vízfelvételből, illetve az alveográfus nyújthatóságból becsülte meg a cipótérfogatot.

2. 12. 7. Valorigráfos paraméterek

A farinográfot a német Brabender cég gyártotta, viszont Magyarországon a magyar gyártmányú valorigráfot alkalmazták szélesebb körben, mivel megfizethetőbb volt. A műszerek segítségével 3 sütőipari értékcsoportba (VÉCS) lehet kategorizálni a liszteket, azonban ennek a gyakorlati alkalmazása leginkább csak Magyarországon jellemző, míg külföldön főként a vízfelvétel meghatározására alkalmazták ezen műszereket (*Réther, 2004*). A valorigráfos vizsgálat során 500 valorigráf-egységű (VE) tészta készítésére kell törekedni, emellett 30 °C-os dagasztóvizet és 30 °C-os temperált csészét kell használni így a konzisztencia állandónak tekinthető, ezáltal a különböző lisztminták objektíven vizsgálhatóak (*Gasztonyi, 2004b*). A valorigráfos mérésekkel az alábbi információkat nyerhetjük: vízfelvétel, tészta kialakulási idő, tészta stabilitás, tészta ellágyulás és a planimetrált területet (értékszám) (*Lásztity és Voisey, 1973*). Hankóczy Jenő 6 minőségi csoportba sorolta a liszteket: A1 és A2 (kiváló, javító minőségű); B1 és B2 (malmi minőség); valamint C1 és C2 (gyenge minőségű, takarmány). Az erős sikerű lisztek megfelelő hidratáltság esetén magas dagasztási stabilitással, alacsony dagasztás tűrési index-szel, hosszú tészta kialakulási idővel és alacsony ellágyulással rendelkeznek (*Shuey, 1984*).

A búza sütőipari felhasználásakor a vízfelvétel egy meghatározó szempont, hiszen ennek nem elhanyagolható gazdasági és technológiai vonatkozásai vannak (*Erdei és*

Szániel, 1975). A valorigráfos vízfelvétel (VVF) az 500 VE konzisztenciájú tészta eléréséhez szükséges víz mennyisége %-ban kifejezve (*Baltás, 1998*). A vízfelvételt befolyásoló tényezők közé tartoznak: fehérje (vízfelvétele 100 g lisztben: 15.6 g), sérült keményítő (16 g), ép keményítő (22.8 g) és pentozánok (14 g) (*Cauvain, 2015*). A vízfelvétel szignifikáns kapcsolatban áll a szemkeménységgel, siker- és fehérjetartalommal. Nagy kihívás a reológiai vizsgálatok során a dagasztáshoz hozzáadott víz mennyiségének meghatározása. Regresszió analízis segítségével viszont a szemkeménységből és fehérjetartalomból $R^2 = 0.842$ biztosággal tudták prediktálni a vízfelvételt (*Ohm és Chung, 1999*). *Matuz et al.* (1999) megállapította, hogy az alveográfus P és P/L érték közepesen szoros korrelációt mutatott a valorigráfos vízfeltevő képességgel.

Valorigráfos értékszámok az alábbiakat indikálják: 30 > (rossz minőség), 30-40 (elfogadható), 40-50 (mérsékelt), 50-60 (kielégítő), 60-80 (jó) és 80-100 (kiemelkedő) (*Posner és Hibbs, 2011*). A valorigráfos értékszám és a cipótérfogat között közepes korrelációt (0.672) talált *Lásztity és Voisey* (1973). A műtrágyázás és az értékszám között közepes korrelációt talált *Pepó* (2016). A valorigráfos értékszám és az alveográfus W érték szoros pozitív korrelációt adott, emellett a VÉ és az alveográfus P/L érték szoros negatív kapcsolatban voltak. Mindezek alapján *Tóth et al.* (2007b) megállapították, hogy a magyar sütőipari potenciál meghatározáskor az értékszámhoz viszonyítva az alveográfus W érték ad legjobban hasznosítható eredményt.

A tézszakialakulási idő foglalja magába: a dagasztás kezdetétől (víz adagolás) a meghatározott (500 VE) konzisztencia eléréséig eltelt időt (*Baltás, 1998*), amikor a liszt rohamos tempóban kezdi el felvenni a vizet és kialakul a tészta (*Watanabe et al., 1992*). Dagasztás során a legfontosabb paraméter, amelyre kíváncsiak vagyunk az a tészta ellenállása, amely a dagasztó karokra ható nyomatókkal lehet jellemezni. Ez a nyomaték folyamatosan változik egészen attól a pillanattól kezdve, amikor hozzáadjuk a vizet a lisztbe (*Young, 2012*). A VTK érték és fehérje ($r=0.63^*$) illetve nedves siker ($r=0.65^*$) között közepes korrelációt állapított meg *Janczak-Pieniazek et al.* (2020).

Az, hogy mennyi ideig képes tartani a tészta a beállított konzisztenciát (*Baltás, 1998*), azaz mikor esik 500 VE alá a valorigram felső vonala a tészta stabilitását jellemzi (*Watanabe et al., 1992*). A jó minőségű lisztből készült tészták stabilitási értéke 10 perc feletti értéket vesz fel (*Linina et al., 2014*). A búza tételek fehérjetartalma és a stabilitási idő között szoros korrelációt állapított meg *Koppel és Ingver* (2010).

Miután a tészta elérte a kívánt konzisztenciát (500 VE), további 12percig dagasztjuk a tésztát és vizsgáljuk, majd a görbe visszaeséséből állapítjuk meg, hogy mennyire lágyul el (Baltás, 1998).

2. 12. 8. Alveográfus paraméterek

Az alveográf a liszt sikerminőségének és a belőle készült tészta kéttengelyű nyújthatóságának vizsgálatára alkalmas (Sipos et al., 2007). Jelentősége főként Franciaországban, Spanyolországban, Portugáliában és Angliában meghatározó (Tanács et al., 2008). A mérés során előírt módon készítünk tésztát, amelyből kis pogácsákat formázunk. Pihentetést követően a műszer ezt a tésztát buborékká fújja fel, ezzel imitálva a kelesztés során történő térfogatnövekedést, eközben a tészta ellenállását diagrammon rögzíti (Young, 2012). A módszer segítségével az alábbi paramétereket határozhatjuk meg: a görbe alatti területet, azaz a szükséges energiát a tészta szakításához (W), a görbe legmagasabb pontját (P), a görbe hosszát, azaz az időt (L) és ezek arányát (P/L) (Réther, 2004; Pongráczné et al., 2009). Azon országok, amelyek szabványa tartalmazza az alveográfus vizsgálatot, a W és P/L értéket tekintik a legfontosabbaknak. Franciaországban a kenyérfőzésre alkalmas lisztek P/L értéke 0.5-0.7 közé kell, hogy essen. A torta és aprósütemény gyártáshoz a 0.2 P/L, sütőipari felhasználáshoz az 1 P/L az ajánlott, a 2-es vagy afeletti, már túl kemény, nem nyújtható tésztát jelent (Preston és Williams, 2003). Pongráczné (2010) 7 minőségi kategóriára osztotta fel a liszteket az alveográfus W és P/L érték alapján (7. táblázat).

7. táblázat – Minőségi kategóriák az alveográfus W és P/L érték alapján

(Pongráczné, 2010)

Alveográfus érték	Gyenge minőség	Cukrászati termékek	Kenyér és leveles sütemény	Pék-sütemény	Pizza, zsemle, baba-piskóta	Hamburger zsemle	Javító minőség
W ($\times 10^{-4}$ J)	<80	80-160	160-220	230-270	270-330	330-360	360<
P/L	<0.4; 1.0<	0.4-0.5	0.51-0.6	0.61-0.7	0.71-0.8	0.81-0.85	0.85-1.0

Preston et al. (1987) kísérletei alkalmával a keményítősérülés és a vízfelvétel szignifikáns hatással volt az alveográfus P, L, P/L és W értékre. A keményítősérültség növelésével emelkedett a P, W és P/L, addig az L csökkent. Boros et al. (2009) mérései

alapján arra a következtetésre jutott, hogy az alveográf és az extenzográf eredményei nincsenek szoros összefüggésben, így az egyik teszt a másikkal nem helyettesíthető.

Az alveográfus W érték esetén Angliában $210 \times 10^{-4}J$, Belgiumban $160-240 \times 10^{-4}J$, Portugáliában $120-170 \times 10^{-4}J$, addig Spanyolországban $180-200 \times 10^{-4}J$ feletti érték a megfelelő. Emellett Franciaországban 3 minőségi kategória létezik: 1) $250 \times 10^{-4}J$ felett kiváló; 2) $160-250 \times 10^{-4}J$ között I. osztályú; 3) $120-160 \times 10^{-4}J$ között II. osztályú. Ez alapján a magyar javító búza minőségével a francia kiváló kategória hasonlítható össze (Tóth *et al.*, 2007a). Borghi *et al.* (1997) kategorizálta a W értékeket, az alábbiak szerint: $260 \times 10^{-4}J <$ javító búza; $155-180 \times 10^{-4}J$ sütőipari minőségű búza; $120-150 \times 10^{-4}J$ átlagos búza; $120 \times 10^{-4}J >$ sütemény készítéshez alkalmas búza. Az alveográfus W érték a sikerterülettel közepesen negatív, a farinográfus értékszámmal és a vízfelvevő képességgel közepesen szoros pozitív kapcsolatot mutatott. A stepwise regressziószámítások alapján az alveográfus W értéket a farinográfus értékszám, a vízfelvevő képesség és a sikerterület együttesével lehetett a legpontosabban megbecsülni (Matuz *et al.*, 1999). Az alveográfus W és a fehérjetartalom között szoros pozitív korrelációt állapított meg Garrido-Lestache *et al.* (2004). Tóth *et al.* (2007a) 4 éven tartó alveográfus méréseire alapozva kijelentették, hogy a valorográfus értékszám a W értékkel minden évben szoros korrelációt mutatott. Az alveográfus W érték szoros kapcsolatot mutatott a fehérje és a nedves sikértartalommal (Sipos *et al.*, 2007). A W érték szignifikánsan korrelált a valorográfus értékszámmal és az alveográfus P értékkel, (Tanács *et al.*, 2008). Konopka *et al.* (2004) kísérletben a W nagyon szoros kölcsönhatásban állt a Zeleny index-szel (0.9^*), a P érték közepesben a Zeleny index-szel (0.59^*), míg az L érték közepesben a fehérjével (0.7^*). Sipos *et al.* (2007) erős korrelációt talált az alveográfus L -érték és az extenzográfus nyújthatóság, a sütőipari értékszám, a nedves sikértartalom, a fehérjetartalom között, míg negatív korrelációt talált az ellágyulás mértékével.

A vízmegkötő képessége a lisztnek, amelyet a keményítő, a siker és a pentozánok határoznak meg, nagyban befolyásolhatja a többi tulajdonságát is a lisztnek. Minél szárazabb a tészta, annál kevésbé nyújtható, annál nagyobb lesz a deformációval szembeni ellenállása és a P/L aránya. Mivel az alveográfusnál fix mennyiségű vizet adagolunk ez egy kritikus szempont (Huen *et al.*, 2018).

2. 12. 9. Promilográfus és extenzográfus paraméterek

A promilográf egytengelyű nyújtási módszernek számít, amely során lisztből, vízből és sóból készült tésztát vizsgálunk (*Preston és Williams, 2003*). A módszer alkalmas sikerminőség, kelesztési idő és adalékanyag tesztelésére egyaránt (*WMC, 2008*). Ezen vizsgálati módszer jelentősen hasonlít az extenzográfusra, ami segítségével maximális magasság (tészta nyújtással szembeni ellenállása), nyújthatóság (hosszúság, amikor a tészta elszakad), a görbe alatti terület (a szakításhoz szükséges energia) határozható meg. Mivel promilográfus, témához illő kutatást nem találtam, így igyekeztem extenzográfusokkal kiegészíteni irodalmi áttekintésemet. *Pongráczné és Győri (2007)* mérései alapján az extenzográfus ellenállás pozitív korrelációt mutatott az alveográfus W értékkel 19 szegedi búza fajta tesztelésekor. Az extenzográfus nyújthatóság szoros korrelációt mutatott a nedves sikértartalommal, a fehérjetartalommal, a sütőipari értékszámokkal, az alveográfus W-értékkel – állapította meg *Sipos et al. (2007)*.

2. 12. 10. Keményítősérülés

A lisztkihozatal mellett egy másik fontos malomipari vizsgálat a keményítősérülés. A keményítőrészecskék rendkívül kompakta. Alapesetben szobahőmérsékleten nem vesznek fel vizet, azonban őrlés folyamán sérülnek, emellett növekvő hőmérsékletnek vannak kitéve. Ezáltal nagyban növekszik a vízfelvételi hajlamuk, akár tömegük 100%-nál több vizet is képesek megkötni feltárt állapotban. A keményítősérültség az őrlés során bekövetkező törés és dörzsölés miatt jön létre (*Preston és Williams, 2003*). Őrléskor a keményítő nagyjából 10%-a sérül, a többi natív marad, ebben az esetben csak a tömegük 40%-át képesek víz formájában felvenni. A natív keményítőrészecskéket sokkal kisebb mértékben képes az amiláz enzim bontani, és ezáltal táplálékot nyújtani az élesztőnek a sütőipari felhasználás során. A 7-10%-os keményítősérültségi érték felett a tészta gyorsan fermentálódik és nagyon ragadóssá válik (*DiMuzio, 2010*). Az őrlés folyamán a keményítőrészecskék sérülnek, megnövekedik a felületük, illetve megnő a hajlam az enzimatis le bomlásra (*Englyst et al., 2000*), amely tulajdonság bizonyos szintig kedvező, bizonyos szint felett azonban hátrányos a végtermék minőségére nézve (*Salunkhe et al., 1986*). Minél magasabb a fehérje és sérült keményítőtartalom, annál nagyobb a vízfelvétel a liszteknel, ami egyben a tészta nyúlóságát okozhatja (*Salunkhe et al., 1986; Gaines és Finney, 1989*). Továbbá a keményítősérülés hatással van feldolgozás során a kelesztési időre, a termék bélzetre és a késztermék öregedésére is (*Lu, 2017*).

A keményítőrészecskék fizikai állapota kihatással van a reológiai tulajdonságokra, a szedimentációs értékekre, az élesztő élettanára, illetve a cipótérfogatra is (Farrand, 1972). Farrand (1972) kísérletei alkalmával eltérő keményítősérültségű liszteket hoztak létre azonos fehérje-, és nedvességtartalom mellett, és azt észlelték, hogy a növekvő keményítősérülés (18% -> 30%) szignifikánsan növelte a liszt vízfelvételét (55.6% -> 60.6%), azonban a legkisebb keményítősérültségű minta adta a legnagyobb térfogatú kenyeret. Farinográfos vizsgálatok során a keményítősérültség csökkenésével a tészta stabilitása növekedett. A növekvő keményítősérülés hatására a szedimentációs érték növekedett. Nagy mértékű keményítősérülés kis térfogatú cipót eredményezhet (Eliasson és Larsson, 1993). A vízfelvételt Tipples *et al.* (1978) kísérletében a keményítősérüléssel és a fehérjetartalommal lehetett a legjobban prediktálni. A vízfelvétel és a keményítősérülés között (0.927**) korrelációt realizáltak. A keményítősérültség erős pozitív korrelációban volt a vízfelvétellel (0.85***) (Massaux *et al.*, 2008). A keményítősérülés szignifikánsan korrelált a szemkeménységgel (0.454**) (Buckley, 2013).

2. 12. 11. Szemcseméret eloszlás

A lisztek szemcseméretét a búza szerkezete, azaz a szemkeménység és az őrlési technológia határozza meg. A keményebb szemű búzák kisebb részecskékre esnek szét az őrlés folyamán. Minél kisebb az őrlés utáni szemcseméret, annál nagyobb a vízfelvétel a megnövekedett felület miatt. A szemcseméretet szitával, fény refrakcióval vagy fény szórással lehet meghatározni (Preston és Williams, 2003). Amennyiben a keményítősérültség értéke nem változik, a kisebb szemcseméret következtében a liszt részecskéi gyorsabban hidratálódtak és gyorsabban kialakul a tészta, azonban a vízfelvétel nem növekedik (Pratt, 1978; Gasztonyi, 2004b; Posner és Hibbs, 2011). A cipótérfogat és a liszt szemcsemérete között szignifikáns összefüggést állapított meg Markovics (2001). Williams (1993) kategóriákba sorolta a liszteket a szemcseméret eloszlási értékük alapján: 35-45 tésztaipari; 45-55 bulgur és kuszkus; 50-60 kenyér; 65-80 sütemény és cukrászati felhasználásra alkalmas kategóriákra.

2. 12. 12. Lisztkihozatal és hamutartalom

A lisztkihozatal a malomipar egyik legfontosabb gazdasági paramétere, amely kihatással lehet a malmok döntéshozatalára, hogy mely búzákat vásárolják fel (Posner és

Hibbs, 2011). A kemény szerkezetű búzák magas lisztkihozattal rendelkeznek a puha szerkezetűekhez képest (*Alconada et al., 2019*).

A hamutartalom elsősorban a héjban található, ezáltal egy jó indikátora az őrlés megfelelőségének. Meghatározása fontos a végtermék külleme miatt is, hiszen a magas hamutartalom elszínezheti a tésztát (*WMC, 2008*).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3. 1. A kísérlet és a minőségvizsgálati módszerek bemutatása

A kisparcellás, szántóföldi kísérlet a Debreceni Egyetem 193 ha területtel rendelkező Látóképi Kísérleti Telepén lett elvégezve két egymást követő termesztési évben (2018-2019), split-split plot elrendezésben. A vizsgálat 15 km-re Debrecentől (ÉSZ 47°33', KH 21°27'), egy 1983-ban beállított tartamkísérlet részeként valósult meg, amelyet Prof. Dr. Pepó Péter vezet. A tartamkísérlet során lassan 40 éve, minden termesztési szezonban 20 búzafajtát tanulmányoznak. Egy búzafajta tesztelése 3 évig tart, egyet kivéve a GK Öthalmot, amely 1986 óta termesztésben van. A tartamkísérletek jelentőségét támasztja alá *Bocz* (1992) és *Richter et al.* (2007) is, hiszen a régióban már csak igen csekély számban találhatóak ezen típusú vizsgálatok, amelyek egzakt eredményekkel szolgálhatnak a különböző kezelések hatásairól. A kísérleti telep talajgenetikai szempontból mészlepedékes csernozjom típusúhoz, talajfizikai szempontból pedig vályog kategóriához tartozik (Aranyféle kötöttségi fok: 43-45). Magyarországot tekintve a mészlepedékes csernozjom a 4. legnagyobb csoportot alkotja (9.6%-kal) (*Tóth et al., 2015*). A terület P₂O₅ ellátottsága közepes, K₂O ellátottsága közepesen-jó, kémhatása semleges (pH=6.46), humusztartalma közepes (2.7-2.8%) (8. táblázat). A telep talaja közepes vízbefogadóképességű, a talajvíz mélysége 3-5 m és rendkívül csapadékos évben sem emelkedik 2 m fölé (*Nagy és Pepó, 2015*).

8. táblázat – A kísérleti terület talajkémiai vizsgálatának eredményei

(Debrecen, Látóképi Kísérleti Telep)

Talaj-réteg (cm)	pH (KCl)	CaCO ₃ (%)	Humusz (%)	Össz. N (%)	NO ₃ +NO ₂ (ppm)	P ₂ O ₅ (AL oldható) (ppm)	K ₂ O (ppm)
0-25	6.46	0	2.76	0.15	6.2	133.4	239.8
25-50	6.36	0	2.16	0.12	1.74	48	173.6
50-75	6.58	0	1.52	0.086	0.6	40.4	123
75-100	7.27	10.25	0.9	0.083	1.92	39.8	93.6
100-130	7.36		12.75	0.59	0.078	1.78	31.6

A több tényezős kísérlet egy előveteményes 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, 9. táblázat), 2 előveteményt (csemegekukorica és napraforgó) és 3 tápanyagkezelést (kontroll, N₉₀PK és N₁₅₀PK, 10.

táblázat) tanulmányoztam (továbbiakban „elővetemény kísérlet”) a vizsgált két tenyésztés alatt.

9. táblázat - A vizsgált búzafajták főbb információi

Név	Regiszt. éve	Forgalmazó	Kalász típus	Érés csoport	Minőség
GK Öthalom	1985	GabonaKutató Kft.	tar	korai	javító
KG Kunhalom	2002	Debreceni Egyetem	szálkás	közép-késői	javító
GK Csillag	2005	GabonaKutató Kft.	tar	korai	malmi I.
Mv Ispán	2015	Marton Genetics	szálkás	közép	malmi I.
Hybiza	2015	Saaten-Union	tar	korai	malmi II.

A második blokkban (3 tényező) 5 őszi búzagenotípuson (GK Öthalom, Mv Ispán, GK Csillag, KG Kunhalom és Hybiza), 3 tápanyagkezelés (kontroll, N₉₀PK és N₁₅₀PK) hatását tanulmányoztunk 2 termesztési éven keresztül. Ebben az esetben minden fajta előveteménye csemegekukorica volt (továbbiakban „fajta kísérlet”).

10. táblázat – A kísérlet tápanyagkezeléseinek részletezése

Kezelések	Kijuttatás ideje	N	P	K
		(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)
∅ (kontroll)	-	-	-	-
N ₉₀ PK	ősz (alaptrágya)	45	67.5	79.5
	tavasz (fejtrágya)	45	-	-
N ₁₅₀ PK	ősz (alaptrágya)	75	112.5	132.5
	tavasz (fejtrágya)	75	-	-

A kísérlet érdekessége, hogy 5 teljesen különböző fajtát vettünk górcső alá: a klasszikusnak tekinthető GK Öthalmot, amely az egyik legsikeresebb genotípusa volt a Szegedi Gabonakutatónak, amit jól érzékeltet, hogy 32 évig volt megtalálható hazai termesztésben, így jó viszonyítási alapot biztosíthat a modern fajtákhoz mérten. Az Mv Ispán egy modern, kemény szerkezetű búzafajta, amely a NAK kísérletei keretében 2018-ban terméshozamban a 4. helyet érte el országos viszonylatban (Polgár, 2019). A GK Csillag, amely 2013-2016 között a legnagyobb területen termesztett fajta volt Magyarországon, vetési területe elérte a 6.7-9.2%-ot is. A második legnagyobb mennyiségben termesztett fajta 2018-ban, emellett a Gabonakutató történetének

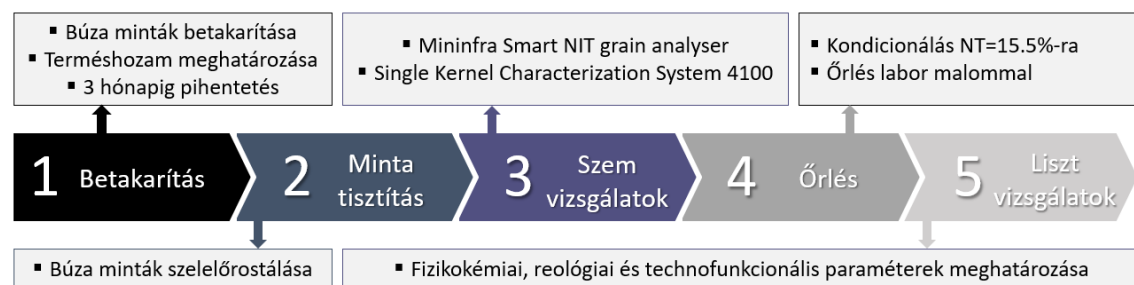
legjövödelmezőbb fajtája (Beke, 2020). A KG Kunhalom a Debreceni Egyetem Karcagi Kutató Intézetének fajtája, amely rendkívül jó terméshozammal és minőségi potenciállal rendelkezik. A Hybiza egy hibridbúza, amely akár 11-12 t/ha termést képes produkálni, emellett igen jó szárazságtűrő képességgel bír (Saaten-Union, 2017).

A 4 fajta esetében az elvetett vetőmag mennyisége 5.5 millió/ha, míg a hibrid esetében 2 millió/ha volt. A műtrágya kimérése és kijuttatása kézi erővel történt a 10 m²-es parcellákra, amelynek aránya NPK-10:15:18 volt. A N műtrágya 50%-a, a teljes K és P mennyiség őszi alaptrágyaként, míg a maradék 50% N pedig tavasszal, fejtrágyaként lett kijuttatva (11. táblázat). A különböző kezelések vizsgálata 4 szántóföldi ismétlésben lett elvégezve.

11. táblázat – A kísérlet agronómiai és kezelési részletei

Termesztési szezon	Vetés	Alaptrágya	Fejtrágya	Betakarítás
2017/2018	2017.10.04.	2017.10.02.	2018.04.12	2018.07.05.
2018/2019	2018.10.05.	2018.09.20.	2019.03.20.	2019.07.09.

A búzamintákat betakarítást követően lemértük, így megkapva a terméshozamokat, ezután 3 hónapig pihentettünk, majd SLN 3 sample cleaner (Pfeuffer, Németország), szelelőrosta berendezéssel megtisztítottuk az idegen anyagoktól, szár és pelyva részekről. Ezt követően a Szegedi Gabonakutatóban Mininfra Smart NIT grain analyser (Infracont Kft., Magyarország) és Single Kernel Characterization System 4100 (Perten, USA) vizsgálat alá vetettük, annak érdekében, hogy kapjunk egy általános képet a minták szemtulajdonságairól, köztük a NIR-es fehérje és nedves sikeértalomról (NIR_{NS}), illetve a szemtömegről, átmérőről és keménységről (5. ábra).



5. ábra – A kísérleti minták feldolgozásának lépései

Ezután a Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Karának Élelmiszermérnöki Intézetének laboratóriumában bemértük a minták nedvességtartalmát, majd

kondicionáltuk 15.5%-os nedvességtartalomra, másnap Brabender Quadrumat Senior laboratóriumi malom (Brabender, Németország) segítségével lisztté őrlöttük (MSZ 6367/9-1989). A laboratóriumi malom 2 aprítási fokozattal rendelkezik. Az első során elválasztja a gomba korpát, első aprítási lisztet, illetve darát és decét, amelyeket tovább őröl a második hengerpárral. Ennek során finom korpa és második aprítási liszt frakciókat nyerünk. Az őrlés végeztével megállapítottuk a frakciók mennyiségét és meghatároztuk a lisztkihozatalt.



6. ábra – A kísérleti minták vizsgált paramétereit

A lisztekben 29 paramétert határoztunk meg (6. ábra), köztük a nyers fehérjetartalmat (Kjeltec auto 2300, FOSS, Dánia), nyers és száraz sikeértartalmat, glutén indexet (Glutomatic 2200, Centrifuge 2015, Glutork 2020, Perten, USA) siker területét, keményítősérültséget (UCD) (SDmatic, Chopin, Franciaország), esésszámot (Perten 1500, Perten, USA), átlag szemcseméretet ($M_{\text{át}}$) (Malvern, Anglia), Zeleny indexet (SediCom System, Lab-Intern Kft., Magyarország), valorigráfos paramétereket (vízfelvétel, értékszám, értékcsoport, tészta kialakulási idő, stabilitás, ellágyulás) (QA 205, Labor MIM, Magyarország), alveográfos paramétereket (P, L, P/L, W) (MA 87, Chopin, Franciaország), promiligráfos paramétereket (vízfelvétel, nyújthatóság, nyújtási ellenállás, maximális ellenállás, arányszám és energia) (TS6, Egger, Ausztria), próbacipós paramétereket (térfogat és alaki hányados) (Labomix 1000 dagasztógép és

QA 226 kemence, Labor MIM, Magyarország) illetve az előveteményes minták esetében még a hamutartalmat is. A kísérlet során a kombájntolt terméshozamot (14% szemnedvességre számolt), fizikai szentulajdonságokat, lisztkihozataalt, fizikokémiai és technofunkcionális paramétereket együttvéve 36 paramétert mértünk.

3. 2. Az eredmények feldolgozásához használt 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 (Wickham *et al.*, 2019). A különböző kezelések közötti különbséget az RStudio „agricolae” csomagjának egytényezős varianciaanalízisével vizsgáltuk (Mendiburu, 2019) LSD (Least Significant Difference – “legkisebb szignifikáns különbség”) poszt hoc teszttel ($P > 0.05$ szignifikancia szinten). Szignifikáns differenciának ($SzD_{P\%}$) nevezzük azt a különbséget a vizsgált kezelések között, amit már nem kísérleti hibának tulajdonítunk. Amennyiben a két kezelésátlag közötti differencia nagyobb, mint a számított $SzD_{P\%}$, akkor igazoltnak tekinthetjük eredményeinket (Sváb, 1981). Képlete:

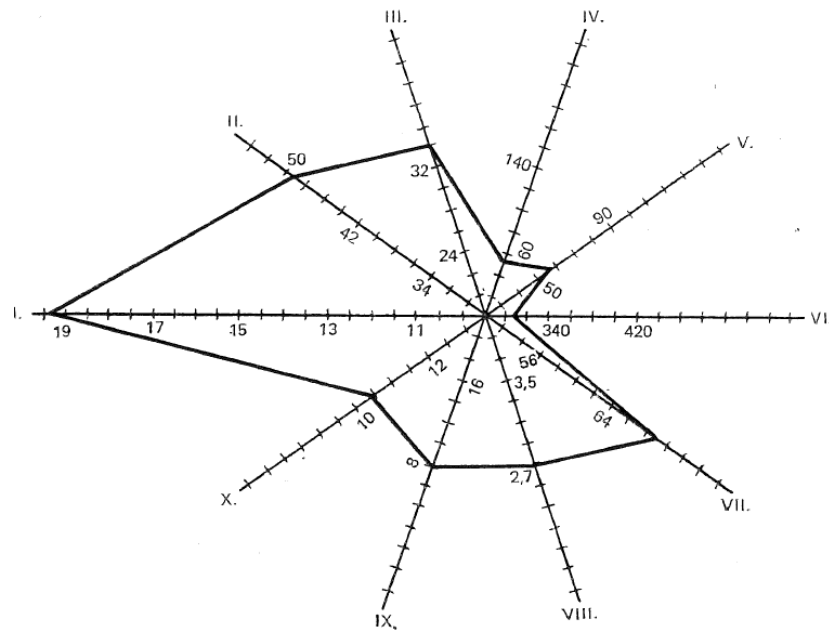
$$SzD_{P\%} = t_{P\%} \sqrt{\frac{2s^2}{n}}$$

ahol: s^2 = a Hiba MQ értéke; $t_{P\%}$ = a Student-féle t -táblázatban a Hiba MQ szabadságfokára szabadon választható $P\%$ -ra megadott t -érték; n = ismétlések száma

Az eredmények közötti kapcsolatok felderítéséhez és vizuális megjelenítéséhez a Python program „Matplotlib” könyvtárának radarját, korrelációs analízisét, hőterképét, ostyadiagramját illetve a „Seaborn” könyvtár jointplot és boxplot diagramját használtam (Hunter, 2007; Waskom *et al.*, 2020). A disszertációm során készített komplexradarok ötlete Pollhamer (1981) nyomán született meg, ahol 10 paraméter felhasználásával készített pókháló diagramot (7. ábra), ezt továbbfejlesztve illetve kiegészítve készültek el a diagramok. Továbbá érdemes megemlíteni Győri (2008) Z-indexét is, ahol egy összetett pontozási rendszert kifejlesztve jellemezte a búzaminőséget. Ennek során szintén készült egy grafikai megjelenítés, ahol a fehérje, a nedves siker, az esésszám, a vízfelvétel, a nyújthatóság, a Zeleny index, a W, a P/L, a valorigráfus értékszám., a cipó térfogat és a glutén index volt használva.

Az adatok között rendkívül szoros, szoros, közepes és laza kapcsolat írható fel, amennyiben a korrelációs koefficiens 0.9-1, 0.75-0.9, 0.5-0.75 és 0.25-0.5 között

helyezkedik el egyenként (Tóthné, 2011). Emellett elvégeztem az SPSS program főkomponens analízisét is, hogy egy átfogó képet kapjak a vizsgált paraméterek összefüggéseiről, illetve főkomponenseket határozzak meg ezek alapján.



A Bánkúti őszi búza-fajta 1973. évi termése

I: a búza fehérjetartalma; II: nedves sikkér; III: Zeleny-szám; IV: gáztartó képesség; V: farinográfus értékszám; VI: kenyértérfogat; VII: vízfelvevő képesség; VIII: a kenyér alakhiányadosa; IX: sikkérterületkenység; X: a búza héjtartalma

7. ábra – A komplex minőségi érték pókháló diagramja (Pollhamer, 1981)

Az eredmények vizsgálatakor többszörös lineáris regressziós analízist is végrehajtottam. Az analíziskor egy függő, másnéven bináris változó értékére (Y) próbálunk egy matematikai becslő egyenletet létrehozni több független, másnéven magyarázó változó (X) által. A függő változó összefüggésének szorosságát a bináris változókkal a többszörös korrelációs koefficiens (R) mutatja meg, amelynek értéke 0 és 1 között lehet. Ha az R értéke alacsony akkor a függő változó gyenge kapcsolatban áll a magyarázóváltozókkal (Sváb, 1981). A becslő egyenletet az IBM SPSS Statistics v25 program készítette el. Az alap egyenlet:

$$Y' = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$$

A nitrogén hasznosítási hatékonyságot (NUE= Nitrogen Use Efficiency) a fehérje (NUE_F) és terméshozam (NUE_{TH}) vonatkozásában az alábbi egyenlettel kaptam meg:

$$\frac{TH_N - TH_K}{NM_N} = NUE_{TH} \qquad \frac{F_N - F_K}{NM_N} = NUE_F$$

ahol: TH_N = műtrágyázás melletti termés hozam; TH_K = kontroll termés hozam; NM_N = kijutatott N mennyisége; F_N = műtrágyázás melletti fehérjeteralom; F_K = kontroll fehérjeteralom

3. 3. A vizsgált termesztési évek agrometeorológiai jellemzése

3. 3. 1. 2017/2018-as termesztési szezon jellemzése

A kísérlet során a termesztési szezonok jellemzésének céljából augusztustól júniusig gyűjtöttük a hőmérséklet és csapadék adatokat. Annak érdekében, hogy feltérképezhetőek legyenek a vetés előtti időszakról kezdve, a tenyészidőszakon át, egészen a betakarításig a növényt érő agrometeorológiai jegyek.

Az első vizsgált évjárat során az őszi hónapok enyhének mondhatóak voltak, fokozatos lehűlés és nagy mennyiségű csapadék mellett (szeptemberben 91.7 mm; $30_{\text{átl}}$: 38.0 mm) (8. ábra). Az enyhe időjárás folytatódott decemberben és januárban is, amely elősegítette a növények fejlődését. A decemberi magas csapadék mennyiség feltöltötte a csernozjom talaj vízkészleteit (93.6 mm; $30_{\text{átl}}$: 43.5 mm). Áprilisban a búza növények alul fejlettnak mutatkoztak a februári (-0.5 °C; $30_{\text{átl}}$: 0.2 °C) és márciusi (2.6 °C; $30_{\text{átl}}$: 5.0 °C) hidegnek köszönhetően (9. ábra). Áprilisban (15.5 °C; $30_{\text{átl}}$: 10.7 °C) és májusban (19 °C; $30_{\text{átl}}$: 15.8 °C) rendkívül meleg volt, amely hátrányosan hatott a vegetatív fejlődési szakaszra, emellett lerövidített számos fenológiai szakaszt is. A május közepén tapasztalható nagy mennyiségű csapadék és a hőmérséklet mérséklődése nem tudta teljes mértékig kompenzálni az előző időszak negatív hatásait. A nyári júniusi idő lerövidítette mintegy 2 héttel a szemfeltöltődési és érési szakaszokat.

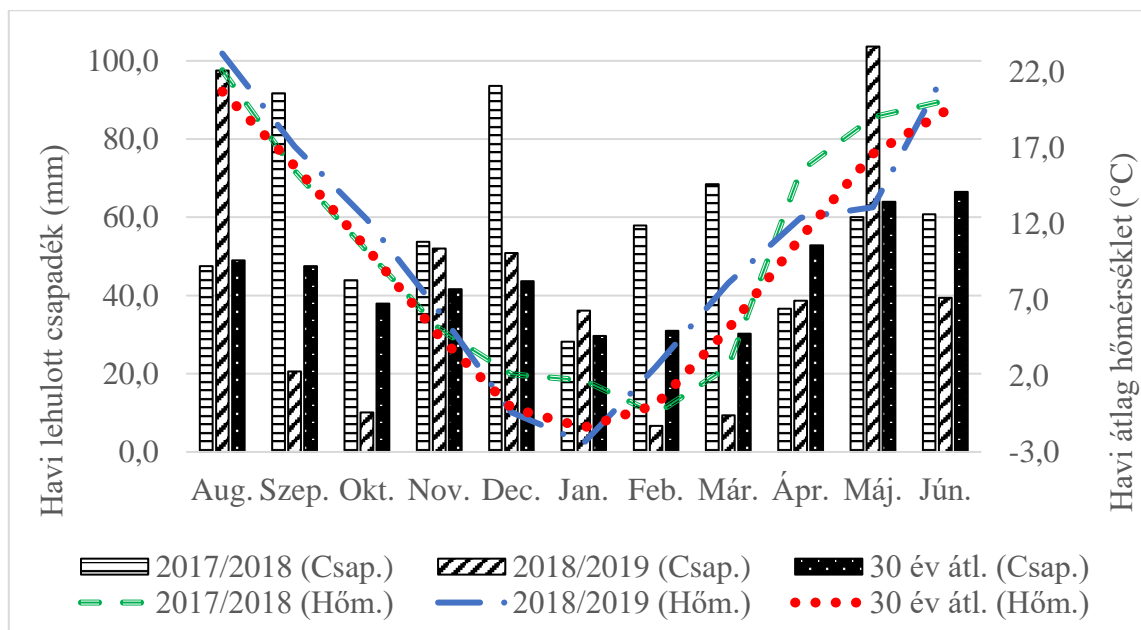
Jún.	0.0	0.0	8.8	7.2	0.0	7.8	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	2.4	1.8	0.0	1.1	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	0.0	6.1	0.0	0.0	0.0	12.4	3.8	0.0	0.0
Máj.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	0.0	31.0	4.0	1.2	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	5.5	0.0	0.0	0.0
Ápr.	13.2	7.1	0.0	0.0	0.0	3.8	0.4	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Már.	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	8.8	5.2	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	1.4	0.6	7.2	24.5	0.0	4.2	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0
Feb.	0.0	0.4	7.0	19.0	0.0	0.0	0.4	1.4	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	3.8	0.0	1.3	7.0	0.0	0.0	5.6	1.5	0.5	0.7	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
Jan.	1.2	0.3	0.4	3.6	0.7	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.2	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Dec.	7.9	0.0	0.0	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	11.6	3.8	2.2	0.0	4.6	1.2	3.8	44.7	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	3.4	0.0	0.0
Nov.	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	1.8	4.2	1.7	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	1.6	24.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Okt.	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	17.0	5.2	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	11.8	0.0	0.0
Szep.	0.0	0.0	1.8	2.2	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	2.8	33.0	7.3	0.0	19.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Aug.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

8. ábra – 2017-2018-as termesztési szezon napi csapadék adatai (Debrecen)

Jún.	22.6	20.2	19.5	20.4	22.0	20.4	20.0	21.2	22.7	21.8	22.0	24.0	20.1	17.4	20.8	21.4	21.7	19.7	23.3	24.4	24.2	15.1	12.9	14.6	16.8	18.1	15.3	18.9	21.9	18.7	0.0
Máj.	20.1	21.8	20.7	21.4	21.0	19.2	17.9	18.1	20.3	20.0	20.8	20.0	18.7	15.6	13.4	13.3	15.0	15.8	16.4	17.2	16.6	18.2	20.2	21.4	19.2	20.7	20.4	20.7	20.6	21.4	22.0
Ápr.	6.8	7.2	11.1	13.8	14.3	10.5	12.2	15.3	15.9	14.8	16.0	18.5	16.2	15.2	17.0	17.5	16.5	16.6	17.4	15.4	15.3	17.3	18.3	16.9	18.4	17.1	13.5	16.9	21.2	20.8	0.0
Már.	-9.3	-4.8	-3.7	-7.1	-3.1	2.3	2.6	3.4	4.5	7.4	10.4	12.5	9.2	8.5	5.3	6.9	1.7	-4.8	-4.1	-2.7	-2.5	-2.9	-0.5	-0.1	2.7	4.9	5.8	6.0	7.5	9.8	13.6
Feb.	5.6	6.8	1.7	1.4	-0.6	-2.2	2.0	1.9	0.8	1.0	-0.1	1.2	1.3	0.4	-0.1	0.5	-0.4	0.6	0.9	0.7	0.3	0.3	-0.8	-3.7	-7.9	-6.8	-8.5	-9.1	0.0	0.0	0.0
Jan.	3.9	3.4	2.6	2.5	3.8	7.2	8.5	6.2	5.0	3.0	3.6	3.9	0.5	-2.4	-3.5	-2.1	-0.1	0.0	2.5	0.1	-0.5	-2.6	-4.7	-1.1	-0.1	-0.1	3.1	1.4	3.2	5.0	0.0
Dec.	1.1	0.6	0.2	-0.5	-1.1	2.2	1.2	4.2	2.8	-0.7	5.2	10.0	4.2	3.5	6.4	3.0	1.0	0.5	-0.7	-1.3	-1.7	-1.7	-0.6	3.3	2.0	2.9	6.9	7.2	2.8	1.5	1.3
Nov.	3.8	8.4	8.0	8.0	6.4	6.2	6.8	6.3	8.2	7.7	7.5	7.6	7.5	4.7	3.0	3.7	5.6	5.2	3.6	1.8	1.3	5.3	5.1	6.5	4.7	4.7	2.4	-0.4	0.2	2.5	0.0
Okt.	8.5	9.1	13.0	13.5	14.6	11.8	7.2	7.6	9.1	9.5	13.5	14.0	12.6	9.9	11.5	12.6	13.6	14.1	13.4	9.6	9.9	9.7	9.9	7.3	8.4	10.6	9.6	7.8	7.8	4.6	2.1
Szep.	21.6	20.8	14.9	14.4	14.7	17.6	16.1	14.4	18.1	20.9	22.5	16.7	15.9	20.0	15.7	17.7	16.6	13.2	15.1	14.8	11.7	13.5	11.1	11.8	13.6	16.4	14.1	11.5	10.4	9.2	0.0
Aug.	26.5	27.1	26.9	28.0	27.5	27.0	17.4	20.4	25.0	27.2	27.2	24.6	17.7	19.5	20.8	21.7	22.7	23.7	24.5	18.1	17.4	16.3	15.6	16.0	21.3	22.8	25.3	20.2	18.2	18.3	20.1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

9. ábra – 2017-2018-as termesztési szezon napi átlag hőmérsékleti adatai (Debrecen)

A 30 éves átlaghoz mérten 148.5 mm-el több csapadék hullott le, illetve 1 °C-kal magasabb volt az éves átlag hőmérséklet (9. ábra). A tenyésztés során a levél-, szár- és kalászbetegségek átlagosnál kisebb mértékben, kalászfuzáriózis egyáltalán nem voltak tapasztalhatóak a tavaszi szárazságnak és melegnek, illetve a fungicidkezelésnek köszönhetően. Május második felében volt tapasztalható megdőlés elsősorban a nagy műtrágyakezelésű állományok esetében (N₁₅₀PK), kivétel ez alól a GK Csillag és a Hybiza.



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

3. 3. 2. 2018/2019-es termesztési szezon jellemzése

Az második évjárat során az őszi hónapok rendkívül nyáriasak és szárazak voltak, amelyek kedvezőtlenül hatottak a magvak csírázására és kelésére. A szeptemberi (20.6 mm; 30_{átl}: 47.5 mm) és az októberi időszak (10.1 mm; 30_{átl}: 37.9 mm) is szűkölködött csapadék terén, míg a havi átlag hőmérséklet 1.3-1.9 °C-kal magasabb volt a 30 éves átlaghoz mérten (10. ábra). November sem hozott kedvezőbb időjárási feltételeket, azonban a decemberi átlagos időjárás már elősegítette a növények megerősödését és télre történő felkészülését. A januárt tekintve az mondható el, hogy az átlagoshoz képest zordabb volt (-2.4 °C; 30_{átl}: -1.4 °C), átlagos csapadék mennyiség mellett (11. ábra). A száraz, mostoha (szeles, meleg) ökológiai feltételek tovább folytatódtak februárban (6.7 mm és 2.6 °C; 30_{átl}: 31 mm; 0.1 °C), márciusban (9.4 mm és 8.1 °C; 30_{átl}: 30.2 mm és 5.1 °C) és április egy részében is, amelyek negatív kihatással voltak a növény állomány bokrosodására és kalásziniciálódására. Az április végi (52.8 mm) és májusi (103.7 mm) komolyabb mennyiségű csapadék tudta balanszírozni az elmúlt hónapok hatásait. Emellett a májusi hónap igen hűvösnek (13.1 °C; 30_{átl}: 16.6 °C) volt mondható, amely részben kompenzálta az előző időszak ökológiai hatásait és elősegítette a generatív folyamatok megfelelő lefolyását. Mindazonáltal a júniusban tapasztalható meleg (22.0 °C; 30_{átl}: 19.4 °C) és szárazabb időjárás felgyorsította az érési folyamatokat, amelyet a májusban lehullott csapadék által generált talaj vízkészletek kompenzálni tudtak.

Jún.	18.9	19.6	20.3	21.3	18.5	18.4	20.9	22.5	23.5	24.2	23.9	24.6	25.0	25.8	26.4	24.9	19.5	21.2	20.9	21.1	19.6	21.0	20.7	22.8	24.2	25.8	23.2	18.9	18.9	23.1	0.0	
Máj.	12.9	13.2	13.9	11.5	8.4	4.6	8.4	10.2	8.3	11.1	13.5	16.6	13.9	8.0	9.2	11.1	14.5	17.4	17.5	15.2	14.8	13.0	12.9	13.4	16.1	18.5	17.7	15.7	15.8	12.5	15.3	
Ápr.	12.5	11.3	11.1	12.3	15.5	9.8	12.4	14.9	16.1	14.2	10.4	8.5	8.1	10.9	10.5	9.9	10.5	12.5	13.4	12.8	13.9	13.0	11.2	15.1	18.6	20.8	14.7	8.8	10.4	9.2	0.0	
Már.	6.4	3.8	4.7	10.2	9.7	6.8	11.3	9.7	10.3	9.0	8.1	3.4	4.9	6.4	6.9	8.2	12.9	10.9	8.2	7.4	6.0	8.8	10.6	10.5	9.6	6.6	4.4	4.7	9.2	10.7	10.5	
Feb.	1.3	6.4	6.3	2.2	1.5	1.3	-0.5	0.9	1.8	2.2	5.3	1.9	1.4	2.7	4.6	2.3	3.4	3.0	3.5	2.8	4.2	1.6	-2.8	-1.9	1.8	3.1	5.6	7.2	0.0	0.0	0.0	
Jan.	0.9	1.2	-1.6	-4.5	-5.1	-3.9	-6.3	-7.9	-3.5	-3.2	-5.5	-4.5	-1.2	0.4	-2.3	1.3	1.4	1.2	-2.2	-2.2	-4.5	-4.9	-3.3	-3.1	-3.3	-3.7	-2.3	0.3	-1.3	-1.2	-0.8	
Dec.	-6.4	-1.3	3.3	4.7	2.8	-1.4	-0.1	0.3	2.7	2.2	-0.4	0.1	-1.4	-1.4	-1.2	-2.2	-3.2	-7.1	-7.9	-5.6	-0.7	2.2	2.9	1.8	-1.0	-0.8	-0.2	1.6	1.2	1.8	1.6	
Nov.	15.1	17.2	16.6	13.9	8.3	6.9	7.3	6.6	6.2	4.3	6.5	10.8	9.5	9.6	6.7	5.5	3.7	2.6	2.3	3.1	4.6	2.9	4.5	6.1	7.2	5.9	0.1	-0.3	-1.7	-5.4	0.0	
Okt.	10.3	9.9	10.4	7.4	8.8	12.5	14.7	15.9	14.9	14.5	14.0	12.8	13.0	12.7	11.2	11.3	12.3	13.4	13.6	13.8	10.2	10.6	11.0	8.8	5.3	9.3	14.9	18.0	18.5	17.0	11.9	
Szep.	23.1	24.1	22.3	18.9	19.7	19.5	19.1	19.6	19.0	17.9	19.0	20.0	20.1	21.2	20.3	17.2	16.4	17.4	19.3	19.5	19.2	14.0	14.5	12.4	8.7	7.8	10.7	11.7	11.4	9.9	0.0	
Aug.	24.8	23.0	23.8	24.1	24.7	25.0	24.8	25.0	24.8	25.7	24.5	23.4	24.6	26.2	21.0	21.9	22.6	24.0	25.6	24.3	24.5	25.0	23.5	24.4	23.8	16.4	17.5	18.9	20.3	19.9	20.8	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

11. ábra – 2018-2019-es termesztési szezon napi átlag hőmérsékleti adatai (Debrecen)

A 30 éves átlaghoz mérten 28.8 mm-el kevesebb csapadék hullott le, illetve 1 °C-kal magasabb volt az éves átlag hőmérséklet (12. ábra). A tenyésztés során a levél-, szár- és kalászbetegségek átlagosnál mérsékelt mértékben voltak tapasztalhatók a júniusi szárazság és meleg, illetve a fungicidkezelés jóvoltából. A tavaszi szárazság

következtében kisebb növénymagasság volt megfigyelhető az állományban, amelynek köszönhetően nem volt jellemző a megdőlés.

Jún.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.8	0.0	0.0	4.2	6.2	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Máj.	3.2	0.0	0.0	1.0	6.2	7.5	29.2	0.0	0.0	5.3	1.0	0.0	0.0	0.0	3.8	2.0	0.3	0.0	0.0	9.0	0.5	0.0	2.0	10.2	2.0	0.0	0.0	2.5	3.0	15.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Ápr.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	4.0	0.0	1.2	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	4.0	2.0	0.0	0.0	4.4	13.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Már.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Feb.	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Jan.	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	3.2	0.0	10.5	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Dec.	0.0	0.0	0.8	7.5	1.5	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	1.8	0.3	0.0	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	14.2	7.8	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Nov.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	9.0	4.6	4.0	0.0	0.5	15.3	16.8	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Okt.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	2.5	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Szep.	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	9.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Aug.	2.8	0.0	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	14.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	48.5	0.0	0.0	19.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31					

12. ábra – 2018-2019-es termesztési szezon napi csapadék adatai (Debrecen)

Összegezve, az első termesztési szezon esősebb (642.4 mm), a második (465.1 mm) egy átlagos évjáratnak tekinthető a 30 éves átlaghoz hasonlítva (493.9 mm). Hőmérsékletet tekintve mind a két évjárat (2018: 10.3 °C; 2019: 10.4 °C) éves átlaga 1 °C-kal volt melegebb a 30 éves átlaghoz (9.3 °C) viszonyítva. Azaz elmondható, hogy egyik termesztési szezon se volt optimálisnak tekinthető a növény vegetatív és generatív fejlődése szempontjából.

4. EREDMÉNYEK

4. 1. Az elővetemény kísérlet statisztikai elemzése

4. 1. 1. Az elővetemény kísérlet varianciaanalízis eredményeinek elemzése

Eredményeim elemzése alapján mind a 4 vizsgált tényező (fajta, elővetemény, évjárat és műtrágyázás) statisztikailag bizonyítható hatással volt számos kísérleti paraméterre. A főbb mutatószámok az alábbiak szerint alakultak: fehérjetartalom 7.5-13.1%, 14.9-32.5% nedves siker, 287-420 s esésszám, 19.4-70.7 (C2-A2) valorigráfos értékszám, 2714-8871 kg/ha terméshozam és 680-1030 cm³ cipótérfogat.

A műtrágyázás (N₉₀PK: 6865 kg/ha; N₁₅₀PK: 7180 kg/ha) nagy mértékben (+54%; +61%) növelte a terméshozamot a kontroll mintákhoz (4449 kg/ha) képest, azonban az első műtrágya adag elegendőnek bizonyult, hiszen a 2. adagnak már nem volt szignifikáns javító hatása (12. táblázat). Ezen eredmények egybehangoztak *Yang et al.* (2017) eredményeivel. A kutatók által ajánlott N műtrágya mennyisége a terméshozam maximalizálásának érdekében jelentősen eltér: 60-200 kg/ha (2. táblázat). A 2017/2018-as (6769 kg/ha) termesztési szezon pozitív hatással (átlagosan +27%) volt a hozam alakulására a 2018/2019-eshez (5560 kg/ha) hasonlítva, azonban ez nem volt statisztikailag alátámasztható. A jelenség magyarázatára *Márton* (2008), *Pepó* (2010a) és *Gooding et al.* (2017) már kitért, miszerint a szemfeltöltődés során bekövetkező nagy mértékű csapadék kedvezően hathat a hozamra.

12. táblázat – A terméshozamok alakulása az elővetemény kísérletben (kg/ha)

Év	Búzafajta	Elővetemény	Kontroll	N ₉₀ PK	Termés %	N ₁₅₀ PK	Termés %
					kontrollhoz képest		kontrollhoz képest
2018	GK	Csem. kuk.	5795	7216	125%	6425	111%
	Öthalom	Napraforgó	3610	6046	167%	7821	217%
	Mv Ispán	Csem. kuk.	6806	8871	130%	8505	125%
		Napraforgó	2714	8710	321%	8708	321%
2019	GK	Csem. kuk.	3276	5202	159%	6298	192%
	Öthalom	Napraforgó	3285	5083	155%	5650	172%
	Mv Ispán	Csem. kuk.	5335	7408	139%	7154	134%
		Napraforgó	4772	6380	134%	6880	144%
<i>Átlagok:</i>			4449	6865	154%	7180	161%

2018-ban a kontroll kezelés mintákat tanulmányozva az tapasztalható, hogy a csemegekukorica előveteményes búzák (6301 kg/ha) szignifikánsan magasabb terméstöbbséget adtak, mint a napraforgósok (3162 kg/ha). Hasonló eredményeket realizált *Pepó* (2010c) is, nevezetesen az elővetemények hatását elsősorban kontroll kezelések mellett lehet tapasztalni, amely különbségek a műtrágyázással jelentősen mérsékelhetők.

13. táblázat – A tényezők hatása a vizsgált paraméterekre – 1. rész (Debrecen)

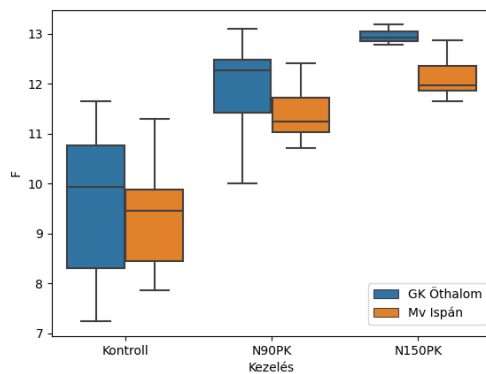
Év	Fajta	Ev.	Kezelés	TH (kg/ha)	F (%)	ZI (cm ³)	NS (%)	SZS (%)	HT (%)	NIR _F (%)	NIR _{NS} (%)
2018	GK Öthalom	Csemegekuk.	∅	5795	8.8	20.4	16.7	5.9	1.56	8.4	16.9
			N ₉₀ PK	7216	12.0	32.4	25.2	8.9	1.49	12.6	27.1
			N ₁₅₀ PK	6425	13.1	36.7	28.3	9.8	1.50	13.7	29.8
		Napraforgó	∅	3610	7.5	15.6	16.6	5.8	1.53	7.1	12.9
			N ₉₀ PK	6046	11.3	29.5	24.7	8.6	1.50	11.9	24.9
			N ₁₅₀ PK	7821	12.4	32.5	29.2	10.2	1.52	12.9	27.5
	Mv Ispán	Csemegekuk.	∅	6806	9.6	25.9	20.7	7.1	1.60	10.4	19.9
			N ₉₀ PK	8871	12.0	35.1	27.1	9.3	1.59	13.1	26.9
			N ₁₅₀ PK	8505	12.8	38.2	28.8	9.9	1.66	13.8	28.6
Napraforgó		∅	2714	8.2	20.7	16.1	5.6	1.66	9.6	17.1	
		N ₉₀ PK	8710	10.9	31.5	24.8	8.4	1.69	12.3	24.6	
		N ₁₅₀ PK	8708	12.0	35.0	27.6	9.5	1.80	13.4	27.8	
2019	GK Öthalom	Csemegekuk.	∅	3276	10.7	26.7	21.1	7.6	1.70	10.9	23.0
			N ₉₀ PK	5202	12.6	34.3	30.4	10.9	1.62	13.2	28.7
			N ₁₅₀ PK	6298	13.0	34.9	28.7	10.3	1.65	13.6	29.5
		Napraforgó	∅	3285	11.1	31.4	22.6	8.1	1.76	11.9	25.8
			N ₉₀ PK	5083	12.0	35.5	25.5	9.2	1.71	13.0	28.1
			N ₁₅₀ PK	5650	12.9	40.4	27.8	10.1	1.73	13.9	30.0
	Mv Ispán	Csemegekuk.	∅	5335	9.7	25.8	20.2	7.0	1.82	10.8	21.3
			N ₉₀ PK	7408	11.3	30.0	25.1	8.5	1.92	12.5	25.7
			N ₁₅₀ PK	7154	11.8	32.2	27.3	9.4	1.90	13.1	27.3
Napraforgó		∅	4772	9.9	27.0	21.1	7.4	1.94	11.2	23.0	
		N ₉₀ PK	6380	11.0	30.1	24.8	8.6	1.82	12.4	25.7	
		N ₁₅₀ PK	6880	11.9	33.0	27.5	9.6	1.90	13.2	28.1	
LSD _{5%} (Év):				1451	0.6	2.4	1.8	0.6	0.04	0.7	1.8
LSD _{5%} (Fajta):				1421	0.6	2.5	1.8	0.6	0.05	0.7	1.9
LSD _{5%} (Elővetemény):				1513	0.6	2.5	1.8	0.6	0.06	0.7	1.9
LSD _{5%} (Kezelés):				1413	0.5	1.9	1.2	0.5	0.07	0.5	1.4

Rövidítések: TH= terméshozam; F= fehérje; ZI= Zeleny index; NS= nedves sikér; SZS= száraz sikér;

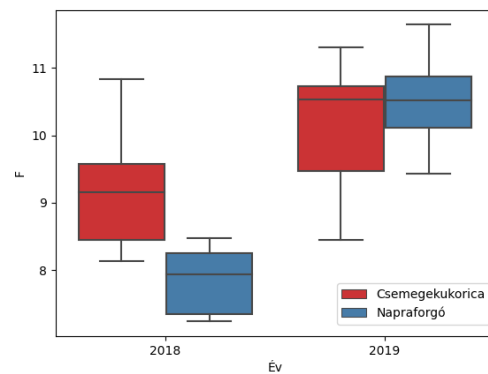
HT= hamutartalom; NIR_F= NIR fehérje; NIR_{NS}= NIR nedves sikér

Az Mv Ispán (6322 kg/ha) fajta jelentősen nagyobb (+31.7%) hozamot produkált, mint a GK Öthalom (4799 kg/ha) 2019-ben, mivel egyes fajták között akár 2-4 t/ha termés differencia is tapasztalható (*Ágoston és Pepó, 2005*). Általánosságban véve, csak az N₉₀PK dózis tudta szignifikánsan javítani a terméshozamot, további emelése a műtrágyának nem hozott észlelhető eredményt, amely megállapítás további bizonyítékot szolgáltat a *Borgh* (1999) és *Garrido-Lestache et al.* (2004) által deklaráltaknak. A terméshozammal kapcsolatos mérési eredmények kihangsúlyozzák a fajtaválasztás fontosságát, hiszen figyelemre méltó differenciák tapasztalhatók az eltérő fajtáknál azonos agrotechnika mellett.

A standard mérések elvégzése előtt NIR-es vizsgálatokat hajtottam végre a mintákon, hogy egy alapvető képet kapjak a minták nedvesség, fehérje és nedves siker tartalmáról (13. táblázat). Mind a két tápanyag dózis (K: 10.0%; N₉₀PK: 12.6%; N₁₅₀PK: 13.5%) szignifikáns javulást okozott a NIR fehérje tartalmat tekintve. A 2019-es (12.5%) termesztési szezon NIR_F értékei jelentősen magasabbak voltak az elsőhöz képest (11.6%), azonban sem az elővetemények, sem a fajták között nem volt észrevehető különbség. Kontroll kezelés esetén 2018-ban az Mv Ispán, 2019-ben N₁₅₀PK dózis mellett pedig a GK Öthalom produkált szignifikánsan magasabb NIR-es fehérjetartalmat, amely azt sugallja, hogy a szegedi fajta jobb műtrágya reakciós tulajdonsággal, a martonvásári pedig kedvezőbb természetes tápanyag hasznosító képességgel rendelkezett. A fehérjetartalomhoz hasonlóan, a NIR-es nedves sikért is szignifikánsan javította mind a két műtrágya adag (K: 20%; N₉₀PK: 26.5%; N₁₅₀PK: 28.6%), illetve a 2019-es (26.3%) szezon kedvezőbb évjáratnak bizonyult, mint a 2018-as (23.7%) a siker mennyiség alakulására, azonban általánosságban sem az elővetemények, sem a fajták nem különböztek szignifikánsan. A műtrágyakezelés nélküli búzáknál a napraforgós minták (18.4%) NIR_{NS} értékei szignifikánsan magasabbak voltak, mint a csemegekukoricásak (15%) 2018-ban. Ezenfelül 2019-ben a GK Öthalom (27.5%) genotípus szignifikánsan magasabb értékeket adott, mint az Mv Ispán (22.1%).



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



14. ábra – Az évjárat és az elővetemény hatása a fehérjetartalomra

Áttérve a standard módszerekre, mind a két műtrágya dózis (K: 9.4%; N₉₀PK: 11.7%; N₁₅₀PK: 12.5%) szignifikánsan növelte a fehérjetartalmat, ellenben az évjáratok, az elővetemények és a fajták között nem volt szignifikáns különbség (13. ábra). A kontroll mintákat vizsgálva 2018-ban (14. ábra) azt állapítottam meg, hogy a csemegekukorica előveteményesek (9.2%) kifejezetten magasabb F értéket adtak, mint a napraforgósok (7.9%). A GK Öthalom 2019-ben (12.1%) szignifikánsan nagyobb fehérjetartalmat adott, mint az Mv Ispán (10.9%). Az eredményeim egybehangzanak a *Masauskiene és Ceseviciene* (2005) és *Fuertes-Mendizábal et al.* (2010) által deklaráltakkal.

A nedves sikértartalmat mind a két tápanyagkezelés (K: 19.4%; N₉₀PK: 25.9%; N₁₅₀PK: 28.2%) nagy mértékben növelte, akárcsak *Litke et al.* (2018) cikkében. Ugyanakkor általánosságban sem az elővetemények, sem az évek, sem a fajták között észlelhető differencia nem volt realizálható. Az előveteményeket tekintve *Stoeva és Ivanova* (2009) hasonló megállapításokra jutott. Az N₉₀PK dózis mellett 2019-ben, a GK Öthalom (27.9%) szignifikánsan nagyobb NS értékeket produkált, mint az Mv Ispán (24.9%). A nedves sikerhez hasonlóan a száraz sikért is statisztikailag bizonyíthatóan javította a műtrágyázás (K: 6.8%; N₉₀PK: 9.1%; N₁₅₀PK: 9.8%). Mindamellett, 2019-ben a műtrágyakezelés nélküli búzák száraz sikértartalma szignifikánsan javult a csemegekukorica elővetemény (7.9%) mellett, a napraforgóhoz (7.2%) hasonlítva, mi több a műtrágyázott minták esetén a GK Öthalom adta a magasabb száraz sikért az Mv Ispánhoz mérten, amely azt jelenti, hogy a GK Öthalom jobb minőségi műtrágya hasznosító tulajdonsággal bír.

Mind a két műtrágya (K: 24.2 cm³; N₉₀PK: 32.3 cm³; N₁₅₀PK: 35.4 cm³) dózis lényegesen javította a Zeleny indexet, a többi vizsgált faktor viszont nem volt kihatással

a mutatószámra. Hasonló konklúziót vont le *Stoeva és Ivanova* (2009) is kísérletükben. Más szerzők kísérletében sem eredményezett a 80 kg/ha feletti N műtrágya statisztikailag alátámasztható javulást (*Jakab et al.*, 2017; *Dobraszczyk*, 2008), ugyanakkor *Horváth* (2004) szerint 160 kg/ha N is szignifikáns lehet. Az első termesztési szezonban, a kontroll búzáknál a csemegekukorica (23.2 cm³) szignifikánsan jobb körülményeket hagyott maga után, mint a napraforgó (18.2 cm³), amely jól látszódtott a ZI értékeken is. Ezenfelül 2019-ben a GK Öthalom (33.9 cm³) jelentősen jobb szedimentációs értékeket adott, mint az Mv Ispán (29.7 cm³), amely alátámasztja *Lukow és McVetty* (1991) megállapításait. Érdekesképpen, a kontroll búzák esetében a napraforgós (29.2 cm³) minták szignifikánsan magasabb Zeleny indexet adtak, mint a csemegekukoricások (26.2 cm³).

A 2019-es (1.79) termesztési évben a hamutartalmak szignifikánsan magasabbak voltak, mint a 2018-as évben (1.59). A fajtákat tekintve az Mv Ispán (1.78) jelentősen magasabb hamutartalommal bírt a GK Öthalomhoz (1.61) hasonlítva, azonban a műtrágyázás és az elővetemények nem okoztak változást, így mérési eredményeim ellentmondanak *Cho et al.* (2018) kijelentésének.

A műtrágyázás hatása a sikér minőségre jól megmutatkozott a glutén index és sikér terület alakulásában, hiszen a műtrágya mennyiségének növelésével (K: 95.5%; N₉₀PK: 83.4%; N₁₅₀PK: 80.2%) szignifikánsan csökkent a sikér erőssége szintúgy, mint *Massoudifar et al.* (2014) kísérletében. Ráadásul a két vizsgált genotípus közötti differencia szintén jelentős volt (GK Öthalom: 90%; Mv Ispán: 82.7%), mi több a termesztési szezonok is szignifikánsan különböztek (2019: 93.9%; 2018: 78.9%), hasonlóan *Masauskiene és Ceseviciene* (2005) kísérleteiben találtakkal. Az elővetemények között viszont nem volt észlelhető különbség.

A sikér területét tekintve azt tapasztaltam elsősorban, hogy a fajták nem különböztek egymástól, viszont a 2018-as év (1.3 mm) jelentősen magasabb területet adott, mint a 2019-es (0.55 mm). A napraforgó után (1.13 mm) termesztett minták kifejezetten nagyobb sikér területet produkáltak, mint a csemegekukoricások (0.72 mm), ugyanakkor a műtrágya mennyiségének (K: 0.56 mm; N₉₀PK: 1.04 mm; N₁₅₀PK: 1.17 mm) növelésével az ST értékek is statisztikailag bizonyíthatóan nőttek, ahogyan *Pollhamer* (1965; 1973) is leírta cikkeiben. A 2019-es szezonban, az Mv Ispán (0.68 mm) fajta szignifikáns mértékben nagyobb területet adott, mint a GK Öthalom (0.42 mm). Összegezve, a műtrágyázás növelése, a magas áprilisi és májusi hőmérséklet, a nagy mennyiségű éves csapadék és a napraforgó elővetemény szignifikánsan csökkentették a sikér erősségét.

14. táblázat – A tényezők hatása a vizsgált paraméterekre – 2. rész (Debrecen)

Év	Fajta	Ev.	Kezelés	Valorigráf							
				GI (%)	ST (mm)	ESZ (s)	VVF (%)	VÉSZ	VTK (perc)	VST (perc)	VEL (VÉ)
2018	GK Öthalom	Csemegekuk.	∅	98.7	0.4	374	53.7	33.1	1.4	2.6	155
			N ₉₀ PK	87.0	1.0	356	56.4	44.8	2.0	7.1	130
			N ₁₅₀ PK	81.2	0.8	343	57.1	49.5	2.3	8.5	118
		Napraforgó	∅	98.3	0.6	365	53.8	22.7	1.0	2.3	195
			N ₉₀ PK	71.2	1.8	402	55.4	41.7	1.8	6.3	139
			N ₁₅₀ PK	62.9	2.9	390	56.4	45.9	2.0	7.1	134
	Mv Ispán	Csemegekuk.	∅	83.5	1.4	382	58.2	34.8	1.1	3.1	145
			N ₉₀ PK	69.4	1.5	390	61.3	49.6	2.3	8.0	123
			N ₁₅₀ PK	66.3	1.1	387	61.8	54.8	2.5	8.8	108
		Napraforgó	∅	92.2	0.8	370	58.4	25.5	1.0	1.9	171
			N ₉₀ PK	63.7	1.4	377	61.1	44.2	1.6	6.4	131
			N ₁₅₀ PK	71.8	1.9	394	62.5	50.6	2.0	7.9	110
2019	GK Öthalom	Csemegekuk.	∅	98.5	0.0	390	55.7	37.3	1.5	4.5	147
			N ₉₀ PK	94.8	0.7	396	57.1	59.6	2.6	11.3	88
			N ₁₅₀ PK	94.4	0.3	391	57.1	64.1	3.0	11.9	80
		Napraforgó	∅	98.6	0.3	378	56.1	47.9	2.1	7.1	116
			N ₉₀ PK	97.2	0.6	403	56.2	57.1	2.9	9.9	91
			N ₁₅₀ PK	97.5	0.7	391	56.7	64.9	3.8	11.8	75
	Mv Ispán	Csemegekuk.	∅	97.1	0.3	384	59.1	32.7	1.4	3.0	160
			N ₉₀ PK	90.0	0.4	388	60.2	41.1	1.5	5.6	145
			N ₁₅₀ PK	82.6	0.7	393	59.7	47.4	2.0	7.0	123
		Napraforgó	∅	97.0	0.7	389	59.4	35.3	1.5	3.6	153
			N ₉₀ PK	94.1	0.9	380	59.7	41.8	1.5	4.7	130
			N ₁₅₀ PK	85.1	1.1	380	59.5	46.0	1.8	6.6	120
LSD _{5%} (Év):				4.4	0.3	8	1.0	4.4	0.3	1.2	12
LSD _{5%} (Fajta):				5.1	0.3	8	0.5	4.5	0.3	1.2	12
LSD _{5%} (Elővetemény):				5.4	0.3	8	1.0	4.6	0.3	1.2	12
LSD _{5%} (Kezelés):				5.7	0.4	10	0.5	4.0	0.3	1.1	12

Rövidítések: GI= glutén index; ST= siker terület; ESZ= esésszám; VVF= valorigráfós vízfelvétel;

VÉSZ= értékszám; VTK= tészta kialakulási idő; VST= stabilitás; VEL= ellágyulás

Az esésszámot analizálva csak az évjáratnak volt statisztikailag bizonyítható hatása, pontosabban 2019-ben (389 s) szignifikánsan magasabb (+3%) értékeket mértem, mint a 2018-ban (377.3 s) akárcsak *Gerő és Tanács* (2003). *Kettlewell* (1999), *Masauskiene és Ceseviciene* (2005) azonban statisztikailag alátámasztható hatását vélte felfedezni a műtrágyázásnak.

A 14-15. táblázat a reológiai mérések eredményeit foglalja össze. Hasonlóképpen *Wooding et al.* (2000) és *Massoudifar et al.* (2014) eredményeihez a valorigráfos vízfelvételt szignifikánsan javították a tápanyagkezelések (N₉₀PK: 58.4%; N₁₅₀PK: 58.9%) a kontroll mintákhoz (56.8%) mérten, azonban sem az elővetemény, sem az évjárat nem okozott észrevehető differenciát. Továbbá, az Mv Ispán (60.1%) jelentősen nagyobb vízfelvételt adott (15. ábra), mint a GK Öthalom (56%), amely megállapítás egyezik *Tanács és Gerő* (2003) méréseivel.

Tanács és Gerő (2003) azon eredményeit, miszerint a fajták nagy mértékű különbséget mutathatnak a valorigráfos értékszámot tekintve, saját eredményeim is megerősítették, mivel a GK Öthalom (47.4) szignifikánsan magasabb VÉSZ értéket adott, mint az Mv Ispán (42). A 2019-es (47.9) év időjárási paraméterei kedvezően hatottak az értékszámra ellentétben a 2018-as évvel (41.4), ráadásul a műtrágyázás (K: 33.7; N₉₀PK: 47.5; N₁₅₀PK: 52.9) is szignifikáns javulást okozott, míg az előveteményeknek nem volt eltérő hatása. Mérési eredményeim megerősítették *Lásztity* (1983), *Nagy és Pepó* (2015) és *Jolánkai et al.* (2016) kijelentéseit az értékszámokkal kapcsolatban. Az első termesztési szezonban a csemegekukorica után vetett minták (44.4) jelentősen magasabb értékszámot produkáltak, mint a napraforgó utániak (38.5), amely alapján megállapíthatjuk, hogy a csemegekukorica sokkalta kedvezőbb kondíciókat teremt előveteményként a búzatermesztéshez, mint a napraforgó. Meglepő módon az N₁₅₀PK dózis mellett 2018-ban az Mv Ispán (52.7) szerepelt jobban (GK Öthalom: 47.7), míg 2019-ban pedig a GK Öthalom (64.5) (Mv Ispán: 46.7).

A műtrágya mennyiségének növelésével a tészta kialakulási idő szignifikáns mértékben nőtt (K: 1.4 perc; N₉₀PK: 2.0 perc; N₁₅₀PK: 2.4 perc), sőt a 2019-es év (2.1 perc) szignifikánsan nagyobb VTK értéket adott, mint a 2018-as (1.7 perc). A genotípusokat összehasonlítva, a GK Öthalom (2.2 perc) észrevehetően magasabb VTK-t produkált, mint az Mv Ispán (1.7 perc). 2018-ban, a csemegekukorica, mint elővetemény (1.9 perc) növelte a tészta kialakulási időt a napraforgóhoz (1.6 perc) képest. A tészta kialakulási idővel kapcsolatos eredményeim további bizonyítékot szolgáltat a *Cho et al.* (2018) és *Janczak-Pieniazek et al.* (2020) által leírtakéhoz.

A valorigráfos tészta stabilitást észlelhetően növelték a tápanyagkezelések (K: 3.5 perc; N₉₀PK: 7.4 perc; N₁₅₀PK: 8.7 perc), ugyanakkor a 2019-es év (7.3 perc) szignifikánsan magasabb stabilitási értéket adott, a 2018-ashoz (5.8 perc) mérten. A GK Öthalom (7.5 perc) szignifikánsan magasabb stabilitási időt mutatott, mint az Mv Ispán (5.6 perc), habár az évek között nem volt nagy mértékű különbség. Az évjárat, a

fajta és a tápanyagkezelések statisztikailag alátámasztható hatását a tészta stabilitásra korábban *Zecevic et al.* (2013) és *Park et al.* (2014) is megállapították. A kontroll búzákat vizsgálva 2018-ban a csemegekukorica előveteményesek (2.9 perc) jelentősen nagyobb stabilitási időt adtak, mint a napraforgó után termesztettek (2.1 perc), míg 2019-ben az N₉₀PK dózis mellett, a GK Öthalom (10.6 perc) szignifikánsan nagyobb stabilitási értékkel bírt az Mv Ispánhoz (5.2 perc) mérten.

A valorigráfos tészta ellágyulást szignifikánsan javította a műtrágya kijuttatás (K: 155.2 VÉ; N₉₀PK: 122 VÉ; N₁₅₀PK: 108.3 VÉ), emellett a két fajta közül a GK Öthalom (122.2 VÉ) adta a jobb ellágyulási mutatószámokat az Mv Ispánhoz (134.8 VÉ) hasonlítva. A 2019-es (118.9 VÉ) termesztési szezon kedvezően hatott (csökkent) az ellágyulásra a 2018-ashoz (138.1 VÉ) képest. Az első évben a csemegekukorica (146.7 VÉ) szignifikánsan magasabb ellágyulást mutatott, mint a napraforgó (129.6 VÉ) előveteményes búzáék. Eközben 2019-et tekintve, a GK Öthalom (99.4 VÉ) jelentősen kedvezőbb ellágyulási értékeket adott, mint az Mv Ispán (138.3 VÉ). Az ellágyulással kapcsolatos eredményeim egybefüggték *Gil és Narkiewicz-Jodko* (1998) és *Park et al.* (2014) által megállapítottakkal.

A promiligráfos vízfelvételt (PVF) tanulmányozva az Mv Ispán (51.8%) szignifikánsan jobb promiligráfos vízfelvételt adott, mint a GK Öthalom (49.2%), azonban az elővetemények és az évjáratok között nem volt differencia. A műtrágyázás (N₉₀PK: 50.7%; N₁₅₀PK: 51%) jelentősen javította a vízfelvételt a kontroll mintákhoz képest (49.8%). A két vizsgált genotípus közötti különbség komolyabb volt 2018-ban (Mv Ispán: 53.7%; GK Öthalom: 49.4%), mint 2019-ben (Mv Ispán: 51.3%; GK Öthalom: 49.6%).

A tápanyagkezelés nem volt kihatással a promiligráfos nyújtási ellenállásra (PNYE), ellenben 2019 (481.7 PÉ) szignifikánsan magasabb (+37.6%) PNYE értékeket adott, mint 2018 (350 PÉ). Továbbá, az Mv Ispán (441.5 PÉ) szignifikánsan magasabb nyújtási ellenállást produkált, mint a szegedi fajta (390.2 PÉ), sőt a napraforgó előveteményes (445.8 PÉ) minták szignifikánsan magasabb PNYE értéket mutattak, mint a csemegekukoricásak (385.9 PÉ).

Akárcsak *Wooding et al.* (2000) kísérleteiben, az én méréseim során is a műtrágyázás (K: 98.9 mm; N₉₀PK: 114.5 mm; N₁₅₀PK: 122.8 mm) szignifikánsan növelte a promiligráfos nyújthatóságot (PNY), viszont az elővetemények nem különböztek. A GK Öthalom (115.2 mm) magasabb nyújthatósági értékekkel bírt, mint az Mv Ispán (108.9 mm). Ezenfelül a 2019-es (115.4 mm) év időjárási tényezői kedvezőbbben (+6%)

hatottak a PNY értékekre, mint a 2018-asok (108.7 mm). A nyújtási ellenállásra és nyújthatóságra gyakorolt hatása a fajtáknak korábban (Lukow és McVetty, 1991) írták le.

15. táblázat – A tényezők hatása a vizsgált paraméterekre – 3. rész (Debrecen)

Év	Fajta	Ev.	Kezelés	Promilográf					Alveográf			
				PVF (%)	PNYE (PÉ)	PNY (mm)	PME (PÉ)	PE (cm ²)	P (mm)	L (mm)	P/L	W (x10 ⁻⁴ J)
2018	GK Öthalom	Csemegekuk.	∅	48.6	286	94	295	40	63.6	51.4	1.3	120
			N ₉₀ PK	49.5	374	118	455	70	64.5	94.3	0.7	208
			N ₁₅₀ PK	50.1	382	119	478	72	67.7	108.6	0.6	241
		Nápraforgó	∅	47.8	211	103	214	32	73.9	36.6	2.0	108
			N ₉₀ PK	49.0	298	111	326	50	62.5	87.4	0.7	176
			N ₁₅₀ PK	48.8	286	113	315	49	62.0	101.2	0.6	201
	Mv Ispán	Csemegekuk.	∅	51.1	370	98	395	52	89.7	52.4	1.8	167
			N ₉₀ PK	53.2	332	117	409	62	92.2	83.8	1.1	249
			N ₁₅₀ PK	53.7	361	124	448	73	95.9	87.1	1.1	272
		Nápraforgó	∅	50.2	463	82	469	51	116.8	34.4	3.4	132
			N ₉₀ PK	52.5	401	108	458	64	109.5	60.6	1.9	238
			N ₁₅₀ PK	53.6	436	120	557	83	118.0	75.3	1.6	313
2019	GK Öthalom	Csemegekuk.	∅	49.1	341	112	427	62	70.1	74.1	1.0	194
			N ₉₀ PK	49.4	482	127	658	104	82.9	97.2	0.9	283
			N ₁₅₀ PK	49.7	414	130	600	95	85.1	99.3	0.9	297
		Nápraforgó	∅	49.0	555	107	669	91	91.2	71.5	1.3	227
			N ₉₀ PK	49.6	508	117	687	96	91.1	92.4	1.0	295
			N ₁₅₀ PK	49.6	546	133	785	128	81.7	102.9	0.8	311
	Mv Ispán	Csemegekuk.	∅	50.6	481	97	519	66	93.0	47.3	2.0	169
			N ₉₀ PK	51.3	411	116	503	74	90.0	63.5	1.4	239
			N ₁₅₀ PK	51.1	397	125	529	83	97.1	86.2	1.1	285
		Nápraforgó	∅	51.8	573	99	620	80	108.6	51.1	2.2	207
			N ₉₀ PK	51.6	546	103	630	84	107.7	67.2	1.6	257
			N ₁₅₀ PK	51.6	527	121	671	102	101.0	81.8	1.2	286
LSD _{5%} (Év):				0.7	34	5	44	7	7.2	9.2	0.27	23
LSD _{5%} (Fajta):				0.4	42	6	61	10	4.8	8.5	0.23	26
LSD _{5%} (Elővetemény):				0.7	42	6	60	10	7.0	9.2	0.26	26
LSD _{5%} (Kezelés):				0.8	53	5	72	10	9.0	7.6	0.27	22

Rövidítések: PVF= promilográfus vízfelvétel; PNYE= nyújtási ellenállás; PNY= nyújthatóság; PME= maximális ellenállás; PE= energia

A kontroll mintákhoz (450.8 PÉ) mérten csak az N₁₅₀PK műtrágya dózis (547.9 PÉ) tudta szignifikáns mértékben növelni a promilográfus maximális ellenállást (PME).

A 2019-es év (608.2 PÉ) szignifikánsan magasabb PME értékeket adott, mint a 2018-as (401.5 PÉ), ezzel ellentétben az elővetemények és fajták nem különböztek. Az első évben az Mv Ispán (455.7 PÉ) szignifikánsan magasabb PME értékekkel bírt a GK Öthalomhoz (347.2 PÉ) képest, továbbá ez a differencia még nagyobb volt a kontroll kezeléseket tekintve (Mv Ispán: 431.8 PÉ; GK Öthalom: 254.4 PÉ). Mindezek ellenére a második szezonban, az N₉₀PK dózisznál viszont a GK Öthalom (672.5 PÉ) adta a magasabb maximális ellenállási mutatószámokat az Mv Ispánhoz hasonlítva (566.6 PÉ), sőt a napraforgó előveteményes (677.1 PÉ) minták szignifikánsan magasabb PME értékeket produkáltak, mint a csemegekukoricások (539.3 PÉ)

A promilográfus energia (PE) esetében a műtrágyázás (N₉₀PK: 75.4 cm²; N₁₅₀PK: 85.7 cm²) nagymértékben növelte az értékeket a kontrollokhoz (58.9 cm²) mérve. 2019 (88.7 cm²) szignifikánsan (+52.7%) nagyobb energiákat adott, mint a 2018-as év (58 cm²), de az elővetemények és fajták nem mutattak kiugró eltérést. A fajták eltérően teljesítettek a két termesztési szezonban, hiszen 2018-ban az Mv Ispán (2018: 64.0 cm²; 2019: 81.3 cm²), míg 2019-ben a GK Öthalom (2018: 52.1 cm²; 2019: 96.0 cm²) adott magasabb energia értéket. A napraforgó (96.8 cm²) szignifikánsan jobb körülményeket hagyott maga után a PE érték tekintetében a csemegekukoricához (80.5 cm²) hasonlítva.

Az alveográfus P értéke a napraforgós (93.7 mm) mintáknak szignifikánsan magasabb volt, mint a csemegekukoricás (82.6 mm) búzáké. A genotípusokat vizsgálva, az állapítható meg, hogy az Mv Ispán (101.6 mm) szignifikánsan jobb P értékekkel rendelkezett, mint a GK Öthalom (74.7 mm). *Matuz et al.* (2007) megállapításaival ellentétben az én kísérletem során sem a műtrágyázás, sem az elővetemény nem volt kihatással a P értékre.

Az alveográfus L vizsgálatakor azt tapasztaltam, hogy a mind a kettő műtrágya adag (K: 52.4 mm; N₉₀PK: 80.8 mm; N₁₅₀PK: 92.8 mm) szignifikánsan javította az eredményeket. A GK Öthalom (84.7 mm) szignifikánsan magasabb L értéket adott az Mv Ispánhoz (65.9) mérten, habár az évjáratok és elővetemények nem okoztak eltéréseket az L értéket illetően. Abban az esetben, ha csak a kezelés nélküli búzákat vizsgáltam 2018-ban, a csemegekukoricás (51.9 mm) minták magasabb L értékkel rendelkeztek a napraforgóhoz (35.5 mm) képest.

Általánosságban véve a két termesztési szezon okozta különbségeket nem lehetett realizálni a P/L érték alakulásának vonatkozásában, viszont az Mv Ispán (1.71) jelentősen magasabb számokat adott a GK Öthalomhoz (0.98) viszonyítva. Ezen mérési eredmények alátámasztják *Vazquez et al.* (2019) észrevételeit a fajthatással kapcsolatban az

alveográfus L és P/L értékre. Az elővetemények közül a napraforgó (1.53) szignifikánsan növelte a P/L értéket a csemegekukoricával (1.16) szemben. Csak az N₁₅₀PK dózis (K: 0.99; N150PK: 1.87) volt képes statisztikailag bizonyítható mértékű változást okozni a P/L esetében.

16. táblázat – A tényezők hatása a vizsgált paraméterekre – 4. rész (Debrecen)

Év	Fajta	Ev.	Kezelés	LK (%)	CAH	CT (cm ³)	KS	M _{átl} (μm)	SZT (mg)	SZM (mm)	HI* (%)
2018	GK Öthalom	Csemegekuk.	∅	73.1	1.86	791	19.2	75.0	41.6	3.07	41 ^Á
			N ₉₀ PK	74.5	1.87	873	18.2	83.0	43.5	3.08	51 ^K
			N ₁₅₀ PK	73.2	1.96	900	17.9	84.1	42.7	3.06	53 ^K
		Napraforgó	∅	71.0	1.85	743	18.5	67.1	35.4	2.94	40 ^Á
			N ₉₀ PK	73.7	2.06	795	17.8	81.1	44.7	3.14	49 ^Á
			N ₁₅₀ PK	73.5	2.14	838	18.0	82.9	44.9	3.13	53 ^K
	Mv Ispán	Csemegekuk.	∅	73.4	1.85	756	22.1	79.7	42.3	3.00	57 ^K
			N ₉₀ PK	71.8	2.26	820	22.3	86.6	41.3	2.96	69 ^K
			N ₁₅₀ PK	71.0	2.51	801	22.6	86.9	40.6	2.92	71 ^K
		Napraforgó	∅	71.0	1.95	705	21.4	74.7	39.6	3.03	48 ^Á
			N ₉₀ PK	71.1	2.16	808	22.5	85.4	42.0	2.99	68 ^K
			N ₁₅₀ PK	70.3	2.31	803	23.4	88.3	42.5	2.99	73 ^K
2019	GK Öthalom	Csemegekuk.	∅	68.5	1.75	932	19.2	78.1	41.3	3.01	50 ^Á
			N ₉₀ PK	68.7	1.90	969	18.5	81.1	43.1	3.04	57 ^K
			N ₁₅₀ PK	69.4	1.92	983	19.0	81.9	42.0	3.00	58 ^K
		Napraforgó	∅	68.9	1.86	938	19.4	74.3	40.7	2.98	53 ^K
			N ₉₀ PK	68.5	1.87	998	18.6	78.7	43.0	3.09	53 ^K
			N ₁₅₀ PK	68.8	2.04	997	18.0	78.1	43.2	3.06	56 ^K
	Mv Ispán	Csemegekuk.	∅	67.8	1.76	886	23.4	79.0	38.6	2.93	65 ^K
			N ₉₀ PK	66.9	1.95	935	23.1	81.9	40.0	2.93	75 ^K
			N ₁₅₀ PK	65.5	2.10	955	22.6	83.1	38.1	2.86	79 ^K
		Napraforgó	∅	67.8	1.85	830	22.6	80.3	41.4	2.99	65 ^K
			N ₉₀ PK	66.6	1.95	873	22.8	82.9	39.4	2.90	72 ^K
			N ₁₅₀ PK	66.6	2.21	908	22.5	82.3	37.6	2.84	77 ^K
LSD _{5%} (Év):				0.6	0.08	24	0.9	1.9	1.0	0.03	4
LSD _{5%} (Fajta):				1.1	0.08	34	0.3	1.8	1.0	0.03	3
LSD _{5%} (Elővetemény):				1.1	0.09	35	0.9	1.9	1.1	0.04	5
LSD _{5%} (Kezelés):				1.4	0.09	41	1.1	1.8	1.3	0.04	5

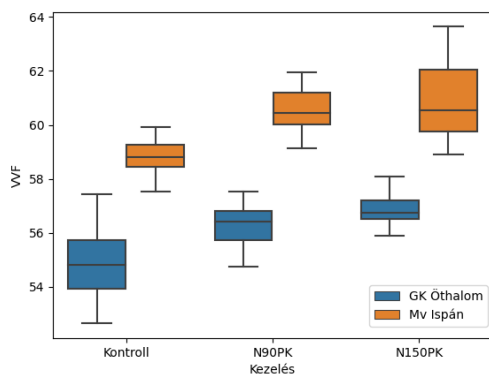
*Hardness index csoportosítás: 0-30 puha; 31-50 átmeneti; 51<kemény szerkezet (Szabó, 2009)

Rövidítések: LK: liszt kihozatal; CAH= cipó alaki hányados; CT= cipó térfogat; KS= keményítő sérültség; Mátl= Malvern átlag szemcseméret; SZT= szemtömeg; SZM= szemméret; HI= Hardness index

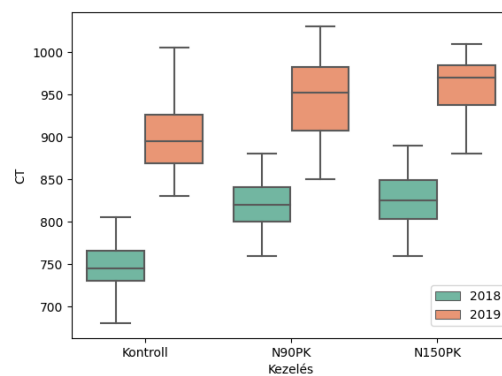
Az alveográfus W értéket mind a két műtrágya dózis (K: 165.5×10^{-4} J; N_{90} PK: 243.1×10^{-4} J; N_{150} PK: 275.7×10^{-4} J) szignifikánsan javította, emellett a 2019-es minták (254.2×10^{-4} J) jelentősen magasabb W -t adtak, mint a 2018-asok (202×10^{-4} J), akárcsak *Guarda et al.* (2004) és *Tóth et al.* (2005) publikációjában. Az első évben, az Mv Ispán (228.6×10^{-4} J) teljesített jobban a GK Öthalomhoz (175.4×10^{-4} J) képest. A napraforgó (217.0×10^{-4} J) 2019-ben jobb előveteménynek bizonyult a csemegekukoricával (181.5×10^{-4} J) szemben. Az alveográfus W , L és P/L értékekre gyakorolt hatását a műtrágyának *Győri et al.* (2003), *Matuz et al.* (2007), *Fuertes-Mendizábal et al.* (2010) szintén lejegyezték már. Ezenfelül az elővetemények közötti differenciát az alveográfus paraméterek viszonylatában már *Borghi et al.* (1995) is deklaráta.

A GK Öthalom (71%) jelentősen magasabb lisztkihozatalt adott (16. táblázat), mint az Mv Ispán (69.2%), míg a műtrágyázás és elővetemény nem volt kihatással az értékek alakulására, amely eredmények egyetértésben vannak *Chantret et al.* (2005) és *Cho et al.* (2018) méréseivel. A csemegekukoricás (72.9%) minták 2018-ban szignifikánsan magasabb lisztkihozatalt adtak, mint a napraforgósak (71.8%), sőt ezek a különbségek még jobban kijöttek a kontroll kezelésű mintáknál (csemegekukorica: 73.2%; napraforgó: 71%).

A műtrágyakezelésben nem részesülő búzák (822.6 cm^3) cipótérfogatát a műtrágyázás (N_{90} PK: 883.7 cm^3 ; N_{150} PK: 897.9 cm^3) szignifikánsan növelte. A genotípusok közül a GK Öthalom (896.1 cm^3) adta a nagyobb térfogatú cipókat Mv Ispánhoz képest (840 cm^3). 2019-ben (933.5 cm^3) szignifikánsan magasabb CT értékeket realizáltam az első termesztési szezonhoz (802.6 cm^3) mérten (16. ábra), habár az elővetemények nem voltak kihatással a cipótérfogatra. *Gil és Narkiewicz-Jodko* (1998), *Stoeva és Ivanova* (2009) méréseihez hasonlóan, 2018-at vizsgálva a csemegekukorica (823.5 cm^3) szignifikánsan nagyobb cipótérfogatot idézett elő a napraforgóhoz (781.7 cm^3) képest. Mindazonáltal 2019-ben N_{90} PK dózis mellett a GK Öthalom (983.1 cm^3) szignifikánsan nagyobb mutatószámokat produkált az Mv Ispánhoz (904.2 cm^3) képest. Az évjárat és a műtrágya hatása teljes egyetértésben állt *Ayoub et al.* (1994), *Wooding et al.* (2000), *Koppel és Ingver* (2003) és *Cho et al.* (2018) megállapításaival. Mindent összevetve az őszi búza cipótérfogati paramétereit jelentősen befolyásolták a fajták genetikai tulajdonságai, a műtrágyázási gyakorlat és az ökológiai feltételek is.



15. ábra – A műtrágya és a fajta hatása a valorigráfós vízfelvételekre

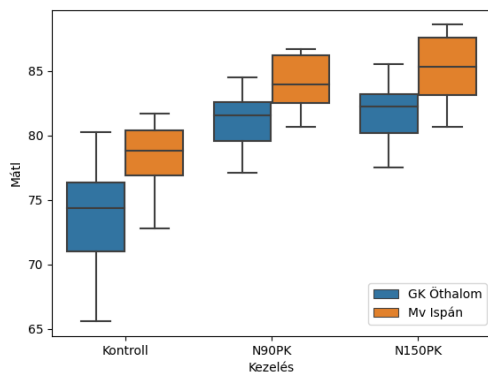


16. ábra – A műtrágya és az évjárat hatása a cipótérfogatra

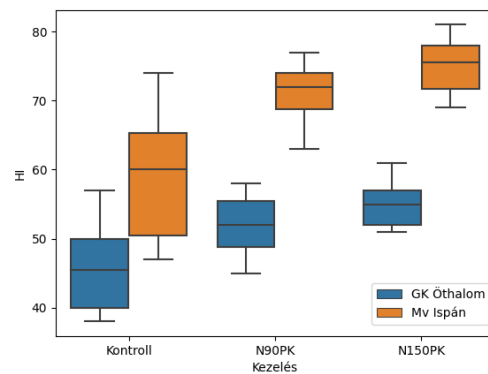
A 2018-ban mért minták (2.07) cipó alaki hányadosai szignifikánsan nagyobbak voltak, mint a 2019-eseké (1.93), míg a fajták közül az Mv Ispán (2.07) produkálta a magasabb CAH értékeket a GK Öthalomhoz (1.92) képest. Mind a kettő műtrágya dózis nagy mértékben növelte a cipó alaki hányadost (K: 1.84; N₉₀PK: 2.0; N₁₅₀PK: 2.15), akárcsak *Pollhamer* (1965) kísérletében. A kontroll kezeléssel búzáknál 2019-ben a napraforgósak (1.85) szignifikánsan magasabb alaki hányadost adtak, mint a csemegekukoricásak (1.76). Jól látható, hogy a kísérlet során betakarított búzák lisztjéből készült lisztek alaki hányadosa beleesett *Gasztonyi* (2004a) ajánlott határértékei közé (1.8-2.1)

A keményítősérülés analízisakor csak a fajták különböztek statisztikailag bizonyítható mértékben, mégpedig az Mv Ispán (22.6) szignifikánsan magasabb keményítősérültséget adott a GK Öthalomhoz (18.5) hasonlítva. A fajtahatást *Lukow és McVetty* (1991) is megállapította már korábbi kísérleteiben. Az eredményeim szemben állnak *Massaux et al.* (2008) cikkeiben összefoglaltakkal, mivel sem a tápanyagkezelések, sem az évjáratok között nem volt észlelhető különbség.

A kontroll minták (76.0 µm) átlag szemcseméretét a műtrágyázás szignifikánsan növelte (N₉₀PK: 82.6 µm; N₁₅₀PK: 84.5 µm), ezzel ellentétben az évek nem különböztek. Ezen eredményeket mérte *Cho et al.* (2018) is. Az Mv Ispán (82.6 µm) statisztikailag bizonyíthatóan magasabb M_{át1} értékeket adott a GK Öthalomhoz (78.8 µm) viszonyítva (17. ábra). Az elővetemények közül a szemcseméretet a csemegekukorica (81.7 µm) növelte a napraforgóhoz (79.7 µm) képest.



17. ábra – A műtrágya és a fajta hatása az $M_{\text{átl}}$ értékre (szemcseméret)



18. ábra – A műtrágya és a fajta hatása a Hardness Indexre

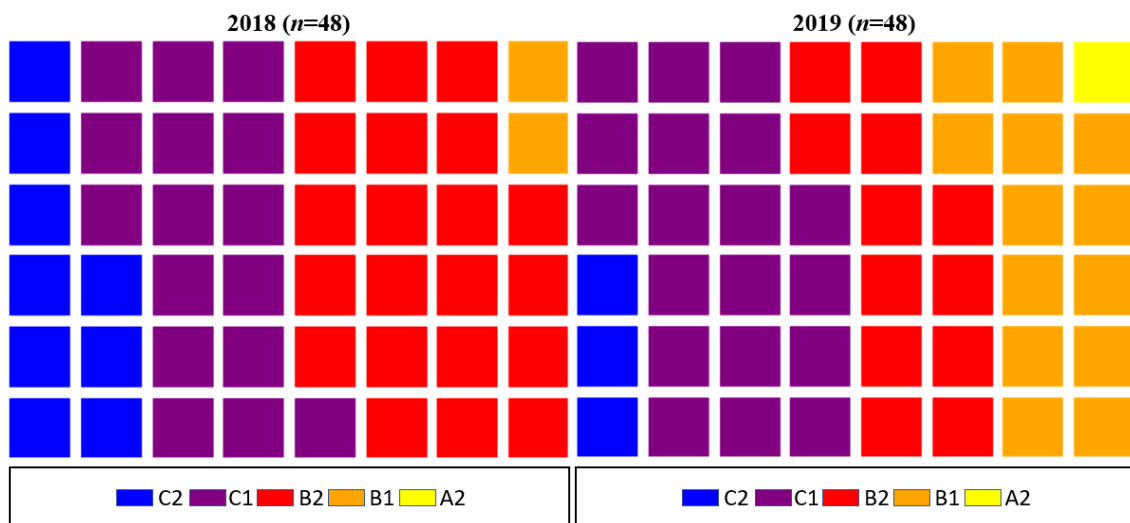
Az SKCS módszer mutatószámait megvizsgálva a 2018-as (41.7 mg) termesztési szezon jelentősen magasabb szemtömeget adott, mint a 2019-es (40.7 mg), amely eredmény alátámasztja *Muchová* (2003), *Montemurro et al.* (2007) és *Hlisnikovskiy et al.* (2014) által mértéket. Emellett a GK Öthalom (42.2 mg) szignifikánsan nagyobb szemtömeget produkált az Mv Ispánhoz (40.3 mg) mérten. *Ducsay és Lozek* (2004) és *Janczak-Pieniazek et al.* (2020) kijelentéseivel ellentétben a kontroll mintákhoz (40.1 mg) viszonyítva a tápanyagkezelések (N₉₀PK: 41.4 mg; N₁₅₀PK: 42.1 mg) nagy mértékben növelték az értékeket. A kontroll kezelés mellett 2018-ban a csemegekukoricás minták (41.9 mg) szignifikánsan nagyobb szemtömeget adott a napraforgósokhoz (37.5) képest. A tápanyagkezelések, a fajták és az elővetemények közötti differenciákat *Borghini et al.* (1995) szintén feljegyezte.

Általánosságban véve a műtrágyázás és az elővetemény nem okozott változást a szemátmérő alakulásában, azonban a 2018-as (3.02 mm) év szignifikánsan nagyobb átmérőket okozott a 2019-es (2.97 mm) évhez viszonyítva. A szemméret fajtaspecifikus tulajdonság, ezt megerősítik a méréseim is, hiszen a GK Öthalom (3.05 mm) fajta nagyobb méretű szemeket adott, mint az Mv Ispán (2.95 mm).

Az előveteményen kívül minden vizsgált tényező befolyásolta a szemkeménység alakulását. Az Mv Ispán (68.3%) szignifikánsan keményebb szemszerkezettel bírt, mint a GK Öthalom (51%). Emellett a 2019-es évi (63.3%) minták szignifikánsan nagyobb Hardness Indexet produkáltak, mint a 2018-asok (55.9%). A műtrágyázás (N₉₀PK: 61.5%; N₁₅₀PK: 65.0%) szintén javította a szemkeménységi értékeket a kontroll mintákhoz (52.3%) mérten (18. ábra). Az eredményeim összhangban állnak *Branlard et al.* (2001), *Chantret et al.* (2005) és *Massoudifar et al.* (2014) publikációival.

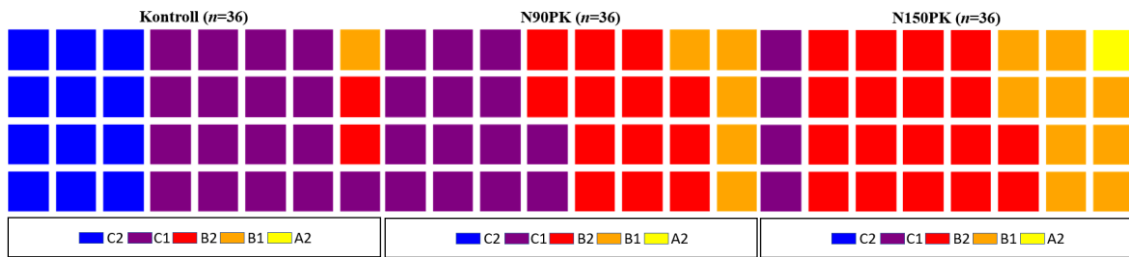
4. 1. 2. Az elővetemény kísérlet valorigráfus értékcsoport eredményeinek elemzése ostya diagramokkal

Az ostya diagramok egy igen informatív és könnyen interpretálható válfaját alkotják a vizualizációknak, különösképpen a valorigráfus értékcsoportok analizálása során. 2018-ban a minták kicsivel több, mint a fele (52%) takarmány (C2-C1), 44%-a B2, a maradék 4% pedig malmi B1 minőséget ért el. 2019-ben a minták 46%-a takarmány, 25%-a B2, 27%-a B1 és 2%-a pedig A2 (javító minőség) volt. Így elmondható, hogy a 2019-es év sokkalta kedvezőbb volt a valorigráfus értékek alakulására, hiszen még javító búza is előfordult (19. ábra).



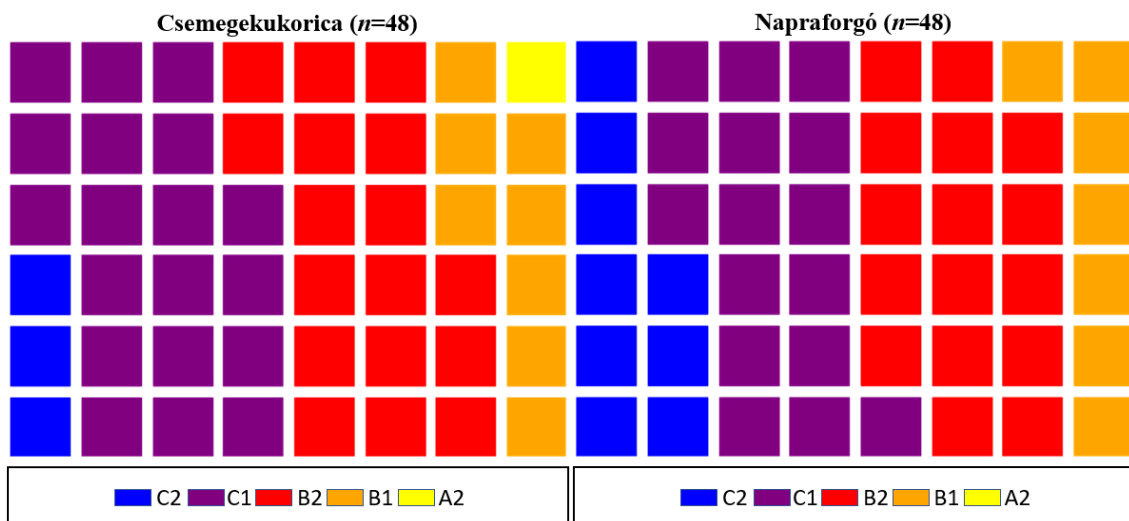
19. ábra – 2018-as és 2019-es év valorigráfus értékcsoport értékeinek összehasonlítása ostya diagramokkal

A műtrágya hatását illetően az realizálható, hogy a kontroll kezelésű minták 91%-a takarmány, míg 9%-a malmi minőségű volt, azaz műtrágyázás nélkül sütőipari célra alkalmas lisztet nem igen lehetett természetni. N₉₀PK dózis mellett a minták 44%-a takarmány, 40.6%-a B2, 15.6%-a B1 minőséget ért el. Ezzel ellentétben az N₁₅₀PK dózis hatását analizálva az látható, hogy jelentősen javította a valorigráfus értékcsoportot, hiszen a minták csupán 13%-a volt takarmány, 56%-a B2, 28%-a B1 és 3%-a javító minőségű (20. ábra).



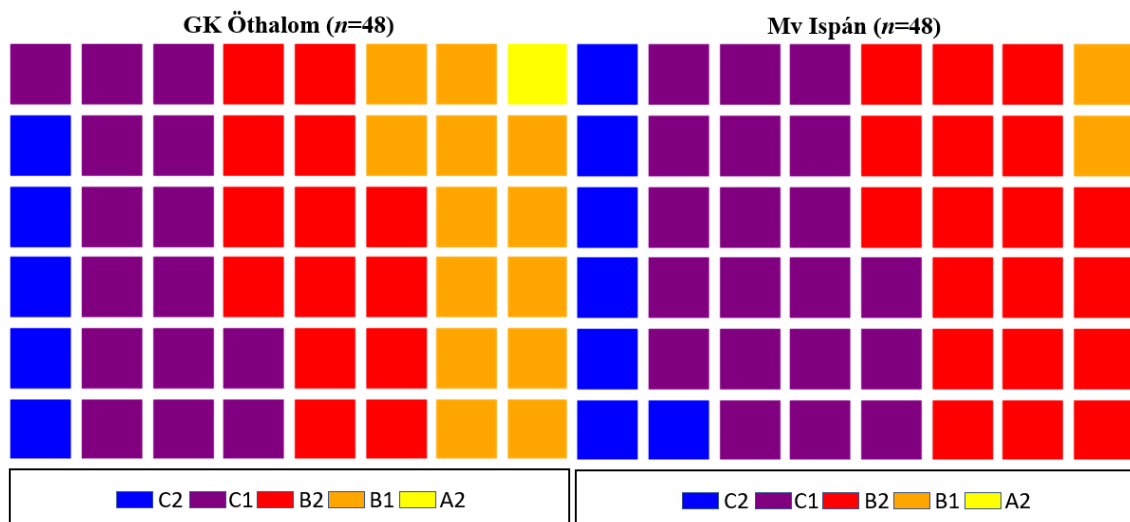
20. ábra – A műtrágyakezelés hatásának összehasonlítása a valorigráfus értékcsoportha ostya diagram segítségével

A kísérlet egyik meghatározó faktora, név szerint az elővetemény nem okozott nagy különbséget a valorigráfus értékcsoporthat illetően. A csemegekukorica esetén a minták 46%-a takarmány, 35%-a B2, 17%-a B1 és 2%-a A2 minőséggel bírt. Ugyanakkor a napraforgós minták 52%-a takarmány, 33%-a B2, valamint 15%-a B1 minőségű volt (21. ábra).



21. ábra – Az elővetemények hatásának vizsgálata valorigráfus értékcsoporthat értékre ostya diagramok által

A két fajta közötti különbséget tekintve, a GK Öthalom szignifikánsan jobban teljesített az Mv Ispánhoz mérten, számszerűsítve 42%-a C2-C1, 29%-a B2, 27%-a B1 és 2%-a A2 minőségű volt a GK Öthalom esetén, míg ezek az értékek Mv Ispán esetében: 56% takarmány, 40% B2 és 4% B1 voltak (22. ábra).



22. ábra – A fajták valorigráfus értékcsoport értékeinek összehasonlítása ostya diagramokkal

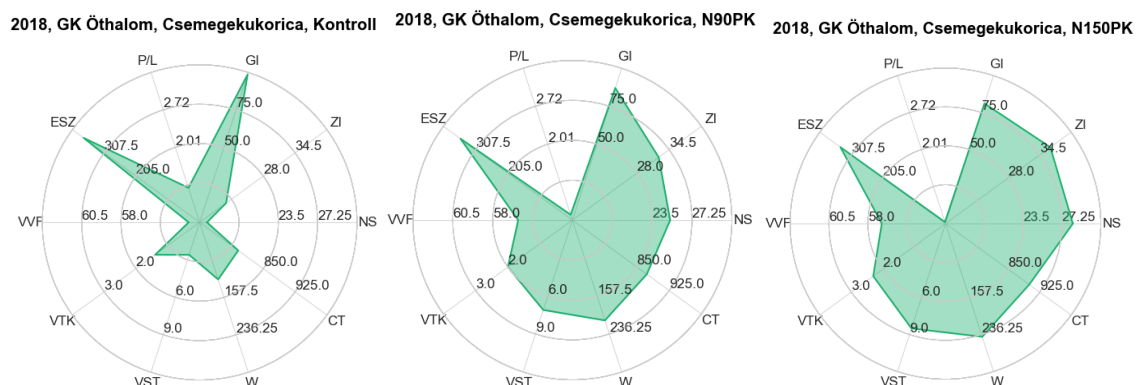
4. 1. 3. Az elővetemény kísérlet komplexradarjainak ismertetése

Az egyik fő célom az volt, hogy kifejlesszek egy olyan informatív és komplex vizualizációt, amely egy pillanat alatt megmutatja egy adott búzaminta komplex sütőipari minőségét, vagy akár a különbséget két vizsgált minta között (23. ábra). Az alap ötletet *Pollhamer* (1981) komplex minőségi értékszámja szolgáltatta, ahol a fehérje, nedves siker, Zeleny index, gáztartó képesség, értékszám, kenyér térfogat, vízfelvevő képesség, kenyér alakhi hányados, siker területkenység és héjtartalom paraméterek felhasználásával készített pókháló diagramot (5. ábra). Ezt a 40 éve kitalált módszert módosítottam és új mutatószámokkal egészítettem ki. A Python program Matplotlib könyvtárát hívtam segítségül, amely lehetőséget ad arra, hogy az egyes tengelyek értéktartományait individuálisan beállíthassam. 10 paramétert választottam ki, amelyek igen széles spektrumát lefedik a búza minőségének, így a: siker mennyiség (NS) és minőség (GI és ZI); esésszám (ESZ); dagasztási tulajdonság (VTK); vízfelvétel (VVF); tészta erősség (VST); tészta nyújthatóság (W és P/L) és próbacipó térfogat (CT) tulajdonságokat. A fentebb említett okok miatt a fehérje helyett a nedves sikértartalmat, emellett a siker terület helyett pedig a glutén indexet választottam ki. A paraméterek és azok tartományának kiválasztásában elsősorban a saját gyakorlati tapasztalok, valamint a magyar (MSZ 6383:2017) és a Pannon búza szabvány (*Bedő, 2008*) előírt kritériumai játszottak szerepet annak érdekében, hogy a kísérletben szereplő minták közötti differenciák minél szemléletesebbek legyenek. Optimálisnak azon ábrák tekinthetők, ahol az NS, ZI, ESZ, VTK, VVF, VST, W és CT paramétereknél minél magasabb értéket

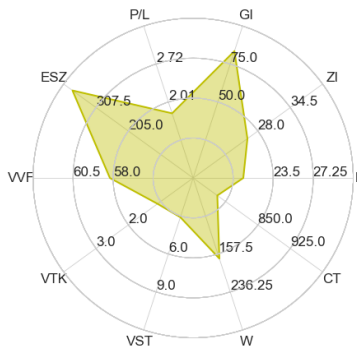
vettek fel, míg a GI esetében a 40-90 között, a P/L esetén pedig ha az első körön belülre esett az érték (1.3 alatt). Az így létrehozott ábrákon az elővetemények, a tápanyagkezelések és az évjáratok hatásai igen jól megfigyelhetők. A két fajtára vonatkozó komplex értékelést külön ábrákon tüntettem fel. Az eredményeim alapján a GK Öthalom esetében 2018-ban az elővetemények között nem volt tapasztalható nagy differencia, azonban mindkét elővetemény mellett a kontrollhoz képest a műtrágyázás nagy mértékben javította a minőségi paramétereket. Ezzel ellentétben, 2019-ben az adott tápanyagkezelés mellett a különböző elővetemények szignifikánsan eltértek egymástól (NS, GI, P/L, VVF, VST és CT tekintetében). A kontrollt kivéve, adott elővetemény esetén a két műtrágyakezelés indifferens hatást gyakorolt a vizsgált attribútumokra.

2018-ban az Mv Ispánt tanulmányozva azt láthattuk, hogy a napraforgós minták szignifikánsan jobb paraméterekkel (VTK, VST, W és CT) bírtak mind a 3 műtrágya dózis esetében, míg 2019-ben ezen kontraszt mérséklődött. Mind a két termesztési évben a kontroll kezeléshez képest a műtrágyaadagolás érzékelhető mértékben javította a vizsgált tulajdonságokat.

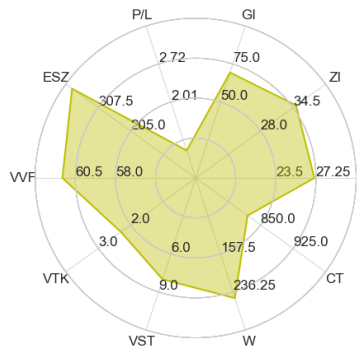
A 2 fajtát összehasonlítva: szinte minden tényező esetén az Mv Ispán jobb vízfelvétellel bírt, ezenfelül 2018-ban, napraforgó elővetemény mellett a martonvásári genotípus szignifikánsan jobban teljesített a szegedihez képest. Ugyanakkor 2019-ben, csemegekukorica elővetemény után, a GK Öthalom statisztikailag bizonyíthatóan jobb paraméterekkel rendelkezett. 2018-ban a csemegekukoricás, illetve 2019-ben a napraforgós minták nem különböztek jelentősen.



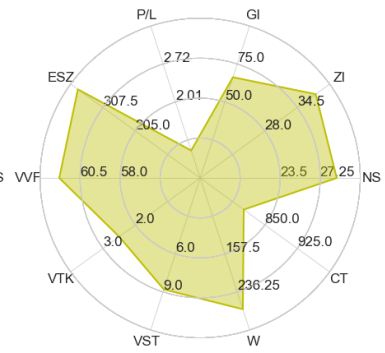
2018, Mv Ispán, Csemegekukorica, Kontroll



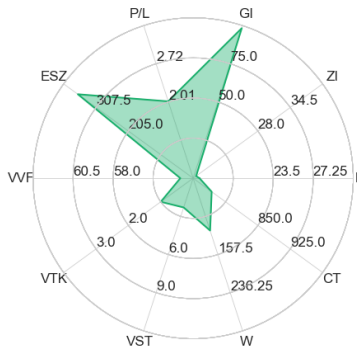
2018, Mv Ispán, Csemegekukorica, N90PK



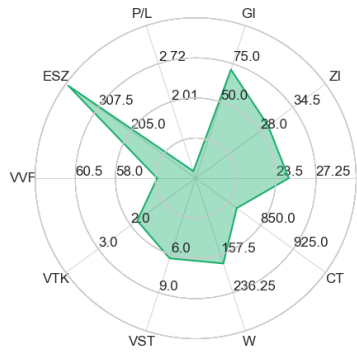
2018, Mv Ispán, Csemegekukorica, N150PK



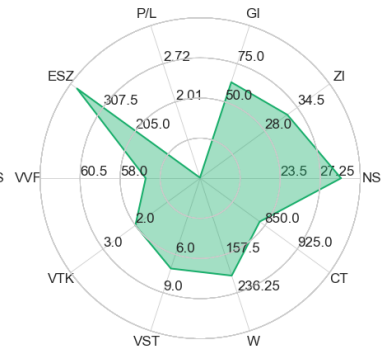
2018, GK Öthalom, Napraforgó, Kontroll



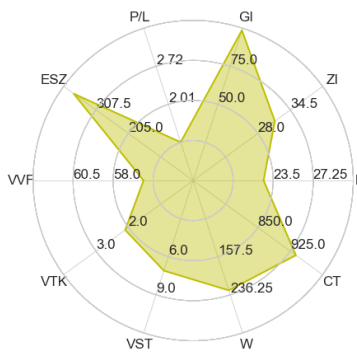
2018, GK Öthalom, Napraforgó, N90PK



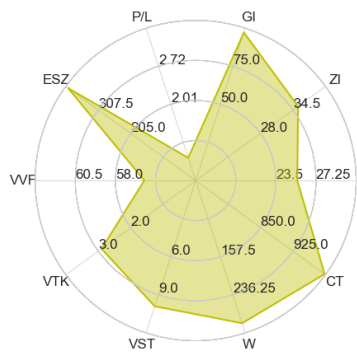
2018, GK Öthalom, Napraforgó, N150PK



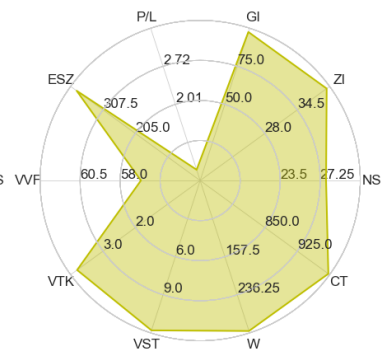
2018, Mv Ispán, Napraforgó, Kontroll



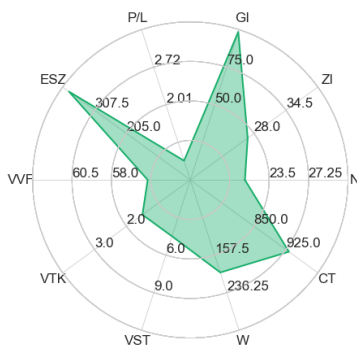
2018, Mv Ispán, Napraforgó, N90PK



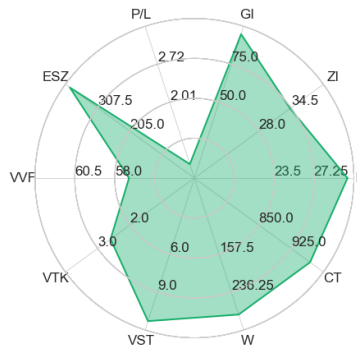
2018, Mv Ispán, Napraforgó, N150PK



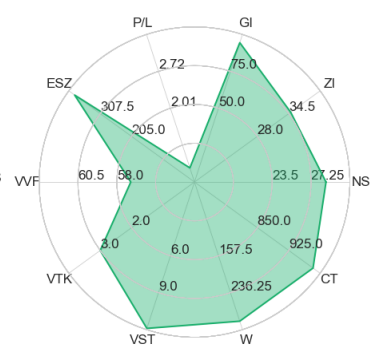
2019, GK Öthalom, Csemegekukorica, Kontroll



2019, GK Öthalom, Csemegekukorica, N90PK



2019, GK Öthalom, Csemegekukorica, N150PK





23. ábra – Az elővetemény kísérlet komplexradarjainak összevetése – a tápanyag hatása különböző elővetemények mellett a GK Öthalom és Mv Ispán minőségi paramétereire

A GK Öthalom fajta esetén a csemegekukorica elővetemény minden esetben nagy mértékben javította a minőségi tulajdonságokat, ennek dacára az Mv Ispán genotípusnál a két évjárat karakterisztikája lényegesen eltért. Továbbá mind a 2 fajtát tekintve a második dózis (N₁₅₀PK) már nem okozott észlelhető javulást, más szóval az N₉₀PK dózis elegendőnek bizonyult ahhoz, hogy a fajtákban rejlő maximális minőségi és genetikai potenciált kiaknázzuk.

4. 1. 4. Az elővetemény kísérleti minták nitrogén hasznosító képességének összehasonlítása (NUE)

A 17. táblázat megmutatja, hogy az adott fajtákat vizsgálva mennyi növekedést okoz 1 kg/ha N műtrágya kijuttatása a legfontosabb betakarítás utáni mutatószámok, azaz a terméshozam (NUE_{TH}) és a fehérjetartalom (NUE_F) vonatkozásában.

17. táblázat – NUE_{TH} és NUE_F értékek alakulása az előveteményes kísérletben

Fajta	Kezelés	Terméshozam		Fehérjetartalom	
		átl. (kg/ha)	NUE_{TH}	átl. (%)	NUE_F
GK Öthalom	∅	3992	-	9.50	-
	N ₉₀	5887	21.06	11.99	0.028
	N ₁₅₀	6549	17.05	12.88	0.023
Mv Ispán	∅	4907	-	9.35	-
	N ₉₀	7842	32.62	11.32	0.022
	N ₁₅₀	7812	19.37	12.14	0.019

Rövidítések: NUE_{TH} = nitrogén hasznosító képesség („nitrogen use efficiency”) a terméshozam esetében;

NUE_F = nitrogén hasznosító képessége a fehérje esetében; N= nitrogén; átl.= átlag

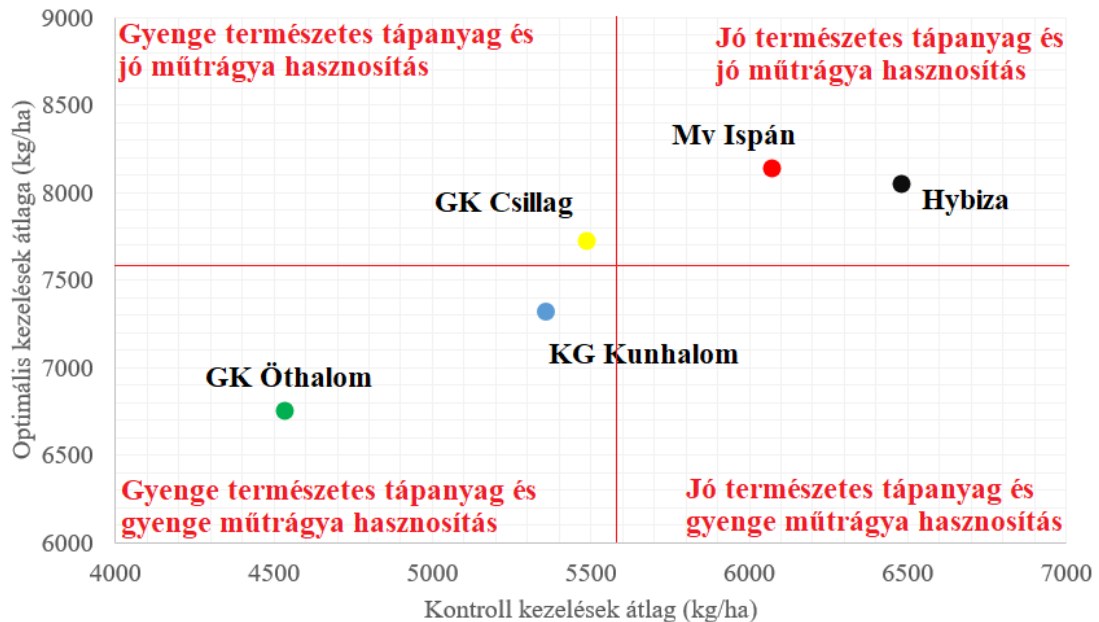
A GK Öthalom esetében a NUE_{TH} érték a műtrágya növekedésével enyhén csökkent, míg az Mv Ispánt analizálva azt tapasztaltam, hogy az első dózis szignifikánsan hatékonyabb volt, mint a második. A NUE_F érték esetén a GK Öthalom esetén (N₉₀: 0.028%; N₁₅₀: 0.023%) mindkét műtrágya dózis mellett jobb volt, mint az Mv Ispán esetén (N₉₀: 0.022%; N₁₅₀: 0.019%). Összegezve, a GK Öthalom fajta jobb műtrágya hasznosító képességgel (NUE_F) és átlag fehérjetartalommal rendelkezett, míg az Mv Ispán sokkalta jobban hasznosította a kezelés nélküli csernozjom talaj természetes tápanyag készleteit (+22.9% terméshozam kontroll kezelés esetén), illetve jobb NUE_{TH} értékkel bírt.

Számos kutató foglalkozott már ezzel a kérdéssel: *Lollato et al.* (2019) cikkében a NUE_{TH} érték 8.2 kg/ha, míg a NUE_F 0.004% volt. *Miceli et al.* (1992) számításai alapján a NUE_F érték a kísérletei során 0.025% volt. *Duncan et al.* (2018) statisztikai eredményei szerint a NUE_F 0.01-0.04% volt. Továbbá *Guarda et al.* (2004) kísérletében a NUE_{TH} érték 18 kg volt N₈₀ mellett, míg 10 kg volt N₁₆₀ dózisznál.

4. 2. A fajta kísérlet statisztikai elemzése

4. 2. 1. A fajta kísérlet varianciaanalízis eredményeinek elemzése

A főbb mutatószámok az alábbiak szerint alakultak: fehérjetartalom 5.8-14.6%, 14.4-35.2% nedves siker, 275-420 s esésszám, 26.0-70.7 (C2-A2) valorigráfos értékszám, 3276-9172 kg/ha terméshozam és 730-1120 cm³ cipótérfogat.



*piros vonalak a kísérleti átlagokat jelölik

24. ábra – A vizsgált fajták természetes tápanyag és műtrágya hasznosítási képességeinek összehasonlítása

Az agrár szektor jövedelmezősége szempontjából az egyik legfontosabb mutatószám a terméshozam. A vizsgált fajták természetes tápanyag és optimális műtrágya hasznosítási képességeinek koordináta rendszert készítettem (24. ábra) (Balogh, 2009). Ez alapján látható, hogy a GK Öthalom gyenge természetes tápanyag és gyenge műtrágya hasznosítással bírt, míg a GK Csillag és a KG Kunhalom közepesen szerepelt mind két paraméter szempontjából, végül az Mv Ispán és a Hybiza jó természetes tápanyag és jó műtrágya hasznosítással rendelkezett. 2018-ban a Hybiza (N₉₀PK: 9172 kg/ha), 2019-ben pedig az Mv Ispán (N₉₀PK: 7408 kg/ha) szerepelt a legjobban. Ezzel ellentétben a leggyengébb hozamot mindkét termesztési szezonban a GK Öthalom adta kontroll kezelés mellett (2018: 5795 kg/ha; 2019: 3276 kg/ha). A 2018-as évben a hozam potenciál realizálásához elegendő volt az N₉₀PK dózis a GK Öthalom (N₉₀PK: 7216 kg/ha), az Mv Ispán (8871 kg/ha), a KG Kunhalom (7617 kg/ha) és a Hybiza (9172 kg/ha) esetében is, kivételt képezett a GK Csillag (8759 kg/ha), amelynél az

N₁₅₀PK műtrágyakezelés is szignifikáns mértékű javulást eredményezett. 2019-ben az N₉₀PK dózis okozott csak szignifikáns hozam növekedést az Mv Ispán (7408 kg/ha), a GK Csillag (6686 kg/ha) és a Hybiza (6927 kg/ha) vonatkozásában, azonban a GK Öthalom (6298 kg/ha) és a KG Kunhalom (7020 kg/ha) fajtáknál még az N₁₅₀PK kezelés is. Érdekesképpen, az N₁₅₀PK dózis tízből hét esetben (akár több száz kg/ha) termésnövekedést okozott az N₉₀PK dózishoz képest, mint *Balogh (2009)* vizsgálataikor. Ezen eredmények nehezen megkülönböztethetőek *Montemurro et al. (2007)* és *Linina és Ruza (2018)* munkásságától, ahol megállapították, hogy egy bizonyos műtrágya szint fölött már nem növekszik statisztikailag bizonyítható mértékben a terméshozam.

18. táblázat – A terméshozamok alakulása a fajta vizsgálati kísérletben (kg/ha)

Év	Búzafajta	Kontroll	N ₉₀ PK	Termés %		
				kontrollhoz képest	N ₁₅₀ PK kontrollhoz képest	
2018	GK Öthalom	5795	7216	125%	6425	111%
	Mv Ispán	6806	8871	130%	8505	125%
	GK Csillag	6417	8267	129%	8759	136%
	KG Kunhalom	5829	7617	131%	7154	123%
	Hybiza	7569	9172	121%	8879	117%
2019	GK Öthalom	3276	5202	159%	6298	192%
	Mv Ispán	5335	7408	139%	7154	134%
	GK Csillag	4560	6686	147%	6485	142%
	KG Kunhalom	4894	6539	134%	7020	143%
	Hybiza	5389	6927	129%	6806	126%
<i>Átlagok:</i>		5587	7391	132%	7349	132%

A terméshozamok kontroll kezelés mellett 2018-ban 5795-7569 kg/ha között, 2019-ben pedig 3276-5389 kg/ha között voltak. Az N₉₀PK dózis esetén ez az intervallum 2018-ban 7216-9172 kg/ha, 2019-ben 5202-7408 kg/ha volt. 2018-ban 6425-8879 kg/ha, míg 2019-ben 6298-7154 kg/ha között alakultak a terméstöbbletek az N₁₅₀PK kezelés mellett. A két év között szignifikáns különbség volt észlelhető, hiszen 2018-ban 7552 kg/ha, 2019-ben pedig 5999 kg/ha volt az átlag terméshozam, amely alátámasztja *Garrido-Lestache et al. (2004)* és *Guarda et al. (2004)* tudományos állításait.

19. táblázat – A tényezők hatása a vizsgált paraméterekre – 1. rész (Debrecen)

Év	Fajta	Kezelés	TH (kg/ha)	F (%)	ZI (cm ³)	NS (%)	SZS (%)	ESZ (s)	NIR _F (%)	NIR _{NS} (%)	
2018	GK Öthalom	∅	5795	8.8	20.4	16.7	5.9	374	8.4	16.9	
		N ₉₀ PK	7216	12.0	32.4	25.2	8.9	356	12.6	27.1	
		N ₁₅₀ PK	6425	13.1	36.7	28.3	9.8	343	13.7	29.8	
	Mv Ispán	∅	6806	9.6	25.9	20.7	7.1	382	10.4	19.9	
		N ₉₀ PK	8871	12.0	35.1	27.1	9.3	390	13.1	26.9	
		N ₁₅₀ PK	8505	12.8	38.2	28.8	9.9	387	13.8	28.6	
	GK Csillag	∅	6417	9.7	23.7	20.7	7.1	356	9.8	20.6	
		N ₉₀ PK	8267	12.8	34.9	29.7	10.1	379	13.5	29.7	
		N ₁₅₀ PK	8759	13.5	35.8	31.8	10.8	379	14.2	31.1	
	KG Kunhalom	∅	5829	10.7	32.6	24.3	8.3	369	11.4	23.1	
		N ₉₀ PK	7617	13.8	42.5	34.0	11.5	370	15.0	32.1	
		N ₁₅₀ PK	7154	14.4	45.2	34.8	11.7	390	15.3	32.8	
	Hybiza	∅	7569	7.9	23.8	16.8	5.7	329	9.5	18.1	
		N ₉₀ PK	9172	10.1	33.0	22.0	7.6	296	12.1	25.0	
		N ₁₅₀ PK	8879	10.5	35.1	23.2	7.9	290	12.3	25.4	
	2019	GK Öthalom	∅	3276	10.7	26.7	21.1	7.6	390	10.9	23.0
			N ₉₀ PK	5202	12.6	34.3	30.4	10.9	396	13.2	28.7
			N ₁₅₀ PK	6298	13.0	34.9	28.7	10.3	391	13.6	29.5
Mv Ispán		∅	5335	9.7	25.8	20.2	7.0	384	10.8	21.3	
		N ₉₀ PK	7408	11.3	30.0	25.1	8.5	388	12.5	25.7	
		N ₁₅₀ PK	7154	11.8	32.2	27.3	9.4	393	13.1	27.3	
GK Csillag		∅	4560	10.6	25.2	22.2	7.8	387	11.3	23.6	
		N ₉₀ PK	6686	13.5	32.0	31.0	10.6	399	14.2	30.9	
		N ₁₅₀ PK	6485	13.4	31.8	31.4	10.7	395	14.2	30.9	
KG Kunhalom		∅	4894	11.9	36.4	27.9	9.6	344	13.1	27.9	
		N ₉₀ PK	6539	13.2	38.4	31.8	10.9	326	14.4	30.8	
		N ₁₅₀ PK	7020	13.4	38.4	33.0	11.1	319	14.8	32.0	
Hybiza		∅	5389	6.9	26.2	17.6	6.1	320	10.0	19.4	
		N ₉₀ PK	6927	8.7	30.9	21.1	7.3	342	11.5	22.9	
		N ₁₅₀ PK	6806	9.1	32.5	21.5	7.4	337	11.8	23.9	
LSD _{5%} (Év):			866	0.7	2.1	2.0	0.7	12	0.7	1.7	
LSD _{5%} (Fajta):			1602	1.1	3.3	3.1	1.0	16	1.1	2.7	
LSD _{5%} (Kezelés):			1069	0.7	1.9	1.8	0.6	15	0.6	0.6	

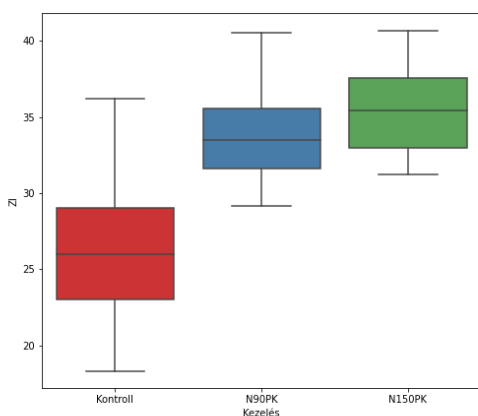
Rövidítések: TH= terméshozam; F= fehérje; ZI= Zeleny index; NS= nedves siker; SZS= száraz siker;

ESZ= esésszám; NIR_F= NIR fehérje; NIR_{NS}= NIR nedves siker

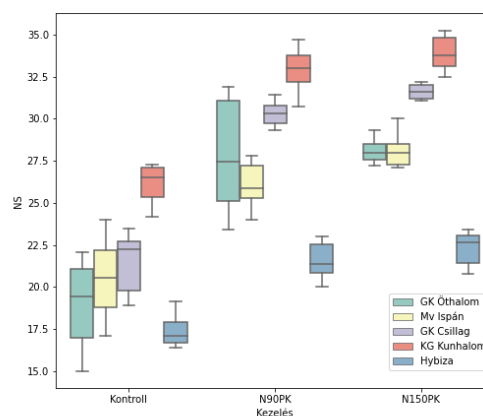
A műtrágyázás (N₉₀PK: 7391 kg/ha, N₁₅₀PK: 7349 kg/ha) szignifikánsan javította a terméshozamot a kontrollhoz mérten (5587 kg/ha), ezen eredmény egyezett *Massoudifar et al.* (2014) megállapításával (18. táblázat). Hozamstabilitást illetően az N₁₅₀PK dózis bizonyult a legalkalmasabbnak (6298-8879 kg/ha). Hybiza és Mv Ispán szignifikánsan magasabb terméshozammal rendelkezett, mint a GK Öthalom, amely további bizonyítékként szolgál *Lukow és McVetty* (1991) és *Tayyar* (2010) következtetéseéhez. Összegezve, az N₉₀PK dózis elegendőnek bizonyult a terméshozam maximalizáláshoz, illetve a hibrid (Hybiza) és modern búzafajta (Mv Ispán) felülmúlta a régebbi fajták teljesítményét.

A standard módszerek eredményeit vizsgálva a nyers fehérjetartalmat a műtrágyázás (N₉₀PK: 12.01%; N₁₅₀PK: 12.51%) szignifikáns mértékben növelte a kontroll mintákhoz (9.64%) mérten, mely egyetértésben állt *Rao et al.* (1993) megállapításaival (19. táblázat). Általánosságban véve nem volt különbség a két termesztési szezon között, ami ellentmondásban van *Panozzo és Eagles* (2000) cikkében megfogalmazottakkal. A GK Öthalom mérési eredményei szignifikánsan magasabbak voltak 2019-ben (12.09%), mint 2018-ban (11.33%), ezzel ellentétben a Hybiza 2018-ban (9.51%) produkált szignifikánsan jobb fehérjetartalmat 2019-hez (8.22%) mérten. A KG Kunhalom (12.9%) szignifikánsan magasabb F értékkel bírt a GK Öthalomhoz (11.71%), az Mv Ispánhoz (11.2%) és a Hybizához (8.87%) képest. Emellett a GK Csillag (12.26%) kifejezetten jobb fehérjetartalommal bírt a Hybizához viszonyítva. A KG Kunhalom 2018-ban a 3 tápanyagkezelés míg 2019-ben a kontroll kezelés esetén adta a legnagyobb F értéket, míg a GK Csillag 2019-ben a műtrágyázás mellett rendelkezett a legmagasabb F értékkel.

A minták szedimentációs értékeit tekintve, a műtrágyázás (N₉₀PK: 34.34 cm³; N₁₅₀PK: 36.08 cm³) szignifikánsan javította a Zeleny index értékeket a kontrollokhoz (26.66%) hasonlítva (25. ábra), azonban az évjáratnak nem volt hatása kísérleteink során. A KG Kunhalom (38.91 cm³) a fehérjéhez hasonlóan szignifikánsan jobb ZI értékekkel bírt a többi 4 fajtához mérten (30.24-31.19 cm³), vagyis a ZI értéket elsősorban a fajtahasadás determinálja (*Branlard et al.*, 2001). Észrevételeim egybeesnek *Linina és Ruza* (2012) és *Massoudifar et al.* (2014) állításaival, de szembemennek a *Zecevic et al.* (2013) által leírtakkal, aki szerint az évjárat szignifikáns hatással van a ZI értékekre.



25. ábra – A műtrágya hatása a Zeleny indexre



26. ábra – A műtrágya és a fajta hatása a nedves sikerre

A műtrágyázás hatását tekintve a nedves sikértartalom vonatkozásában az állapítható meg, hogy mind a két tápanyagkezelés (N₉₀PK: 27.72%; N₁₅₀PK: 28.87%) szignifikáns mértékben javította a kontrollhoz (20.81%) képest (26. ábra), egyetlen kivételt képezett az Mv Ispán fajta, melynek NS értéke még az N₁₅₀PK dózis (28.05%) esetében is statisztikailag bizonyíthatóan javult (K: 20.45%; N₉₀PK: 26.07%). A KG Kunhalom (30.96%) szignifikánsan nagyobb, míg a Hybiza (20.36%) alacsonyabb NS értékkel bírt a többi genotípushoz mérten (24.86-27.8%). Ezen eredmények igazolják *Pan et al.* (2005) megállapításait, de eltérnek *Zecevic et al.* (2013) állításaitól.

A száraz sikért vizsgálva az évjárat hatása nem volt megfigyelhető, mindazonáltal a kontrollokhoz képest a két műtrágya dózis szignifikánsan növelte a száraz sikért, kivéve az Mv Ispán esetében. Amíg a Hybiza szignifikáns mértékben alacsonyabb SZS értékeket adott a többi genotípushoz hasonlóan, míg a KG Kunhalom meglehetősen jobb száraz sikerrel rendelkezett a GK Öthalomhoz, az Mv Ispánhoz és a Hybizához mérten.

Általánosságban sem a műtrágyázás, sem az évjárat nem volt kihatással az esésszám alakulására (34. ábra), azonban a Hybiza (318.8 s) szignifikánsan alacsonyabb értékekkel rendelkezett a többi genotípushoz viszonyítva, emellett a KG Kunhalom (352.8 s) is magasabb α -amiláz aktivitást mutatott, mint az Mv Ispán (387.3 s), a GK Csillag (382.5 s) és a GK Öthalom (374.9 s). Az eredmények alátámasztják *Lukow és McVetty* (1991) konklúzióját, miszerint a különböző genotípusok szignifikánsan eltértek az esésszámot tekintve. A fajtákat külön megvizsgálva, az látható, hogy a GK Öthalom, a GK Csillag és a Hybiza szignifikánsan magasabb esésszámot produkált 2019-ben,

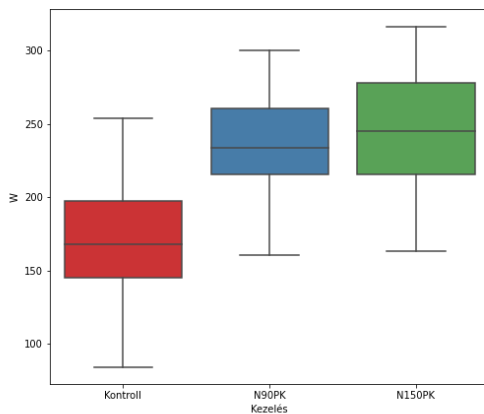
amelyet a 2018-as év extrém mennyiségű csapadékaival lehet magyarázni, amely tényeket *Johansson* (2002) már megállapította.

20. táblázat – A tényezők hatása a vizsgált paraméterekre – 2. rész (Debrecen)

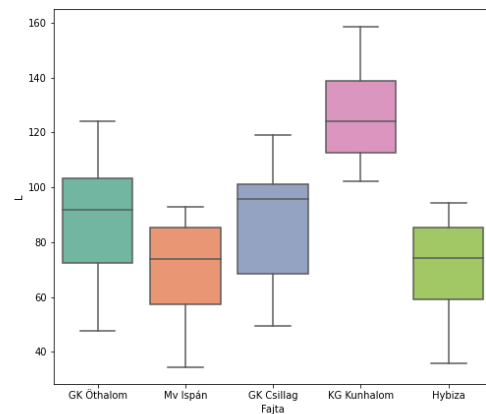
Év	Fajta	Kezelés	P (mm)	L (mm)	P/L	W (x10 ⁻⁴ J)	VVF (%)	VÉSZ	VTK (perc)	VST (perc)	VEL (VÉ)	
2018	GK Öthalom	∅	64	51	1.25	120	53.7	33.1	1.4	2.6	155	
		N ₉₀ PK	65	94	0.70	208	56.4	44.8	2.0	7.1	130	
		N ₁₅₀ PK	68	109	0.63	241	57.1	49.5	2.3	8.5	118	
	Mv Ispán	∅	90	52	1.80	167	58.2	34.8	1.1	3.1	145	
		N ₉₀ PK	92	84	1.11	249	61.3	49.6	2.3	8.0	123	
		N ₁₅₀ PK	96	87	1.11	272	61.8	54.8	2.5	8.8	108	
	GK Csillag	∅	84	61	1.43	157	58.6	39.7	1.4	5.3	143	
		N ₉₀ PK	77	103	0.75	197	61.8	48.0	4.1	6.3	144	
		N ₁₅₀ PK	67	107	0.63	179	62.3	47.3	4.1	5.9	146	
	KG Kunhalom	∅	59	98	0.62	158	58.2	49.0	3.3	7.3	131	
		N ₉₀ PK	62	142	0.44	209	62.2	55.8	4.6	6.6	114	
		N ₁₅₀ PK	68	139	0.50	235	62.5	59.6	5.4	7.6	105	
	Hybiza	∅	70	54	1.38	133	52.8	31.7	1.0	2.6	150	
		N ₉₀ PK	81	82	0.99	221	54.5	40.1	1.0	5.1	130	
		N ₁₅₀ PK	81	75	1.08	211	54.6	42.5	1.3	5.4	123	
	2019	GK Öthalom	∅	70	74	0.96	194	55.7	37.3	1.5	4.5	147
			N ₉₀ PK	83	97	0.86	283	57.1	59.6	2.6	11.3	88
			N ₁₅₀ PK	85	99	0.87	297	57.1	64.1	3.0	11.9	80
Mv Ispán		∅	93	47	2.04	169	59.1	32.7	1.4	3.0	160	
		N ₉₀ PK	90	64	1.43	239	60.2	41.1	1.5	5.6	145	
		N ₁₅₀ PK	97	86	1.13	285	59.7	47.4	2.0	7.0	123	
GK Csillag		∅	97	64	1.51	208	60.6	41.2	1.5	6.0	145	
		N ₉₀ PK	101	96	1.05	290	63.7	52.0	4.4	7.1	138	
		N ₁₅₀ PK	99	98	1.01	286	63.7	51.9	4.4	6.9	138	
KG Kunhalom		∅	78	114	0.69	251	59.0	50.2	4.8	7.4	148	
		N ₉₀ PK	73	122	0.60	240	61.2	60.3	4.5	7.8	121	
		N ₁₅₀ PK	64	136	0.48	233	61.6	58.3	4.6	7.9	115	
Hybiza		∅	81	56	1.47	165	54.7	41.8	1.6	5.3	135	
		N ₉₀ PK	79	88	0.90	221	55.3	47.2	1.9	6.8	123	
		N ₁₅₀ PK	84	76	1.12	216	55.3	44.5	2.0	6.5	133	
LSD _{5%} (Év):			4	10	0.15	17	1.2	3.4	0.5	0.8	8	
LSD _{5%} (Fajta):			8	16	0.24	29	1.8	5.4	0.8	1.3	13	
LSD _{5%} (Kezelés):			6	10	0.17	18	1.3	3.4	0.6	0.9	8	

Rövidítések: VVF= valorigráfós vízfelvétel; VÉSZ= értékszám; VTK= teszta kialakulási idő; VST= stabilitás; VEL= ellágyulás

A reológiai és a technofunkcionális mutatószámokat a 20-21. táblázat foglalja össze. Az alveográfus P értékét nem befolyásolta számottevően a műtrágyázás, egyedüli kivételt a Hybiza képezte, ahol az N₁₅₀PK dózis (82.3 mm) szignifikánsan növelte a mért értékeket a kontrollhoz képest (75.8 mm). Az eredményeink nem erősítették meg *Matuz et al.* (2007) állításait a tápanyag kezelések hatását illetően. A 2019-es év (84.9 mm) szignifikánsan jobbnak bizonyult a P értéket tekintve, a 2018-as évhez viszonyítva (74.9 mm), kivéve az Mv Ispán és a Hybiza esetében. Az Mv Ispán (93.0 mm) és a GK Csillag (87.3 mm) szignifikánsan magasabb P értékkel bírt, mint a Hybiza (79.3 mm), a GK Öthalom (72.3 mm) és a KG Kunhalom (67.6 mm). Az N₁₅₀PK dózis mellett 2019-ben a KG Kunhalom (64.2 mm) alacsonyabb P-vel rendelkezett, mint a többi 4 fajta (84.2-98.8 mm).



27. ábra – A műtrágya hatása a W értékre



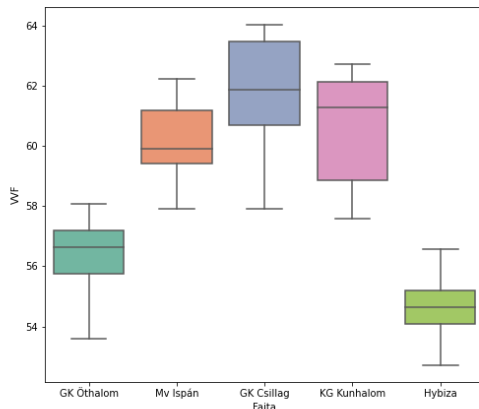
28. ábra – A fajta hatása az L értékre

Az alveográfus L értékét szignifikáns mértékben javította mindkét tápanyagkezelés (N₉₀PK: 97.2 mm; N₁₅₀PK: 101.2 mm) a kontrollhoz (67.2 mm) mérten, habár az évjárat nem okozott statisztikailag bizonyítható változást, az egyetlen kivétel az Mv Ispán volt, amely L értékeit az N₁₅₀PK dózis (K: 49.9 mm; N₉₀PK: 73.7 mm; N₁₅₀PK: 86.7 mm) tovább tudta növelni. A fajtákat tekintve, a KG Kunhalom (125.1 mm) szignifikánsan jobban teljesített az L érték esetében is, mint a többi 4 fajta (70.1-88.2 mm) (28. ábra).

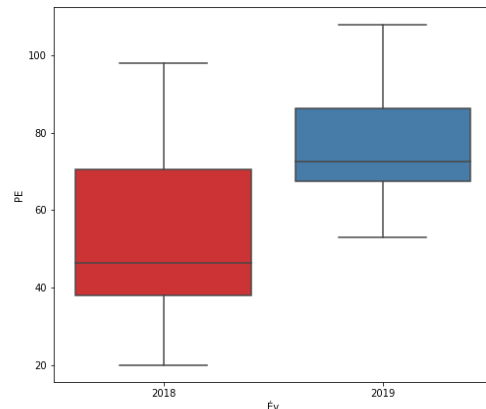
A KG Kunhalom (0.56) szignifikánsan alacsonyabb P/L értékkel rendelkezett a többi fajtához képest (0.88-1.44), emellett a műtrágyázás (N₉₀PK: 0.88; N₁₅₀PK: 0.86) szignifikánsan csökkentette a P/L-t a kontrollhoz viszonyítva (1.32), azonban az évjárat

nem fejtett ki hatást. Az eredményeim korreláltak *Garrido-Lestache et al.* (2004) cikkében leírtakkal. Az N₁₅₀PK dózist vizsgálva a KG Kunhalom (0.5), a GK Csillag (0.63) és a GK Öthalom (0.63) szignifikánsan alacsonyabb P/L értékkel bírt, mint a Hybiza (1.08) és az Mv Ispán (1.11). Meg kell jegyezni, hogy a hibridbúza esetén az L és P/L értékek magasabbak voltak az N₉₀PK kezeléssel, mint az N₁₅₀PK dózissal.

A 2019-es év (238.5 x10⁻⁴J) szignifikánsan magasabb alveográfus W-t adott, mint a 2018-as év (197.2 x10⁻⁴J), kivételt képezett az Mv Ispán és a Hybiza, amelyek esetében az évjárat nem volt észlelhető. Mindkét tápanyagkezelés (N₉₀PK: 235.8 x10⁻⁴J; N₁₅₀PK: 245.5 x10⁻⁴J) érzékelhető mértékű növekedést okozott a kontroll mintákhoz (172.2 x10⁻⁴J) hasonlítva (27. ábra), kivéve a KG Kunhalomnál, ezen megállapítások összhangban állnak *Garrido-Lestache et al.* (2004) tézisével. Általánosságban véve az Mv Ispán (230.2 x10⁻⁴J) és a GK Öthalom (223.8 x10⁻⁴J) statisztikailag bizonyítható mértékben magasabb W-vel rendelkezett, mint a Hybiza (194.5 x10⁻⁴J), azonban 2018-ban az Mv Ispán (229.6 x10⁻⁴J) szignifikánsan a legjobb W értéket produkálta a többi 4 genotípushoz (177.7-200.7 x10⁻⁴J) képest. Az Mv Ispánt vizsgálva azt észleltem, hogy még az N₁₅₀PK kezelés is szignifikáns mértékű javulást (K: 167.8 x10⁻⁴J; N₉₀PK: 244.3 x10⁻⁴J; N₁₅₀PK: 278.6 x10⁻⁴J) tudott indukálni, míg a GK Csillag és a Hybiza esetén ezen tápanyagkezelés már csökkenést idézett elő.



29. ábra – A fajta hatása a valorigráfus vízfelvétele



30. ábra – Az évjárat hatása a PE értékre

A valorigráfus vízfelvételt jelentős mértékben javította mindkét műtrágyakezelés (N₉₀PK: 59.4%; N₁₅₀PK: 59.6%) a kontrollokhöz képest (57.1%). A GK Csillagot (2019: 62.69%; 2018: 60.9%) és a Hybizát (2019: 55.1%; 2018: 53.97%) kivéve, ahol a 2019-es

év javulást eredményezett, míg a többi fajtánál nem okozott szignifikáns különbséget az évjárat hatása. A GK Csillag (61.8%), a KG Kunhalom (60.8%) és az Mv Ispán (60.0%) szignifikánsan magasabb VVF értékkel bírt, mint a GK Öthalom (56.2%) és a Hybiza (54.5%) (29. ábra). Ezzel párhuzamosan 2019-ben a GK Csillag nemcsak a fent említett két fajtánál, hanem az Mv Ispánnál is jobb vízfelvételt produkált. A vizsgálatok további bizonyítékot biztosítanak a *Kovács* (1992) által megfogalmazott tényeknek.

Panozzo és Eagles (2000) szerint az évjárat hatása befolyásolja a valorigráfus értékszámot, az én méréseim általánosságban megcáfolták ezen revelációkat, de voltak kivételek, például a GK Öthalom (2019: 53.67; 2018: 42.45) és a Hybiza (2019: 44.49; 2018: 38.13), amelyek szignifikánsan magasabb értékszámot adtak 2019-ben. Azonban a műtrágyázás (N₉₀PK: 49.85; N₁₅₀PK: 51.99) szignifikáns mértékben javította a kontroll minták (39.15) VÉSZ értékeit. A KG Kunhalom (55.6) az összes fajtahoz képest magasabb értékszámot adott. Érdekesképpen az Mv Ispánnál még a második műtrágya dózis (K: 33.73; N₉₀PK: 45.33; N₁₅₀PK: 51.09) is jelentős javulást okozott. A Hybiza (41.3) szignifikánsan alacsonyabb VÉSZ értékkel rendelkezett, mint a GK Öthalom (48.1). A második termesztési szezonban a KG Kunhalom (56.3) és a GK Öthalom (53.7) fajta is jobb értékeket adott, mint a Hybiza (44.5) és az Mv Ispán (40.4). Az Mv Ispán fajtát a GK Csillag (48.4) is statisztikailag bizonyíthatóan felülmúlta. Az eredményeim igazolják *Pollhamer* (1973), valamint a *Tanács és Gerő* (2003) által leírtakat. A GK Csillagot vizsgálva azt tapasztaltam, hogy az N₉₀PK kezelés elegendő volt a valorigráfus értékszám és stabilitás maximalizálásához.

A kontroll mintáknál (1.9 perc) mért tézszakialakulási időt szignifikáns mértékben növelte a műtrágyázás (N₉₀PK: 2.9 perc; N₁₅₀PK: 3.2 perc), azonban az évjárat nem fejtett ki jelentős hatást. Mindkét esetben voltak kivételek, így a műtrágyázást illetően a KG Kunhalom esetén nem volt szignifikáns változás, valamint 2019-ben a VTK érték szignifikánsan magasabb volt a GK Öthalom (2019: 2.4 perc; 2018: 1.9 perc) és a Hybiza (2019: 1.8 perc; 2018: 1.1 perc) esetén. A KG Kunhalom (4.5 perc) jelentősen magasabb VTK értékkel rendelkezett a többi 4 fajtahoz képest, mi több a GK Csillag (3.3 perc) szintén jobb tézta kialakulási idővel bírt, mint a GK Öthalom (2.1 perc), az Mv Ispán (1.8 perc) és a Hybiza (1.5 perc). Ezen észrevételek egyetértésben voltak *Tanács és Gerő* (2003) és *Linina és mtsai-val* (2014).

A tézta stabilitást vizsgálva a 2019-es (7 perc) termesztési szezon magasabb értékeket adott a 2018-as évhez mérten (6 perc). Ezenfelül a tápanyagkezelések (N₉₀PK: 7.2 perc; N₁₅₀PK: 7.6 perc) szignifikánsan javították a VST értékeket a kontrollokhoz

képest (4.7 perc), ez alól kivételt képzett a KG Kunhalom genotípus. A fajtahasztást nézve azt láthatjuk, hogy a GK Öthalom (7.7 perc) szignifikánsan magasabb stabilitással rendelkezett, mint a GK Csillag (6.2 perc), az Mv Ispán (5.9 perc) és a Hybiza (5.3 perc), mindeközben a KG Kunhalom (7.4 perc) is jobb értékeket produkált, mint az Mv Ispán és a Hybiza. A GK Öthalom (9.2 perc) a 2019-es esztendőben minden fajtát felülmúlt a VST terén. Ezzel ellentétben 2018-ban az N₁₅₀PK kezelés mellett az Mv Ispán (8.8 perc) adta a legjobb stabilitást, amely szignifikáns mértékű volt a GK Csillag (5.9 perc) és a Hybiza (5.4 perc) esetén. 2019-ben viszont a N₁₅₀PK tápanyagkezelésnél a GK Öthalom (11.9 perc) produkálta a legjobb VST értéket. Ezek az eredményeim igazolják a *Tanács és Gerő* (2003), *Koppel és Ingver* (2010), *Cho et al.* (2018) által leírtakat.

A valorigráfós teszt ellágyulást nem befolyásolta az évjárat hatása, azonban mindkét műtrágya dózis (N₉₀PK: 125.4 VÉ; N₁₅₀PK: 118.6 VÉ) szignifikánsan csökkentette az eredményeket a kontroll mintákhoz képest (145.8 VÉ), kivétel ez alól a GK Csillag búzafajta. A GK Öthalomnak (2019: 104.7 VÉ; 2018: 134.2 VÉ) a 2019-es év, az Mv Ispánnak (2018: 125 VÉ; 2019: 142.5 VÉ) a 2018-as év kedvezett. Emellett az Mv Ispánt analizálva mind a két műtrágyakezelés (K: 152.5 VÉ; N₉₀PK: 133.8 VÉ; N₁₅₀PK: 115.0 VÉ) szignifikáns javulást tudott okozni. A GK Öthalom (119.4 VÉ) és KG Kunhalom (122.3 VÉ) jelentős mértékben jobb VEL értékekkel bírt a GK Csillaghoz (142.1 VÉ), az Mv Ispánhoz (133.8 VÉ) és a Hybizához (132.1 VÉ) hasonlítva. A 2018-as termesztési szezonban a KG Kunhalom (116.7 VÉ) fajta jobb ellágyulási értékeket adott, mint a GK Csillag (144.2 VÉ), a GK Öthalom (134.2 VÉ) és a Hybiza (134.2 VÉ), azonban a második szezonban a GK Öthalom (104.7 VÉ) szerepelt a legkiemelkedőbben és mind a 4 fajtához viszonyítva (127.9-142.5 VÉ) alacsonyabb ellágyulást adott. Az ellágyulással kapcsolatos megállapításaink egybehangzóak *Wooding et al.* (2000), *Tanács és Gerő* (2003) eredményeivel.

A 2019-es év (390.3 PÉ) szignifikánsan magasabb promilográfós nyújtási ellenállást adott, mint a 2018-as (291.2 PÉ), ugyanakkor a tápanyagkezelések közötti differencia nem volt realizálható. A KG Kunhalom (199.5 PÉ) és a GK Csillag (229.3 PÉ) szignifikánsan alacsonyabb nyújtási ellenállást mutatott, mint a GK Öthalom (379.9 PÉ), Mv Ispán (391.8 PÉ) és Hybiza (503.3 PÉ). Ezek az értékek igazolják *Lukow és McVetty* (1991) eredményeit. Csak az N₁₅₀PK dózist vizsgálva 2018-ban a legalacsonyabb értéket a GK Csillag (113.3 PÉ), 2019-ben pedig KG Kunhalom (248.8 PÉ) birtokolta.

21. táblázat – A tényezők hatása a vizsgált paraméterekre – 3. rész (Debrecen)

Év	Fajta	Kezelés	PVF (%)	PNYE (PÉ)	PNY (mm)	PME (PÉ)	PE (cm ²)	LK (%)	CAH	CT (cm ³)
2018	GK Öthalom	∅	48.6	286	94	295	40	73.1	1.86	791
		N ₉₀ PK	49.5	374	118	455	70	74.5	1.87	873
		N ₁₅₀ PK	50.1	382	119	478	72	73.2	1.96	900
	Mv Ispán	∅	51.1	370	98	395	52	73.4	1.85	756
		N ₉₀ PK	53.2	332	117	409	62	71.8	2.26	820
		N ₁₅₀ PK	53.7	361	124	448	73	71.0	2.51	801
	GK Csillag	∅	52.2	186	116	196	31	72.4	2.15	895
		N ₉₀ PK	53.5	127	155	139	31	73.1	2.26	940
		N ₁₅₀ PK	54.2	113	157	130	33	74.0	2.51	914
	KG Kunhalom	∅	51.5	124	138	132	28	73.1	2.23	833
		N ₉₀ PK	53.1	122	171	153	37	72.3	2.43	993
		N ₁₅₀ PK	54.0	135	162	164	38	70.2	2.27	1043
	Hybiza	∅	47.8	402	96	420	56	65.2	1.95	768
		N ₉₀ PK	48.3	537	106	605	85	65.0	2.09	840
		N ₁₅₀ PK	48.7	517	112	603	89	62.6	2.14	863
2019	GK Öthalom	∅	49.1	341	112	427	62	68.5	1.75	932
		N ₉₀ PK	49.4	482	127	658	104	68.7	1.90	969
		N ₁₅₀ PK	49.7	414	130	600	95	69.4	1.92	983
	Mv Ispán	∅	50.6	481	97	519	66	67.8	1.76	886
		N ₉₀ PK	51.3	411	116	503	74	66.9	1.95	935
		N ₁₅₀ PK	51.1	397	125	529	83	65.5	2.10	955
	GK Csillag	∅	51.8	360	117	416	65	68.8	2.05	904
		N ₉₀ PK	53.8	299	132	404	68	67.8	2.10	1016
		N ₁₅₀ PK	53.6	291	138	382	69	67.6	2.05	1005
	KG Kunhalom	∅	50.5	311	139	422	76	69.1	2.07	1003
		N ₉₀ PK	51.4	257	145	383	70	68.8	1.96	1073
		N ₁₅₀ PK	51.7	249	147	375	70	68.2	2.06	1073
	Hybiza	∅	48.4	533	104	583	81	64.0	1.90	903
		N ₉₀ PK	47.5	534	106	611	85	62.9	1.94	928
		N ₁₅₀ PK	47.6	496	107	584	81	62.3	2.01	915
LSD _{5%} (Év):			0.8	47	8	53	7	1.1	0.08	28
LSD _{5%} (Fajta):			1.2	79	12	95	12	1.8	0.13	52
LSD _{5%} (Kezelés):			0.9	62	9	73	9	1.6	0.09	37

Rövidítések: PVF= promilográfus vízfelvétel; PNYE= nyújtási ellenállás; PNY= nyújthatóság; PME= maximális ellenállás; PE= energia; LK= liszt kihozatal; CAH= cipó alaki hányados; CT= cipó térfogat, PÉ= promilográfus érték

A promilográfus nyújthatóságot a műtrágyázás ($N_{90}PK$: 129.2 mm; $N_{150}PK$: 131.8 mm) szignifikáns mértékben növelte a kontroll mintákhoz (110.9 mm) képest, de itt sem okoztak változást az évjáratok agrometerológiai vonásai. A vizsgált fajták közül a KG Kunhalom (150.2 mm) teljesített a legjobban a PNY értéket tekintve. A GK Csillag (135.6 mm) szignifikánsan jobb PNY értéket adott, mint a GK Öthalom (116.7 mm), az Mv Ispán (112.4 mm) és a Hybiza (105.0 mm), amely pozitívan korrelál *Lukow és McVetty* (1991) eredményeivel, miszerint a térsza nyújthatóságot szignifikánsan befolyásolja a fajtahatás.

A tápanyagkezelések nem hoztak eredményt a promilográfus maximális ellenállást tekintve, habár a 2019-es (493 PÉ) év szignifikánsan jobb PME értéket adott, mint a 2018-as (334.6 PÉ). A búzafajtákat összehasonlítva a KG Kunhalom (271.5 PÉ) és a GK Csillag (277.7 PÉ) érzékelhető mértékben alacsonyabb értéket produkált, mint az Mv Ispán (467 PÉ), a GK Öthalom (485.5 PÉ) és a Hybiza (567.5 PÉ).

A 2018/2019-es (76.5 cm^2) termesztési szezón szignifikánsan magasabb promilográfus energiát adott, mint az első év (53.1 cm^2) (30. ábra), ezenfelül a műtrágyázás ($N_{90}PK$: 68.6 cm^2 ; $N_{150}PK$: 70.3 cm^2) is érzékelhető javulást okozott a kontrollokhoz (55.5 cm^2) mérten. Azonban voltak kivételek, az évjárat esetében a Hybiza, a műtrágya esetében a GK Csillag és a KG Kunhalom. A Hybiza (79.5 cm^2), a GK Öthalom (73.8 cm^2) és az Mv Ispán (68.0 cm^2) szignifikánsan magasabb PE értéket adott, mint a KG Kunhalom (53.0 cm^2) és a GK Csillag (49.6 cm^2). Csak a GK Öthalom fajtát figyelembe véve, az $N_{90}PK$ dózis (K: 50.7 cm^2 ; $N_{150}PK$: 83.6 cm^2 ; $N_{90}PK$: 87.1 cm^2) adta a legjobb PE értéket.

A tápanyagkezelések kijuttatása nem okozott statisztikailag bizonyítható változást a promilográfus arányszám esetében, ennek ellenére a 2019-es (3.3) évben szignifikánsan magasabb arányszámokat mértem, mint a 2018-asban (2.6), kivételt képzett a Hybiza és a GK Öthalom, ahol a műtrágyázás szignifikánsan csökkentette az arányszámot. A genotípusokat 3 csoportba lehetett felosztani: 1) Hybiza (4.8); 2) Mv Ispán (3.6) és GK Öthalom (3.3); 3) GK Csillag (1.8) és KG Kunhalom (1.4), ezek statisztikailag bizonyítható mértékben különböztek egymástól.

A minták lisztkihozatalát tekintve az látható, hogy a 2018-as évben (71.0%) szignifikánsan magasabbak voltak a kihozatalok, mint a 2019-esben (67.1%), ugyanakkor a műtrágyázás nem fejtett ki jelentős hatást. A Hybiza (63.7%) szignifikánsan alacsonyabb lisztkihozatalot produkált, mint a többi 4 vizsgált fajta (69.4-71.2%), sőt a GK Öthalom és az Mv Ispán közötti differencia szintén szignifikáns volt.

22. táblázat – A tényezők hatása a vizsgált paraméterekre – 4. rész (Debrecen)

Év	Fajta	Kezelés	ST (mm)	GI (%)	KS	M _{átl} (µm)	SZT (mg)	SZM (mm)	HI* (%)	
2018	GK Öthalom	∅	0.4	98.7	19.2	75.0	41.6	3.07	41 ^Á	
		N ₉₀ PK	1.0	87.0	18.2	83.0	43.5	3.08	51 ^K	
		N ₁₅₀ PK	0.8	81.2	17.9	84.1	42.7	3.06	53 ^K	
	Mv Ispán	∅	1.4	83.5	22.1	79.7	42.3	3.00	57 ^K	
		N ₉₀ PK	1.5	69.4	22.3	86.6	41.3	2.96	69 ^K	
		N ₁₅₀ PK	1.1	66.3	22.6	86.9	40.6	2.92	71 ^K	
	GK Csillag	∅	1.6	65.7	19.5	79.4	38.0	2.94	56 ^K	
		N ₉₀ PK	5.3	35.8	19.3	84.8	41.0	3.03	63 ^K	
		N ₁₅₀ PK	5.8	36.1	19.3	85.4	38.9	2.97	67 ^K	
	KG Kunhalom	∅	3.6	56.9	20.0	76.0	43.8	3.11	53 ^K	
		N ₉₀ PK	4.2	44.3	18.7	79.8	46.6	3.15	61 ^K	
		N ₁₅₀ PK	4.4	43.1	17.8	79.8	45.0	3.12	61 ^K	
	Hybiza	∅	0.4	96.1	19.2	57.7	44.2	2.96	27 ^P	
		N ₉₀ PK	0.8	95.4	18.0	62.4	44.2	2.97	37 ^Á	
		N ₁₅₀ PK	0.8	93.2	20.1	63.1	43.7	2.97	36 ^Á	
	2019	GK Öthalom	∅	0.0	98.5	19.2	78.1	41.3	3.01	50 ^K
			N ₉₀ PK	0.7	94.8	18.5	81.1	43.1	3.04	57 ^K
			N ₁₅₀ PK	0.3	94.4	19.0	81.9	42.0	3.00	58 ^K
Mv Ispán		∅	0.3	97.1	23.4	79.0	38.6	2.93	65 ^K	
		N ₉₀ PK	0.4	90.0	23.1	81.9	40.0	2.93	75 ^K	
		N ₁₅₀ PK	0.7	82.6	22.6	83.1	38.1	2.86	79 ^K	
GK Csillag		∅	0.3	93.1	19.5	80.0	35.3	2.84	66 ^K	
		N ₉₀ PK	1.4	65.7	20.2	84.6	37.0	2.89	75 ^K	
		N ₁₅₀ PK	2.3	62.6	20.3	84.2	35.7	2.84	77 ^K	
KG Kunhalom		∅	1.9	71.5	20.9	72.3	42.1	3.03	65 ^K	
		N ₉₀ PK	2.9	55.6	19.7	75.3	42.7	3.04	68 ^K	
		N ₁₅₀ PK	3.2	51.4	19.1	76.5	43.4	3.06	70 ^K	
Hybiza		∅	0.3	98.4	20.9	58.8	44.9	2.95	35 ^Á	
		N ₉₀ PK	0.6	98.3	20.0	62.1	44.8	2.96	39 ^Á	
		N ₁₅₀ PK	0.7	97.4	19.9	61.1	41.9	2.87	42 ^Á	
LSD _{5%} (Év):			0.6	7.4	0.6	3.2	1.1	0.03	5	
LSD _{5%} (Fajta):			0.9	12.2	1.0	3.5	1.6	0.05	8	
LSD _{5%} (Kezelés):			0.7	9.1	0.7	3.8	1.3	0.04	6	

*Hardness index csoportosítás: 0-30 puha; 31-50 átmeneti; 51<kemény szerkezet (Szabó, 2009)

Rövidítések: ST= sikér terület; GI= glutén index; KS= keményítősérülés; M_{átl}= átlag szemcseméret; SZT= szemtömeg; SZM= szemméret; HI= Hardness index

A lisztkihozattal kapcsolatos eredményeim összhangban állnak Kovács (1992) és Muchová (2003) méréseivel. A hibridet tekintve az évjárat nem okozott különbséget,

emellett az N₁₅₀PK (62.5%) dózis meglehetősen csökkentette a kihozatalt a kontrollhoz (64.6%) és N₉₀PK (64.0%) kezeléshez képest.

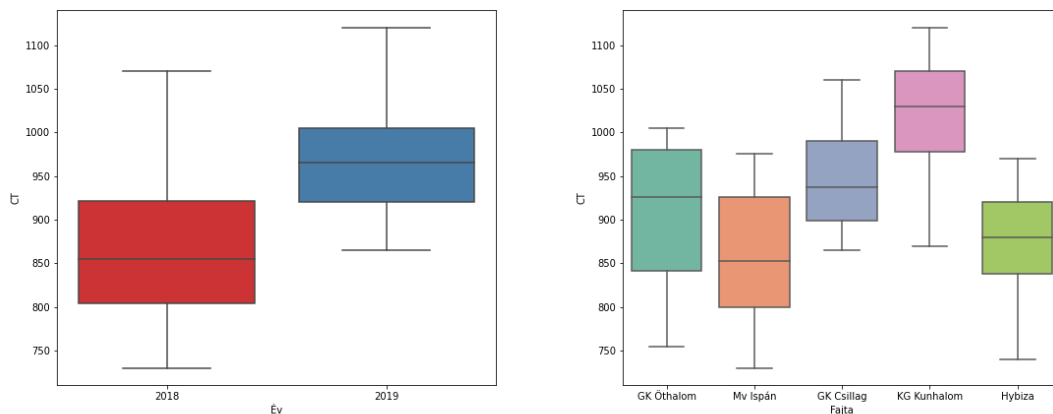
A műtrágya adagok (N₉₀PK: 1.9 mm; N₁₅₀PK: 2.0 mm) kijuttatása szignifikánsan növelte a siker területét a kontroll mintákhoz mérten (1.0 mm), amely egybehangzik *Pollhamer* (1965) kijelentéseivel (22. táblázat). Továbbá a 2018-as (2.2 mm) év számottevően magasabb ST értéket adott, mint a 2019-es (1.1 mm). Habár voltak kivételek mind a két esetben, a műtrágyánál az Mv Ispán, míg az évjáratnál a Hybiza. A GK Öthalmot tekintve, csak az N₉₀PK (0.8 mm) kezelés növelte statisztikailag bizonyítható mértékben a siker területét a kontrollhoz képest (0.2 mm). A KG Kunhalom (3.4 mm) és a GK Csillag (2.8 mm) szignifikáns szinten magasabb területet adott, mint az Mv Ispán (0.9 mm), a Hybiza (0.6 mm) és a GK Öthalom (0.5 mm). Az N₁₅₀PK dóziszánál 2018-ban a legnagyobb területet a GK Csillag (5.8 mm), addig 2019-ben a KG Kunhalom (3.2 mm) adta.

A 2019-es (83.4%) év időjárása lényegesen megnövelte a glutén indexet a 2018-as évhez (70.2%) képest. A műtrágyaadagolás hatását a siker minőségre jól tükrözte a glutén index alakulása, hiszen mindkét dózis (N₉₀PK: 73.6%; N₁₅₀PK: 70.8%) nagyban csökkentette az értékeket a kontroll mintákhoz mérten (86.0%), kivéve a hibrid esetében. A Hybiza (96.5%) szignifikánsan a legerősebb sikért adta, míg a GK Csillag (59.9%) és a KG Kunhalom (53.8%) jelentősen alacsonyabb GI mutatókat adott, mint a GK Öthalom (92.4%), az Mv Ispán (81.5%) és a Hybiza. A cseh búza sztenderdet tekintve a Hybiza, a GK Öthalom és az Mv Ispán az „Elit, 1. osztályú”, míg a KG Kunhalom és a GK Csillag a „kenyér, 3. osztályú” minőségi csoporthoz tartozott a glutén index értékeik végett (*Hlisnikovsky et al., 2014*). 2018-ban csak az N₁₅₀PK (64.0%) dózis tudta szignifikánsan csökkenteni a glutén indexet a kontroll mintákhoz hasonlítva (80.2%). Ezenfelül a KG Kunhalom szignifikánsan alacsonyabb GI értékeket adott, mint a többi fajta 2019-ben. A fajta, évjárat és műtrágyázás okozta változások összhangban álltak *Curic et al.* (2001), *Tayyar* (2010) és *Massoudifar et al.* (2014) eredményeivel. Akárcsak *Janczak-Pieniazek et al.* (2020) hibrid búzákkal történt kutatásában a Hybiza glutén indexei 93% felett voltak, amely már előnytelenül erős sikért jelent.

Általánosságban véve a cipó alaki hányadost a tápanyagkezelések (N₉₀PK: 2.08; N₁₅₀PK: 2.15) jelentősen növelték a kontrollokhoz képest (1.96), ezzel szemben 2019-ben csak a N₁₅₀PK kezelés okozott szignifikáns változást, amely a gyakorlatban azt jelentette, hogy a műtrágyázás hatására a cipók egyre terülekenyebbé és laposabbá váltak. Ezek a megfigyelések korreláltak a *Pollhamer* (1965) által leírtakkal. A 2018-as (2.16)

év paraméterei jelentősen magasabb CAH értékeket okoztak, mint a 2019-es (1.97), kivéve a GK Öthalom és a Hybiza esetében. A vizsgált genotípusok közül a GK Öthalom (1.88) produkálta a legalacsonyabb cipó alaki hányados értékeket a többi négyhez viszonyítva (2.01-2.19).

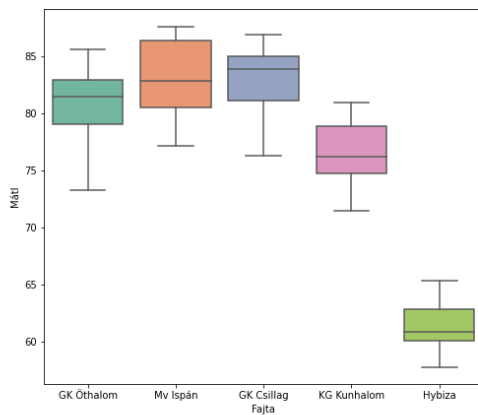
A 2019-es mintákból (965.1 cm^3) szignifikánsan nagyobb térfogatú cipók készültek a 2018-hoz hasonlítva (868.5 cm^3) (31. ábra). A műtrágyázás (N_{90PK} : 938.5 cm^3 ; N_{150PK} : 945.0 cm^3) nagy mértékben javította a CT értékeket a kontroll mintákhoz (866.9 cm^3) képest, kivéve az Mv Ispánnál és a Hybizánál. A fajtákat tekintve a KG Kunhalom (1002.5 cm^3) szignifikánsan magasabb térfogatot adott, mint a GK Csillag (945.6 cm^3), a GK Öthalom (907.8 cm^3), a Hybiza (869.2 cm^3) és az Mv Ispán (859 cm^3), sőt a GK Csillag is jelentősen jobban teljesített a Hybizánál és az Mv Ispánnál (32. ábra). Érdekes módon a kontroll kezelésű mintákat vizsgálva 2018-ban a legjobb eredményt a GK Csillag (895 cm^3) szolgáltatta, míg 2019-ben pedig a KG Kunhalom (1002.5 cm^3). Az általam tapasztalt jelenségeket, azaz a fajták cipó térfogata szignifikánsan különbözött Panozzo és Eagles (2000), illetve Massoudifar et al. (2014) szintén tapasztalta.



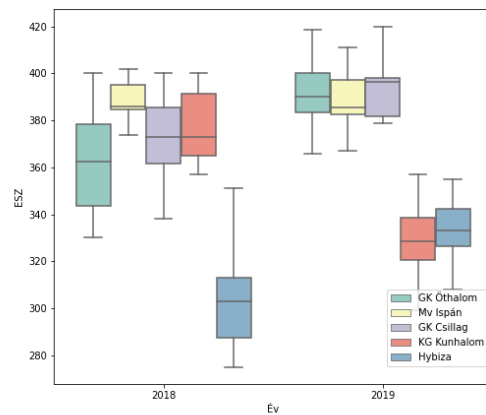
31-32. ábra – Az évjárat és a fajta hatása a cipótérfogatra

A keményítősérülést tekintve a műtrágyázás nagy általánosságban nem volt kihatással az értékekre, azonban volt két kivétel, a GK Öthalom (K : 19.23; N_{150PK} : 18.43; N_{90PK} : 18.38) és a KG Kunhalom (K : 20.4; N_{90PK} : 19.23; N_{150PK} : 18.44), ahol a tápanyagkezelés szignifikánsan csökkentette a KS értékeket, akárcsak Cho et al. (2018) cikkében is. A 2019-es évben (20.4) betakarított minták jelentősen magasabb keményítősérülést adtak, mint a 2018-asok (19.6), egy fajtát kivéve a GK Öthalmot. Az

Mv Ispán (22.7) szignifikánsan magasabb keményítősérülést adott, mint a többi 4 fajta (18.7-19.7). Eredményeim alátámasztották *Lukow és McVetty* (1991) megállapításait.



33. ábra – A fajta hatása az átlag szemcseméret értékre



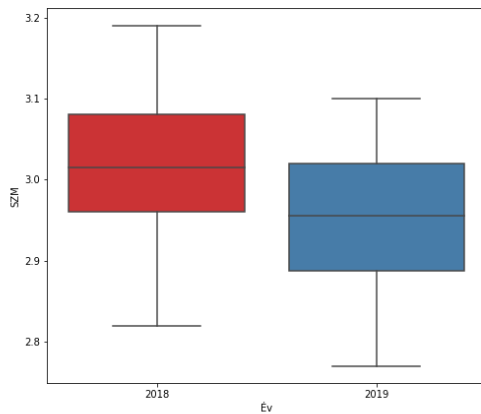
34. ábra – Az évjárat hatása az esésszámra

A két évet összehasonlítva nem tapasztaltam különbséget a szemcseméret eloszlás terén ($M_{\text{átl}}$), két fajtát kivéve, az Mv Ispánt és KG Kunhalmot, amelyek 2018-ban szignifikánsan magasabb $M_{\text{átl}}$ értékeket adtak. A műtrágya ($N_{90}\text{PK}$: $78.2 \mu\text{m}$; $N_{150}\text{PK}$: $78.6 \mu\text{m}$) használata nagy mértékben növelte az átlag szemcseméretet a kontroll mintákhoz ($73.6 \mu\text{m}$) képest, amely eredmények kiegészítették *Cho et al.* (2018) kijelentéseit a műtrágya szemcseméretre vonatkozó hatásával. A Hybiza ($60.9 \mu\text{m}$) szignifikánsan alacsonyabb $M_{\text{átl}}$ értékeket produkált, mint a többi fajta. Továbbá a KG Kunhalom ($76.6 \mu\text{m}$) kisebb átlag szemcseméretet adott, mint a GK Öthalom ($80.5 \mu\text{m}$), az Mv Ispán ($82.9 \mu\text{m}$) és a GK Csillag ($83.1 \mu\text{m}$) (33. ábra). A legnagyobb $M_{\text{átl}}$ értéket 2018-ban az Mv Ispán ($86.9 \mu\text{m}$), 2019-ben pedig a GK Csillag ($84.2 \mu\text{m}$) adta.

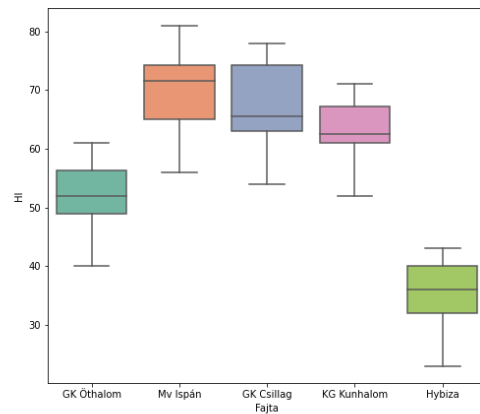
Az SKCS módszer mutatószámait analizálva azt lehet elmondani, hogy 2018-ban (42.5 mg) szignifikánsan nagyobb szemtömeeggel rendelkeztek a minták (35. ábra), mint 2019-ben (40.7 mg), azonban a tápanyagkezelések nem voltak kihatással. A Hybiza (43.9 mg), a KG Kunhalom (43.9 mg) és a GK Öthalom (42.4 mg) jelentősen nagyobb szemekkel bírt, mint az Mv Ispán (40.1 mg) és a GK Csillag (37.6 mg). A mérési eredmények korrelálnak a *Guarda et al.* (2004) és *Kucerová* (2005) által elmondottakkal. Továbbá a szemátmérő szignifikánsan nagyobb volt 2018-ban (3.02 mm), mint 2019-ben (2.95 mm). A szemátmérő esetében, a KG Kunhalom (3.08 mm) és a GK Öthalom (3.04

mm) adta a legnagyobb számokat, a Hybizához (2.95 mm), az Mv Ispánhoz (2.93 mm) és a GK Csillaghoz (2.92 mm) képest.

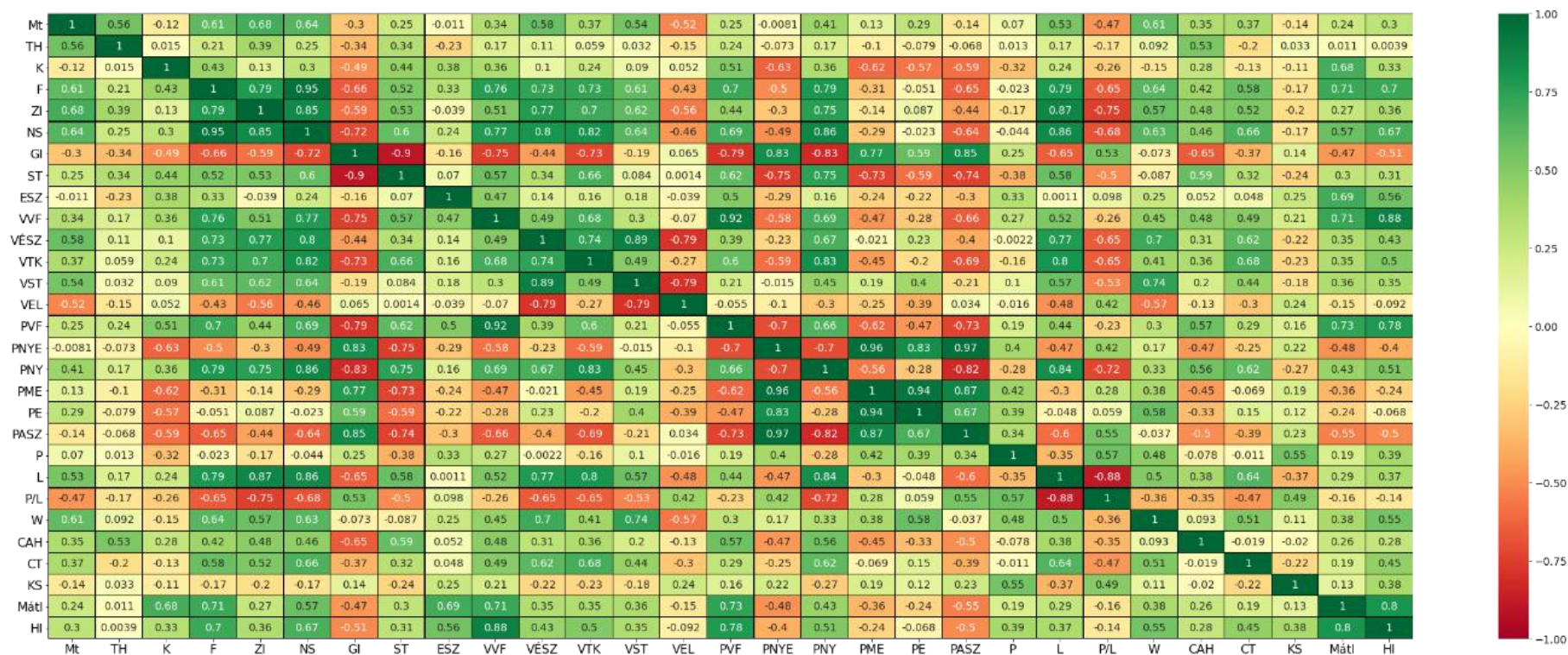
A szemkeménységet (Hardness index) mindkét műtrágya dózis (N₉₀PK: 59.28%; N₁₅₀PK: 61.25%) nagy mértékben növelte a kontroll mintákhoz (51.3%) viszonyítva. 2019-ben (61.2%) szignifikánsan magasabb Hardness index értékeket mértem, mint 2018-ban (53.5%). Az Mv Ispán (69.3%), a GK Csillag (67.2%) és a KG Kunhalom (63.0%) szignifikánsan keményebb szerkezetű szemtermést adott, mint a GK Öthalom (51.4%) és a Hybiza (35.6%) (36. ábra). Ezen eredmények egyetértésben vannak *Guarda et al.* (2004) és *Massoudifar et al.* (2014) állításaival. Emellett egybehangzik *Chantret et al.* (2005) által megfogalmazottakkal, azaz a szemkeménység elsősorban egy genetikailag kódolt tulajdonság azonban, ahogy *Luo et al.* (2000) is megjegyezte, a műtrágyázás képes bizonyos szintig javítani. *Szabó* (2009) nyomán a műtrágyázott minták esetén csak a Hybiza rendelkezett átmeneti szemkeménységű terméssel, a többi minta mind a kemény szemszerkezetű csoportba tartozott. Amennyiben a kontroll kezelésű búzákat vizsgáljuk, az első termesztési évben a Hybiza puha, míg a GK Öthalom átmeneti szemszerkezettel rendelkezett.



35. ábra – Az év hatása a szemtömegre



36. ábra – A fajta hatás a HI értékre



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

Rövidítések: Mt= műtrágya; TH= terméshozam; K=kiörlés; F= fehérje; ZI= Zeleny index; NS= nedves siker; GI= glutén index; ST= siker terület; ESZ= esésszám; VVF= valori. vízfelvétel; VÉSZ= értékszám; VTK= tészta kialakulási idő; VST= stabilitás; VEL= ellágyulás; PVF= promilo. vízfelvétel; PNYE= nyújtási ellenállás; PNY= nyújthatóság; PME= maximális ellenállás; PE= energia; PASZ= arányszám; CAH= cipő alaki hányados; CT= cipő térfogat; KS= keményítőszerűség; Máti= átlag szemcseméret; HI= Hardness index

4. 2. 2. A fajta kísérlet Pearson-féle korrelációs és regressziós analízise

A korrelációs vizsgálatban (37. ábra) csak az $r \leq \pm 0.5$ -nél nagyobb értékkel (ahol legalább közepes kapcsolat volt) rendelkező koefficiensekkel foglalkoztam. Mind a fehérjetartalom és a NIR-fehérje (0.92**), mind a nedves siker és a NIR-nedves siker (0.96**), illetve a nedves és száraz siker (0.99**) nagyon szoros összefüggésben álltak, így kijelenthető, hogy a NIR-es gyorsmódszerrel igen pontos eredmények kaphatók, emiatt a következőkben, ahol a fehérje és nedves sikértartalommal korrelációban állt valamelyik paraméter, oda nem írtam le külön a NIR_F, NIR_{NS} és száraz siker értékek összefüggéseit. Az SKCS szemtömeg és szemméret értékeit nem jelenítettem meg, mert nem adtak szignifikáns korrelációt egyetlen paraméterrel sem. Továbbá az egymásból számított értékeket sem jelenítettem meg, mint például P, L és a P/L értékek vagy valorigráfus értékszám és egyéb valorigráfus értékek kapcsolatait.

A műtrágyázás közepes mértékben korrelált a terméshozammal (0.56**), a fehérjetartalommal (0.611**), a Zeleny index-szel (0.678**), a nedves sikértartalommal (0.637**), a valorigráfus értékszámmal (0.577**), a tészta stabilitással (0.535**), a W (0.607**) és a L értékkel (0.53**). Érzékelhető, negatív kapcsolat volt a műtrágyázás és az ellágyulás között (-0.519**). Hasonló eredményeket kaptak *Gerő és Tanács* (2003), *Győri et al.* (2003), *Nagy és Pepó* (2015), *Pepó* (2016). Ezen eredmények jól szemléltetik, hogy a megfelelő tápanyagellátottság elengedhetetlen a jó fehérje és reológiai tulajdonságokkal rendelkező búzák termesztéséhez.

A terméshozam közepesen korrelált a műtrágyázással (0.56**) és a cipó alaki hányadossal (0.53**).

A lisztkihozatal közepesen korrelált a M_{átlag}-gal (0.681**) és a promiligráfus vízfelvétellel (0.506**); azonban közepesen és negatív kapcsolatban volt a promiligráfus nyújtási ellenállással (-0.631**), maximális ellenállással (-0.616**) és energiával (-0.574**).

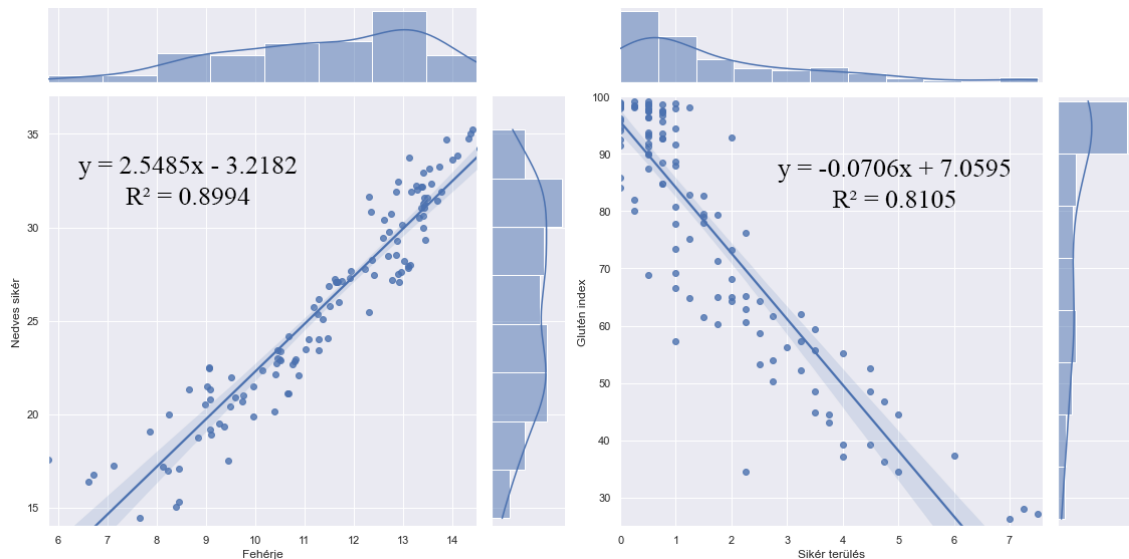
Mindenekelőtt kiemelendő a fehérjetartalom fontossága, mivel 28 paraméterből 18 (64%) paraméterrel legalább közepes korrelációban állt, köztük a nedves sikértartalommal (0.949**) rendkívül szoros, pozitív; a Zeleny index-szel (0.787**), a valorigráfus vízfelvétellel (0.76**), a promiligráfus nyújthatósággal (0.792**) és L értékkel (0.793**) szoros korrelációban állt. Emellett közepes összefüggésben állt a siker területtel (0.512**), promiligráfus vízfelvétellel (0.704**), valorigráfus értékszámmal (0.733**), tészta stabilitással (0.606**), tészta kialakulási idővel (0.732**), W-vel (0.637**), cipótérfogattal (0.582**), szemkeménységgel (0.704**) és átlag

szemcsemérettel (0.711**). Negatív érzékelhető korrelációban a glutén index-szel (-0.659**), a promilográfus nyújtási ellenállással (-0.502**) és a P/L értékkel (-0.65**). Eredményeim hasonlóak *Pollhamer* (1981), *Pepó* (2016), *Park et al.* (2006) és *Ayoub et al.* (1994) egyes megállapításaival összevetve. Minél magasabb a fehérjetartalom, annál nagyobb mennyiségű, de kevésbé erős lesz a sikér, nő a vízfelvétel, lassabban alakul ki a tészta, ellenben stabilabb marad dagasztás után és nyújthatóbb lesz a tészta, amely feltétele annak, hogy nagy térfogattal rendelkező cipót süthessünk belőle. Jól megmutatkozik a fehérjetartalom, mint paraméter kulcsfontosságú mivolta a sütőipari minőségvizsgálatakor, hiszen lényegi összefüggésben állt a sikér tulajdonságokkal, a valorigráfus, promilográfus és alveográfus jellemzőkkel is.

A sikér minőséget vizsgálva a Zeleny index szoros összefüggésben állt az F (0.787**), NS (0.852**), VÉSZ (0.771**), PNY (0.752**) és az L értékkel (0.87**); közepesben a ST (0.522**), VVF (0.506**), VTK (0.698**), VST (0.614**), W értékkel (0.57**) és cipótérfogattal (0.526**); azonban szoros és negatívban a P/L értékkel (-0.75**); közepesben a glutén index-szel (-0.582**) és ellágyulással (-0.556**).

A másik meghatározó minőségi mutató a nedves sikér, hiszen rendkívül szoros korrelációban volt a fehérjetartalommal (0.949**); szoros összefüggésben a Zeleny index-szel (0.852**), VVF (0.773**), VÉSZ (0.799**), VTK (0.819**), PNY (0.86**) és L értékkel (0.856**), közepes kapcsolatban a sikér területtel (0.598**), VST (0.634**), PVF (0.684**), W értékkel (0.634**), cipótérfogattal (0.665**), szemkeménységgel (0.668**) és az átlag szemcsemérettel (0.57**); végül közepes és negatív kapcsolatban a glutén index-szel (-0.715**) és a P/L értékkel (-0.686**). A korrelációs (0.949**) és regressziós (38. ábra) ($R^2=0.899$) eredmények miatt, a fehérje és nedves sikértartalom közül, a komplexradarokban a nedves sikértartalmat használtam, mert gyorsabb módszer, illetve egyszerre el lehet végezni a glutén index vizsgálatával. *Bushuk* (1998), *Tanács et al.* (2008) és *Miceli et al.* (1992) nedves sikérrrel kapcsolatos kölcsönhatásai (CT, VTK, L és W) teljes egyetértésben álltak a saját észleléseimmel.

A glutén index szoros, negatív összefüggésben volt a sikér területtel (-0.899**), promilográfus nyújthatósággal (-0.825**) és vízfelvétellel (-0.786**); közepes negatív korrelációban állt a F (-0.659**), ZI (-0.582**), NS (-0.715**), VTK (-0.724**), L értékkel (-0.646**), cipó alakihányadossal (-0.645**) és szemkeménységgel (-0.507**); szoros pozitív korrelációban volt a promilográfus nyújtási ellenállással (0.833**) és maximális ellenállással (0.77**), azaz a növekvő fehérjetartalommal a sikér erőssége csökken, romlik a vízfelvétel és a belőle készült tészta nyújthatóbb.



38-39. ábra – A nedves sikér és a fehérjetartalom (bal); valamint a glutén index és a sikér terület (jobb) lineáris regressziós analízise

A kutatásomban kapott korrelációk további bizonyítékot szolgáltatottak *Curic et al.* (2001) egytengelyes nyújtási módszerekkel (promilográfus), nedves sikérral (negatív) és farinográfus (nincs kölcsönhatás) eredményeire, azonban cáfolták *Eljak et al.* (2018) és *Janczak-Pieniazek et al.* (2020) tanulmányait az esésszám és cipótérfogat vonatkozásában. A korrelációs (0.899**) és regressziós (39. ábra) ($R^2=0.811$) eredmények miatt, a glutén index és a sikér terület között a Komplexradarokban a glutén indexet használtam, mert objektívebben meghatározható paraméter, illetve egyszerre el lehet végezni a nedves és száraz sikér meghatározásával. Jelentős kölcsönhatást nem találtam a cipótérfogat, mint legfontosabb sütőipari mutatószám és a glutén index között, azaz a glutén index nem alkalmas sütőipari potenciál önálló prediktálására, mint ahogy arra *Bonfil és Posner* (2012) is rámutatott.

A sikér terület és a glutén index (-0.899**), illetve a nyújtási ellenállás között (-0.757**) szoros, negatív kapcsolatot adott a korreláció analízis; míg közepes, negatív a maximális ellenállással (-0.733**), promilográfus energiával (-0.595**) és a P/L értékkel (-0.506**), azonban pozitív, közepes kapcsolatot találtam a fehérjetartalommal (0.519**), Zeleny index-szel (0.522**), nedves sikérral (0.598**), valorigráfus (0.571**) és promilográfus vízfelvétellel (0.614**), tészta kialakulási idővel (0.662**) és promilográfus nyújthatósággal (0.749**).

Az esésszám közepes, pozitív összefüggésben állt a promilográfus vízfelvétellel (0.505**), átlagos szemcsemérettel (0.689**) és a szemkeménységgel (0.567**). A

vízfelvétel és az esésszám közötti kapcsolatot *Hareland* (2003) szintén felírta korábbi publikációjában.

A valorigráfós vízfelvétel szignifikáns, közepes korrelációban állt az átlag szemcsemérettel (0.719**), Zeleny index-szel (0.506**), ST (0.571**), VTK (0.68**), L értékkel (0.52**) és promilográfós nyújthatósággal (0.686**); míg szorosban a fehérjetartalommal (0.76**), nedves sikértartalommal (0.773**), Hardness index-szel (0.883**) és promilográfós vízfelvétellel (0.927**), azaz minél kisebb az átlag szemcseméret, annál jobb a vízfelvétel, a megnövekedett felület miatt, illetve a vízfelvétel javulásával (tészta lágyság) a tézta nyújthatósága és területe szignifikánsan növekedett. A vízfelvételre *Ohm és Chung* (1999) is hasonló korrelációkat kaptak (HI, NS és F). A valorigráfós értékszám és az L érték (0.773**), Zeleny index (0.771**) és nedves siker (0.799**) között szoros; a fehérjével (0.733**), a W-vel (0.7**), a promilográfós nyújthatósággal (0.664**) és a cipótérfogattal (0.625**) közepes kapcsolat volt realizálható. Így elmondható, hogy az értékszám a reológiai és cipó vizsgálatokat is jól prediktálhatja. Ezt a megállapítást már *Tóth et al.* (2007b) is leírta a W érték kapcsán. A tézta kialakulási idő szorosban korrelált az NS (0.819**), a PNY (0.83**) és az L értékkel (0.804**); közepesen a fehérjével (0.732**), a Zeleny index-szel (0.698**), a siker területtel (0.662**), a promilográfós vízfelvétellel (0.596**), a cipótérfogattal (0.68**) és a szemkeménységgel (0.503**), azonban közepes, negatív kapcsolatban volt a GI (-0.724**), PNYE (-0.589**) és P/L értékkel (-0.648**). A tézta kialakulási idő kapcsán hasonló összefüggést talált az NS és az F értékkel *Janczak-Pieniazek et al.* (2020) is. A stabilitás szoros negatív összefüggésben állt az ellágyulással (-0.791**); míg közepes, pozitív kapcsolatban az F (0.606**), ZI (0.614**), NS (0.634**), L (0.573**) és W értékkel (0.738**). A fehérjetartalom és stabilitási idő közötti kapcsolatot már *Koppel és Ingver* (2010) is feljegyezte. A valorigráfós ellágyulás szoros, negatív kapcsolatban állt az értékszámmal (-0.787**) és stabilitással (-0.791**); közepesben a ZI (-0.556**) és W értékkel (-0.566**).

A promilográfós vízfelvétel rendkívül szorosban korrelált a valorigráfós vízfelvétellel (0.924**), míg szorosban a szemkeménységgel (0.781), azonban közepes mértékben a fehérjével (0.704**), nedves sikerrel (0.684**), siker területtel (0.614**), kiörléssel (0.506**), esésszámmal (0.505**), tézta kialakulási idővel (0.596**), nyújthatósággal (0.655**), cipó alakihányadossal (0.563**) és átlag szemcsemérettel (0.738**). A vízfelvétel szoros, negatív korrelációban volt a glutén index-szel (-0.786**); közepesben a nyújtási ellenállással (-0.698**) és a maximális ellenállással (-0.624**). A

nyújtási ellenállás rendkívül szorosan korrelált a maximális ellenállással (0.961**); szorosan az energiával (0.83**) és a glutén index-szel (0.833**); szorosan, negatív irányban a siker területtel (-0.757**); közepesen a fehérjével (-0.502**), a kiőrléssel (-0.631**), a valorigráfós vízfelvétellel (-0.585**), a tészta kialakulási idővel (-0.589**), nyújtással (-0.705) és a promilográfós vízfelvétellel (-0.698**). A promilográfós nyújthatóság az F (0.792**), ZI (0.752**), NS (0.86**), VTK (0.83**) az L értékkel (0.835**) szoros; a vízfelvétellel (0.686**), értékszámmal (0.664**), a cipótérfogattal (0.618**), a cipó alakihányadossal (0.561**), a siker területtel (0.749**) közepes korrelációban állt; ellenben szoros, negatív kapcsolatban állt a GI (-0.825**); közepesen a PNYE (-0.705**) és P/L értékkel (-0.721**). A nyújthatósággal kapcsolatos korrelációkat (F, NS és VÉSZ) *Sipos et al.* (2007) szintén tapasztalta kutatása folyamán. A promilográfós maximális ellenállás szorosan korrelált a glutén index-szel (0.77**), rendkívül szorosan a nyújtási ellenállással (0.961**) és energiával (0.939**); negatív, közepesen a siker területtel (-0.733**), a kiőrléssel (-0.616**), a vízfelvétellel (-0.624**) és a nyújthatósággal (-0.562**). A promilográfós energia közepes korrelációt mutatott a W értékkel (0.578**) és a glutén index-szel (0.593**); szorosat a nyújtási ellenállással (0.83**); rendkívül szorosat a maximális ellenállással (0.939**); ellenben a siker területtel (-0.595**), a kiőrléssel (-0.574**) közepes, negatív korrelációt állapított meg az analízis. Jól demonstrálja a korrelációs analízis, hogy a promilográfós és alveográfós értékek között alapvető összefüggés van: W (szükséges energia a tészta elszakításához) és a promilográfós energia; illetve az L (nyújthatóság, maximális levegő mennyiség, amit az elszakításig képes megtartani) és promilográfós nyújthatóság.

A P érték közepesen korrelált a keményítő sérüléssel (0.552**), amely korrelációt *Preston et al.* (1987) szintén felírt. Az L érték negatív közepesen állt a glutén index-szel (-0.646**). Szoros korrelációt mutatott az L értékkel a F (0.793**), ZI (0.870**), NS (0.856**), VÉSZ (0.773**), VTK (0.804**) és PNY (0.835**); közepesen az ST (0.578**), VVF (0.520**), VST (0.573**), W érték (0.502**) és cipótérfogattal (0.644**). A P/L értékkel szoros, negatív összefüggést realizáltam a ZI (-0.750**), közepesen a F (-0.650**), NS (-0.686**), ST (-0.506**), VÉSZ (-0.654**), VTK (-0.648**), VST (-0.533**) és PNY (-0.721**), ellenben a glutén index-szel (0.538**) pozitív, közepes kapcsolatban volt. A W érték érzékelhető korrelációt mutatott a fehérjével (0.637**), a Zeleny index-szel (0.57**), a nedves sikerrel (0.634**), az értékszámmal (0.7**), a tészta stabilitással (0.738**), a promilográfós energiával (0.578**), az L értékkel (0.502**), a cipótérfogattal (0.513**) és a szemkeménységgel (0.549**); negatív irányú az

ellágyulással (-0.566**). W-vel kapcsolatos korrelációs értékeim alátámasztották *Matuz et al.* (1999), *Garrido-Lestache et al.* (2004), *Konopka et al.* (2004), *Tóth et al.* (2007a), *Sipos et al.* (2007) és *Tanács et al.* (2008) eredményeit.

A cipó alakihányados közepes pozitív kapcsolatban állt a siker területtel (0.582**), a promilográfus vízfelvétellel (0.563**) és a nyújthatósággal (0.561**); negatívban a glutén index-szel (-0.645**). Eredményeimmel ellentétében az alaki hányados és a glutén index közötti *Popa et al.* (2014) pozitív kapcsolatot írt fel. A cipótérfogat közepes korrelációban volt az F (0.582**) és NS (0.665**), ZI (0.526**), VÉSZ (0.625**), VTK (0.68**), PNY (0.618**), L (0.644**) és W értékkel (0.513**), azaz levonható a konzekvencia, miszerint nagy térfogatú cipót a magas fehérje és nedves sikértartalommal és jó nyújthatósággal rendelkező lisztekkel lehet készíteni. A próbacipó térfogata és az esésszám között nem találtunk összefüggést, így ezen eredményeink ellentmondanak *Pollhamer* (1981), *Markovics* (2001) és *Eljak et al.* (2018) méréseinek, viszont egyetértésben állnak *Millar*-ral (2003). A cipótérfogattal kapcsolatos kölcsönhatásokat *Preston et al.* (1992), *He és Hosney* (1991), *Ohm és Chung* (1999), *Dowell et al.* (2008) és *Cho et al.* (2018) is megállapította. A Pearson-féle korrelációs vizsgálat azonban nem talált kapcsolatot a vízfelvétellel (*Wooding et al.*, 2000; *Konopka et al.*, 2004; *Massoudifar et al.*, 2014) és a glutén index-szel (*Curic et al.*, 2001; *Dobraszczyk és Salmanowicz*, 2008; *Massoudifar et al.*, 2014)

A keményítősérülés közepes korrelációban állt a P értékkel (0.552**), azonban nem volt kölcsönhatás a szemkeménységgel (*Buckley*, 2013) és a vízfelvétellel (*Massaux et al.*, 2008).

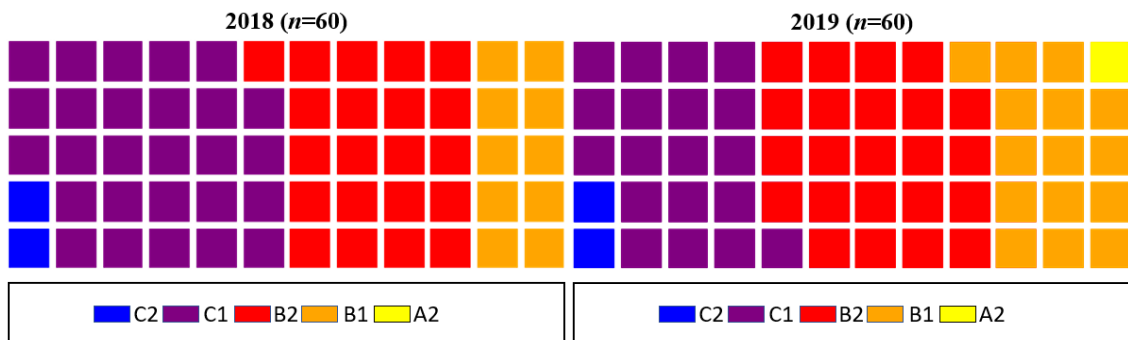
Az átlag szemcseméret ($M_{\text{át}}$) szoros összefüggésben állt a Hardness Index-szel (0.807**), míg érzékelhető szignifikáns korrelációban a valorigráfus (0.719**) és a promilográfus vízfelvétellel (0.738**), a fehérje (0.711**) és a nedves sikértartalommal (0.576**), az esésszámmal (0.689**) és a kiőrléssel (0.681**). A lisztzemcsék vízfelvételének kapcsolatát a szemcseméret eloszlással *Pratt* (1978), *Gasztonyi* (2004b), *Posner és Hibbs* (2011) is leírta.

A Hardness index szoros szignifikáns kapcsolatban állt az átlag szemcseméret eredményeivel (0.807**), illetve a valorigráfus (0.883**) és promilográfus vízfelvétellel (0.781**); míg közepes pozitív korrelációban volt az F (0.704**), NS (0.668**), ESZ (0.567**), VTK (0.503**), PNY (0.512**) és W értékkel (0.549**); míg közepes negatív kapcsolatban állt a glutén index-szel (-0.507**), így megerősítve *Massoudifar et al.* (2014) vízfelvétellel, de megcáfolva *Groos et al.* (2004) P értékkel kapcsolatos

megállapításait. Kísérletemben a szemkeménység nagyban kihatott a szemcseméret eloszlásra, illetve a keményebb szemű szemtermés magasabb fehérjetartalmat és jobb minőséget eredményezett.

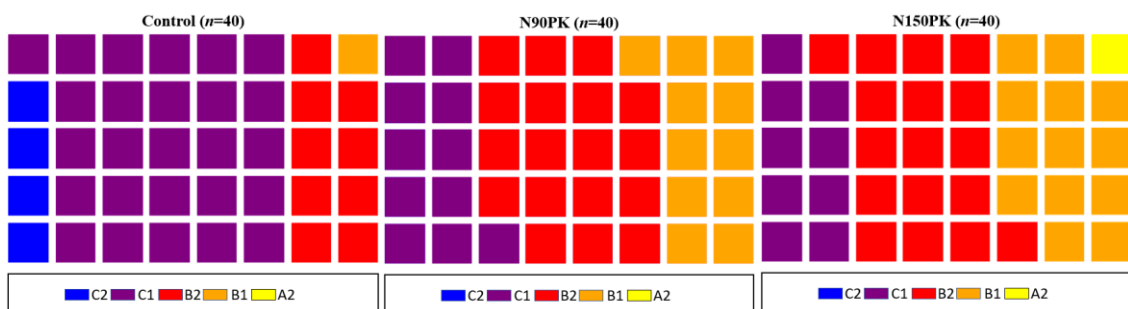
4. 2. 3. *A fajta kísérlet valorigráfus értékcsoport eredményeinek elemzése ostya diagramokkal*

Megállapítható, hogy 2018-ban 48%-a a mintáknak takarmány (C2-C1), míg 35%-a B2 és 17%-a B1 minőségű volt. 2019-ben a takarmány minőségűek 35%-ot, B2 38%-ot, B1 25%-ot, végül a javító minőségűek 2%-ot (A2-A1) adtak, amely alátámasztja azon tényeket, hogy a 2019-es év kedvezőbb volt a minőségi paraméterek kialakulásához (40. ábra).



40. ábra – A 2018-as és a 2019-es év valorigráfus értékcsoport értékeinek összehasonlítása ostya diagramokkal

A műtrágya hatását vizsgálva, azt fedik fel a diagramok, hogy a kontroll kezeléssel minták 75%-a takarmány, 22.5%-a B2, 2.5%-a B1 minőségű volt.

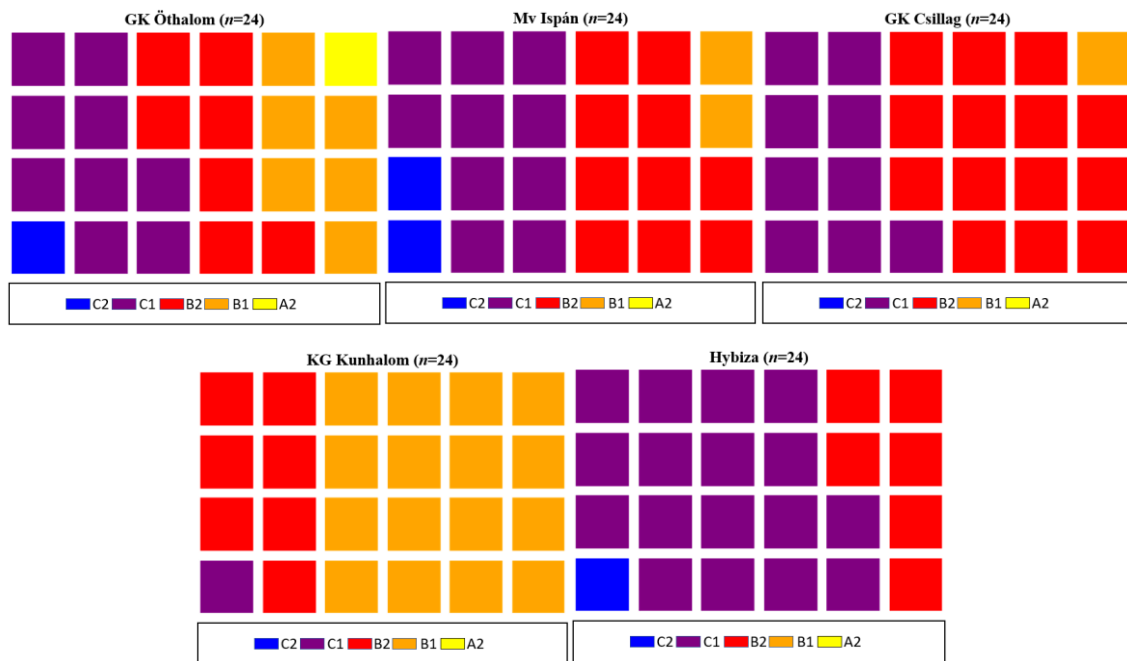


41. ábra – A műtrágyakezelés hatásának összehasonlítása a valorigráfus értékcsoportra ostya diagram segítségével

Az N₉₀PK dózis mellett a minták eloszlását illetően az érzékelhető, hogy 27.5%-a takarmány, 45%-a B2, 27.5%-a pedig B1 minőséget érte el, mindazonáltal az N₁₅₀PK

kezelés mellett a minták 22.5%-a takarmány, 42.5%-a B2, 32.5%-a B1, 2.5%-a pedig javító besorolást kapott (41. ábra). Így az ostyadiagramok további bizonyítékot szolgáltatnak arra, hogy az N₉₀PK dózis elegendőnek bizonyult a fajták minőségi potenciáljának kiaknázásához.

A valorigráfus értékcsoportok alakulása a genotípushatás vonatkozásában: a GK Öthalom mintának 42%-a takarmány, 29%-a B2, 25%-a B1 és 4%-a javító minőségű volt, míg az Mv Ispán esetében 50-42-8%-ban oszlottak meg a takarmány, B2 és B1 minőségű minták. GK Csillagot tekintve 38% takarmány, 58%-a B2 és 4%-a B1 minőségű minta volt, ellenben a KG Kunhalmot vizsgálva, a minták 4%-a takarmány, 29%-a B2 és 67%-a B1 minőségű volt. A leggyengébben a Hybiza szerepelt itt is, hiszen háromnegyede a mintáknak takarmány és egynegyede pedig B2 minőséget ért el (42. ábra). A genotípusok közül a KG Kunhalom teljesített a legjobban a valorigráfus csoportok vonatkozásában.

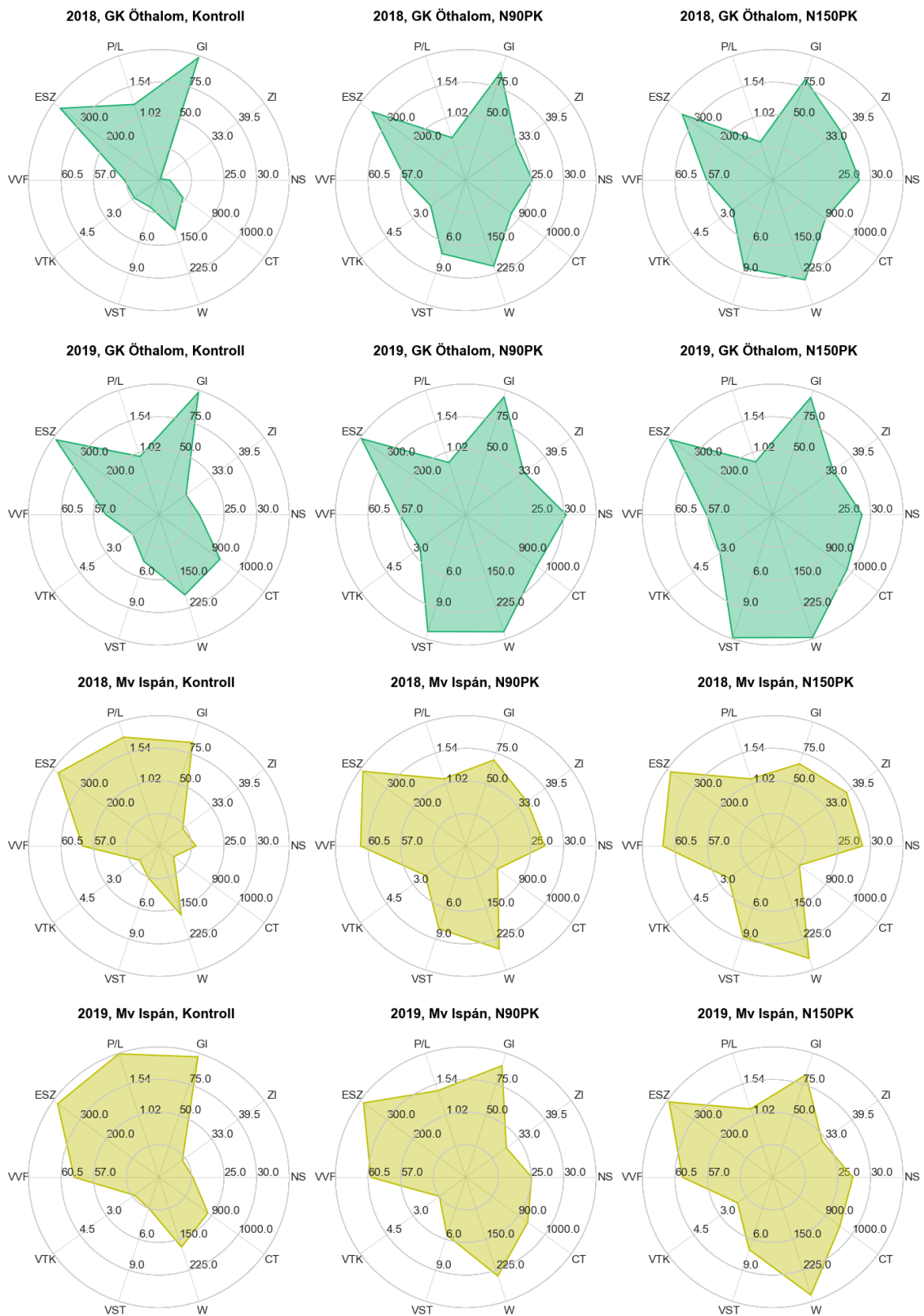


42. ábra – A fajták valorigráfus értékcsoport értékeinek összehasonlítása ostya diagramokkal

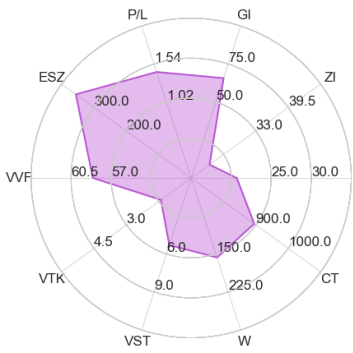
4. 2. 4. A fajta kísérlet komplexradarjainak ismertetése

A kontroll mintákat analizálva az tapasztalható, hogy a 2019-es év észlelhető mértékben növelte az értékek által létrehozott tízszőgek területét. A GK Öthalom, GK Csillag és Hybiza esetén a 2019-es év szignifikánsan javította a vizsgált paramétereket, műtrágyázás mellett is. Továbbá, a műtrágyázás nagy mértékben javította a minőségi paramétereket a kontroll mintákhoz képest, habár a különbség a két dózis között nehezen

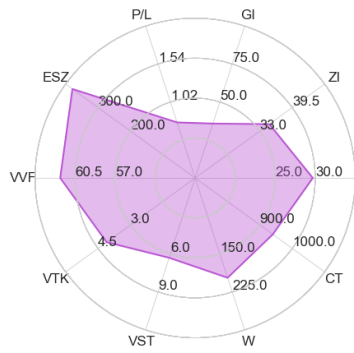
észrevehető, amely azt sugallja, hogy az N₁₅₀PK dózis már nem javította szignifikánsan az attribútumokat. A P/L és GI értékeket, azaz a siker erősségét a műtrágyázás csökkentette (43. ábra).



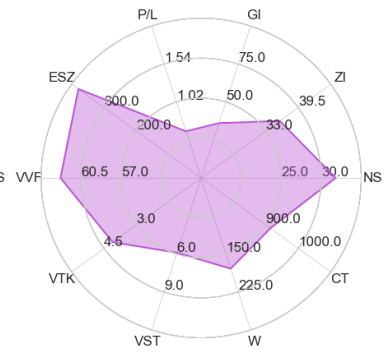
2018, GK Csillag, Kontroll



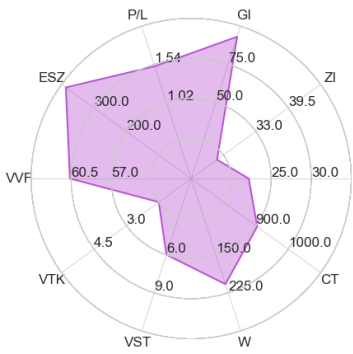
2018, GK Csillag, N90PK



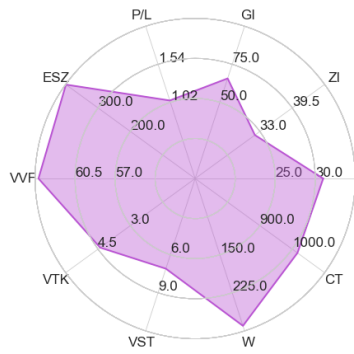
2018, GK Csillag, N150PK



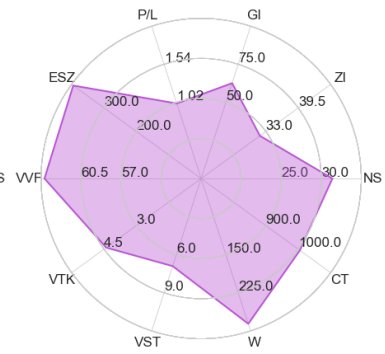
2019, GK Csillag, Kontroll



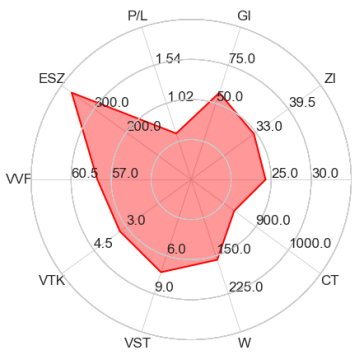
2019, GK Csillag, N90PK



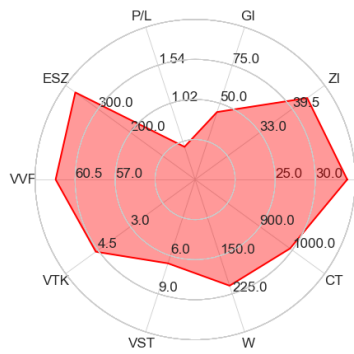
2019, GK Csillag, N150PK



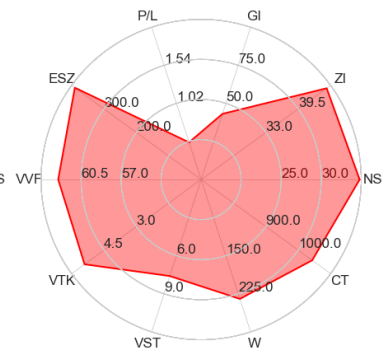
2018, KG Kunhalom, Kontroll



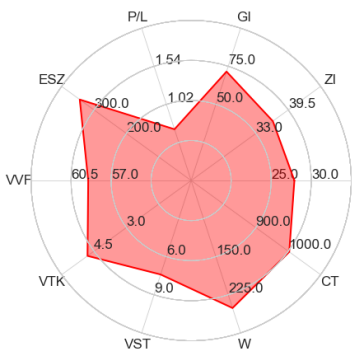
2018, KG Kunhalom, N90PK



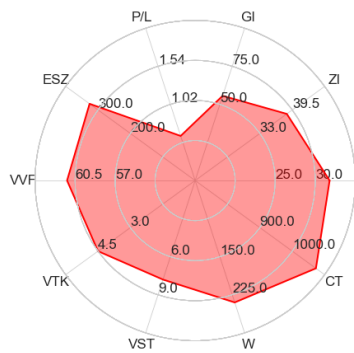
2018, KG Kunhalom, N150PK



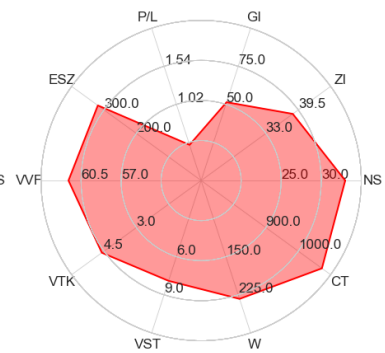
2019, KG Kunhalom, Kontroll

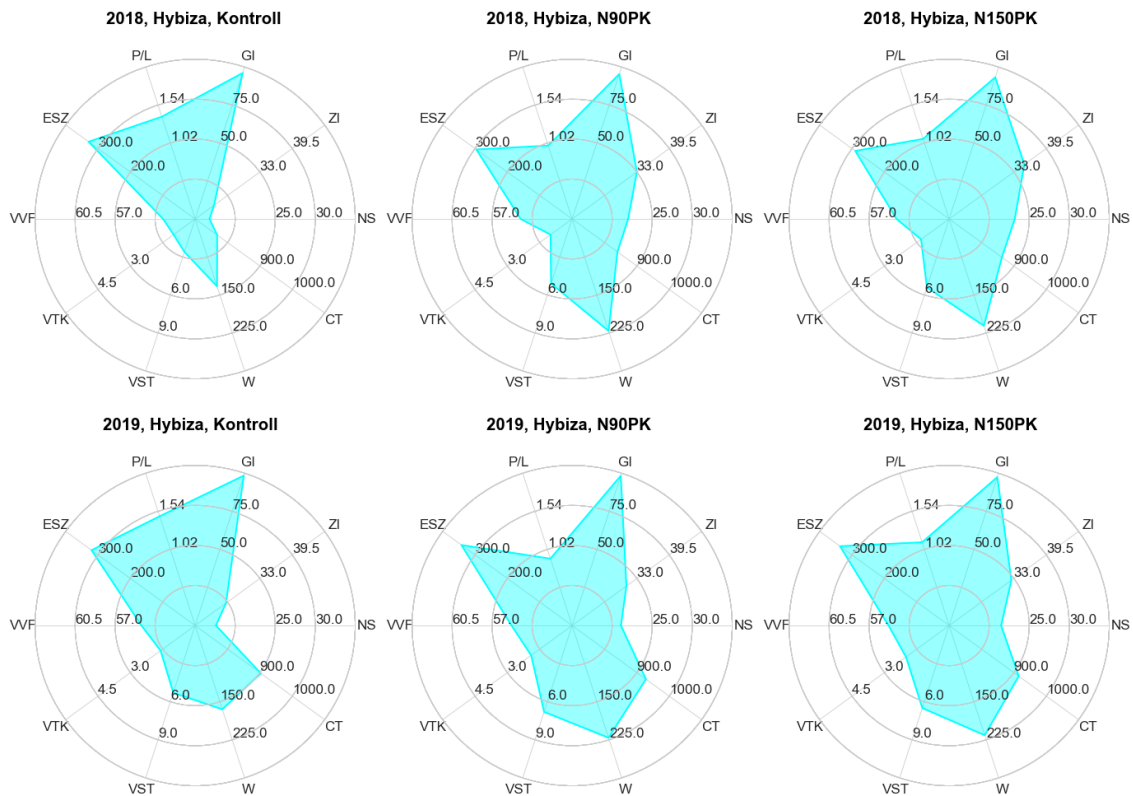


2019, KG Kunhalom, N90PK



2019, KG Kunhalom, N150PK





43. ábra – A fajta kísérlet komplexradarjainak összehasonlítása – a tápanyag hatása különböző genotípusok minőségi paramétereire

4. 2. 5. A fajta kísérlet többszörös lineáris regressziós analízisei a cipótérfogat és valorigráfos vízfelvétel becslése érdekében

A Pearson-féle korrelációs analízis eredményeit felhasználva választottam ki a lehetséges mutatószámokat, amelyeknél elvégeztem a szükséges előfeltételi vizsgálatokat. Végül az SPSS program egy becslő egyenletet készített, amelynek első eleme egy konstans, további elemei pedig a magyarázó változók összege.

A legösszetettebb mutatószám a sütőipar, mint végfelhasználó számára a cipótérfogat, amelynek meghatározása egy igen időigényes és nagy precizitást igénylő módszer. Annak érdekében, hogy ne kelljen minden esetben elvégezni a sütést, többszörös lineáris regressziós analízis felhasználásával egyenletet, modellt hoztam létre, mely alkalmas a cipótérfogat becslésére. Az egyenlet felírásához a Zeleny indexet, a valorigráfos tézta kialakulási időt, illetve az alveográfos L és W értéket használtam fel a Pearson-féle korrelációs analízis eredményei alapján. Ezek segítségével a variancia $R^2=0.554$ részét lehetett megmagyarázni ($n=120$). Továbbá, a VIF (variance inflation factor) értékek mind a 4 magyarázóváltozónál 10 alatt voltak (ZI= 4.563; VTK= 2.829;

L= 5.944; W= 1.483), azaz nem volt multikollinearitás közöttük, más szóval alapvetően függetlenek voltak a változók egymástól. A modell:

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

Képletemet összehasonlítva más kutatók modelljével *Lee et al.* (2006) képletében is szerepel a tészta kialakulási idő. A fehérjetartalom a képletben nem szerepelt, a többi kutató modelljével ellentétben (*Andersson et al., 1994, Lee et al., 2006, Dowell et al., 2008*). Emellett *Andersson et al.* (1994)-ban a reológiai mutatószámok szintén szerves részét alkották a képletnek.

Kutatásom során egy igazi kihívás volt a valorigráfos vízfelvételt jól megbecsülni annak érdekében, hogy 500 VE érték körüli konzisztenciát érzünk el. Amennyiben ez nem sikerült, akkor újra kellett kezdeni a mérést. Ekkor a NIR-es fehérjetartalom felhasználásával próbáltuk meg az előbb említett műveletet elvégezni. Innen jött az ötlet, hogy a Pearson-féle korrelációs analízisnél megszerzett eredményekből egy becslő egyenletet próbáljak felírni a gyors módszerek segítségével (SKCS 4100, NIR és Glutomatic) így könnyebbé téve a későbbiekben elvégzendő valorigráfos mérések végrehajtását. Az egyenlet felírásához a Hardness index, a glutén index és a NIR fehérjetartalmat használtam. E tulajdonságokkal a variancia $R^2=0.901$ részét lehetett megmagyarázni ($n=120$). A VIF értékek mind a 4 magyarázóváltozónál 10 alatt voltak (HI= 1.666; GI= 1.697; NIRF= 2.002), azaz nem volt multikollinearitás közöttük. Az egyenlet:

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

Ohm és Chung (1999) valamint *Tipples et al.* (1978) regresszió analízis folyamán $R^2= 0.842$ biztossággal tudták megbecsülni a fehérje, illetve szemkeménység megadásával a vízfelvételt. Ehhez csatlakozva *Tipples et al.* (1978) szintén az előbb említett két mutatószámmal tudta a legjobban prediktálni a vízfelvételt.

4. 2. 6. A fajta kísérleti eredmények összevetése a Magyar búzaszabvánnyal

A fajta kísérlet minőségi paramétereinek eredményeit a magyar búzaszabvány (MSZ 6383:2017) által definiált csoportokkal párhuzamba hozva és azon minták számát értékelve, melyek megfelelnek az adott minőségi csoportnak (23-24. táblázat) az

deklarálható, hogy csak a 2018-as évben a KG Kunhalom tudott prémium minőségű búzát adni a fehérje, a nedves siker és a Zeleny index tekintetében, míg a valorigráfos értékcsoport és a stabilitás esetében csak a GK Öthalom (2019-ben). Az alveográfus W vonatkozásában a GK Öthalom, az Mv Ispán és a GK Csillag adott számos prémium attribútumokkal rendelkező mintát elsősorban a 2. termesztési szezonban. Az esésszámot vizsgálva azt tapasztalható, hogy a minták 94%-a, míg a vízfelvétel esetében 39%-a prémium kategóriát ért el.

A táblázatból kiolvasható, hogy a két eltérő műtrágya dózisú minták paramétereik között szignifikáns differencia nem volt tapasztalható, sőt vízfelvétel esetében még csökkenés is észlelhető volt helyenként, azaz az N₉₀PK dózis feletti adagolás gazdaságilag már nem feltétlenül térül meg.

Általánosságban elmondható, hogy a Hybízát kivéve a többi genotípus megállta a helyét, hiszen mind a standard, mind a reológiai tulajdonságokat tekintve a műtrágyázott kezeléseik legalább a malmi II. csoportot elérték, magyarul sütőipari célra felhasználhatóak voltak annak ellenére, hogy az egyik termesztési szezon se kedvezett a minőségi tulajdonságok kiteljesedésében. A hibrid búzák a malmi minőséget még nagyfokú műtrágyázottsági szint mellett is csak helyenként érték el, főként a reológiai paramétereiknél, ellenben a fehérje és a nedves siker vonatkozásában egyszer se. Az értékcsoport és a vízfelvétel vonatkozásában közepesen gyengén szerepelt.

23. táblázat – Azon minták száma, amelyek megfeleltek az adott minőségi csoport követelményének (MSZ 6383:2017) (1. rész) (2018-2019, Debrecen)

Tényező	n	Nyers fehérje			Nedves siker			Esésszám			Zeleny index		
		Pr. 14%	I. 12.5%	II. 11.5%	Pr. 34%	I. 30%	II. 26%	Pr. 300 s	I. 250 s	II. 220 s	Pr. 45 ml	I. 35 ml	II. 30 ml
2017/2018	60	6	18	6	5	8	16	54	6	-	2	27	13
2018/2019	60	-	23	9	-	21	11	59	1	-	-	15	28
Kontroll	40	-	1	2	-	1	4	40	-	-	-	5	2
N ₉₀ PK	40	2	17	8	1	15	8	37	3	-	-	16	22
N ₁₅₀ PK	40	4	23	5	4	13	15	36	4	-	2	21	17
GK Öthal.	24	-	11	3	-	4	9	23	1	-	-	8	7
Mv Ispán	24	-	3	10	-	-	11	24	-	-	-	7	8
GK Csillag	24	-	16	-	-	13	3	24	-	-	-	5	11
KG Kunha.	24	6	11	2	5	12	4	23	1	-	2	19	2
Hybiza	24	-	-	-	-	-	-	19	5	-	-	3	13

*Rövidítések: Pr= prémium; I.= malmi I.; II.= malmi II.

24. táblázat – Azon minták száma, amelyek megfeleltek az adott minőségi csoport követelményének (MSZ 6383:2017) (2. rész) (2018-2019, Debrecen)

Tényezők	n	Értékcsoport			Vízfelvétel			Stabilitás			W		
		Pr. A	I. B	II. B	Pr. 60%	I. 55%	II. 10 p	Pr. 6 p	I. 4 p	II. 4 p	Pr. 280 x10 ⁻⁴ J	I. 200 x10 ⁻⁴ J	II. 150 x10 ⁻⁴ J
2017/2018	60	-	31		24	22	-	35	13		1	31	19
2018/2019	60	1	38		23	32	7	37	13		15	32	12
Kontroll	40	-	10		4	25	-	12	13		-	10	20
N ₉₀ PK	40	-	29		23	12	3	29	8		7	27	6
N ₁₅₀ PK	40	1	30		20	17	4	31	5		9	26	5
GK Öthal.	24	1	13		-	20	7	8	5		6	9	5
Mv Ispán	24	-	12		11	13	-	14	4		3	15	4
GK Csillag	24	-	15		20	4	-	16	7		7	7	9
KG Kunha.	24	-	23		16	8	-	24	-		-	19	4
Hybiza	24	-	6		-	9	-	10	10		-	13	9

*Rövidítések: Pr= prémium; I.= malmi I.; II.= malmi II.; A= javító minőségű búza; B= malmi minőségű búza

4. 3. A minőségi paraméterek főkomponens analízise

A főkomponens analízist az elővetemény és a fajta kísérlet eredményeivel együttesen hajtottam végre ($n=168$). A főkomponens analízist először az összes paraméter bevonásával végeztem, azonban nehéz volt interpretálni a kapott eredményeket, így a paramétereket két részre osztottam: első körben a beltartalmi, a fizikai és a standard mutatókkal (25. táblázat), második körben pedig a reológiai és technofunkcionális (R&T) paraméterekkel csináltam újra az analízist (27. táblázat).

4. 3. 1. Főkomponens analízis a standard paraméterekkel

Megállapítottam, hogy a vizsgált adatbázis alkalmas volt az analízis elvégzésére, mivel a Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) minta megfelelőség meghaladta a 0.7-es határértéket (0.782), és a Bartlett teszt is szignifikáns volt ($\alpha < 0.05$). Két főkomponenst határozott meg az analízis, amelyek együtt a kumulatív variancia 68.206%-át fedték le. Az első komponens 7.411, a második pedig 2.82 „eigenvalue” értékkel rendelkezett 15 vizsgált paraméter esetén. A kommunalitási táblázat alapján jól látható, hogy a főkomponenseket a nedves siker (0.94), a fehérje (0.935) és a Hardness index (0.908) határoztak meg leginkább, míg a kiörlés (0.124) a legkevésbé (25. táblázat).

25. táblázat – A főkomponens analízis kommunalitási eredményei
(Standard paraméterekkel)

Kommunalitás	Extrakció	Kommunalitás	Extrakció
Kiőrlés (K)	0.124	Esésszám (ESZ)	0.381
Fehérje (F)	0.935	Keményítő sérültség (KS)	0.471
Zeleny index (ZI)	0.798	Malvern átlag (M _{átl})	0.713
Nedves sikér (NS)	0.940	Szemtömeg (SZT)	0.702
Száraz sikér (SZS)	0.927	Szemméret (SZM)	0.566
Glutén index (GI)	0.552	Hardness Index (HI)	0.908
Sikér terület (ST)	0.464	NIR Fehérje (NIR _F)	0.870
Esésszám (ESZ)	0.381	NIR Nedves sikér (NIR _{NS})	0.879

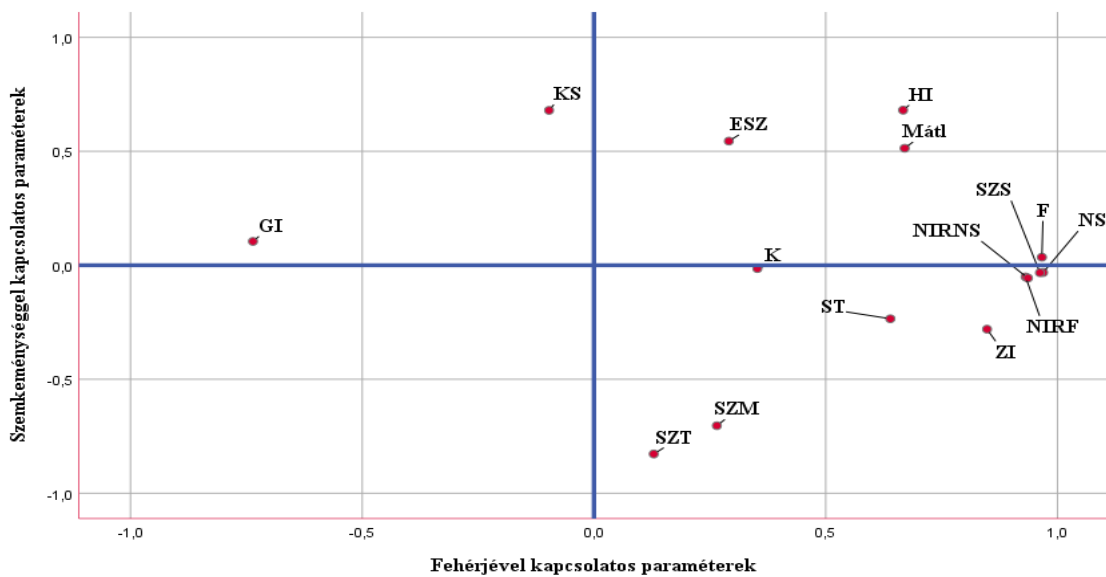
Az első komponens (K1) a „fehérjével kapcsolatos paramétereknek” neveztem el, mivel a komponens mátrix alapján az alábbi paraméterekkel függött össze: F, NS, SZS, NIR_{NS}, NIR_F, ZI, GI, M_{átl}, ST és HI (26. táblázat).

26. táblázat – A főkomponens analízis komponens mátrixa (Standard paraméterekkel)

Komponens mátrix	Komponens	
	K1	K2
Nedves sikér (NS)	0.969	-0.032
Fehérje (F)	0.966	0.035
Száraz sikér (SZS)	0.962	-0.033
NIR Nedves sikér (NIR _{NS})	0.936	-0.056
NIR Fehérje (NIR _F)	0.931	-0.051
Zeleny index (ZI)	0.848	-0.28
Glutén index (GI)	-0.736	0.105
Malvern átlag (M _{átl})	0.670	0.514
Sikér terület (ST)	0.639	-0.234
Kiőrlés (K)	0.353	-0.015
Szemtömeg (SZT)	0.129	-0.828
Szemméret (SZM)	0.265	-0.704
Hardness Index (HI)	0.667	0.681
Keményítő sérültség (KS)	-0.097	0.680
Esésszám (ESZ)	0.291	0.545

A pozitív összefüggés azt jelzi, hogy a szemkeménység növekedésével a Zeleny-index és a fehérje mutatók is javultak, ugyanakkor a siker gyengébb minőségű lett (csökkenő glutén index és növekvő siker terület).

A második főkomponenst (K2) a „szemkeménységgel kapcsolatos paramétereket” határozták meg. A Hardness index-szel (0.681) közepes korrelációban állt a főkomponens, amely komoly kihatással van a szemcseméret eloszlásra és a keményítősérülésre is (44. ábra). Érdekesség, hogy a 2. komponenssel közepes összefüggésben állt az esésszám is (0.545). Emellett az is egyértelműen látszik, hogy a szemméret és a szemtömeg növekedésével a szemkeménység csökken.



44. ábra – Főkomponens analízis a standard paraméterek felhasználásával

Rövidítések: GI= glutén index; KS= keményítősérülés; SZT= szemtömeg; SZM: szemméret; ESZ= esésszám; K= kiörlés; ST= stabilitás; HI= hardness index; M_{át}= átlag szemcseméret; SZS= száraz siker; NIRNS= NIR nedves siker; F= fehérje; NS= nedves siker; NIRF= NIR fehérje; ZI= Zeleny index

4. 3. 2. Főkomponens analízis a reológiai és technofunkcionális paraméterekkel

A vizsgált adatbázist alkalmasnak találtam az analízis elvégzésére, mivel a KMO minta megfelelőség meghaladta a 0.7-es határértéket (0.813), emellett a Bartlett teszt is szignifikáns volt ($\alpha < 0.05$).

Két főkomponenst határozott meg az analízis, amelyek együtt kumulatív variancia 72.138%-át fedték le. Az első komponens 8.98, a második pedig 5.45 „eigenvalue” értékkel rendelkezett 20 vizsgált paraméter esetén.

27. táblázat – A főkomponens analízis kommunalitási eredményei
(R&T paraméterekkel)

Kommunalitás	Extrakció	Kommunalitás	Extrakció
Zeleny index (ZI)	0.847	Promi. nyújtási ellen. (PNYE)	0.917
Glutén index (GI)	0.856	Promi. nyújthatóság (PNY)	0.878
Sikér terület (ST)	0.756	Promi. max. ellenállás (PME)	0.958
Valori. vízfelvétel (VVF)	0.412	Promi. energia (PE)	0.921
Valori. értékszám (VÉSZ)	0.922	Promi. arányszám (PASZ)	0.866
Valori. tézta kiala. idő (VTK)	0.762	Alveo. ellenállás (P)	0.229
Valori. stabilitás (VST)	0.802	Alveo. nyújthatóság (L)	0.840
Valori. ellágyulás (VEL)	0.756	Alveo. P/L	0.581
Promi. vízfelvétel (PVF)	0.415	Alveo. deform. energia (W)	0.802
Promi. nyújtási ellenállás (PNYE)	0.917	Cipó alaki hányados (CAH)	0.362
Promi. nyújthatóság (PNY)	0.878	Cipótérfogat (CT)	0.543

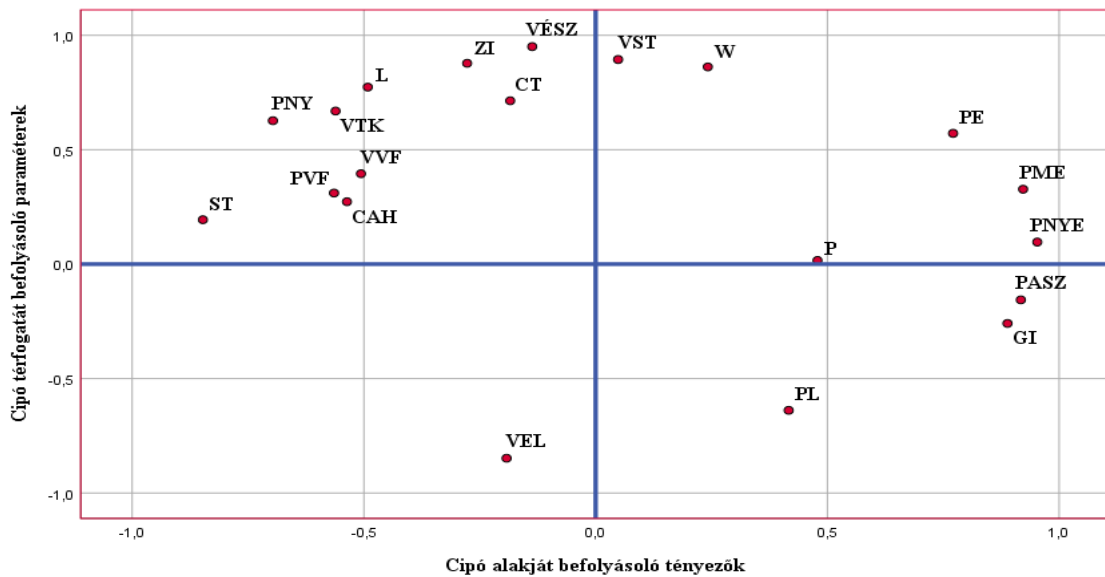
A kommunalitási táblázat (27. táblázat) alapján jól látható, hogy a főkomponensek meghatározásában a promilográfus maximális ellenállás (0.958), az energia (0.921) és a valorigráfus értékszám (0.922) járultak hozzá legnagyobb mértékben, míg az alveográfus P érték a legkevésbé (0.229).

28. táblázat – A főkomponens analízis komponens mátrixa (R&T paraméterekkel)

Komponens mátrix	Komponens	
	K3	K4
Promilográfus nyújtási ellenállás (PNYE)	0.953	0.097
Promilográfus max. ellenállás (PME)	0.922	0.327
Promilográfus arányszám (PASZ)	0.917	-0.156
Glutén index (GI)	0.889	-0.259
Sikér terület (ST)	-0.847	0.194
Promilográfus energia (PE)	0.771	0.571
Promilográfus nyújthatóság (PNY)	-0.696	0.627
Promilográfus vízfelvétel (PVF)	-0.565	0.311
Cipó alaki hányados (CAH)	-0.537	0.273
Valorigráfus vízfelvétel (VVF)	-0.506	0.395
Alveográfus ellenállás (P)	0.479	0.016

Valorigráfós értékszám (VÉSZ)	-0.137	0.950
Valorigráfós stabilitás (VST)	0.048	0.894
Zeleny index (ZI)	-0.277	0.878
Alveográfós deformációs energia (W)	0.242	0.862
Valorigráfós ellágyulás (VEL)	-0.192	-0.848
Alveográfós nyújthatóság (L)	-0.492	0.774
Cipótérfogat (CT)	-0.184	0.714
Valorigráfós tészta kialakulási idő (VTK)	-0.561	0.669
Alveográfós P/L	0.416	-0.639

A negyedik komponensnek (K4) a „cipótérfogatát befolyásoló paraméterek” nevet adtam, mivel a komponens mátrix szoros, pozitív kapcsolatot mutatott ki a cipótérfogat, promilográfós energia, nyújthatóság, valorigráfós értékszám, stabilitás, tészta kialakulási idő, Zeleny index, W és L értékkel; míg negatív az ellágyulással és P/L értékkel. Ezen eredmények arra engednek következtetni, hogy a nagy térfogatú cipó előfeltétele a megfelelő reológiai jellemzőkkel bíró liszt (VÉSZ, VST, VTK, L és W).



45. ábra – Főkomponens analízis R&T paraméterek felhasználásával

Rövidítések: ST= stabilitás; PNY: promilográfós nyújthatóság; PVF= vízfelvétel; VVF= valorigráfós 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

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Kutatásom során mészlepedékes csernozjom talajon, 2017-2019 között a különféle agrotechnikai faktorok (fajtaválasztás, műtrágyázás és elővetemény) és az eltérő évjáratok hatását vizsgáltam a búzaliszt valamennyi mérhető betakarítás utáni minőségi mutatószámaira a leginnovatívabb statisztikai megoldásokkal egy 40 éves, szabatos tartamkísérlet keretein belül. A kísérlet egy elővetemény és egy fajta vizsgálati részből tevődött össze.

Az elővetemény 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 termesztési éven 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 csapadék hiánnyal és gyors februári (+2.5 °C a 30 éves átlaghoz mérten) és márciusi (+3 °C a 30 éves átlaghoz viszonyítva) felmelegedéssel. Mindazonáltal a 2. vizsgált év áprilisi és májusi enyhe időjárása és az átlagosnak mondható éves csapadék mennyisége a minőségi paramétereket igen optimálisan befolyásolta. 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 sikér, Zeleny index, sikér terület, értékszám, értékcsoport, stabilitás, ellágyulás, promilográfus maximális ellenállás, energia és cipótérfogat) volt megfigyelhető. A tápanyagutánpótlással a minőségi mutatók legjava növekedett, azonban szignifikáns javulást csak az $N_{90}PK$ dózis okozott a terméshozam, a vízfelvételek, a promilográfus energia, a cipótérfogat, az átlag szemcseméret, a szemtömeg és a Hardness Index esetében, a műtrágya további növelése már nem volt szignifikáns khatással. Felülvizsgálva az alábbi mutatószámokat: a terméshozamot, a vízfelvételt és a cipótérfogatot elmondható, hogy a sütőipar szempontjából az $N_{90}PK$ műtrágya adag elegendő volt a fajta hozam és minőség potenciáljának realizálásakor. Továbbá a mérési eredmények azt sugallták, hogy a műtrágyázás meghatározó szerepet játszott a magyar búzaszabványban szereplő betakarítás utáni mérőszámok alakulásában, mint például: fehérje, nedves sikértartalom, Zeleny index, valorigráfus értékszám, értékcsoport, stabilitás, alveográfus W és P/L értékek, hiszen még az $N_{150}PK$ 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, a fehérje, a száraz siker, a Zeleny index, a lisztkihozatal, a valorigráfos értékszám, a tézta kialakulási idő, a stabilitás, az ellágyulás, a promilográfos nyújtási ellenállás, a maximális ellenállás, az energia, az átlag szemcseméret, az alveográfos W, P, L és P/L értékek vonatkozásában a csemegekukorica, mint elővetemény 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 a glutén index értékek alakulásában lehet megfigyelni. A glutén indexet nagy mértékben befolyásolta a műtrágyázás, évjárat-, és fajtahatás, míg a siker területét 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, valorigráfos vízfelvétel, értékcsoport, tézta kialakulási idő, stabilitás, ellágyulás, promilográfos nyújtási ellenállás, nyújthatóság, alveográfos P, L, P/L, cipótérfogat és alaki hányados, keményítősérülés, $M_{\text{átl}}$, 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, míg az Mv Ispán jobb természetes tápanyag hasznosító képességgel (+22.9%), NUE_{TH} értékkel (N_{90PK} : 32.62 kg/ha; N_{150PK} : 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, méghozzá a GK Öthalom (2019-ben, N_{90PK} 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.

A fajta kísérlet ($n=120$) esetében, a műtrágyázás hatását vizsgáltam 5 eltérő őszi búza genotípus minőségi paramétereire (33) 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 termés hozamra (+1553 kg/ha), a lisztkihozatalra, a sikér területre, a cipó alaki hányadosra, a szemtömegre és a szemméretre, míg a 2. évjárat (átlagos csapadék mennyiséggel) szignifikánsan javította az alábbi mutatószámokat: alveográfus P és W, valorigráfus értékcsoport, stabilitás, promilográfus nyújtási ellenállás, maximális ellenállás, energia, nyújthatóság, glutén index, cipótérfogat, keményítősérülés 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 termés hozam (+1804 kg/ha), fehérje (+2.37%), Zeleny index (+7.68 cm³), nedves (+6.91%) és száraz sikér, L (+30 mm), P/L, W (+63.6 x10⁻⁴J), valorigráfus vízfelvétel (+2.3%), értékszám, érték csoport, tészta kialakulási idő (+1 perc), stabilitás (+2.5 perc), ellágyulás, promilográfus vízfelvétel, nyújthatóság, sikér terület, glutén index (-12.3%), cipó alaki hányados, cipótérfogat (+70 cm³), M_{átl} és Hardness index (+7.9%). 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 termesztésben lévő búzafajtáknak egyre csak csökken, emiatt a legújabb regisztrált genotípusok folyamatos tesztelése elengedhetetlen. Az agrárszektor egyik legfontosabb mutatószámát, a termés hozamot 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. *Balogh* (2009) nyomán 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 termés hozamot tekintve. Ezzel ellentétben, a KG Kunhalom és a GK Csillag szignifikánsan magasabb fehérjével kapcsolatos paramétereket adott úgy, mint: fehérje, száraz sikér, valorigráfus vízfelvétel, értékcsoport, tészta kialakulási idő, promilográfus vízfelvétel, nyújthatóság, maximális ellenállás, sikér terület és Hardness index. A Zeleny index, nedves sikér, L, P/L, valorigráfus értékszám, stabilitás, ellágyulás, cipótérfogat és M_{átl} értékeket tekintve a KG Kunhalom szignifikánsan jobb értékekkel bírt a többi 4

vizsgált fajtához képest. Az Mv Ispán genotípus a valorigráfos vízfelvétel és a 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 hibridbúzák minőségét illetően. Az egyetlen vizsgált hibrid (Hybiza) 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.

A Pearson-féle korrelációs analízis elvégzése alkalmával komplex képet kaphatunk az őszi búzaliszt minőségi mutatószámai (28) közötti kapcsolatokról, néhányat megemlítve: az alveográfus P és a keményítősérülés (0.522**), a fehérje és az átlag szemcseméret (0.711**), a promilográfus energia és az alveográfus W (0.578**) közepes, pozitív; míg a promilográfus nyújthatóság és az alveográfus L érték (0.835**) szoros, pozitív korrelációban állt. Sütőipari perspektívából megközelítve, a leginformatívabb vizsgálati módszer a próbacipó, hiszen a mai, magyar piaci elvárások az E-szám mentesség mellett a nagy térfogatú, lazított bélzetű termékekben testesülnek meg. A cipótérfogat közepes, pozitív korrelációban állt valamennyi fontos reológiai és standard mutatószámmal: fehérjével (0.582**), nedves sikerrel (0.665**), Zeleny index-szel (0.526**), valorigráfos értékszámval (0.625**) és tészta kialakulási idővel (0.68**), promilográfus nyújthatósággal (0.618**), alveográfus L (0.644**) és W értékkel (0.513**). A cipótérfogat mellett, a Hardness index jelentőségét is nyomatékosítani szükséges, mivel szoros, pozitív kapcsolatban állt az átlag szemcsemérettel (0.807**), a valorigráfos (0.883**) és a promilográfus (0.781**) vízfelvétellel; észlelhetően a fehérjével (0.704**), a nedves sikerrel (0.668**), a tészta kialakulási idővel (0.503**), a nyújthatósággal (0.512**) és a 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 relatíve újabb minőségi mutatószám 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 próbacipókat.

A Pearson-féle korrelációs analízis eredményeit felhasználva szerettem volna két fontos mutatószám (cipótérfogat és műszeres vízfelvétel) becslő egyenletét elkészíteni többszörös lineáris regressziós analízissel. A cipótérfogatot a Zeleny index, a valorigráfos teszta kialakulási idő, az alveográfus L és W érték segítségével tudtam felírni $R^2=0.554$ determinációs együttható mellett. A valorigráfos vízfelvételt ($R^2=0.901$) három gyors módszeres paraméter bevonásával sikerült felírni: glutén index, Hardness index és NIR_F. A cipótérfogatot becslő 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 teszta elérése érdekében.

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, teszta kialakulási idő, stabilitás, vízfelvétel, cipótérfogat, W és P/L érték) ábrázolják szimultán annak érdekében, hogy gyorsan egy komplex képet kapjunk az adott liszt minőségi potenciáljáról. Az ötlet *Pollhamer* (1981) pókháló diagramja (5. ábra) nyomán jött létre, amelyet munkám során újra gondolni és fejleszteni kívántam. Meglátásom szerint a kifejlesztett komplexradar kiválóan szemlélteti a különböző vizsgálati tényezők hatását a lisztminőség tekintetében.

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 keményítősérültséggel, az esésszámmal és az átlag szemcsemérettel. 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, valorigráfos vízfelvétellel és térsza kialakulási idővel; 4) „cipótérfogató befolyásoló paraméterek”, mivel lényegi korreláció volt a cipótérfogatóval, az alveográfos W, P/L és L értékkel, a promilográfos energiával és nyújthatósággal, a valorigráfos értékszámokkal, stabilitással, ellágyulással és térsza kialakulási idővel és a Zeleny index-szel.

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 valorigráfos értékcsoport és stabilitás esetében csak a GK Öthalom (2019-ben) tudott prémium minőséget elérni. Az alveográfos 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.

Fontos eredményként kell megjegyezni, hogy az ostya diagram a valorigráfos értékcsoporthoz, 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 megállapítható korrelációk ismeretének bővítéséhez.

Tudományos munkámat érdemesnek találnám a jövőben kiegészíteni egyéb olyan lisztminőségi vizsgálatokkal, mint például mixolabbal vagy amilográffal, hogy még szélesebb spektrumra legyen rálátásunk a komplex búzaminőség tekintetében. Véleményem szerint disszertációm újabb bizonyítéka annak, hogy mekkora jelentősége

van a szabatos tartamkísérleteknek abban, hogy egzakt módon lehessen összehasonlítani az újabb genotípusokat és felmérni ezek agrotechnikai igényét a különböző évjáratok alkalmával. Végül nyomatékosítani szükséges azon észrevételt is, hogy a még kiaknázatlannak számító programozott statisztikai megoldásokban mekkora potenciál rejtőzik.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- 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.

7. GYAKORLATBAN HASZNÁLHATÓ EREDMÉNYEK

- 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 időjárás paraméterek, a boxplot diagram az összetett minőségi vizsgálat értékelésére. Emellett egy rendkívül informatív vizualizációt, a komplexradart hoztam létre, amely segítségével 10 változó (nedves siker, 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.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországon a búzaliszt minősége ingadozó tendenciát mutat, ennek ellenére az országos átlag terméshozam 5 t/ha-os értéken stabilizálódott. Évről évre számos problémával kell megküzdenie a termesztőknek, köztük a klímaváltozás, az abiotikus és a biotikus stresszfaktorok hatásának fokozódásával, a fenntarthatóság kérdésével, a minőségi és a takarmány búza árdifferenciájának megszűnésével és az export országok magas termésminőségi kritériumaival.

Az őszi búza minőségének vizsgálata egy igen körbejárt témakör, amelyet jól szemléltet, hogy a ScienceDirect-en több, mint 131 ezer találat van a „*wheat quality*” címszóra, azonban kevés olyan tudományos munka született a múltban, amely átfogóan vizsgálná a búzaliszt valamennyi mérhető minőségi paraméterét és a közöttük megállapítható korrelációkat a leginnovatívabb programozással végezhető agrárstatisztikai módszerekkel és unortodoxnak számító vizualizációkkal, mindezt egy tartamkísérlet keretein belül. Disszertációm során mészlepedékes csernozjom talajon, 2017-2019 között különféle agrotechnikai faktorok (műtrágyázás és elővetemény), eltérő agrometeorológiai jegyek és a búzanemesítés hatását vizsgáltam. A kísérlet egy elővetemény részből ($n=96$) és egy fajta vizsgálati részből ($n=120$) tevődött össze.

Általánosságban elmondható, hogy egyik év sem kedvezett a búza vegetatív és generatív fejlődési szakaszainak. Az első tenyészév átlag feletti vízellátottsága kedvezően hatott terméshozamra és a lisztkihozatalra, míg a második, enyhének és átlagosnak számító termesztési szezon szignifikánsan jobb minőségi paramétereket adott (alveográfus P, W, valorigráfus értékcsoport, stabilitás, promilográfus nyújtási ellenállás, maximális ellenállás, energia, nyújthatóság, glutén index, cipótérfogat, keményítősérülés és Hardness index).

Műtrágyázás alkalmazása a vizsgált mutatószámok 69%-át statisztikailag igazolhatóan javította. A kísérlet során azt tapasztaltam, hogy az N₉₀PK műtrágya dózis elegendő a fajták hozam és minőség potenciáljának elérésekor. 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. Műtrágyázás nélkül egyik minta sem felelt meg a malmi II-es előírásoknak, más szóval csak takarmányozási célból lehetett volna felhasználni.

Az elővetemény kísérleti részben a kontroll minták tekintetében a csemegekukorica szignifikánsan javította terméshozam, fehérje, száraz siker, Zeleny

index, lisztkihozatal, valorigráfos értékszám, teszta kialakulási idő, stabilitás, ellágyulás, promilografos nyújtási ellenállás, maximális ellenállás, energia, átlag szemcseméret, alveografos W, P, L és P/L értékeket a napraforgóhoz hasonlítva, mivel sokkal kedvezőbb kultúrállapotot hagyott maga után.

A termesztési viszonyokhoz adaptált fajtaválasztás fontosságát ki kell emelni, hiszen szignifikáns differenciákat lehetett megfigyelni a vizsgált fajták valamennyi minőségi paramétereinek kapcsán. Továbbá a 2015-ben regisztrált, két legújabb genotípus a Hybiza és az Mv Ispán az agronómiai trendeknek megfelelően szignifikánsan jobb terméshozam potenciállal rendelkeztek, ugyanakkor búzagenetikai szempontból a KG Kunhalom és a GK Csillag tekinthető alkalmasnak sütőipari felhasználási célú búzatermesztésre. Ezek fajták terméshozamukat tekintve átlagosan szerepeltek. A GK Öthalom, mint klasszikus búzafajta gyenge természetes tápanyag és gyenge input hasznosítási képességgel és átlagos minőséggel rendelkezett.

A főkomponens vizsgálat elvégzése során 4 főkomponenst sikerült meghatározni, amelyekkel megbízhatóan megállapíthatók a multikollineáris összefüggések a búza minőségi mutatószámai között. A többszörös lineáris regressziós analízis által becsülő egyenleteket hoztam létre a cipótérfogat és a műszeres vízfelvétel számára. A Pearson-féle korrelációs analízis eredményeit összegezve számos kölcsönhatás mellett a fehérjetartalmat (28/18) és Hardness indexet (28/8) szükséges kiemelni, mivel lényegi összefüggésben álltak több standard és reológiai mutatószámmal is. Sütőipari perspektívából a leginformatívabb paraméter a cipótérfogat, amely több értékszám (8) is legalább közepes korrelációban állt. A glutén index, mint relatíve recens minőségi értékszám nem mutatott jelentős, gyakorlatban hasznosítható kölcsönhatást a tanulmányozott paraméterekkel, így nem javaslom a sütőipari potenciál önálló prediktálására. Ugyanakkor a siker terület kiváltására kiválóan alkalmas. Mérési eredményeim szerint számos korreláció írható fel a búzaliszt technofunkcionális paraméterei között, azonban egyik sem alkalmas arra, hogy kiválassza a másikat.

A 21. században az adatok pusztán közlése mellett egyre fontosabb a gyors, áttekinthető vizuális megjelenítés is, ezért egy rendkívül informatív és szemléletes vizualizációt, a komplexradart sikerült létrehoznom, ahol 10 változó által egyszerűen össze lehet vetni a vizsgált minták minőségi tulajdonságait. Továbbá az agrárstatisztika berkeiben kevésbé ismert és használt Python program Matplotlib és Seaborn könyvtárának ostya, joint és boxplot diagramja, illetve hőképe rendkívül hasznosnak bizonyultak, így megkönnyítve nagy adathalmazok megértését.

Tudományos munkám eredményeit összefoglalva nagy hangsúlyt kell fektetni a termesztési viszonyokhoz és helyhez adaptált fajtaválasztásra, a genotípus-specifikus és harmonikus tápanyagellátásra és a kultúrállapotot kímélő elővetemény választására annak érdekében, hogy a fenntartható növénytermesztést elősegítsük illetve, hogy a fokozódó biotikus és abiotikus stresszfaktorok hatását mérsékelhessük. Emellett kiemelt figyelmet kell fektetni a még kiaknázatlannak és unortodoxnak számító programozott statisztikai megoldások megismerésére, hiszen komoly potenciál rejtőzik bennük azáltal, hogy vizuálisan informatívvá transzformálja a nehezen interpretálható nagy adathalmazokat, mivel legjobb tudásom szerint a múltban senki se használta ilyen célból a Python program ezen opcióinak összeségét az agrártudomány terén.

9. ÖSSZEFOGLALÁS (angol nyelven)

In Hungary, the quality of wheat flour shows a fluctuating tendency however, the national average yield was stabilised at 5 t/ha. Year by year, farmers have to deal with several problems, including the augmenting effect of the climate change, biotic and abiotic stress factors, the issue of sustainability, the disappearance of the price difference between high-quality and feed wheat and the high yield quality criteria of the exporting countries.

The quality of winter wheat is a very circumscribed topic, which is well illustrated by the fact that ScienceDirect has over 131,000 hits for the keyword “wheat quality”. However, very few scientific works have been done in the past, which would have examined so comprehensively almost all the measurable quality parameters of wheat flour and the correlations that can be established between them with the most innovative programmed agristatistical solutions and unorthodox visualizations, all within the framework of a long-term experiment. During my dissertation, I studied the effects of various agrotechnical factors (fertilization and forecrop), different agrometeorological attributes and wheat breeding on a calcareous chernozem soil between 2017-2019. The polyfactorial experiment consisted of a genotype ($n=120$) and a forecrop ($n=96$) testing part.

In general, none of the growing seasons was optimal for the vegetative and generative development of wheat. The outstanding water supply of the 1st crop year had a positive impact on yield and flour extraction, while the second, mild and average growing season provided significantly better quality parameters (alveographic P and W, valorigraphic quality number, stability, promilographic ductility resistance, maximum resistance, energy, ductility, gluten index, loaf volume, starch damage and Hardness index).

Fertilization improved 69% of the studied indicators in a statistically provable way. During the experiment, I experienced that the N₉₀PK fertilizer dosage was enough to realize the yield and quality potential of the genotypes. There were some exceptions, like crude protein, wet gluten, Zeleny index, valorigraphic quality number and group, stability, alveographic W and P/L, which were even improved significantly by N₁₅₀PK treatment over the forecrop experiment. Without fertilization, none of the samples complied with the requirements of II. class, in other words, these could only be used for feeding purposes.

In the forecrop experimental part sweet corn significantly improved yield, crude protein, dry gluten, Zeleny index, flour extraction, valorigraphic quality number, dough development time, stability, softening, promilographic ductility resistance, maximum resistance, energy, average particle size, alveographic W, P, L and P/L of the control samples compared to sunflower, as sweet corn left a much more favourable condition.

The importance of cultivation condition adapted variety selection should be emphasized since significant differences could be observed for all quality parameters of the studied genotypes. In addition, the two latest genotypes (registered in 2015), namely Hybiza and Mv Ispán had significantly better yield potential in line with agronomic trends however, from a wheat genetic point of view, KG Kunhalom and GK Csillag can be considered suitable for baking quality wheat production. These varieties had average yields. GK Öthalom as a classic wheat cultivar had average yield quality, poor natural nutrient and input use efficiency.

During the principal component analysis, 4 principal factors were identified to easily find multicollinearities among the quality indicators of wheat. Estimating equations were done for loaf volume and water absorption by multiple linear regression analysis. Summarizing the results of Pearson's correlation analysis next to considerable interactions, crude protein (28/18) and Hardness index (28/8) must be highlighted as they were significantly correlated with many standard and rheological indicators. From the baker perspective, the most informative parameter is the loaf volume which correlated at least moderately with 8 indices. The gluten index as a relatively recent quality indicator did not show a significant, practically usable relationship with the studied parameters thus, it is not recommended for predicting the baking potential. At the same time, it is perfectly suitable for the substitution of gluten spread. According to my measurement results, several correlations can be obtained between the technofunctional parameters of wheat flour however, neither is capable of replacing the other.

In the 21st century, next to the simple communication of data, rapid and clear visualizations are becoming increasingly important therefore, I managed to create a highly informative and illustrative visualization, the complexradar where quality properties of the tested samples can be easily compared by 10 parameters. Furthermore, the heatmap, waffle chart, joint and boxplot diagram of Python's Matplotlib and Seaborn library - which are less known and used in agristatistics – are extremely useful for making easier to understand large data sets.

Summarizing the results of my scientific work, great emphasis should be put on the selection of growing condition adapted varieties, genotype-specific and harmonic nutrient supply and favourable crop rotation to promote sustainable crop production and to mitigate the effects of the increasing biotic and abiotic stress factors. In addition, special attention should be paid to learn more about programmed statistical solutions since they have a great potential to transform difficult to interpret large data sets into visually informative form because, to the best of my knowledge, no one in the past has used all of these options of Python program for this purpose in the field of agricultural science.

10. IRODALOM

- Alconada T.M., Moure M.C., Ortega L.M. (2019): Fusarium infection in wheat, aggressiveness and changes in grain quality: a review, *Vegetos* 32, 441–449 p.
- Alda L.M., Lazureanu A., Alda S., Danci M., Carciu G., Isidora R. (2010): Correlation between raw protein content and fertilizer doses in winter wheat under conditions of Banat area, *Journal of Horticulture, Forestry and Biotech.* Vol. 14 (2), 27-30 p.
- Altenbach S.B., DuPont F.M., Kothari K.M., Chan R., Johnson E.L., Lieu D. (2003): Temperature, Water and Fertilizer Influence the Timing of Key Events During Grain Development in a US Spring Wheat, *J. of Cereal Sci.* 37, 9-20 p.
- Andersson R., Hamalainen M., Aman P. (1994) Predictive modelling of the bread-making performance and dough properties of wheat, *J. Cereal Sci.* 20:129-138 p.
- Anjum F.M., Khan M.R., Din A., Saeed M., Pasha I., Arshad M.U. (2007): Wheat gluten: High molecular weight glutenin subunits – structure, genetics and relation to dough elasticity, *Journal of Food Science* Vol. 72, 56-63 p.
- Asseng S., Ewert F., Martre P., Rötter R., Lobell D.B. et. al (2015): Rising temperatures reduce global wheat production, *Nature Climate Change* 5, 143-147 p.
- Asthir B., Jain D., Kaur B., Bains N.S. (2017): Effect of nitrogen on starch and protein content in grain influence of nitrogen doses on grain starch and protein accumulation in diversified wheat genotypes, *Journal of Envir. Biology* Vol. 38, 427-433 p.
- Ayoub M., Guertin S., Fregeau-Reid J., Smith D.L. (1994): Nitrogen fertilizer effect on breadmaking quality of hard red spring wheat in eastern Canada, *Crop Sci.* 34, 1346-1352 p.
- Ágoston T. és Pepó P. (2005): Évjáráthatás vizsgálata őszi búzafajták termésére és termésstabilitására, *Agrártudományi Közlemények* 16., 62-67 p.
- Árendás T., Bónis P., Csathó P., Molnár D., Berzsenyi Z. (2010): Fertiliser responses of maize and winter wheat as a function of year and forecrop, *Acta Agronomica Hungarica* 58., 109-114 p.
- 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, No. 2, 117-128 p.
- Balla L. (2007): A genetikai haladás hozzájárulása a búza terméseredményeihez, *Acta Agronomica Óváriensis* Vol. 49. Nr. 2., 161-168 p.

- Balogh Á.* (2009): A fajtaspecifikus tápanyagellátás hatása az őszi búza termésmennyiségére és minőségére, doktori értekezés, Hankóczy Jenő Doktori Iskola
- Baltás Zs.* (1998): A liszt nyomában: lisztvizsgálatok – biztonságos technológia és jó minőség, *Sütőiparosok, pékek* 46. évf. (1), 21-26 p.
- Barabás Z.* (1987): A búzatermesztés kézikönyve, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Barbeau W.E., Griffey C.A., Yan Z.* (2006): Evidence that minor sprout damage can lead to significant reductions in gluten strength of winter wheats, *Cereal Chem.* 83 (3), 306-310 p.
- Barbottin A., Lecomte C., Bouchard C., Jeuffroy M.H.* (2005): Nitrogen Remobilization during Grain Filling in Wheat: Genotypic and Environmental Effects, *Crop Science* 45, 1141-1150 p.
- Barnabás B., Jager K., Fehér A.* (2008): The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals, *Plant, Cell and Environ.* 31., 11-38 p.
- Batey T. és Reynish D.J.* (1976): The influence of nitrogen fertiliser on grain quality in winter wheat, *J. Sci. Fd. Agric.* 27, 983-990 p.
- Bedő Z.* (2008): A Pannon minőségű búza nemesítése és termesztése, Agroinform, Budapest, ISBN: 978-963-502-881-8
- Bedő Z., Láng L., Rakszegi M.* (2018): Mennyiségi és minőségi igények összhangja – termőhelyre adaptált fajtakínálat a búzatermesztésben, *Agroinform* 55., 22-23 p.
- Beke B.* (2020): Személyes konzultáció, Szegedi Gabonakutató, 2020.02.04.
- Bell M.A., Fischer R.A., Byerlee D., Sayre K.* (1995): Genetic and agronomic contributions to yield gains: a case study for wheat, *Field Crops Research* 44, 55–65 p.
- Bicskei K.* (2008): A búzatermesztés rejtelsei, Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, Budapest
- Blandino M, Reyneri A.* (2009): Effect of fungicide and foliar fertilizer application to winter wheat at anthesis on flag leaf senescence, grain yield, flour bread-making quality and DON contamination, *Eur. J. Agron.* 30, 275–282. p.
- Blumenthal C.S., Batey I.L., Bekes F., Wrigley C.W., Barlow E.W.R.* (1991): Seasonal changes in wheat-grain quality associated with high temperature during grain filling, *Australian Journal of Agricultural Research* 42(1), 21-30 p.

- Blumenthal C.S., Batey I.L., Wrigley C.W.* (1993): Growth environment and wheat quality: the effect of heat stress on dough properties and gluten proteins, *J. of Cereal Sci.* 18, 3-21 p.
- Bocz E.* (1992): Szántóföldi növénytermesztés, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 212-282 p.
- Bonfil D.J. és Posner E.S.* (2012): Can bread wheat quality be determined by gluten index, *J. of Cereal Sci.* 56, 115-118 p.
- Borghi B.* (1999): Nitrogen as determinant of wheat growth and yield. In: Satorre E.H., Slafer G.A. - Wheat Ecology and Physiology of Yield Determination, Food Products Press, New York, 67-84 p.
- Borghi B., Corbellini M., Minoia C., Palumbo M., Di Fonzo N., Perenzin M.* (1997): Effects of mediterranean climate on wheat bread-making quality, *Europ. J. of Agron.* 6, 145-154 p.
- Borghi B., Giordani G., Corbellini M., Vaccino P., Guermandi M., Toderi G.* (1995): Influence of crop rotation, manure and fertilizers on bread making quality of wheat (*Triticum aestivum L.*), *Eur. J. Agron.* 4 (1), 37-45 p.
- Boros N., Tarján Zs., Mars É., Borbély M., Győri Z.* (2009): Comparison of alveograph and extensigraph properties of winter wheat samples, *Agrártudományi Közlemények* 36., 27-30 p.
- Brandt J. és Wolter K.* (1965): Wirkung der P.Versorgung des Weizens auf die Phosphorsäure, *Essen-Bredeney* 25., 238-249 p.
- Branlard G, Dardevet M, Saccomano R, Lagoutte F, Gourdon J.* (2001): Genetic diversity of wheat storage proteins and bread wheat quality, *Euphytica* 119, 59–67 p.
- Brisson N., Gate P., Gouche D., Charmet G., Oury F.X., Huard F.* (2010): Why are wheat yield stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France, *Field Crop Research* 119., 201-212 p.
- Brites C.M., Lourenco dos Santos C.A., Bagulho A.S., Beiraoda- Costa M.L.* (2008): Effect of wheat puroindoline alleles on functional properties of starch, *European Food Research and Technology* 226, 1205-1212 p.
- Brooks A., Jenner C.F., Aspinall D.* (1982): Effects of water deficit on endosperm starch granules and on grain physiology of wheat and barley. *Aust. J. Plant Physiol.* 9, 423–436. p.
- Bruinsma J.* (2003): World Agriculture: Towards 2015/2030 An FAO Perspective. <http://www.fao.org/3/y4252e/y4252e.pdf>

- Buchanan A.M. és Nicholas E.M. (1979): Sprouting, alpha-amylase, and breadmaking quality. *Cereal Research Communications* 8, 23–28 p.
- Buckley E. (2013): Factors in hard winter wheat affecting water absorption – Thesis for MSc, Kansas State University
- Budai J. és Fűkő J. (1996): Jártassági vizsgálat tapasztalatai a búza minősítésében, *Élelmiszervizsgálati Közlemények* 42, 180-190 p.
- Bunta G., Horablaga N.M., Bucurean E., Pitu S., Cosma C. (2017): New results regarding the relationship between yield, diseases attack and quality in winter wheat, *Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology* Vol. 21(1), 14-22 p.
- Bushuk W. (1998): Wheat breeding for end-product use, *Euphytica* 100, 137-145 p.
- Calderini D.F. és Slafer G.A. (1998): Changes in yield and yield stability in wheat during the 20th century, *Field Crops Research* 57, 335–347 p.
- Cassman K.G. és Munns D.N. (1980): Nitrogen mineralization as affected by soil moisture, temperature, and depth, *Soil Sci. Soc. Am. J.* Vol. 44, 1233-1237 p.
- Cauvain S. (2015): *Technology of Breadmaking* (3rd edition), Springer Internat. Pub. Switzerland, e-ISBN: 978-3-319-14687-4
- Ceseviciene J., Slepetiene A., Leistrumaite, Ruzgas V., Slepetys J. (2012): Effects of organic and conventional production systems and cultivars on the technological properties of winter wheat, *J. Sci. Food Agric*, DOI 10.1002/jsfa.5675
- Chantret N., Salse J., Sabot F., Rahman S., Bellec A., Laubin B., Dubois I., et al. (2005): Molecular basis of evolutionary events that shaped the Hardness locus in diploid and polyploid wheat species, *Plant Cell* 17, 1033-1045 p.
- Cho S.W., Kang C.S., Kang T.G., Cho K.M., Park C.S. (2018): Influence of different nitrogen application on flour properties, gluten properties by HPLC and end-use quality of Korean wheat, *J. of Integrative Agric.* 17 (5), 982-993 p.
- Ciaffi M., Tozzi L., Boghi B., Corbellini M., Lafandra D. (1996): Effect of Heat Shock During Grain Filling on the Gluten Protein Composition of Bread Wheat, *J. of Cereal Sci.* 24, 91-100 p.
- Corbellini M., Mazza L., Ciaffi M., Lafandra D., Borghi B. (1998): Effect of heat shock during grain filling on protein composition and technological quality of wheats, *Euphytica* 100, 147-154 p.
- Csajbók J. (2012): Szántóföldi növények termesztése és növényvédelme, Debreceni Egyetem, jegyzet

- Cseuz L. (2019): A búza és egyéb kalászos gabonafélék nemesítésének legújabb kihívásai és eredményei, Malmosok, nemesítők és búza termesztők szakmai napja, Domaszék.
- Curic D., Karlovic D., Tusak D., Petrovic B., Dugum J. (2001): Gluten as standard of wheat flour quality, *Food Technol. Biotechnol.* 39 (4), 353-361 p.
- Dana C. és White S. (2011): “Peak Phosphorus: Clarifying the Key Issues of a Vigorous Debate About Long-Term Phosphorus Security,” *Sustainability*, Vol. 3, No. 12, 2027–2049 p.
- Dencic S., DePauw R., Kobiljski B., Momcilovic V. (2013): Hagberg falling number and rheological properties of wheat cultivars in wet and dry preharvest periods, *Plant Prod. Sci.* 16 (4), 342-351 p.
- DiMuzio D.T. (2010): Bread baking: An Artisan's Perspective, John Wiley & Sons Inc., 173-174 p., ISBN: 978-0-470-13882-3
- Diósi G., Móré M., Sipos P. (2015): Role of the farinograph test in the wheat flour quality determination, *Acta Univ. Sapientiae Alimentaria* 8., 104-110 p.
- Dobraszczyk B.J. és Salmanowicz B.P. (2008): Comparison of predictions of baking volume using large deformation rheological properties, *J. of Cereal Science* 47, 292-301 p.
- Dowell F.E., Maghirang E.B., Pierce R.O., Lookhart G.L., Bean S.R. et al. (2008): Relationship of Bread Quality to Kernel, Flour, and Dough Properties, *Cereal Chem.* 85, 82-91 p.
- Ducsay L. és Lozek O. (2004): Effect of topdressing with nitrogen on the yield and quality of winter wheat grain, *Plant Soil Environ.* 50, 309-314 p.
- Duncan E.G., O’Sullivan C.A., Roper M.M., Biggs J.S., Peoples M.B. (2018): Influence of co-application of nitrogen with phosphorus, potassium and sulphur on the apparent efficiency of nitrogen fertiliser use, grain yield and protein content of wheat: Review, *Field Crop Research* 226, 56-65 p.
- Eliasson A. és Larsson K. (1993): Flour, In: *Cereals in Breadmaking: a Molecular Colloidal Approach*. Marcel Dekker, New York.
- Eljak S.A., Hassan H.A., Gorafi Y.S.A., Ahmed I.A.M., Ali M.Z.A. (2018): Effect of fertilizers application and growing environment on physicochemical properties and bread making quality of Sudanese wheat cultivar, *J. of Saudi Society of Agri. Sciences* 17, 376-384 p.

- Englyst K.N., Hudson G.J., Englyst H.N.* (2000): Starch Analysis in Food, in Encyclopedia of Analytical Chemistry R.A. Meyers (Ed.), 4246-4262 p.
- Erdei P. és Szániel I.* (1975): A minőségi búza termesztése, Mezőgazdasági Könyvkiadó, 7-97 p.
- Eser A., Kassai K.M., Tarnawa Á., Nyárai F.H., Jolánkai M.* (2017): Impact of crop year and nitrogen topdressing on the quantity and quality of wheat yield, *Columella* Vol. 4 (1), 157-162 p.
- European Environment Agency (EEA)* (2012): Climate Change, Impacts and Vulnerability in Europe 2012, www.eea.europa.eu
- European Environment Agency (EEA)* (2016): Climate Change, Impacts and Vulnerability in Europe 2016, www.eea.europa.eu
- Evers, A.D., Flinham, J., Kotecha, K.* (1995): Alpha-amylase and grain size in wheat. *Journal of Cereal Science* 21, 1–3 p.
- Fageria N.K. and Baligar V.C.* (1999): Phosphorus-use efficiency in wheat genotypes, *J. Plant Nutr.* 22, 331–340 p.
- Faridi H., Finley J.W., D'Appolonia B.* (1989): Improved wheat for baking, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28:2, 175-209 p.
- Farrand E.A.* (1972): Controlled levels of starch damage in a commercial United Kingdom Bread Flour and Effects on absorption, sedimentation value, and loaf quality, *AACC Vol.* 49, 479-486 p.
- Feldman M.* (1995): Wheats. In: Smartt J, Simmonds NW, eds. Evolution of crop plants. Harlow, *Longman Scientific and Technical*, 185–192. p.
- Food and Agriculture Organization (FAO)* (2006): World Agriculture: Towards 2030/2050 Prospects for Food, Nutrition, Agriculture and Major Commodity Groups, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, <http://www.fao.org/3/ap106e/ap106e.pdf>
- Food and Agriculture Organization STAT (FAOSTAT)* (2017): Food balances – Wheat and products – Food supply, www.fao.org/faostat/
- Food and Agriculture Organization STAT (FAOSTAT)* (2020): Production – Crops – Wheat, www.fao.org/faostat/
- Fowler D.B.* (2003): Crop Nitrogen Demand and Grain Protein Concentration of Spring and Winter Wheat, *Agron. J.* 95, 260-265 p.

- Fuertes-Mendizábal T., Aizpurua A., Gonzalez-Moroand M.B., Estavillo J.M.* (2010): Improving wheat bread making quality by splitting the N fertilizer rate, *Eur. J. Agron.* 33, 52-61 p.
- Gabriel D., Pfitzner C., Haase N.U., Hüskén A., Prüfer H., Greef J.M., Rühl G.* (2017): New strategies for a reliable assessment of baking quality of wheat - Rethinking the current indicator protein content, *J. of Cereal Sci.* 77, 126-134 p.
- Gaines C.S. és Finney P.L.* (1989): Effects of selected enzymes on cookie spread and cookie dough consistency, *Cereal Chem.* 66, 73-78 p.
- Garrido-Lestache E., López-Bellido R.J., López-Bellido L.* (2004): Effect of N rate, timing and splitting and N type on bread-making quality in hard red spring wheat under rainfed Mediterranean conditions, *Field Crops Research* 85, 213-236 p.
- Gasztonyi K.* (2004a): Amit a búzalisztek sütőipari értékéről tudni illik, *Sütőiparosok, pékek* 51. évf. 6. szám, 54-60 p.
- Gasztonyi K.* (2004b): Amit a liszt nedvességtartalmáról és vízfelvevő-képességéről tudni illik, *Sütőiparosok, pékek* 51. évf. 2. szám, 25-28, 33-34. p.
- Gerard, C., Barron, C., Colonna, P., Planchot, V.* (2001): Amylose determination in genetically modified starches, *Carbohydrate Polymers* 44, 19–27. p.
- Gerő L. és Tanács L.* (2003): Műtrágya kezelések és az évjárat hatása a búza állományok szemtermésének siker és esésszám minőségi jellemzőire, *SZÉF Tudományos Közlemények* 24., 24-30 p.
- Gervois S., Ciais P., de Noblet-Ducoudré N., Brisson N., Vuichard N., Viovy N.* (2008): Carbon and water balance of European croplands throughout the 20th century, *Global Biogeochemical Cycles* 22, 13–19 p.
- Gil D.H., Bonfil D.J., Svoray T.* (2011): Multi scale analysis of the factors influencing wheat quality as determined by Gluten Index. *Field Crops Research* 123, 1-9 p.
- Gil Z. és Narkiewicz-Jodko M.* (1998): The effect of the fore-crop upon winter wheat milling and baking values, *Nahrung* 42 Nr. 5, 302-303 p.
- Gooding M.* (2017): The effect of growth environment and agronomy on grain quality in: Wrigley C.: *Cereal grains, Assessing and Managing Quality*, 493-512 p.
- Grinsven H.J.M.V., Holland M., Jacobsen B.H., Klimont Z., Sutton M.A., Willems W.J.* (2013): Costs and benefits of nitrogen for Europe and implications for mitigation. *Environ. Sci. Technol.* 47, 3571-3579 p.

- Groos C., Bervas E., Charmet G. (2004): Genetic analysis of grain protein content, grain hardness and dough rheology in a hard x hard bread wheat progeny, *J. of Cereal Science* 40, 93-100 p.
- Guarda G., Padovan S., Delogu G. (2004): Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels, *Europ. J. Agronomy* 21, 181-192 p.
- Gugava E. és Korokhashvili A. (2018): Technologies for obtaining nitrogen fertilizers prolonged effect in wheat, *Annals of Agrarian Science* 16, 22-26 p.
- Gupta P.K., Balyan H.S., Gahlaut V., Saripalli G., Pal B., Basnet B.R., Joshi A.K. (2019): Hybrid wheat: past, present and future, *Theor. and Appl. Gen.* 132, 2463–2483 p.
- Guzman C., Peña R.J., Singh R., Dreisigacker E.A.S., Crossa J., Rutkoski J., Poland J., Battenfield S. (2016): Wheat quality improvement at CIMMYT and the use of genomic selection on it, *Applied & Translational Genomics* 11, 3-8 p.
- Győri Z. és Győriné I.M. (1998): A búza minősége és minősítése, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest
- Győri Z., Szilágyi S., Sipos P. (2003): The effect of NPK mineral fertilization on the alveographic parameters of winter wheat, *Acta Agronomica Hungarica* 51 (3), 325-332 p.
- Győri Z. (2008): Complex evaluation of the quality of winter wheat varieties, *Cereal Research Communications* 36, 1907–1910 p.
- Hajdu M. (1977): A növénytermelő technikusok kézikönyve, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
- Hareland G.A. (2003): Effects of Pearling on Falling Number and Alfa-Amylase Activity of Preharvest Sprouted Spring Wheat, *Cereal Chem.* 80 (2), 232-237 p.
- Harmati I. (1987): Tápanyagellátás. In: Barabás Z. (szerk): A búzatermesztés kézikönyve. Mezőgazd. Kiadó, Budapest
- Hawkesford M.J. (2014): Reducing the reliance on nitrogen fertilizer for wheat production, *J. of Cereal Sci.* 59, 276-283 p.
- He H. és Hosney R.C. (1991): Effect of the quantity of wheat flour protein and bread loaf volume, *Cereal Chemistry* 69 (1), 17-19 p.
- Hlisnikovsky L., Kunzová E., Hejzman M., Dvoráček V. (2014): Effect of fertilizer application, soil type, and year on yield and technological parameters of winter wheat (*Triticum aestivum*) in the Czech Republic, *Arch. of Agron. and Soil Sci.*

- Hornok M. és Pepó P. (2007): Az őszi búza terméseredményeinek értékelése bikultúra és trikultúra vetésváltásban, hajdúsági csernozjom talajon. *Növényt.* 56, 333–344 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.
- Horváth Cs., Kis J., Tarnawa Á., Kassai K., Nyárai H., Jolánkai M. (2014): The effect of nitrogen fertilization and crop year precipitation on the protein and wet gluten content of wheat grain. *Agrokémia és Talajtan*, 63 (1), 159-164 p.
- Horváth Cs., Kassai K.M., Nyárai F.H., Szentpétery Zs., Tarnawa Á. (2015): Impact of nitrogen topdressing of the performance of wheat yield and grain protein, *Journal of Agricultural and Environmental Sciences* Vol. 2, 17-22 p.
- Hrusková M. és Svec I. (2009): Wheat Hardness in relation to other quality factors, *Czech J. Food Sci.* 27 (4), 240-248 p.
- Huen J., Börsmann J., Matullat I., Böhm L., Stukenborg F., Heitmann M., Zannini E., Arendt E.K. (2018): Wheat flour quality evaluation from the baker's perspective: comparative assessment of 18 analytical methods, *Eur. Food Res. Technol.* 244, 535-545 p.
- Hunter, J.D. (2007): Matplotlib: A 2D Graphics Environment, *Computing in Science & Engineering* Vol. 9 (3), 90—95 p.
- Hurkman W.K., K.F. McCue, S.B. Altenbach, A. Korn, C.K. Tanaka et al. (2003): Effect of temperature on expression of genes encoding enzymes for starch biosynthesis in developing wheat endosperm, *Plant Science* 164., 873-881 p.
- Jakab P., Festő D., Zoltán G., Komarek L. (2017): The effect of different fertilizer treatments on the yield and quality of winter wheat, *Review on Agriculture and Rural Development* 6, 182-187 p.
- Janczak-Pieniazek M., Buczek J., Kaszuba J., Szpunar-Krok E., Bobrecka-Jamro D., Jaworska G. (2020): A Comparative Assessment of the Baking Quality of Hybrid and Population Wheat Cultivars, *Applied Sciences* 10, 7104
- Jenner C.F., Ugalde T.D., Aspinall D. (1990): Starch synthesis in the kernel of wheat under high temperature conditions, *Austr. J. of Plant Physiology* 21, 791–806 p.
- Johansson E. (2002): Effect of two wheat genotypes and Swedish environment on falling number, amylase activities, and protein concentration and composition, *Euphytica* 126, 143-149 p.

- Jolánkai M., Tarnawa Á., Horváth Cs., Nyárai F.H., Kassai K. (2016): Impact of climatic factors on yield quantity and quality of grain crops, *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* Vol. 120 (1), 73-84 p.
- Kátai J. (2011): Alkalmazott talajtan, Debreceni Egyetem, jegyzet, 83-99 p.
- Kent N.L. és Evers A.D. (1994): *Technology of Cereals*. 4th Edition. Pergamon. Elsevier Science Ltd, Oxford, UK
- Kettlewell P.S. (1999): The response of alpha-amylase activity during wheat grain development to nitrogen fertilizer, *Annals of Applied Biology* 134, 241–249 p.
- Kindred D. R., Gooding M. J., Ellis R. H. (2004): Nitrogen fertilizer and seed rate effects on Hagberg falling number of hybrid wheats and their parents are associated with α -amylase activity, grain cavity size and dormancy, *Journal of Food and Agriculture* Vol 85., 727-742 p.
- Kirda C., Derici M.R., Schepers J.S. (2001): Yield response and N-fertiliser recovery of rainfed wheat growing in the Mediterranean region, *Field Crop Research* 71, 113-122 p.
- Kismányoky T. és Ragasits I. (2003): Effects of organic and inorganic fertilization on wheat quality, *Acta Agronomica Hungarica* 51., 47-52 p.
- Kolderup F. (1975): Effects of temperature, photoperiod, and light quantity on protein production in wheat grains, *J. Sci. Fd. Agric.* 26., 583-592 p.
- Koltay Á. és Balla L. (1982): Búzatermesztés és -nemesítés, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 20-172 p.
- Kong L., Si J., Zhang B., Feng B., Li S., Wang F. (2013): Environmental modification of wheat grain protein accumulation and associated processing quality: a case study of China, *Australian J. of Crop Sci.* 7 (2), 173-181 p.
- Konopka I., Fornal L., Abramczyk D., Rothkaehl J., Rotkiewicz D. (2004): Statistical evaluation of different technological and rheological tests of Polish wheat varieties for bread volume prediction, *Int. J. of Food Sci. and Techn.* 39, 11-20 p.
- Koppel R. és Ingver A. (2010): Stability and predictability of baking quality of winter wheat, *Agronomy Research* 8 (Special Issue III.), 637-644 p.
- Kovács K. (1992): Műtrágyakezelt őszi búzafajták malom-, sütőipari és beltartalmi vizsgálatai, Szakdolgozat, Élelmiszeripari Főiskola, Szeged
- Központi Statisztikai Hivatal (KSH) (2018): *Mezőgazdasági táblák (STADAT)*, www.ksh.hu
- Központi Statisztikai Hivatal (KSH) (2019): *Statisztikai tükör 2019*, www.ksh.hu

- Központi Statisztikai Hivatal (KSH) (2020): *Mezőgazdasági táblák (STADAT)*, www.ksh.hu
- Központi Statisztikai Hivatal (KSH) (2021): *Mezőgazdasági táblák (STADAT)*, www.ksh.hu
- Krupnov V.A. és Krupnova O.V. (2016): Approaches to improve wheat grain quality: breeding for the falling number, *Rus. J. of Gen.: Applied Research* 6, 604-612 p.
- Kucerová J. (2005): The effect of sites and years on the technological quality of winter wheat grain, *Plant Soil Environ.* 51, 101-109 p.
- Labuschagne M.T., Elago O., Koen E. (2009): The influence of temperature extremes on some quality and starch characteristics in bread, biscuit and durum wheat, *J. of Cereal Sci.* 49., 184-189 p.
- Lásztity R. (1983): Az intenzív foszfor – és kálium-műtrágyázás hatási az őszi búza néhány sütőipari tulajdonságára, *Agrokémia és Talajtan* 32., 77-87 p.
- Lásztity R. (1999): *Cereal Chemistry*, Akadémia Kiadó, Budapest
- Lásztity R. és Voisey P.W. (1973): Hungarian quality control instruments, their applications in industry, agriculture and scientific research, *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* Vol 6, 22-24 p.
- Lee K. M., Shroyer J. P., Herrman T. J., Lingenfelter J. (2006) Blending hard white wheat to improve grain yield and end-use performances, *Crop Sci.* 46:1124-1129 p.
- Lelley J. és Mándy Gy. (1963): *A búza*, Akadémiai Kiadó, Budapest
- Li H.N., Zhang Y.L., Wu X.Q., Li Z.Z. (1995): Determination and evaluation on the main quality characters of wheat germplasm resources in China. *Sci Agric Sin* 28, 29-37 p.
- Li A., Liu D., Yang W., Kishii M., Mao L. (2018): Synthetic hexaploid wheat: yesterday, today and tomorrow, *Engineering* 4., 552-558 p.
- Linina A. és Ruza A. (2012): Cultivar and nitrogen fertiliser effects on fresh and stored winter wheat grain quality indices, *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences* Vol. 66., 177-184 p.
- Linina A., Kunkulberga D., Ruza A. (2014): Influence of nitrogen fertiliser on winter wheat wholemeal rheological properties, *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences* Vol. 68, 158-165 p.
- Linina A. és Ruza A. (2018): The influence of cultivar, weather conditions and nitrogen fertilizer on winter wheat grain yield, *Agronomy Research* 16 (1), 147-156 p.

- Litke L., Gaile Z., Ruza A. (2018): Effect of nitrogen fertilization on winter wheat yield and yield quality, *Agronomy Research* 16 (2), 500-509 p.
- Lollato R.P., Figueiredo B.M., Dhillon J.S., Arnall D.B., Raun W.R. (2019): Wheat grain yield and grain-nitrogen relationships as affected by N, P, and K fertilization: A synthesis of long-term experiments, *Field Crop Research* 236, 42-57 p.
- Lovra Sz. I. (2011): Malomipari Technológia jegyzetfüzet a Mezőgazdasági Iskola diákjainak, Topolya, 46-49.
- Lu Y. (2017): Using Gluten Index to Improve Spring Wheat Loaf Volume Prediction, Theses and Dissertations, www.openprairie.sdstate.edu/etd/2173
- Lukow O.M. és McVetty P.B.E. (1991): Effect of cultivar and environment on quality characteristics of spring wheat, *Cereal Chem.* 68 (6), 597-601 p.
- Luo C., Branlard G., Griffin W.B., McNeil D.L. (2000): The Effect of Nitrogen and Sulphur Fertilisation and their Interaction with Genotype on Wheat Glutenins and Quality Parameters, *Journal of Cereal Science* 31, 185-194 p.
- Lv X., Han J., Liao Y., Liu Y. (2017): Effect of phosphorus and potassium foliage application post-anthesis on grain filling and hormonal changes of wheat, *Field Crops Research* 214, 83-93 p.
- Macholdt J., Piepho H.P., Honermieier B. (2019): Mineral NPK and manure fertilisation affecting the yield stability of winter wheat: Results from a long-term field experiment, *Eur. J. of Agronomy* 102, 14-22 p.
- Malik A.H., Kuktaite R., Johansson E. (2013): Combined effect of genetic and environmental factors on the accumulation of proteins in the wheat grain and their relationship to bread-making quality, *Journal of Cereal Science* 57, 170-174 p.
- Manley M. (1995): Wheat hardness by near infrared (NIR) spectroscopy: New insights, Thesis at University of Plymouth
- Mares D. és Mrva K. (2008): Late-maturity alfa-amylase: Low falling number in wheat in the absence of preharvest sprouting, *Journal of Cereal Science* 47, 6-17 p.
- Markovics E. (2001): Sütőipari szempontú búzaliszt-minőség vizsgálata, *Szegedi Élelmiszeripari Főiskola Tudományos Közlemények* 22., 90-102 p.
- Masauskiene A. és Ceseviciene J. (2005): Effect of cultivar and fertilisation practices on bread-making qualities of fresh and stored winter wheat grain, *Latvian J. of Agronomy* No. 8, 149-153 p.

- Masauskiene A. és Ceseviciene J.* (2006): Variations in Winter Wheat Grain Quality as affected by NK fertilisation and grain storage period – indirect bread-making qualities, *Proceedings of the Latvia University of Agriculture* 16 (311), 50-58 p.
- Massoudifar O., Kodjouri F.D., Mohammadi G.N., Mirhadi M.J.* (2014): Effect of nitrogen fertilizer levels and irrigation on quality characteristics in bread wheat (*Triticum aestivum L.*), *Archives of Agronomy and Soil Science* 60: 925-934 p.
- Massaux C., Sindic M., Lenartz J., Sinnaeve G., Bodson B., Falisse A., Dardenne P., Deroanne C.* (2008): Variations in physicochemical and functional properties of starches extracted from European soft wheat (*Triticum aestivum L.*): The importance to preserve the varietal identity, *Carbohydrate Polymers* 71, 32-41 p.
- Mattern P.P.J., Schmidt J.W., Johnson V.A.* (1970): Screening for high lysine content in wheat, *Cereal Science Today* 15, 409-411 p.
- Matuz J.* (2013): Mai magyar búzafajták a Kárpát-medencében, www.agroinform.hu
- Matuz J.* (2018): A különleges búza, www.agroforum.hu
- Matuz J., Krisch J., Véha A., Petróczi I.M., Tanács L.* (2007): Effect of the fertilization and the fungicide treatment on the alveographic quality of winter wheat, VI. *Alps-Adria Scientific Workshop Austria*, 1193-1196 p.
- Matuz J., Markovics E., Ács E., Véha A.* (1999): Őszibúza-fajták lisztjének technológiai minőségi tulajdonságai közötti összefüggések vizsgálata, *Növénytermelés* 48 (3), 243-253 p.
- Márton L.* (2008): Long-term study of precipitation and fertilization interactions on winter wheat (*Triticum aestivum L.*) yield in the Nyírlugos Field Trial in Hungary between 1973 and 1990, *Cereal Research Communications*, 36 (3), 511-522 p.
- Mäkinen H., Kaseva J., Trnka M., Balek J., Kersebaum K.C. et al.* (2018): Sensitivity of European wheat to extreme weather, *Field Crop Research* 222, 209-217 p.
- McMaster G.S.* (1997): Phenology, development, and growth of the wheat (*Triticum aestivum L.*) shoot apex: A review, *Advances in agronomy* 59, 63-118 p.
- Megyes A.* (2005): Mezőgazdasági földhasználat – Előadás (Debreceni Egyetem – Földhasznosítási Műszaki és Területfejlesztési Intézet)
- Mendiburu, F.d.* (2019): agricolae: *Statistical Procedures for Agricultural Research*. R package v. 1.3-1.
- Miceli F., Martin M., Zerbi G.* (1992): Yield, quality and nitrogen efficiency in winter wheat fertilized with increasing N levels at different times, *J. Agronomy & Crop Science* 168, 337-344 p.

- Millar S.J. (2003): The development of near-infrared (NIR) spectroscopy calibrations for the prediction of wheat and flour quality. Home-Grown Cereals Authority (HGCA) Project Report No. 310.
- Mohammed Y.A., Kelly J., Chim B.K., Rutto E., Waldschmidt K., Mullock J. et al. (2013): Nitrogen fertilizer management for improved grain quality and yield in winter wheat in Oklahoma, *J. Plant Nutr.* 36, 749–761 p.
- Monda S., Mosonyi Á., Tóth J. (1990): Gabonaiipari technológiák, Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Élelmiszeripari Kar
- Montemurro F., Convertini G., Ferri D. (2007): Nitrogen application in winter wheat grown in Mediterranean conditions: effects on nitrogen uptake, utilization efficiency, and soil nitrogen deficit, *Journal of Plant Nutrition* 30., 1681-1703 p.
- Morris C.F. (2002): Puroindolines: the molecular genetic basis of wheat grain hardness, *Plant Molecular Biology* 48, 633-647 p.
- Móré M., Burján Z.K., Győri Z., Sipos P. (2013): A műtrágyázás hatása a búzafajták fehérje tulajdonságaira, *Agrártudományi Közlemények* 52., 67-69 p.
- Móré M., Győri Z., Sipos P. (2012): A gabonafehérjék és a sütőipari minőség kapcsolata, *Acta Agraria Debreceniensis* 48, 117-122 p.
- Muchová Z. (2003): Changes in technological quality of food wheat in four crop rotation, *Plant Soil Environ.* 49., 146-150. p.
- Mucsina S. (2019): Termésmennyiség alakulása a különböző tőszámmal vetett hibridbúza-állományokban, www.agroforum.hu/szakcikkek
- Nag S.O. (2019): Top Wheat Producing Countries, WorldAtlas, www.worldatlas.com/articles/top-wheat-producing-countries.html
- Nagy J. és Pepó P. (2015): Long-term experiments in Debrecen-Látókép, ISBN 978-615-5451-01-0
- Nemzeti Agrárgazdasági Kamara (NAK) (2017): Az erősödő agrár- és élelmiszergazdaságért, a jólétében gyarapodó vidékéért, www.nak.hu
- Nuttall J.G., O’Leary G.J., Panozzo J.F., Walker C.K., Barlow K.M., Fitzgerald G.J. (2017): Models of grain quality in wheat, *Field Crops Research* 202, 126-145 p.
- Ohm J.B. és Chung O.K. (1999): Gluten, Pasting, and Mixograph Parameters of Hard Winter Wheat Flours in Relation to Breadmaking, *Cereal Chem.* 76, 606-613 p.
- Ohm J.B., Chung O.K., Deyoe C.W. (1998): Single-Kernel Characteristics of Hard Winter Wheats in Relation to Milling and Baking Quality, *Cer. Chem.* 75(1), 156–161 p.

- Oikonomou N.A., Bakalis S., Rahman M.S., Krokida M.K.* (2015): Gluten Index for Wheat Products: Main Variables in Affecting the Value and Nonlinear Regression Model, *International Journal of Food Properties*, 18:1, 1-11 p.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)* (2019): Agricultural Outlook 2019-2028, Wheat projections.
- Osborne T.B.* (1907): The proteins of the wheat, Washington
- Osborne B.G., Kotwal Z., Blakeney B., O'Brien L., Shah S., Fearn T.* (1997): Application of the Single-Kernel Characterization System to Wheat Receiving Testing and Quality Prediction, *Cereal Chemistry* 74 (4), 467-470 p.
- Otegui M.E. és Slafer A.* (2004): Increasing cereal yield potential by modifying developmental traits, Proceedings for the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia.
- Pan J., Jiang D., Dai T.B., Lan T., Cao W.X.* (2005): Variation in wheat grain quality grown under different climate conditions with different sowing dates, *Acta Phytoecol Sin* 29, 467-473 p.
- Panozzo J.F. és Eagles H.A.* (2000): Cultivar and environmental effects on quality characters in wheat. II. Protein, *Aust. J. Agric. Res.* 51, 629–636 p.
- Panozzo J.F., Eagles H.A., Wootton M.* (2001): Changes in protein composition during grain development in wheat, *Australian J. of Agri. Research* 52, 485–493 p.
- Papakosta D.K. és Gagianas A.A.* (1991): Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for Mediterranean wheat during grain filling. *Agronomy Journal* 83, 864–870.
- Park S.H., Bean S.R., Chung O.K., Seib P.A.* (2006): Levels of protein and protein composition in hard winter wheat flours and the relationship to breadmaking, *Cereal Chem.* 83 (4), 418-423 p.
- Park H., Clay D.E., Hall R.G., Rohila J.S., Kharel T.P., Clay S.A., Lee S.* (2014): Winter Wheat Quality Responses to Water, Environment, and Nitrogen Fertilization, *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 45,1894–1905 p.
- Pasha I., Anjum F.M., Morris C.F.* (2010): Grain Hardness: a major determinants of wheat quality, *Food Sci. and Techn. Int.* 16, 511-522 p.
- Pauly A., Pareyt B., Lambrecht M.A., Fierens E., Delcour J.A.* (2013): Flour from wheat cultivars of varying hardness produces semi-sweet biscuits with varying textural and structural properties, *Food Science and Technology* 53, 452-457 p.

- Peltonen-Sainio P., Jauhiainen L., Laurila I.P.* (2009): Cereal yield trends in northern European conditions: Change in yield potential and its realisation, *Field Crop Research* 110, 85-90 p.
- Pepó P.* (1999): Az őszi búza környezetkímélő trágyázása, Research strategy of Hungarian Academy of Sciences. Budapest. 130-135.
- Pepó P.* (2002a): Efficiency of Fertilization in Sustainable Wheat Production, *Acta Agraria Debreceniensis*, 1-7 p.
- Pepó P.* (2010a): Baking quality of winter wheat (*Triticum aestivum L.*) in the long-term experiments on chernozem soil, *J. Agric. Sci.* 44, 152-156 p.
- Pepó P.* (2010b): Sustainable environmental friendly sunflower production in changing climate conditions. In: Sustainable, environmental friendly field crops production in changing climate conditions. Eds.: Juliana Molnarová, Peter Pepo, Slovak University of Agriculture of Nitra, Nitra, Slovakia, 127-150 p.
- Pepó P.* (2011): Role of genotypes and agrotechnical elements in cereal crop models, *Cereal Research Communications* 39 (1), pp. 160-167.
- Pepó P.* (2016): Correlation between fertilization and baking quality of winter wheat cultivars, *Columella - Journal of Agri. and Environ. Sciences* Vol. 3 (2), 15-23 p.
- Pepó P.* (2019): Integrált növénytermesztés 2., Alapnövények, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 11-58 p.
- Pepó P. és Sárvári M.* (2011): Gabonanövények termesztése, Az agrármérnöki MSc szak tananyagfejlesztése, 14-26 p.
- Perten Instruments* (2018): Perten SKCS 4100 www.perten.com 2018.11.29.
- Peterson C.J., Graybosch R.A., Baezinger P.S., Grombacher A.W.* (1992): Genotype and environment effects on quality characteristics of hard red winter wheat, *Crop Sci.* 32: 98-103 p.
- Polgár Sz.* (2019): GOSZ-VSZT-NAK Őszi búza Posztregisztrációs Fajtakísérletek 2019/2020, Tordas
- Pollhamer E.* (1965): A nitrogén fejtrágya hatása a búza minőségére, *MTA Oszk. Közleményei* 24, 60-79 p.
- Pollhamer E.* (1973): A búza minősége a különböző agrotechnikai kísérletekben, Akadémiai Kiadó, Budapest, 55—146 pp.
- Pollhamer E.* (1981): A búza és a liszt minősége, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 15-93 pp.

- Pongráczné B.Á. (2010): Alveográfus mérések az őszi búza minőségvizsgálatában, *Gazdálkodás* 54. évf. 7. szám, 764-767 p.
- Pongráczné B. Á. és Győri Z. (2007): Őszi búza fajták reológiai sajátosságainak vizsgálata, *Agrártudományi Közlemények* 2007/26. különszám, 266-272 p.
- Pongráczné B.Á., Mezei Z., Sipos P., Győri, Z. (2009): Research on alveographical parameters of winter wheat (*T. aestivum*) varieties, *Review of faculty of engineering: Analecta Technica Szegedinensia*, 11-16 p.
- Popa C. N., Tamba-Berehoiu R. M., Hutan A. M., Popescu S. (2014): The significance of some flour quality parameters as quality predictors of bread, *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*, Vol. XVIII, 135-140 p.
- Posner E. S. és Hibbs A. N. (2011): Wheat flour milling, ISBN 1-891127-40-3
- Pratt D.B. (1978): Criteria of flour quality, In: *Wheat Chemistry and Technology*. Pomeranz Y. 2nd Ed. AACCI International, St. Paul, 201-226 p.
- Preston K.R., Kilborn R.H., Dexter J.E. (1987): Effects of starch damage and water absorption on the alveograph properties of Canadian hard red spring wheats, *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.* 20, 75-80 p.
- Preston K.R., Lukow O.M., Morgan B. (1992): Analysis of relationship between flour quality properties and protein fractions in a world wheat collection, *Cereal Chemistry* 69. (5), 560-567 p.
- Preston K.R. és Williams P.C. (2003): Analysis of wheat flour, in *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition)*, 2543-2550 p.
- Prokop G., Jobstmann H., Schönbauer A. (2011): Overview of best practices for limiting soil sealing or mitigating its effects in EU-27
- Ragasits I. (1998): Búzatermesztés, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 19-140 p.
- Ragasits I., Debreczeni K., Berecz K. (2000): Effect of long-term fertilisation on grain yield, yield components and quality parameters of winter wheat, *Acta Agronomica Hungarica* 48., 155-163 p.
- Rao A.C.S., Smith J.L., Jandhyala V.K., Papendick R.I., Parr J.F. (1993): Cultivar and climatic effects on the protein content of soft white winter wheat. *Agron. J.* 85, 1023–1028. p.
- Rasmussen I.S., Dresboll D.B., Thorup-Kristensen K. (2015): Winter wheat cultivars and nitrogen (N) fertilization—Effects on root growth, N uptake efficiency and N use efficiency, *Eur. J. of Agronomy* 68, 38-49 p.
- Réther A. (2004): Mi micsoda a búzaminőségben, *Vetőmag* XI. évf. (3), 8 p.

- Richter D.D., Hofmockel M., Callaham M.A., Powlson D.S., Smith P. (2007): Long-term soil experiments: keys to managing Earth's rapidly changing ecosystems, *Soil Sci. Soc. Of Am.* 71, 266-279 p.
- Saaten-Union (2017): Hibridbúza, innováció a nemesítésben, érték a gyakorlatban, www.saaten-union.hu
- Saaten-Union (2019): A növénytermesztés jövője, a hibridkalászosok, www.saaten-union.hu
- Saint-Pierre C., Peterson C.J., Ross A.S., Ohm J.B., Verhoeven M.C., Larson M., Hoefler B. (2008): Winter wheat genotypes under different levels of nitrogen and water stress: Changes in grain protein composition, *J. of Cereal Sci.* 47, 407-416 p.
- Salunkhe D.K., Kadam S.S., Austin A. (1986): Quality of wheat and wheat products, Metropolitan Book Co., New Delhi
- Sekularac A., Torbica A., Zivancev D., Tomic J., Knezevic D. (2018): The influence of wheat genotype and environmental factors on gluten index and the possibility of its use as bread quality predictor, *Genetika* 50, 85-93 p.
- Shewry P.R. (2009): Wheat, *Journal of Experimental Botany* 60., 1537-1553 p.
- Shewry P.R. és Halford N.G. (2002): Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization, *J. Exp. Bot.* 53(370), 947–958 p.
- Shewry P.R. és Tatham A.S. (2000): Wheat. Cambridge, 335-339 p.
- Shewry P.R. és Tosi P. (2016): Protein synthesis and deposition. Wrigley C., Corke H., Seetharaman K., Faubion J. (Eds.), *Encyclopedia of Food Grains*, vol. 2, Elsevier, Oxford, UK, 115 p.
- Shi Y., Yu Z., Wang D., Li Y., Wang Y. (2007): Effects of nitrogen rate and ratio of base fertilizer and topdressing on uptake, translocation of nitrogen and yield in wheat, *Front. Agric. China* 1 (2), 142-148 p.
- Shuey W.C. (1984): Interpretation of the farinogram. Pages 31-32 in: *The Farinograph Handbook*, 3rd Ed. B. L. D'Appolonia and W. H. Kunerth eds. AACCI International: St. Paul, MN.
- Simmonds N. (1995): The relation between yield and protein in cereal grain. *J. Sci. Food Agric.* 67, 309–315 p.
- Simpson R.J., Lambers H., Dalling M.J. (1983): Nitrogen redistribution during grain growth in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Physiol.* 71, 7–14. p.
- Sipos P., Diósi G., Jevcsák Sz. (2015): Rheological Parameters of Cereals, *J. Food Physics* Vol. 28-29, 21-25 p.

- Sipos P., Tóth Á., Pongráczné B.Á., Győri Z. (2007): A búzaliszt reológiai vizsgálata különböző módszerekkel, *Élelmiszervizsgálati Közlemények* 53, 145-155 p.
- Spiertz J.H.J. és Ewert F. (2009): Crop production and resource use to meet the growing demand for food, feed and fuel: opportunities and constraints, *NJAS* 56-4, 281-300 p.
- Stoeva I. és Ivanova A. (2009): Interaction of the technological properties of common winter wheat varieties with some agronomy factors. *Bulg. J. Agric. Sci.* 15, 417-422 p.
- Stone P.J., Savin R., (2000): Grain quality and its physiological determinants. In: Satorre, M.H., Slafer, G.A. (Eds.), *Wheat, Ecology and Physiology of Yield Determination*. Food Products Press, New York, 85–120. p.
- Sváb J. (1981): Biometriai módszerek a kutatásban, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 97-340 p.
- Szabó M. (1966): Őszi búza műtrágyázási és CCC hatás kísérlet, Országos Mezőgazdasági Fajta- és Termeléstechnikai Minősítő Intézet Vol. 1
- Szabó P.B. (2009): Módszerek búza szemkeménységének meghatározására, Doktori értekezés, Budapesti Corvinus Egyetem
- Szabó É., Dóka F.L., Szabó A. (2017): Evaluation of the yield and quality of different winter wheat genotypes on chernozem soil, *Annals of the University of Oradea, Fascicle: Environmental Protection* Vol. XXIX., 59-64 p.
- Szabó P.B. és Véha A. (2015): Sütőipari, malomipari technológia gyakorlatok, SZTE-MK, <https://eta.bibl.u-szeged.hu/id/eprint/839>
- Tanács L. és Gerő L. (2003): Műtrágyával kezelt búzaállományokból készült tészták sütőipari és reológiai minőségi jellemzőinek az alakulása, *SZÉF Tudományos Közlemények* 24., 100-106 p.
- Tanács L., Matuz J., Petróczi I.M. (2008): Correlations between wet gluten content, valorigraphic value and alveographic parameters of winter wheat, *Cereal Research Communications* 36 (1), 89-95 p.
- Tayyar S. (2010): Variation in grain and quality of Romanian bread wheat varieties compared to local varieties in north-western turkey, *Romanian Biotechnological Letters* Vol. 15, No. 2, 5189-5196
- Tilley K.A., Benjamin R.E., Bagorogoza K.E., Okot-Kotber B.M., Prakash O., Kwen H. (2001): Tyrosine cross-links: molecular basis of gluten structure and function, *J. Agric. Food Chem.* 49, 2627-2632 p.

- Tipples K.H., Meredith J.O., Holas J.* (1978): Factors affecting farinograph and baking absorption II. relative influence of flour components, *Cereal Chem.* 55 (5), 652-660 p.
- Toms W.J.* (1965): A comparative study of the effect of nitrogen nutrition on selected varieties of wheat. Master's Thesis. University of Western Australia.
- Tóth Á., Sipos P., Győri Z.* (2005): Az évjárat és a műtrágyázás hatása a GK Öthalom őszi búzafajta alveográfus minőségére, *Agrártudományi Közlemények* 16., 126-133 p.
- Tóth Á., Sipos P., Borbély M., Győri Z.* (2007b): Az alveográfus és valorigráfus minősítési rendszer összevethetősége, *Agrártudományi Közlem.* 26., 294-302 p.
- Tóth Á., Sipos P., Győri Z.* (2007a): Őszi búzafajták alveográfus minőségének jelentősége aszályos, csapadékos és átlagos időjárási körülmények között, *Élelmiszervizsgálati Közlemények* Vol. 53, 156-165 p.
- Tóth G., Hengl T., Hermann T., Makó A., Kocsis M., Tóth B., Berényi Ü.J.* (2015): Magyarország mezőgazdasági területeinek talajtulajdonság-térképei, JRC Technical Report.
- Tóthné, P.L.* (2011): A kutatómódszertan matematikai alapjai. Eszterházy Károly Főiskola, Elérhető: <https://bit.ly/3tGQNQr>
- Uthayakumaran S. és Wrigley C.* (2017): Wheat: Grain-quality characteristics and management of quality requirements, Woodhead Publishing Series in Food Science, *Technology and Nutrition*, 91-134 p.
- Vazquez D., Berger A., Priot-Linde M.L., Johansson E.* (2019): Can nitrogen fertilization be used to modulate yield, protein content and bread-making quality in Uruguayan wheat?, *J. of Cereal Sci.* 85, 153-161 p.
- Vári E., Vad A., Pepó P.* (2010): The effects of agrotechnical factors on winter wheat yield in humid cropyear, *J. Agric. Sci.* 44, 162-167 p.
- Véha A.* (2011): Malomipari technológia I. jegyzet – Anyagismeret és koptatás, SZTE Mérnöki Kar
- Vida Gy.* (2018): Hibridbúza-előállítás és -hasznosítás, www.magyarmezogazdasag.hu
- Vida Gy. és Veisz O.* (2018): Élen az élvonalban – búzanemesítés Martonvásáron, www.innoteka.hu
- Walsh O.S., Shafran S., Christiaens R.J.* (2018): Nitrogen fertilizer management in dryland wheat cropping system, *Plants* 7 (9), 1-11 p.
- Waskom M. et al.* (2020): seaborn: v0.11.1, <http://doi.org/10.5281/zenodo.4379347>

- Whan, A., Dielen, A. S., Mieog, J., Bowerman, A. F., Robinson, H. M., et al. (2014). Engineering α -amylase levels in wheat grain suggests a highly sophisticated level of carbohydrate regulation during development, *Journal of experimental botany*, 65 (18), 5443-5457.
- Wheat Marketing Center (WMC) (2008): Wheat and Flour Testing Methods: A Guide to Understanding Wheat and Flour Quality, Version 2, Kansas State University
- Wiegand C.L. és Cuellar J.A. (1981): Duration of grain filling and kernel weight of wheat as affected by temperature, *Crop Science* 21, 95-101 p.
- Wieser H. és Seilmeier W. (1998): The Influence of Nitrogen Fertilisation on Quantities and Proportions of Different Protein Types in Wheat Flour, *J. Sci. Food Agric.* 76, 49-55 p.
- Wieser H. (2007): Chemistry of gluten proteins, *Food Microbiology* 24, 115-119 p.
- Williams P.C. (1993): The world of wheat. In: Grains and Oilseeds: Handling, Marketing, Processing, Winnipeg, Canada, 557-602 p.
- Wickham, H., François, R., Henry, L. & Müller, K. (2019): dplyr: A Grammar of Data Manipulation. R package v. 0.8.3
- Wooding A.R., Kavale S., Wilson A.J., Stoddard F.L. (2000): Effects of Nitrogen and Sulfur Fertilization on Commercial-Scale Wheat Quality and Mixing Requirements, *Cereal Chem.* 77 (6), 791-797 p.
- Yang X., Lu Y., Ding Y., Yin X., Raza S., Tong Y. (2017): Optimising nitrogen fertilisation: A key to improving nitrogen-use efficiency and minimising nitrate leaching losses in an intensive wheat/maize rotation (2008–2014), *Field Crop Res.* 206, 1-10 p.
- Ying H., Ye Y., Cui Z., Chen X. (2017): Managing nitrogen for sustainable wheat production, *J. of Cleaner Prod.* 162, 1308-1316 p.
- Young L.S. (2012): Applications of texture analysis to dough and bread, in *Breadmaking, Improving quality* 2nd edition by Cauvain S.P., 562-578 p.
- Zecevic V., Boskovic J., Knezevic D., Micanovic A., Milenkovic S. (2013): Influence of cultivar and growing season in quality properties of winter wheat (*Triticum aestivum* L.), *African Journal of Agriculture Research* Vol. 8(21), 2545-2550 p.
- Zhan A., Zou C., Ye Y., Liu Z., Cui Z., Chen X. (2016): Estimating on-farm wheat yield response to potassium and potassium uptake requirement in China, *Field Crop Research* 191, 13-19 p.

Zhang P., Ma G., Wang C., Lu H., Li S., Xie Y., et al. (2017): Effect of irrigation and nitrogen application on grain amino acid composition and protein quality in winter wheat, PLoS ONE 12(6): e0178494

Zörb C., Ludewig U., Hawkesford M.J. (2018): Perspective on Wheat Yield and Quality with Reduced Nitrogen Supply, Trends in Plant Sci. 23, 1029-1037 p.

11. PUBLIKÁCIÓK



**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 próbapipós 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.

12. NYILATKOZATOK

NYILATKOZAT

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Kerpely Kálmán Doktori Iskola keretében készítettem, a Debreceni Egyetem doktori (Ph.D.) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2022. . .

.....

a jelölt aláírása

NYILATKOZAT

Tanúsítom, hogy *Magyar Zoltán* doktorjelölt 2018-2022 között a fent megnevezett Doktori Iskola keretében irányításunkkal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult, az értekezés a jelölt önálló munkája. Az értekezés elfogadását javasoljuk.

Debrecen, 2022. . .

.....

a témavezető aláírása

Debrecen, 2022. . .

.....

a témavezető aláírása

13. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Elsősorban szeretném legmélyebb hálámat kifejezni Bakos Tiborné Mónika mester oktatónak (SZTE-MK), a mérések kivitelezésében nyújtott segítségéért és önzetlen támogatásáért. Továbbá rendkívül hálás vagyok Prof. Dr. Pepó Péternek hasznos tanácsaiért és iránymutatásáért. Köszönöm Dr. habil. Gyimes Ernő segítségét is a doktori disszertáció elkészítése során. Köszönettel tartozom a Debreceni Egyetem Látóképi Kísérleti Telepének, a Szegedi Gabonakutatóknak és az SZTE-MK Élelmiszermérnöki Intézetének (Prof. Dr. Véha Antal), hogy biztosították számomra a búza mintákat és a mérésükhöz szükséges eszközöket. Hálával tartozom Magyar Tamásnak és Kis-Szabó Norbertnek a programozásban történő segédkezésében. Végül, de nem utolsó sorban köszönöm feleségemnek és szüleimnek a támogatását és türelmét tanulmányaim elvégzése során.