

## Bevezetés és célkitűzés

A kenyérbúza termés, valamint a belőle készült liszt hozam értékelésének szempontjából mind a mennyiségi mind pedig a minőségi paraméterek fontosak. Különböző gabona levéltetű fajok kártétele következtében bekövetkező mennyiségi veszteségek mértéke 33-65 % között változott (Kieckhefer és Kantack, 1980, 1988, Kieckhefer és Gellner, 1992, Kuroli és Németh, 1987). Magyarországon 4 őshonos és egy 15 éve betelepült levéltetű faj fordul elő a búzán (Basky, 2003 a,b). Az őshonos levéltetvek *Rhopalosiphum padi* L, *Sitobion avenae* F, és *Metopolophium dirhodum* Walker *Schizaphis graminum* Rondani, a közelmúltban betelepült faj a *Diuraphis noxia* Kurdjumov.

A búzaliszt sütőipari minőségét nagymértékben a lisztben található fehérjék befolyásolják, ezért számos vizsgálat irányult arra mely fehérje alkotórészek milyen minőségi különbségekért felelősek. A glutén fehérjék a legfontosabbak melyek meghatározzák a búza minőségét (Mac Ritchie, 1978). Hetven százalékos alkoholban történő oldhatóságuk alapján a glutén fehérjéket két fő osztályra lehet osztani: az ún. alkoholban oldható osztályt a gliadin fehérjék alkotják, míg a maradék a glutenin fehérjéket (Osborne, 1907). Mivel az oldhatóság alapján a szétválasztás nem egyértelmű az átfedések miatt ezért a molekulásúly alapján történő szétválasztás még jobb megközelítésnek bizonyul. A 100 kDa-nál nagyobb proteinek a gluteninek alkotják, a 100 és 25 kDa közöttiek a gliadinok míg a 25 kDa-nál kisebbeket az albuminok+globulinok (Bushuk és Wrigley, 1971). Shewry és mtsai. (1990) szerinti újabb megközelítés alapján a búza glutén fehérjéket három nagy csoportra osztják: a kénben gazdag prolaminokra, a kénben szegény prolaminokra és a High Molecular Weight-prolaminokra. Korábbi felfogás szerint a glutenin mennyisége és minősége nagymértékben meghatározzák a keverési sajátosságokat, míg a gliadin mennyisége és minősége a kenyér térfogatáért felelős (Finney és mtsai., 1982). A gliadin és/vagy a gluteninek abszolút értéke, valamint arányuk nagyon fontos a tészta (kovász) készítése szempontjából, továbbá meghatározóak a sütéskor. Az oldhatatlan és oldható glutén proteinek aránya a gliadin/glutenin arányhoz hasonlóan fontos minőségi paraméter.

A tésztakészítés valamint a sütés szempontjából a fehérjék mennyisége és a gliadin/glutenin arány döntő. A gluteninnek a gliadinhoz viszonyított arányának növekedése egy állandó fehérje tartalom mellett növeli a keverési időt, a nyújtáshoz való ellenállást és a kenyér térfogatát. A gluteninnek a gliadinhoz viszonyított arányának növekedése csökkenti a tészta nyújthatóságát (Uthayakumaran és mtsai., 1999). Röviden, a gluteninok elsősorban a tészta rugalmasságáért felelősek, míg a gliadinok inkább a nyújthatóságért (Uthayakumaran és mtsai., 2000a). A Low Molecular Weight-gluteninek viszont a nyújthatóságot növelik (Uthayakumaran és mtsai., 2000b).

A fenti minőségi kritériumokat eddig kizárólag a nemesítők és termesztők vizsgálták (Bedő, 2001). A pályázatban a világon elsőként került vizsgálatra a kártevő levéltetvek hatása a búzaminőség és kenyérliszt minősége szempontjából. Az alább bemutatandó eredmények feltétlenül megerősítik, hogy fontos vizsgálni a kártevők fajait, megoszlását, valamint az ezekkel összefüggő minőségi változásokat különböző búzafajtákban. Gazdaságossági szempontból a vizsgálatok folytatása rendkívül indokolt lenne, melyet további pályázatok keretében célszerű elvégezni.

## Anyag és módszer

### A) Levéltetű fertőzés

Az első vizsgálati évben Mv 17 puhaszemű (endospermium szerkezetű) búza fajta szárbaindulás kezdetén levő növényei kerültek izolálásra. Az izolátorokkal borított növényekre *D. noxia*, *S. avenae*, *R. padi* és *M. dirhodum* levéltetű fajok 5-5 szárnyatlan imágójával történt a levéltetű fertőzés. A levéltetű egyedszám meghatározása a levéltetvek kihelyezését követő 30. naptól kezdve hetenkénti gyakorisággal szedett minták alapján Berlese tölcserék segítségével történt.

A következő években Mv Magvas és Mv Magdaléna keményszemű búza fajtákkal történtek a vizsgálatok. A levéltetvek egyedszámát a 3 különböző izolációs szint szabályozta (sűrű háló: teljes izolálás, alaprács: a szárnyas levéltetvek és a parazitoidok mozgása nem korlátozott és izolálatlan: sem a levéltetvek sem a természetes ellenségek mozgása nem korlátozott).

A vizsgálat utolsó évében Mv Magvas és Mv Magdaléna búza fajták izolátorral borított növényeire helyezett *D. noxia*, *S. avenae*, *R. padi* és *S. graminum* gabona levéltetvek 5-5 szárnyatlan imágójának utód produkciója, valamint a mennyiségi és minőségi paraméterek tekintetében a levéltetű táplálkozás következtében bekövetkező változások vizsgálata történt meg. A levéltetvek egyedszámának alakulása fajtánként került meghatározásra.

## **B) Mennyiségi vizsgálatok**

A mennyiségi paraméterként a kaláshossz, kaláskonkénti szemszám, kaláskonkénti szemtömeg valamint egy búzaszem átlagos tömege került meghatározásra.

## **C) Minőségi vizsgálatok**

A Size Exclusion High Pressure Liquid Chromatography (SE-HPLC; Méret szerinti Magasnyomású Folyadékromatográfia Size-exclusion (SE) high performance liquid chromatography (HPLC) módszere hatékonyan használható a gabona liszt tartalék fehérjék vizsgálatára (Batey és mtsai., 1991). Ez a metodika megbízhatóan és reprodukálhatóan választja szét a búza három fő fehérje osztályát: a glutén proteineket (polimerikus glutenineket és a monomerikus gliadinokat), valamint az albuminokat+ globulinokat (Gupta és mtsai., 1993).

### **1) Minta előkészítés**

A teljes érést követően a kalászokból a búzaszemeket el kell távolítani. A kontroll, valamint fertőzött izolátorokból származó termést egy un. FQC-Micro scale laboratóriumi malommal kell megőrölni. A 150-200 µm-os szitán történő átszitálást követően az ebbe a mérettartományba eső lisztet kell alávetni az SE-HPLC elválasztási eljárásnak.

Az egylépcsős kivonási eljárás során (valamennyi glutén protein és albuminok+ globulinok kivonása) a minta előkészítés a következő: a lisztet (10 mg/Eppendorf cső) 1 ml 0,5% Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) 0,05M Nátrium-foszfát pufferben (pH=6,9) 10 percig kell keverni, hogy az oldható proteinek (elsősorban gliadinok) kinyerhetők legyenek, majd 1 percig intenzíven szonikálni kell, hogy az oldhatatlan polimer proteinek (gluteninek) is az oldatba kerüljenek. Így az összes polimer és monomer protein keveréke nyerhető ki. A kivonatot még 10 percig 14,000 rpm-en kell centrifugálni és a felülúszót egy 0,45 µm-os Millex PVDF szükséges átszűrni. Ez a mintát használandó az SE-HPLC analízishez.

A kétlépcsős eljárásban az un. oldható (elsősorban gliadinok) és oldhatatlan (gluteninek) frakciók szétválasztása a következő módon történik: A 10 mg/Eppendorf cső mintát szintén 1 ml SDS pufferben kell összekeverni, 10 percig egyenletesen rázni és vortexszel időnként megkeverni, így az oldható proteinek kinyerhetők. A kivonatot a fentiek

szerint centrifugálандók és szűrendők, a mintát pedig a HPLC analízishez használandók (1. futtatás). Az üledéket ismét fel kell venni 1 ml SDS pufferben, majd üledék turmix segítségével fel kell keverni és ezt követően egy percre intenzíven szonikálandók, melynek köszönhetően az összes oldhatatlan polimer protein kivonásra kerül. A kivonatot a fentiek szerint kell lecentrifugálni, valamint leszűrni. Az így nyert szűretet HPLC analízisnek kell alávetni (2. futtatás).

## **2) A proteinek mennyiségi meghatározása SE-HPLC kromatográfiával**

Az elkészített kivonatokból 20 µl-es minták kerültek injektálásra a HPLC-be (Beckman kétpumpás HPLC rendszer), amihez egy Shimadzu C-R3A integrátor csatlakozik. Az analízishez egy Zorbax BIO GF-450 SE oszlop, valamint egy Diol preparatív előtét oszlop lett használva. Az elúcióhoz acetonitril-víz rendszert (50:50), ami trifluoecetsavat tartalmaz (0.1%) szükséges használni. A futási idő 10 perc, az átfolyási sebesség 2 ml/min és a proteinek 214 nm-en detektálandók. A számítás alapjául a kromatogramok integrált területei szolgálnak.

Az egylépcsős eljárással készülő minták esetében az elúciós profil 3 fő csúcsra osztható: első fő csúcs a glutenin, a második a gliadin, míg egy kisebb, harmadik az albumin+globulin csúcs. A vizsgálatok során a glutenin, gliadin, albumin+globulin, valamint gliadin/glutenin arányszámokat használhatók fel a statisztikai értékelésekhez. A pályázat első három évében kizárólag ilyen módszert történtek a mérések.

A kétlépcsős kivonási eljárást követően (oldható proteinek kivonásával) az 1. futtatás során elsősorban a gliadinok, valamint albuminok+globulinok jelentek meg a kromatogramon (kis mennyiségben gluteninek is). Az oldhatatlan frakció futtatása során (2. futtatás) (főleg a gluteninek jelentek meg és elenyésző mennyiségben a gliadinok). A kiértékeléshez az integrált területek kerültek felhasználásra és meghatározásra kerültek a gluteninek (a két futtatás első csúcsainak összege), a gliadinok (1. futtatásból a második csúcs) és az albuminok+ globulinok (1. futtatásból a harmadik csúcs). Ennek köszönhetően a gliadin/glutenin arány is megadható -mint eddig-, viszont ezzel az eljárással meghatározható az oldhatatlan és oldható glutén proteinek aránya, ami a gliadin/glutenin arányhoz hasonlóan egy nagyon fontos minőségi paraméter. Kiszámításhoz az alábbi képletet használhatók: oldhatatlan proteinek az első csúcsban / (oldhatatlan protein az első csúcsban + oldható protein az első csúcsban X 100). Ez az ún. Unsoluble Protein/Total Protein arány (UPP%). Ez a kétlépcsős kivonási eljárás és egy új viszonyszám kiszámítása csak a pályázat utolsó évében került alkalmazásra.

## **D) Statisztikai értékelés**

Variancia analízissel történt a különböző levéltetű fajok táplálkozása által a liszt minták glutenin, gliadin, albumin+gliadin ill. összfehérje tartalmára, valamint a gliadin/glutenin arányra gyakorolt hatásának vizsgálata. A gliadin/glutenin arány meghatározása a két protein görbéi alatti terület integrált értékei alapján történt SE-HPLC vizsgálattal. Tukey HDS teszttel történt a középértékek összehasonlítása.

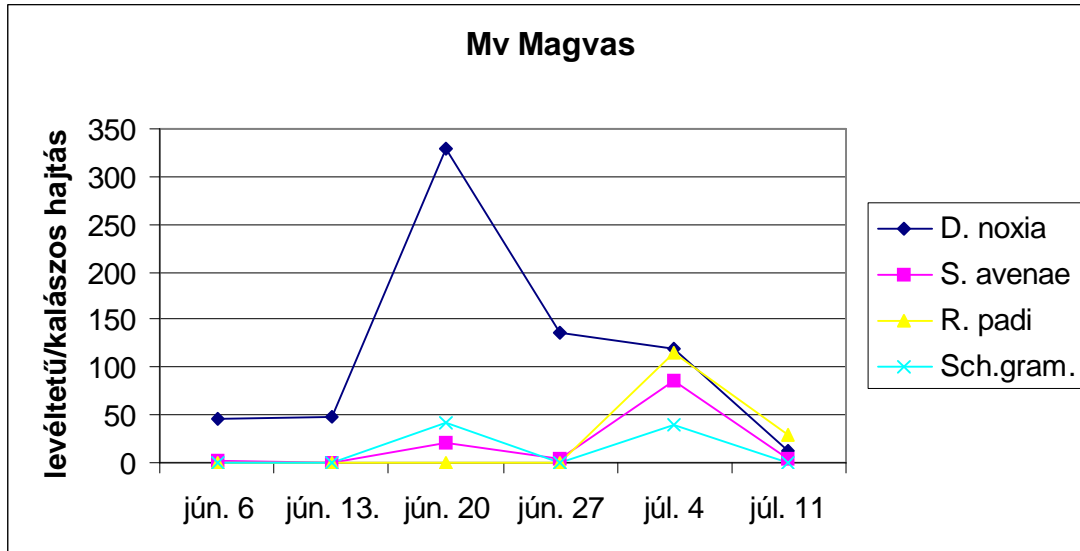
## **Eredmények**

Az utolsó év eredményei

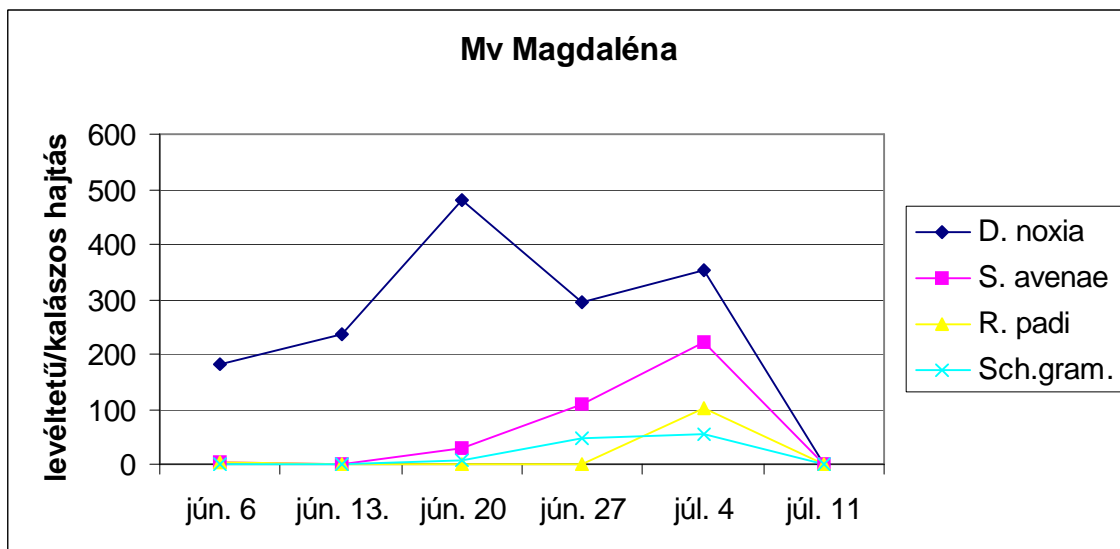
A levéltetvek egyedszáma az első izolációs szintnél volt a legnagyobb, kevesebb levéltetű volt az alapráccsal izolált növényeken és a legkevesebb az izolálatlan növényeken.

A gabona levéltetvek 5-5 szárnyatlan imágójának utódszáma minden levéltetű faj esetén nagyobb volt az Mv Magdaléna fajtán, mint az Mv Magvason az utolsó vizsgálati évben. A *D. noxia* kalászos hajtásonkénti egyedszáma június 20-án volt a legnagyobb mindkét fajtán. A

másik három levéltetű faj egyedszáma mindkét fajtán július 4-én érte el a maximumot. Mindkét fajtán a *D. noxia* ért el legnagyobb egyedszámot. Az Mv Magdaléna fajtán a *S. avenae* egyedszáma közel fele volt a *D. noxia*-énak. A *R. padi* egyedek száma közel azonos volt mindkét fajtán. A legalacsonyabb egyedsűrűséget a *S. graminum* faj érte el mindkét fajta esetében (1.,2. ábra).



1. ábra A különböző levéltetű fajok egyedszámának alakulása sűrű szövetű izolátor alatt. Az Mv Magvas fajta egy kalászos hajtására eső átlagos levéltetű egyedszám.



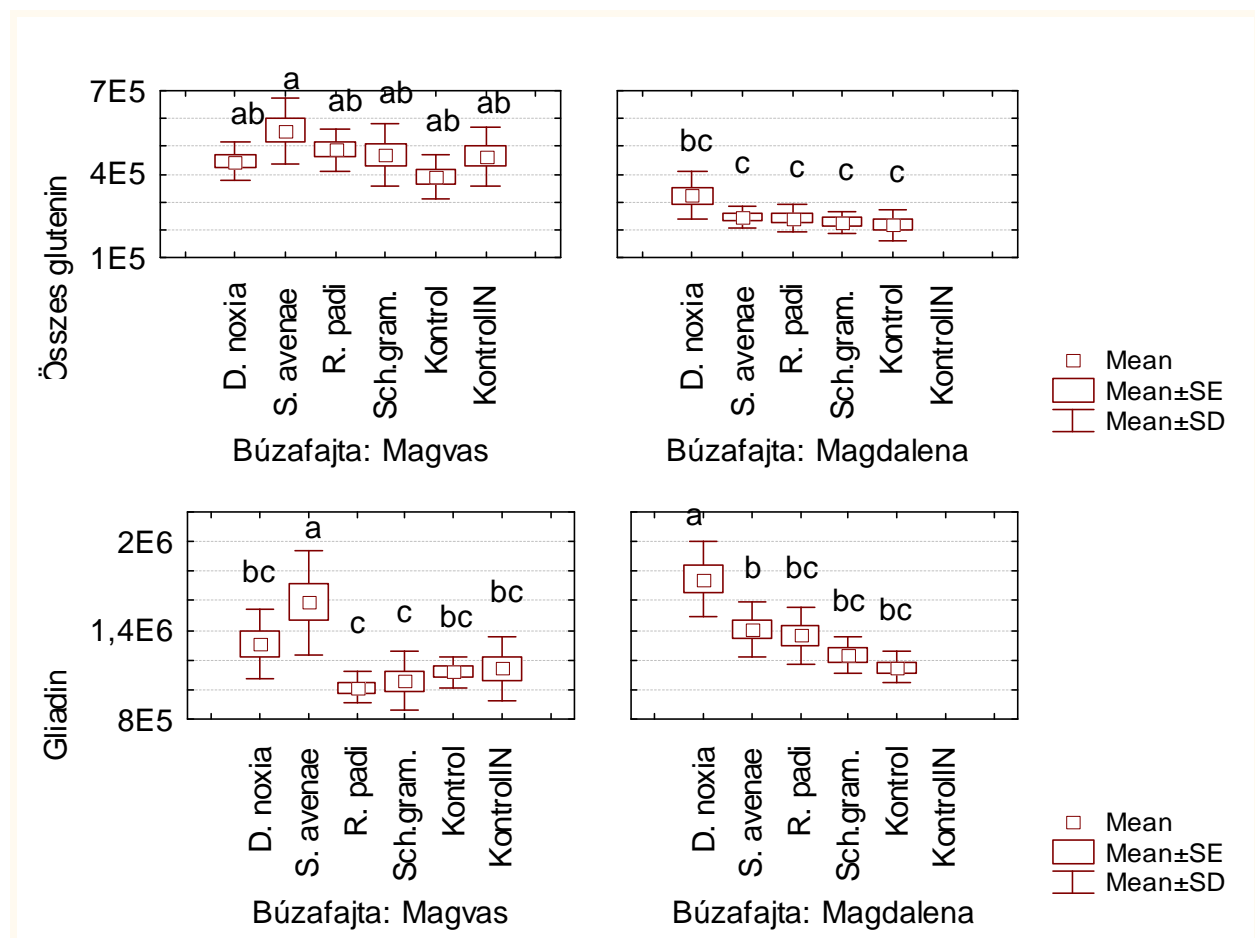
2. ábra A különböző levéltetű fajok egyedszámának alakulása sűrű szövetű izolátor alatt. Az Mv Magdaléna fajta egy kalászos hajtására eső átlagos levéltetű egyedszám.

A *D. noxia* és *R. padi* levéltetűfajok táplálkozása következtében szignifikánsan csökkent az Mv Magvas fajta kalászsainak hossza. Az Mv Magdaléna fajta kalászsainak hossza *S. avenae* és *R. padi* levéltetű fajok táplálkozásának hatására csökkent. Valamennyi levéltetűfaj szignifikánsan csökkentette az Mv Magvas fajta kalásonkénti szemszámát. A *S. graminum* kivételével valamennyi levéltetűfaj táplálkozása szignifikáns kalásonkénti

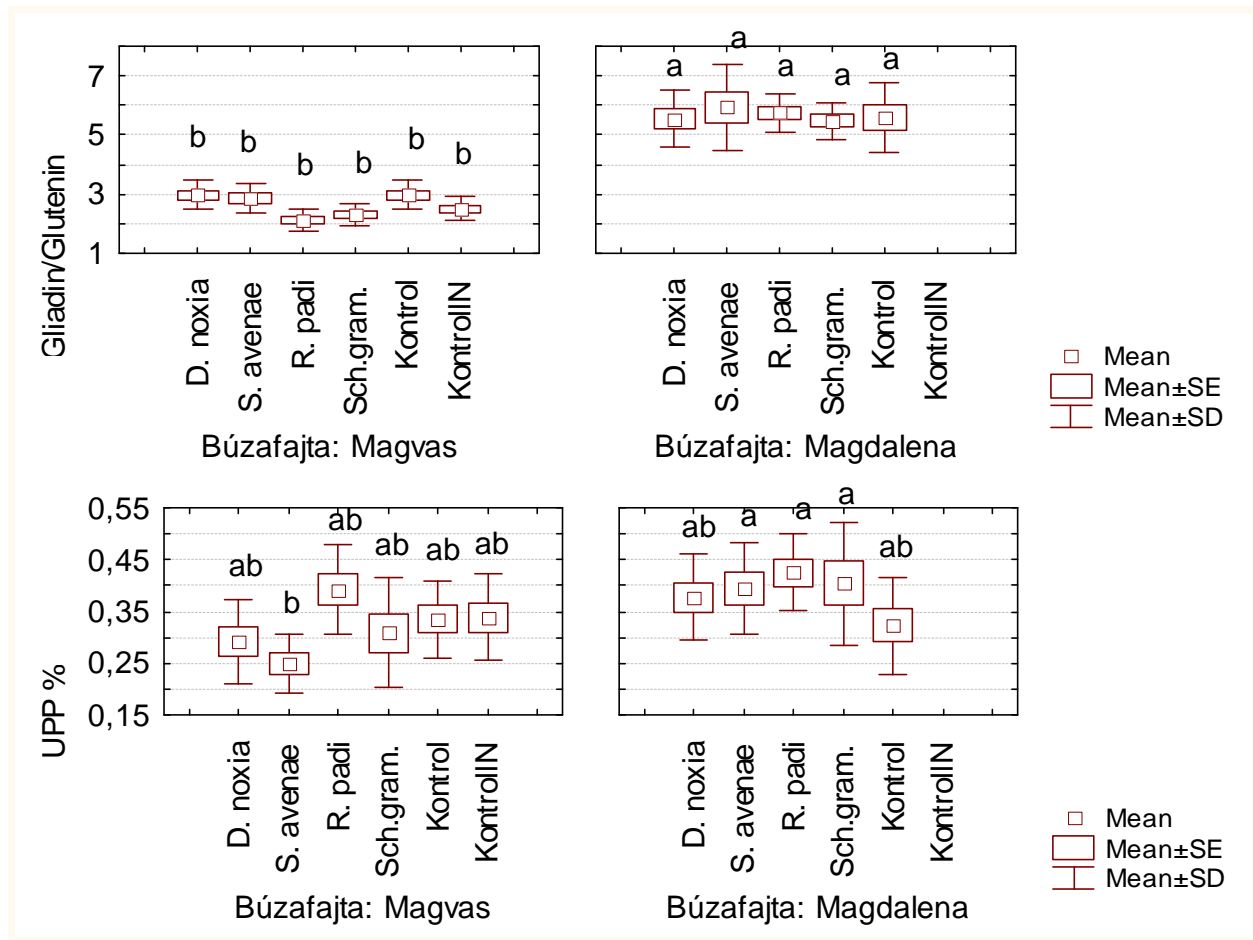
szemszám csökkenést eredményezett az Mv Magdaléna fajta esetében. Valamennyi levéltetűfaj táplálkozása szignifikáns kalásonkénti szemtömeg és átlagos szemtömeg (1 szem átlagos tömege) csökkenést eredményezett mindkét fajta esetében.

A termés mennyiségi paramétereire vonatkozó fenti eredmények a puhaszemű Mv 17 fajtánál tapasztalt mennyiségi eredményekkel vannak összhangban. A keményszemű búzafajták kalász hossza az utolsó évtől eltekintve nem változott a levéltetű táplálkozás hatására. A kalásonkénti szemtömeg és az 1 szem átlagos tömege az előző évekhez hasonlóan szignifikánsan csökkent a levéltetű táplálkozás hatására.

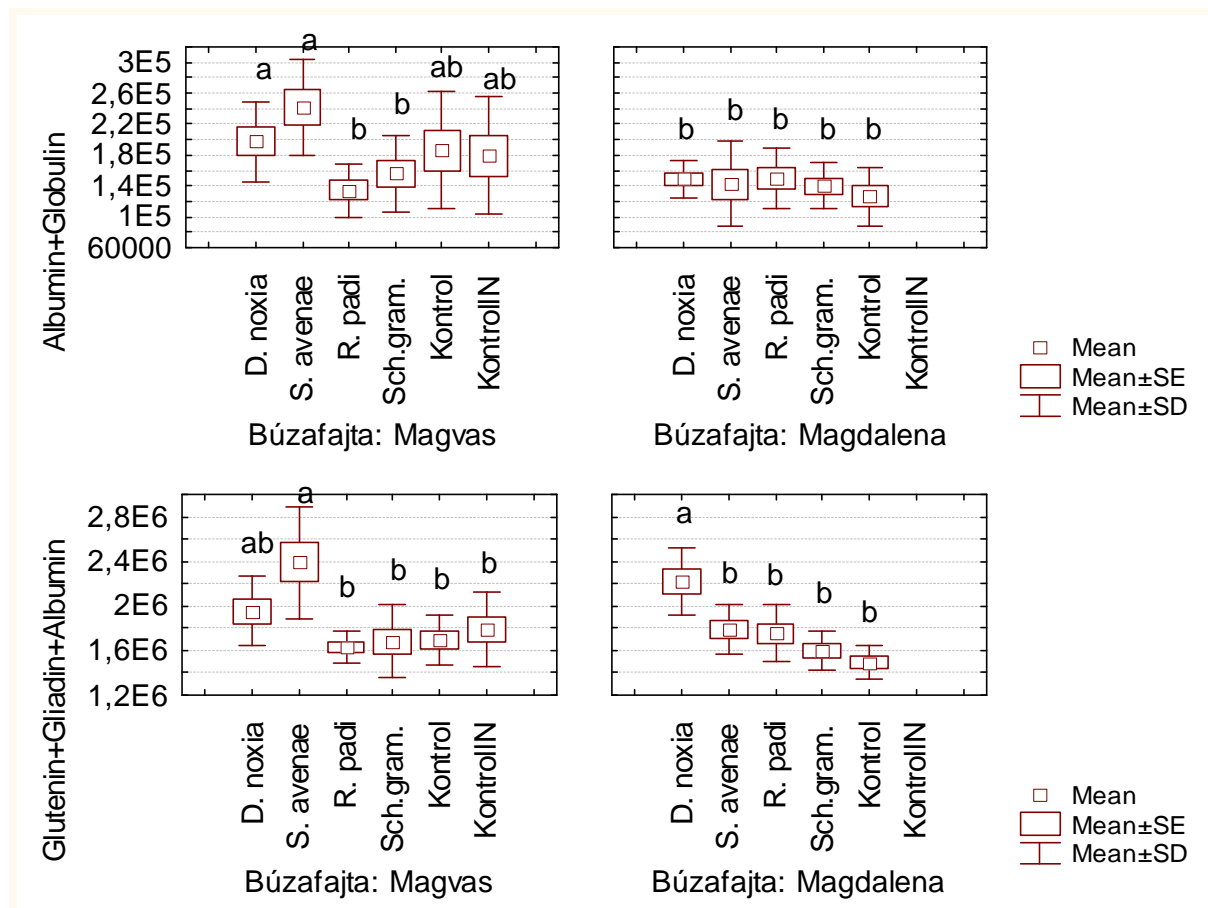
A *S. avenae*-vel fertőzött Mv Magvas fajta glutenin tartalma szignifikánsan nagyobb volt a kontrollnál (3. ábra). A *S. avenae*-vel fertőzött Mv Magvas fajta gliadin tartalma is szignifikánsan nagyobb volt a kontrollnál (3. ábra). A sütőipari minőség szempontjából fontos gliadin/glutenin arány szignifikánsan nagyobb volt az Mv Magdaléna fajtából készült lisztben, mint az Mv Magvasból készültben (4. ábra).



3. ábra Az Mv Magvas és Mv Magdaléna fajták lisztjének átlagos Összes glutenin és Gliadin tartalma *D. noxia*, *S. avenae*, *R. padi* és *S. graminum* levéltetű fajokkal fertőzött és egészséges kontroll növényekről származó búzaszemekből készült lisztben. Különböző betűkkel jelölt adatok szignifikánsan különböznek egymástól.



4. ábra Az Mv Magvas és Mv Magdaléna fajták lisztjének átlagos Gliadin/Gutenin aránya, oldhatatlan/oldható+oldhatatlan proteinek aránya (UPP%) a *D. noxia*, *S. avenae*, *R. padi* és *S. graminum* levéltetű fajokkal fertőzött és egészséges kontroll növényekről származó búzaszemekből készült lisztben. Különböző betűkkel jelölt adatok szignifikánsan különböznek egymástól.



5. ábra Az Mv Magvas és Mv Magdaléna fajták lisztjének átlagos Albumin+Globulin és Összes fehérje tartalma *D. noxia*, *S. avenae*, *R. padi* és *S. graminum* levéltetű fajokkal fertőzött és egészséges kontroll növényekről származó búzaszemekből készült lisztben. Különböző betűkkel jelölt adatok szignifikánsan különböznek egymástól.

A levéltetvek táplálkozásának hatására azonban nem változott a vizsgált keményszemű búzafajták gliadin/glutenin aránya. Az Mv Magvas fajtánál a *S. avenae* táplálkozása szignifikáns növekedést eredményezett az albuminek+globulineknak esetében (5. ábra). Az Mv Magvas fajtánál a *S. avenae* táplálkozása szignifikáns növekedést eredményezett az összes fehérje (glutenin+gliadin+albumin+globulin) mennyiségében. A *D. noxia*-val fertőzött Mv Magdaléna fajta összes fehérje mennyisége szignifikánsan nagyobb volt, mint a kontroll és a többi levéltetű fajjal fertőzött növények összes fehérje mennyisége (5. ábra).

### A pályázat egészére vonatkozó vizsgálati eredmények rövid összefoglalása

A vizsgálatok eredményei hasonló tendenciákat mutattak minden évben. Az első vizsgálati évben Mv 17 fajta esetében *M. dirhodum*, *D. noxia*, *S. avenae* és *R. padi* levéltetű fajokkal izolátor alatt mesterségesen fertőzött növények kalásztengelyének hossza szignifikánsan csökkent *S. avenae* fertőzés esetén. A kalásztengely hosszának csökkenése figyelemre méltó, mert a *S. avenae* maximális egyedszáma nem haladta meg a kalásztengelyenkénti 2, 3 egyedet. A kalásonkénti szemtömeg valamennyi levéltetű faj táplálkozásának hatására csökkent.

Az Mv 17 fajta gliadin, glutenin és összes fehérje tartalma nőtt a levéltetvek által károsított növények terméséből készült lisztben a kezeletlen kontrollhoz viszonyítva. Mivel a gliadin és glutenin mennyisége nem azonos mértékben csökkent, ezért a sütőipari minőség

szempontjából fontos paraméter a gliadin/glutenin arány szignifikánsan csökkent valamennyi levéltetű táplálkozásának következtében (Basky és mtsai., 2006a,b).

A vizsgálatok a továbbiakban két keményszemű búza fajttal Mv Magvas és Mv Magdaléna fajtákkal történtek. A *D. noxia* és *S. avenae* levéltetű fajok egyedszámát 3 különböző izolációs szint szabályozta. A vizsgálatok során minden évben a *D. noxia* ért el nagyobb egyedsűrűséget valamennyi izolációs szint mellett. A *D. noxia* egyedszáma 2,8-szor, 35,5-ször ill. 61-szer volt nagyobb, mint a *S. avenae*-é a nagy, közepes és kicsi egyedszámot biztosító izolációs szintek mellett.

A keményszemű búza fajták kalászhossza és kalásonkénti szemszáma az utolsó év kivételével nem változott a levéltetű fertőzés hatására. A vizsgálat során egészében jellemző volt, hogy nagy egyedszámú *D. noxia* és *R. padi* táplálkozása szignifikáns kalásonkénti szemtömeg csökkenést eredményezett mindkét fajtán. Valamennyi vizsgálati évben a jóval kisebb egyedszámú *S. avenae* táplálkozása a fentiekkel azonos módon befolyásolta a kalásonkénti szemtömeget. A búzaszemek átlagos tömege mindkét fajtán szignifikánsan csökkent nagy ill. kisebb egyedszámú levéltetű táplálkozás hatására a fenti levéltetű fajok esetében. A kalász mennyiségi paraméterei tekintetében nem volt szignifikáns különbség a két fajta között.

A liszt sütőipari minőségét jellemző minőségi mutatók tekintetében szignifikáns különbségek jelentkeztek a két fajta között (Basky és Fónagy *in press* 2007).

A liszt gliadin tartalma szignifikánsan nagyobb volt a Mv Magdaléna fajta esetében. A levéltetű fertőzés hatására nem változott a liszt gliadin tartalma egyik fajtánál sem.

Az Mv Magvas fajta glutenin tartalma szignifikánsan nagyobb volt, mint az Mv Magdalénáé. Az Mv Magvas fajta glutenin tartalma szignifikánsan csökkent mindkét levéltetű faj közepes egyedszámának hatására.

Az Mv Magdaléna fajta gliadin/glutenin aránya szignifikánsan nagyobb volt, mint az Mv Magvasé. A levéltetű táplálkozás hatására nem változott a fajták gliadin/glutenin aránya.

A fajták albumin+ globulin tartalmának változása nem volt következetes.

Az Mv Magdaléna fajta lisztjében az összes fehérje tartalom szignifikánsan több volt, mint az Mv Magvas fajta lisztjében. A levéltetű táplálkozás hatására nem változott a liszt összes fehérje tartalma (Basky és Fónagy *in press* 2007).

A levéltetvek táplálkozása nem csökkentette a liszt gliadin, glutenin és összes fehérje tartalmát valamint gliadin/glutenin arányát. A levéltetvek táplálkozása következtében a minőségi paraméterek tekintetében előidézett változások 1 kivétellel növekedést jelentenek.

A *S. avenae* táplálkozásának nincsenek látható tünetei a növényeken. A *D. noxia* táplálkozása következtében bekövetkezik a kloroplasztiszok szétesése, amelynek külső szimptomái a nagyon súlyosan sárgult szorosan besodródott levelek. Figyelemreméltó, hogy a *S. avenae* egyedszáma általában harmada volt a *D. noxia*-énak, ennek ellenére a minőségi változások (gliadin vagy glutenin tartalom, összes fehérje tartalom növekedés) előidézésében a *D. noxia*-val azonos mértékben vett részt a *S. avenae*. Ez azzal magyarázható, hogy a *D. noxia* kedvelt táplálkozási helye a növekvő hajtáscsúcsok. *D. noxia* az egyedszám csúcsa minden évben 1-2 héttel korábban jelentkezett, mint a *S. avenae*-é. A *S. avenae* kedvelt táplálkozási helye a kalásztengely ill. a pelyva levelek. A *S. avenae* egyedszáma a tejesérés végén érte el a csúcot. Feltehetően a szem képződés folyamán a szemek közelében táplálkozó kisebb számú *S. avenae* nyála ugyanolyan változásokat képes előidézni a szemek fehérje összetételében, mint a korábban sokkal nagyobb egyedszámot elért, a szemképződés kezdeti stádiumában a besodrott levelek védelmében táplálkozó *D. noxia*.

A vizsgálatok eredményeiből azt a következtetést lehet levonni, hogy a keményszemű Mv Magvas és Mv Magdaléna búza fajták kevésbé reagálnak a levéltetű táplálkozás következtében jelentkező stresszre, mint a puhaszemű Mv 17. A keményszemű búza fajták a



hő stresszre (Blumenthal és mtsai. 1993 és Wardlaw és mtsai. 1999) adott reakciókhoz hasonló reakciót mutattak levéltetű fertőzés hatására

A vizsgálat utolsó évében tapasztalt nagyobb levéltetű egyedszám az Mv Magdaléna fajtán nem volt megfigyelhető a korábbiakban.

### **Irodalom**

Basky Z, Biotypic and pest status differences between Hungarian and South African populations of Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Kurdjumov) (Homoptera: Aphididae) *Pest Manag Sci* **59**: 1152-1158 (2003a).

Basky Z, Predators and parasitoids on different cereal aphid species under cage and no-cage conditions in Hungary. In: *Biology, Ecology and Behaviour of Aphidophagous Insects Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Ecology of Aphidophaga* ed. by Soares AO, Ventura MV, Garcia V and Hemptinne J, University of the Azores, Ponta Delgada, 1-6 September pp. 95-101 (2003b).

Basky Z, Fónagy A and Kiss B, Effect of Aphid Feeding on the Glutenin, Gliadin and Total Protein Contents of Wheat Flour. *Acta Phytopathol Entomol Hung* **41**: 153-164 (2006a).

Basky Z, Fónagy A and Kiss B, Baking quality of wheat flour affected by cereal aphids. *Cer Res Com* **34**: 1161-1168 (2006b).

Basky Z. és Fónagy A. The effect of aphid infection and cultivar on the protein content governing baking quality of wheat flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture* (2007 *in press.*)

Batey IL, Gupta RB és Mac Ritchie F, Use of Size-Exclusion High-Performance Liquid Chromatography in the study of wheat flour proteins: An improved chromatographic procedure *Cereal Chem.* **68**: 207-209 (1991).

Bedő Z, (szerk.) A jó minőségű keményszemű búza nemesítése és termesztése. MTA MK, Martonvásár, KITE, Nádudvar, GK Kht, Szeged (2001).

Blumenthal CS, Barlow EWR, Wrigley CW, Growth environment and wheat quality: the effect of heat stress on dough properties and gluten proteins. *J. Cereal Sci* **18**: 3-21 (1993).

Bushuk W and Wrigley CW, Glutenin in developing wheat grain. *Cereal Chem.* **48**: 448-455 (1971).

Finney KF, Fractionating and reconstituting techniques as tools in wheat flour research. *Cereal Chem.* **20**: 381-396 (1943).

Gupta RB, Khan K és Mac Ritchie F, Biochemical Basis of flour properties in bread wheats. I. Effects of variation in the quantity and size distribution of polymeric protein. *J. Cereal Sci.* **18**: 23-41 (1993).

Kieckhefer RW and Gellner JL, Yield losses in winter wheat caused by low-density cereal aphid populations. *Agron. J.* **84**: 180-183 (1992).

Kieckhefer RW and Kantack BH, Losses in yield in spring wheat in South Dakota caused by cereal aphids. *J Econ Entomol* **73**: 582-585 (1980).

Kieckhefer RW and Kantack BH, Yield losses in winter grains caused by cereal aphids (Homoptera: Aphididae) in South Dakota. *J Econ Entomol* **81**: 317-321 (1988).

Kuroli G and Németh I, Őszi búzán előforduló levéltetvek faji összetétele, kártételi jelentősége, a védekezés eredményei. *Növényvédelem*. **23**: 385-394. (1987).

Mac Ritchie F, Differences in baking quality between wheat flours. *J. Food Technol.* **13**: 187-194 (1978).

Osborne TB, The proteins of the wheat kernel. Publ. 84. Carnegie Institute of Washington: Washington DC (1907).

Shewry PR and Tatham S, The prolamin storage proteins of cereal seeds: structure and evolution (review). *Biochem J.* **267**: 1-12 (1990).

Uthayakumaran S, Gras PW, Stoddard FL és Békés F, Effect of varying protein content and glutenin to gliadin ratio on the functional properties of wheat dough. *Cereal Chem.* **76**: 389-394 (1999).

Uthayakumaran, S., Newberry, M., Keentok, M., Stoddard, F.L. and Békés, F.: Basic rheology of bread dough with modified protein content and glutenin to gliadin ratios. *Cereal Chem.* **77**, 744-749. (2000a).

Uthayakumaran, S., Stoddard, F.L., Gras, P.W. and Békés, F.: Effects of incorporated glutenins of functional properties of wheat dough. *Cereal Chem* **77**, 737-743. (2000b).

Wardlaw IF, Blumenthal C, Larroque O, Wrigley CW, Contrastin Uthayakumaran, S., Gras, P.W., Stoddard, F.L. and Békés, F.: Effect of varying protein content and glutenin to gliadin ratio on the functional properties of wheat dough. *Cereal Chem.* **76**, 389-394. (1999)