



A tritikálé haploid nemesítése és új hasznosítási lehetősége

**ifj. Kruppa József
Gödöllő
2025.**

A doktori iskola

Megnevezése: Növénytudományi Doktori Iskola.

Tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

Vezetője: **Prof. Dr. Helyes Lajos**
egyetemi tanár, MTA levelező tagja
Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Kertészettudományi Intézet, Doktori és
Habilitációs Központ, Gödöllő

Témavezetők: **Prof. Dr. Pauk János**
egyetemi magántanár, MTA doktora
Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft.,
Szeged

Dr. Futó Zoltán
PhD, oktató, igazgató
Bethlen Gábor Mezőgazdasági és
Élelmiszeripari Technikum, Gyomaendrőd

.....
Prof. Dr. Pauk János
témavezető

.....
Dr. Futó Zoltán
témavezető

.....
Prof. Dr. Helyes Lajos
iskolavezető

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEK

A PhD témám két fontos kutatási terület eredményeiről számol be: haploid módszer használata a tritikálké nemesítésben (ifj. Kruppa et al. 2023) és a tritikálé tömegtakarmányként történő felhasználása (ifj. Kruppa et al. 2025). Mindkét téma nem csupán a nemesítési alkalmazás, de kutatási szempontból is nagyon fontos. Haploid témában régebb óta vannak szakirodalmi eredmények, de rutinszerű nemesítési alkalmazásra viszonylag kevés irodalmi hivatkozás található. A tömegtakarmány célú felhasználást a globális klímaváltozás és a tritikálé kiváló beltartalmi értékei hozták kutatásunk fókuszába.

A vizsgálatunk egyik fő célja az volt, hogy hasonlítsunk össze két gyakran használt alaptápközeg (P4, W14) hatékonyságát a tritikálé fajták és F₁ hibridjeik portoktenyésztésében, a tápközeg, a genotípus és a genotípus×tápközeg interakció hatásait a tritikálé genotípusok androgenezisére, amiket olyan androgén paraméterek alapján határoztunk meg, mint az embrioidok (ELS), zöld- és albínó növénykéék, valamint az kiültetett növénykéék száma. A doubled haploid (DH) törzsek homogenitását SSR markerekkel ellenőriztük a DH₂ generációban, hogy megvizsgáljuk az előállított DH tritikálé törzsek keresztbeporzásának lehetőségét.

A kalászos gabonafélék hasznosításának rendkívül sok iránya létezik a mai modern mezőgazdasági gyakorlatban. A hagyományos értelemben vett szemtermés hasznosításán kívül, az utóbbi években rendkívüli módon felértékelődött a gabonafélék zöldtömegének hasznosítása. A kukoricaszilázs a kérődző állatok, elsősorban a szarvasmarha tömegtakarmány bázisát adja, de a silókukorica termesztése a klímaváltozás hatására egyre több nehézséget vet fel. A

kukorica virágzása és szentelítődése egybeesik a tenyészidőben a legszárazabb, csapadékhányos időszakokkal, ami jelentős termés kiesést, esetenként korábbi betakarítást, minőségcsökkenést is eredményezhet. Ezért kerültek előtérbe azok az új technológiák, amelyek a téli félév csapadékát jobban tudják hasznosítani, jó minőségű és megfelelő zöldhozamú alapanyagot biztosítanak. A tritikálé étkezési célú felhasználása mellett Magyarországon elsőként a Kruppa-Mag Kft. (kooperálva a MATE Kaposvári- és Szent István Campusával, valamint a gödöllői Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft.-vel) kezdte el a tritikálé zöldtakarmány célú hasznosításának vizsgálatait, melyek a zöldhozam eredményeire és annak beltartalmi (táplálóanyag-tartalmi) vizsgálataira fókuszált.

Fent említettek alapján vizsgálataink és kísérleteink főbb **célkitűzései** röviden a következők voltak:

1. P4 és a W14 alaptápközegek összehasonlítása a tritikálé fajták és F₁ hibridek portoktenyésztésében.
2. A tápközeg, genotípus, genotípus × tápközeg kölcsönhatás vizsgálata tritikálé *in vitro* portoktenyésztésben.
3. Az előállított tritikálé törzsek homogetitálásának vizsgálata molekuláris markerekkel a DH₂ generációban.
4. Tritikálé zöld tömegtakarmány hasznosításának vizsgálata mennyiségi és minőségi szempontból néhány termesztésben lévő tritikálé fajtával.

2. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

2.1. Haploid növények előállítása és homogenitás vizsgálata

2.1.1 A kísérlet növényanyaga és előállításának körülményei

Négy magyar nemesítésű tritikálé fajtát („Hungaro” = H, „GK Szemes” = SZ, „Dimenzio” = D, „GK Rege” = R) és nyolc F_1 hibridet („H×R”, „H×SZ”, „H×D”, „SZ×H”, „SZ×D”, „D×H”, „D×R”, „D×SZ”) használtunk donor genotípusként a portoktenyésztési kísérletünkben. A kiválasztott genotípusok szemterméseit a Gabonakutató Nonprofit Kft. (Szeged) tenyészkertjében vetettük el, és a növényeket európai standard protokoll szerint neveltük. A tápanyag utánpótlást őszelel NPK műtrágyával (1:1:1) végeztük (12 g/m^2), április közepén 18 g/m^2 ammónium-nitráttal kiegészítve. A rovarok ellen két inszekticid kezelést alkalmaztunk. A gyomokat vetés előtt gépi kezeléssel távolítottuk el, a vegetációs időszakban vegyszeres kezelést és kézi gyomirtást végeztünk.

2.1.2 A donor kalászkok előkezelése

A mikrospórák fejlődési szakaszait Olympus CK-2 inverz mikroszkóppal (Olympus, Southend-on-Sea, Egyesült Királyság) ellenőriztük. Összegyűjtöttük a korai- és középső fejlettségi állapotú, egysejtmagvas vakuólumos stádiumban lévő mikrospórákat tartalmazó donor kalászkokat. Az *in vitro* androgenezis indukálására a kalászkok hideg előkezelését alkalmaztuk. A donor kalászkokat csapvizet tartalmazó 300 ml-es Erlenmeyer-lombikban, PVC zacskóval takarva tároltuk hidegkamrában és két hétig tartottuk $2-4^\circ\text{C}$ -on, folyamatos félhomályban.

2.1.3 Portokok izolálása és *in vitro* portoktenyésztés

Az izolálás előtt a mikrospórák fejlettségi állapotát újraértékeltük az Olympus CK-2 inverz rendszerű mikroszkóppal (Olympus, Southend-on-Sea, Egyesült Királyság). Az egy sejtmagvas, vakuólumos mikrospórákat tartalmazó kalászokból a portokokat szemészeti csipesz segítségével izoláltuk és *in vitro* portoktenyészeteket indítottunk. Az izolálás előtt a kalászokat 300 ml-es 2%-os NaO'Cl-oldatba helyeztük, amely egy csepp Tween-80 oldatot tartalmazott, és rázógépen 20 percig fertőtlenítettük. Sterilizés után a donor kalászokat steril desztillált vízzel háromszor leöblítettük. A donor genotípusok portokjait 55 mm átmérőjű műanyag Petri-csészékbe (Sarstedt Ltd., Newton, MA, USA) izoláltuk (100 portok/Petri-csésze, négy ismétlés/kezelés), amelyek mindegyike a két különböző indukciós tápközeg egyikét, nevezetesen a W14mf (Ouyang et al. 1989; Lantos et al. 2013, 2014) vagy a P4mf (Ouyang et al. 1973; Pauk et al. 2003b) tápoldatot tartalmazta. A tenyésztés első három napjában hősokk-kezelést (32°C) alkalmaztunk sötétben, majd szintén sötét termosztátban, 28°C-on inkubáltuk a tenyészeteket, egészen az embrioidok (ELS) megjelenéséig és azok regenerációs táptalajra helyezéséig. A mikrospórákból származó ELS-ek megjelenését hetente nyomon követtük és regeneráló táptalajra helyeztük.

2.1.4 Növényregenerálás és akklimatizáció

A mikrospórákból származó, maximum 2 mm-es ELS-eket 90 mm átmérőjű műanyag Petri-csészékbe (Sarstedt, Newton, MA, USA) helyeztük át, amely '190-2 Cu' regeneráló táptalajt (Pauk et al. 2003a) tartalmazott. Itt két-három hét alatt regenerálódtak a zöld- és

albínó növénykéek. A zöld növénykéket egyedenként helyeztük át üvegcsövekbe gyökeresítés céljából, amelyek ugyanazt a regeneráló táptalajt tartalmazták. A jól gyökerező zöld növénykéket az üvegházban tőzeg- és homoktalaj 1:1 arányú keverékével töltött műanyag edényekbe ültettük ki. A növénykéket a 3-5 napos akklimatizációs időszak alatt PVC takarással fedtük le. Az akklimatizált növényeket érésig, klimatizált (20-25 °C) üvegházban neveltük. Ősszel a zöld növénykéket kézzel kitültettük a DH tenyészkertbe, és a DH₀ növényeket a fent említett (2.1.1) protokoll szerint neveltük fel a betakarításig. A spontán kromoszóma-duplázódás százalékos arányát (fertilis növények száma/kiültetett növények*100) a kitültetett DH₀ növények termékeny kalászainak betakarítása után számítottuk ki. A DH₁ generációban a DH vonalakat a tenyészkerti hagyományos protokoll (2.1.1) szerint szaporítottuk tovább.

2.1.5 Primerek

Az Xwmc primereket hexaploid búzára tervezték a Wheat Microsatellite Consortium/WMC által (Song et al. 2002), az SCM (*Secale cereale* microsatellite) primereket a rozs genomja alapján tervezték meg (Rychlik és Rhoads 1989), míg a BARC primerek egy árpa-búza USA géntérképező programból származtak (Song et al. 2002). A tritikálé fajták molekuláris marker alapú genotipizálását először az összehasonlító térképezés eredményeinek felhasználásával kezdték meg (Van Deynze et al. 1998). Kuleung et al. (2004) tapasztalatait figyelembe véve – akik bizonyították, hogy a 182 búza marker 58%-a és a 28 rozs marker 39%-a alkalmas a tritikálé fajták vizsgálatára – mi is ezeket a búza és rozs primereket használtuk.

2.1.6 DNS izolálás, PCR, mikroszatellit analízis, allélméret meghatározása

A molekuláris genetikai analízishez a levélmintákat 2 fajta, nevezetesen a „Hungaro” (46 DH vonal) és a „GK Rege” (R, 10 DH vonal), valamint 6 hibrid, a „R×H” (5 DH vonal), „H×R” (32 DH vonal), „D×R” (12 DH vonal), „D×H” (10 DH vonal), „HxD” (3 DH vonal) és „R×D” (3 DH vonal) DH₂ nemzedékéből gyűjtöttük és végeztük el a vizsgálatot. A genotípusokból a DNS-kivonásokat a Qiagen DNeasy® Plant Mini Kit segítségével végeztük a gyártó utasításai szerint (QIAGEN, Hilden, Germany).

2.2. A tritikálé zöld tömegtakarmány és annak táplálóanyag-tartalmának vizsgálata

2017-2020 között Szarvason vizsgáltuk a különböző tritikálé fajták szemtermés-eredményeit, zöldhozamát, valamint a tritikálé zöldnövények legfontosabb táplálóanyag-tartalmi paramétereit.

A kísérletet az Orosházi főút mellett, a Mezőmag Kft. területén állítottuk be. A kísérlet talaja agyagos vályog, kémhatása savanyú illetve gyengén savanyú, a művelt réteg CaCO₃-ot nem tartalmaz, a humusztartalom alapján a talaj N- szolgáltatása közepes volt. A talaj vízgazdálkodását a közepes vízvezető képesség és a nagy víztartó képesség jellemzi. A művelt szint tömődött, összporozítása, és ezen belül a gravitációs pórusok aránya kisebb.

A kísérletben vizsgált tritikálé fajták (genotípusok): „Hungaro”, „Dimenzio”, „GK Szemes”, és „GK Maros”. A kísérlet mind a négy évében mértük a terméseredmény alakulását, és a zöldhozamot. A kaszáláskor mértük a zöldtermést és szárazanyag tartalmat, továbbá a mintákból a takarmányértéket (nyersfehérje,

nyersrost, NDF, dNDF, NDFd₄₈, NEI, lizin, metionin). A kaszálási időpontokat úgy választottuk meg, hogy nyomon lehessen követni mind a hozamok, mind pedig a növény minőségének, táplálóanyag-tartalmának alakulását. A zöldhozamok tekintetében fontos volt az azonos szárazanyag tartalomra történő átszámítás, hogy a fajták teljesítménye összehasonlítható legyen. A kísérlet eredményeként kapott kaszálási hozamokat ezért átszámítottuk 30%-os szárazanyag tartalomra. A kísérlet minden évében egységes agrotechnikát alkalmaztunk.

A mérések módszere:

A zöldhozam méréseket a tritikálé fajták különböző fenológiai fázisában történő kaszálásával végeztük, a BBCH skálát alkalmazva. Minden évben, minden kaszálási időpontban az összes fajtából 4 darab 1 m²-es mintát vettünk. Az első kaszálás időpontja akkor volt, amikor a fiatal kalász kb. 6 cm hosszú, és még nem jelent meg a levélhüvelyből (hasban van), ez a fejlettségi állapot BBCH 45 volt. A következő kaszálásokat az elsőt követő 7 naponta végeztük. A növények fejlettsége a következő volt: második kaszálás BBCH 49 (az első toklászok megjelenése), harmadik kaszálás BBCH 58 (a kalász 80%-a kiemelkedett), negyedik kaszálás BBCH 65 (teljes virágzás idején). A betakarított zöld gabonanövényeket ezután 2-5 cm nagyságú darabokra aprítottuk, és abból mintát vettünk, amelyet az Állattenyésztési Teljesítményvizsgáló Kft. Takarmányanalitikai Laboratóriumában vizsgáltunk meg Gödöllőn.

A minták takarmányérték vizsgálatánál a következő paramétereket vizsgáltuk:

- Nedvesség, MSZ ISO 6496:1993 módszer szerint
- Nyersfehérje, NEN-ISO 5983-2 módszer szerint
- Nyersrost, NEN-EN-ISO 6865 módszer szerint

- aNDFom, ADF, ADL, NEN-EN-ISO 13906, Van Soest, 1963 módszer szerint
- NDFd₄₈, 48 órás inkubáció bendőfolyadékban módszer szerint
- NEI, ME, Német fehérje- és energiaértékelési rendszer szerint

A kísérletben a zöldhozamokon kívül megnéztük a tritikálé fajták szemtermés hozamát is. A betakarítás gabonakombájnnal, a tritikálé teljes érésének idején (BBCH 89) történt.

2.3. Statisztikai elemzések

Minden kezelést legalább négyszer megismételtünk *in vitro* kísérleteinkben. A portoktenyésztés adatait (ELS, regenerált zöld, albinó növénykék és átültetett növénykék) a kísérleti munka során regisztráltuk és gyűjtöttük össze. Az androgén válasz adatait kéttényezős ANOVA-val elemeztük. A növényregeneráció százalékos arányát (Regenerált növénykék/ELS*100) és a zöld növénykék regenerációját (zöld növénykék/100 ELS*100) ismétlés nélküli kéttényezős ANOVA-val értékeltük ki. A statisztikai elemzéseket Microsoft Excel 2013 statisztikai szoftverrel (Microsoft, Redmond, WA, USA) végeztük el.

A zöldhozam betakarított mintáinak teljeskörű analitikai vizsgálatát elvégeztük, és azt a különböző időpontokban, és a különböző tritikálé fajták teljesítménye alapján értékeltük.

A kísérletben elért eredmények statisztikai kiértékelése SPSS for Windows 25.0 programmal történt. A kiértékelés során variancia analízist, korreláció- és regresszió vizsgálatot végeztünk.

3. EREDMÉNYEK

3.1. DH növények előállítása és a homogenitás vizsgálata

A gabonanemesítésben gyakran alkalmaznak *in vitro* androgenezis alapú módszereket DH növények előállítására. A vizsgálat célja a genotípus (négy fajta és nyolc F₁ hibrid) és az indukciós tápközeg (W14mf és P4mf) hatásának meghatározása volt tritikálé *in vitro* portoktenyésztésben (*X Triticosecale* Wittmack.). Az androgenezist sikerrel indukáltuk minden vizsgált genotípus és kezelés esetében. A genotípus jelentősen befolyásolta a portoktenyésztés hatékonyságát, melyet a következő paraméterekkel mértünk: ELS, albínó- és zöld növénykéék száma. A korábbi publikációkkal összhangban (Eudes és Amundsen 2005; Gonzalez et al. 2005; Zur et al. 2008; Lantos et al. 2014), a genotípus szignifikánsan befolyásolta az ELS-ek- ($p \leq 0,001$), az albínó- ($p = 0,01$), a zöld- és a kiültetett növénykéék ($p \leq 0,001$) számát.

A tápközeg szintén jelentős hatással volt az ELS, albínó- és kiültetett növénykéék számára. Két tápközeget (P4mf, W14mf) használtunk a tritikálé portoktenyésztési kísérletben. A portoktenyésztés hatékonysága nagyobb volt a P4mf tápközegben (103,7 ELS/100 portok, 19,7 zöld növényke/100 portok), mint a W14mf indukciós tápközegben (90,0 ELS/100 portok, 17,0 zöld növény/100 portok). A növényregenerálási kísérletben az ELS-ekből regenerált zöld növénykéék számában a W14mf tápközegről származó ELS-ek mutattak jobb regenerációs százalékot (18,0%). A P4mf táptalajról származók ezzel szemben alacsonyabb regenerációs százalékot mutattak (15,9%).

A spontán kromoszóma-kettőződés százalékos aránya általában alacsony a tritikálé portoktenyésztésében, a legtöbb közlemény

kevesebb, mint 35%-os értéket említ (Arzany és Darvey 2001; Würschum et al. 2012; Lantos et al. 2014). Kísérletünkben a kromoszóma-kettőződés átlaga 29,28% volt a vizsgált genotípusok adatai alapján.

A DH₀ növények felnevelése és a magfogás után a DH₁ generációt is felneveltük, és molekuláris genetikai módszerrel vizsgáltuk az utódnemzedék (DH₂) genetikai homogenitását. A vizsgált DH törzsek nagy részére homogenitás volt jellemző, és az agronómiai szelekciót követően nemesítési programban használtuk fel a törzseket. Bár a dihaploid (DH) technika kiváló lehetőséget kínált a genetikailag egységes vonalak előállítására, megfigyeléseink szerint néhány DH törzs (2–8%) inhomogenitást mutatott. Ezt a tritikálé idegentermékenyülési hajlamával magyarázzuk, amely lényegesen meghaladja a búzában tapasztalt idegen beporzási százalékot. Ez a jelenség komoly kockázatot jelenthet a nemesítési és fajtafenntartási munkában, amennyiben a szaporítás nem megfelelően izolált környezetben történik.

3.2. A tritikálé zöldtakarmány célú felhasználása

2017-2020 között Szarvason vizsgáltuk a különböző tritikálé fajták terméseredményeit, zöldhozamát, valamint annak legfontosabb táplálóanyag-tartalmi értékeit.

A fajták szemtermésének termésátlagai 4,39 – 5,22 t/ha között alakultak. A fajták termésátlagai között a statisztikai vizsgálat alapján nem igazolható szignifikáns különbség. Kísérletünkben nem a tritikálé fajták szemtermés eredménye volt az elsődleges vizsgálati cél, de megállapítottuk, hogy a szemtermés eredmények teljesen

megfelelnek a termőhely átlagainak, vagyis a tritikálé fajták teljesítménye megfelel a sokéves átlagnak.

A vizsgált tritikálé genotípusok a 2017–2020 közötti időszakban 18,836–31,555 t/ha közötti zöldhozamot produkáltak, amely összhangban van a szakirodalomban közölt eredményekkel (Sharma 2023, 15,2–21,4 t/ha; Cui et al. 2025, 20,1–29,8 t/ha). A zöldhozamok vizsgálatakor megállapítottuk, hogy a fajták teljesítményét nem azonos dinamika jellemzi. Megfigyelhető volt, hogy minden vizsgált évben a betakarítási idő előrehaladtával minden fajta zöldtömege növekszik, viszont a növekedés üteme, dinamikája igen eltérő az egyes fajtáknál. Eredményeink alapján a zöldhozam erősen függ az évjáratok hatásától, nem egy-egy fajta jellemzője, a fajták között éppen ezért a vizsgált években statisztikailag is alátámasztható különbségeket a zöldhozamban nem tudtunk igazolni.

A zöldhozam táplálóanyag-tartalmi vizsgálatánál megállapíthattuk, hogy a tritikálé nyersfehérje tartalma az egyre későbbi kaszálásokkal folyamatosan és szignifikáns mértékben csökkent, amit a nemzetközi szakirodalom is megerősít (De Zutter et al. 2023). A fajták átlagában az első kaszáláskor (BBCH 45) mért 165,75 g/kg sz.a nyersfehérje tartalom a negyedik kaszálás (BBCH 65) idejére 101,82 g/kg sz.a értékre csökkent. Nem csak a kaszálások, hanem a fajták között is volt szignifikáns különbség a fehérje tartalomban, a „GK Szemes” fajta nyersfehérjetartalma átlagosan mindösszesen 111,338 g/kg sz.a volt, a többi fajta 123,325 – 128,288 g/kg sz.a értékéhez képest.

A zöldhozam minőségének másik jellemzője a nyersrost- és a neutrális detergens rost (NDF) tartalom, melynek mind a mennyiségi, mind pedig a hasznosíthatóságot alapvetően befolyásoló minőségi változásait is nyomon követtük a vizsgálat során. A kísérletben a

legmagasabb nyersrost tartalmat a négy év 16 kaszálási időpontja közül 11 alkalommal a „GK Szemes” érte el, amely szerényebb nyersfehérje tartalommal is párosult, így elmondható, hogy a „GK Szemes” fajta zöldtakarmány értéke gyengébb. A fajták nyersrost tartalma az első kaszálás (BBCH 45) alkalmával statisztikailag igazolhatóan alacsonyabb volt (238,375 g/kg sz.a), ami egészen a harmadik kaszálásig (BBCH 58) növekedett (288,625 g/kg sz.a), amely szignifikáns mértékben magasabb volt, a többi időpontban mért nyersrost tartalomnál.

Az emészthető neutrális detergens rosttartalom (dNDF) értékekben statisztikailag igazolható különbségeket a különböző kaszálási időpontokban találtunk. Igazolható volt, hogy a növény öregedésével a dNDF tartalom csökken, az utolsó, 4. kaszálási időpontban (BBCH 65) minden más időpontban mért értéktől szignifikánsan alacsonyabb dNDF tartalmat mértünk. A tritikálé nyersrost- és NDF-tartalma a növény öregedésével folyamatosan nő, de annak jó minőségű, emészthető rosttartalma folyamatosan csökken. A kísérletben az első kaszáláskor (BBCH 45) mért 373,585 g/kg sz.a dNDF érték az utolsó kaszálási időpontra (BBCH 65) 311,417 g/kg sz.a értékre csökkent.

Figyelemmel kísértük az NDF_{d48} értéket, amely megmutatja a 48 óra alatt a bendőben emészthető rosttartalom nagyságát százalékos értékben. Ez a mutató kiválóan mutatja, hogy a tritikálé zöldhozamban lévő rosttartalom mennyire képes hasznosulni, az mekkora arányban jelent a takarmányozás során értékes tápanyagot, vagy csak ballaszt anyagként tölti ki az állat bendőjét. Az első kaszálás alkalmával (BBCH 45) mértük a legjobb NDF_{d48} értéket (67,4 – 73,2 %), amely a későbbi kaszálások alkalmával folyamatosan csökkent. A negyedik kaszálás alkalmával (BBCH 65) mértük a

legrosszabb NDFd₄₈ értéket (52,4 – 60,1 %), mely szignifikáns mértékű csökkenést jelentett minden kaszálási időpontban. A vizsgálat során két fajta NDFd₄₈ értéke különbözött szignifikánsan. Elsőként a „GK Maros” emelhető ki, amelyiknek a legnagyobb volt a rostemészthetősége az összes fajta között. A másik szignifikáns értéket a „GK Szemes” esetében mértük, amely az összes év és betakarítás átlagában is, igazolhatóan a legalacsonyabb rostemészthetőséggel rendelkezett.

Az eredményeink alapján megállapítottuk, hogy az első két kaszálás (BBCH 45-49) során volt szignifikánsan magasabb laktációs nettó energiatartalma a tritikálé zöldhozamoknak, amely az első két kaszálás során a zöldhozamban lévő nagy mennyiségű emészthető rosttartalomnak is köszönhető. Az előregedő és egyre rosszabbul emészthető rostfrakciójú tritikálé zöldhozamok laktációs nettó energia (NEI)- és aminosavtartalma is elmarad a korábban betakarított hozamoktól. A NEI esetében ezt a tendenciát támasztja alá a nemzetközi szakirodalom is (Coblentz és Ottman 2022). A tritikálé zöldhozamának aminosav összetételére – különösen a lizin- és metionin-tartalomra – sem hazai, sem nemzetközi szinten nem állnak rendelkezésre publikált adatok, ezért jelen munkában közölt eredmények újszerű tudományos hozzájárulást képviselnek.

Több év kísérleti adatainak feldolgozása alapján megállapítottuk, hogy a növények öregedésével a tritikálé fajták rostemészthetősége, nyersfehérje-, energia- és aminosavtartalma csökken, miközben a rosszul emészthető rostfrakciók aránya nő, ami táplálóérték-csökkenést eredményez.

Eredményeink jól mutatják, hogy jelentős különbségek lehetnek a tritikálé fajták között zöldtakarmány értékben. A komplex elemzésünk alapján megállapítható, hogy a vizsgált magyar

nemesítésű tritikálé fajták a nagy hozamú tehenészetek takarmányozási célú felhasználására a korai betakarítást, az első kaszálást javasoljuk. Több paraméter együttes vizsgálata alapján a legrosszabb minőségi paraméterekkel a „GK Szemes” tritikálé fajta, míg kedvező minőségi paramétereket a „GK Maros” és a „Dimenzio” fajták érték el.

4. JAVASLATOK AZ EREDMÉNYEK HASZNOSÍTÁSÁRA

Négy tritikálé fajta és 8 F₁ kombináció androgenezis válaszát két különböző indukciós tápközeg segítségével hasonlítottuk össze. Mindkét indukciós tápközeg hatékonyan alkalmazható androgenezis indukálására és DH növények előállítására. A makro- és mikroelem összetétel volt a fő különbség a két indukciós közeg között. A tápközeg összetételének további vizsgálata és optimalizálása tovább javíthatja az androgenezis indukciójának eredményét.

Az albinizmus az *in vitro* androgenezis során megfigyelhető többtényezős jelenség. Különösen gyakori gabonafajok, elsősorban a búza és árpa *in vitro* tenyésztése során. A jelenség hátterében számos tényező állhat, melyek önállóan vagy egymással kölcsönhatásban is hozzájárulhatnak az albínó növénykéké létrejöttéhez. Ezek közé tartozik: a genotípus szerepe, a donor növények nevelési körülményei, az alkalmazott stressz (hideg) előkezelések, *in vitro* tenyésztési körülmények, a kloroplasztisz fejlődéséhez kapcsolódó molekuláris és genetikai tényezők. Fontos megemlíteni, hogy a különböző fémionok – mint a vas, réz vagy mangán – szintje is befolyásolhatja a fotoszintetikus apparátus felépülését és működését, amely közvetlen kapcsolatban áll az albinizmus megjelenésével. Kísérleteim során az albinizmus kutatásával csak érintőlegesen foglalkoztunk, de a jövőben érdemes külön programot indítani a jelenség további feltárására. Az albinizmus csökkentése érdekében célszerű az *in vitro* rendszer minden paraméterét optimalizálni, különös figyelmet fordítva a tápközeg összetételére, a hormonális egyensúlyra, az indukciós protokollra, valamint a donor növények előkezelésére. Bár a genotípus nehezen kontrollálható tényező a

nemesítési programban, de a megfelelően kiválasztott és adaptált módszerrel mégis lehetőség van zöld növénykék nagyarányú regenerációjára, és így DH törzsek hatékony előállítására. Nemesítési szempontból ez alapvetően fontos.

Kísérletünkben megvizsgáltuk a DH₂ generáció genetikai homogenitását. A vizsgált DH törzsek nagy része homogén volt. Bár a dihaploid (DH) technika kiváló lehetőséget kínált a genetikailag egységes vonalak előállítására, megfigyeléseink szerint néhány DH törzs (2–8%) inhomogenitást mutatott. Ezt a tritikálé kisebb-nagyobb idegentermékenyülési hajlamával magyarázzuk. Ezért különösen fontos, hogy a nemesítők nagy figyelmet fordítsanak a mechanikai és térbeli izoláció szigorú betartására. A tritikálé DH törzsek esetében az izolált szaporítás és fenntartás nem csupán ajánlott, hanem elengedhetetlen, hogy a genetikai tisztaság a fajtafenntartás során, hosszú távon biztosított legyen. Erre a kritikus tényezőre szeretnénk felhívni a figyelmet, és javasoljuk, hogy a nemesítési programok ezt kiemelt prioritásként kezeljék. A tritikálé DH előállítási módszert, saját eredményeink alapján, már a jelenlegi kidolgozottság mellett is javasoljuk rutinszerű nemesítési felhasználásra.

A tritikálé, mint tömegtakarmány, eddig a növénytermesztésnek kevésbé vizsgált területe volt. A tritikálé zöld tömegtakarmányról nem vagy csak igen szűk körű információ állt rendelkezésre korábban. Kísérletünkben az volt a célunk, hogy a tritikálé tömegtakarmányként történő hasznosítását megvizsgáljuk, és levonjuk a következtetéseket, hogy a növényfaj és a vizsgált fajták alkalmasak-e tömegtakarmány előállítására, illetve annak a minősége milyen takarmányértéket képvisel.

A kísérleti eredményekből következően megállapítható, hogy a vizsgált tritikálé fajták (genotípusok) 2017 – 2020 között nagy (30% szárazanyag-tartalomra korrigált) zöldhozamot adtak (18,8 t/ha – 31,6 t/ha), következésképpen jelenleg és a közeljövőben is javasolhatók tömegtakarmány termesztésre. Hozzá kell tenni, hogy ezeknek a téli félév csapadékát hatékonyan hasznosító kis vízigényű őszi vetésű kalászos gabonaféléknek a klímaváltozás várhatóan nem fogja csökkenteni a kora tavasszal (áprilisban) már betakarítható zöldhozamát.

A kísérleti eredményeink alapján megállapítottuk, hogy a korai kaszálással (BCCH 45: a kalász 4-6 cm hosszú és hasban van), kedvező táplálóanyag-tartalmi értékeket (nyersfehérje, dNDF, NDFd₄₈, NEI, aminosavak) tudunk elérni. A kaszálások eltolódásával ezen értékek csökkentek, miközben a rosszul emészthető rostfrakciók aránya nő, ami táplálóérték-csökkenést eredményez, ezért javasoljuk a viszonylag korai (BBCH 45-49) betakarítást.

A kapott eredmények alapján kijelenthető, hogy a nagy teljesítményű tejelő tehenészetek kiváló takarmánya lehet a korai szakaszban (BBCH 45-49) betakarított tritikálé, míg a később betakarított tritikálé (BBCH 58-65) inkább a kevésbé táplálóanyag-igényes hízómarha és tenyésznövendék állományok takarmánya lehet.

A gabonafélék, köztük a tritikálé is, általában lizinben és metioninban szegények, ezért ezek hiánya gyakran limitáló tényezővé válik a fehérje hasznosulás szempontjából. Mivel sem Magyarországon, sem nemzetközi viszonylatban nem találtunk a tritikálé zöldtakarmányok aminosavtartalmára vonatkozó adatokat, ez eddig alig vizsgált terület volt, ezért érdemes a terület további kutatása.

A kísérleti adatok alapján igazoltnak látszik, hogy a tritikálé vizsgált fajtái április végén, de különösen május elején hasonló terméseredményeket tudnak produkálni, mint a rozs normál termesztési viszonyok között. Szélesebb azonban a 'betakarítási ablak', tehát hosszabb idő áll rendelkezésre a betakarításra (lassabban öregszik), illetve van lehetőség a tervezett májusi kaszálásra is a minőség szinten tartása mellett. A tritikálé betakarítási optimuma szélesebb, hosszabb betakarítási időtartammal számolhatunk, eltolva a betakarítás kezdetét 1-2 héttel a rozshoz képest. Ez kedvezőbb időjárási feltételeket jelent a renden történő fonnyasztás szempontjából is. A területet a tritikálé lekerülése után, még abban a szezonban hasznosítani tudjuk, mivel az évjáratok nagy részében van még idő korai kukoricát, cirkot, szudáni fűvet vetni.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Kutatómunkám új tudományos eredményeit az alábbi négy pontban foglaltam össze:

1. P4mf és W14mf indukciós tápközegek jól alkalmazhatók a tritikálé fajták és hibridek portoktenyésztése során. A két tápközeg összetétele és a genotípus is jelentős (szignifikáns) hatással volt a zöld, albínó és kiültetett növénykéek számára. Az alkalmazott két indukciós tápközeg hatékonyan alkalmazható tritikálé androgenezis indukálására és DH növények előállítására.

2. Vizsgálataink alapján molekuláris genetikai markerek felhasználásával dokumentáltuk a hazai tritikálé DH-törzsek genetikai homogenitását. Megállapítottuk, hogy az idegentermékenyülési hajlam következtében a DH-törzsek egy része (2–8%) genetikai inhomogenitást mutatott a DH₂ generációban. Így a nemesítési és fajtafenntartási folyamatok során a mechanikai és térbeli izoláció szigorú és következetes betartására különösen fontos tritikálé esetében.

3. A dolgozatban - Magyarországon elsőként - részletesen vizsgáltuk négy magyar nemesítésű tritikálé fajta („Hungaro”, „Dimenzio”, „GK Szemes”, „GK Maros”) nyersfehérje-, rost-, emészthető rost- és aminosav tartalmának változását több éven keresztül, különböző fenológiai fázisokban. Több év kísérleti adatainak feldolgozása alapján megállapítottuk, hogy a növények

öregedésével a tritikálé fajták rostemészthetősége, nyersfehérje-, energia- és aminosav tartalma csökken, miközben a rosszul emészthető rostfrakciók aránya nő, ami tápláléérték-csökkenést eredményez.

4. Komplex elemzésünk alapján megállapítottuk, hogy a vizsgált magyar nemesítésű tritikálé fajták a nagy hozamú tehenészetek takarmányozási célú felhasználására a korai betakarítást, az első kaszálást javasoljuk.

TÉZISEKBEN HIVATKOZOTT IRODALOM

1. **Arzani, A., Darvey, N.L. (2001):** The effect of colchicine on triticale anther-derived plants: microspore pre-treatment and haploid-plant treatment using a hydroponic system. *Euphytica* 122, 235–241.
2. **Coblentz, W. K., Ottman, M.J. (2022):** Effects of harvest date and growth stage on triticale forages in the southwest USA: kinetics of in vitro disappearance of fiber and dry matter. *Journal of Animal Science*, 100(3): skac020. DOI: 10.1093/jas/skac020
3. **Cui, L., Xu, L., Wang, H., Fan, X., Yan, C., Zhang, Y., Jiang, C., Zhou, T., Guo, Q., Sun, Y., Yang, F., Li, H. (2025):** Evaluation of dual-purpose triticale: grain and forage productivity and quality under semi-arid conditions. *Agronomy*, 15(4), 881. <https://doi.org/10.3390/agronomy15040881>
4. **De Zutter, A., Landschoot, S., Vermeir, P., Van Waes, C., Muylle, H., Roldán-Ruiz, I., Doudah, L., De Boever, J., Haesaert, G. (2023):** Variation in potential feeding value of triticale forage among plant fraction, maturity stage,

growing season and genotype. *Heliyon*, 9(1): e12760. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12760>

5. **Eudes, F., Amundsen, E. (2005):** Isolated microspore culture of Canadian 6X triticale cultivars. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 82, 233–241. DOI:10.1007/s11240-005-0867-9
6. **Gonzalez, J.M., Muniz, L.M., Jouve, N. (2005):** Mapping of QTLs for androgenetic response based on a molecular genetic map of *X Triticosecale Wittmack*. *Genome*. 48, 999–1009.
7. **ifj. Kruppa, J., Osama, Z. K., Tóth-Lencsés, K. A., Kiss, E., Bóna, L., Lantos, C., Pauk, J. (2023):** Induction of triticale in vitro androgenesis in anther culture and homogeneity test of offspring generation. In: *Life* (ISSN 2075-1729) <https://doi.org/10.3390/life13101970>
8. **ifj. Kruppa, J., Orosz, Sz., Bencze, G., Kruppa, J., Kruppa, K., Lantos, C., Bóna, L., Futó, Z. (2025):** The green yield for silage and its quality in the feed value of triticale varieties. In: *Cereals Research Communication*, <https://doi.org/10.1007/s42976-025-00650-7>
9. **Kuleung, C., Baenziger, P. S., Dweikat., I. (2004):** „Transferability of SSR markers among wheat, rye, and triticale.” *Theor Appl Genet* 108, 1147–1150 p.
10. **Lantos, C., Weyen, J., Orsini, J.M., Gnad, H., Schlieter, B., Lein, V., Kontowski, S., Jacobi, A., Mihály, R., Broughton, S., Pauk, J. (2013):** Efficient application of in vitro anther culture for different European winter wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding programs. *Plant Breed.* 132, 149–154 p.
11. **Lantos, C., Bona, L., Boda, K., Pauk, J. (2014):** Comparative analyses of *in vitro* anther- and isolated microspore culture in hexaploid triticale (*X Triticosecale Wittmack*) for androgenic parameters. *Euphytica* 197, 27–37 p.
12. **Pauk, J., Mihály, R., Monostori, T., Puolimatka, M. (2003a):** Protocol of triticale (*X Triticosecale Wittmack*)

microspore culture. In: Maluszynski M, Kasha KJ, Forster BP, Szarejko I (eds) Doubled haploid production in crop plants: a manual book. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht, pp. 129–134.

13. **Pauk, J., Mihály, R., Puolimatka, M. (2003b):** Protocol of wheat (*Triticum aestivum* L.) anther culture. In: Doubled Haploid Production in Crop Plants, a Manual; Maluszynski, M., Kasha, K.J., Forster, B.P., Szarejko, I., Eds.; Kluwer, Dordrecht, *The Netherlands*, pp. 59–64.
14. **Ouyang, J. W., Hu, H., Chuang, C. C., Tseng, C. C. (1973):** Induction of pollen plants from anthers of *Triticum aestivum* L. cultured in vitro. *Sci. Sin.*, 16, 79–95 p.
15. **Ouyang, J.W., Jia, S.E., Zhang, C., Chen, X., Fen, G. (1989):** A new synthetic medium (W14) for wheat anther culture. Annual Report, Institute of Genetics, Beijing: *Academia Sinica*, 91–92 p.
16. **Rychlik, W., Rhoads. R. E. (1989):** „A computer program for choosing optimal oligonucleotides for filter hybridization, sequencing and in vitro amplification of DNA.” *Nucleic Acids Res.* 17, 8543–8551
17. **Sharma, H. P. (2023):** Green biomass and seed production performance of different triticales genotypes in western Terai region of Nepal. *International Journal of Phytology Research*, 3(1), 41–44.
18. **Song, Q. J., Fickus, E. W., Cregan. P. W. (2002):** „Characterization of trinucleotide SSR motifs in wheat.” *Theor. Appl. Genet.* 104, 286–293.
19. **Van Deynze, A. E., Sorrells, M. E., Park, W. D., Ayres, N. M., Fu, H., Cartinhour, S. W., Paul, E., McCouch. S. R. (1998):** „Anchor probes for.” *Theor. Appl. Genet.* 97, 356–369 p.
20. **Zur, I., Dubas, E., Golemic, E., Szechynska-Hebda, M., Janowiak, F., Wedzony, M. (2008):** Stress-induced changes important for effective androgenic induction in isolated microspore culture of triticales (X *Triticosecale* Wittmack). *Plant Cell Tissue Organ Cult.* 94, 319–328 p.

21. **Würschum, T., Tucker, M.R., Reif, J.C., Maurer, H.P. (2012):** Improved efficiency of doubled haploid generation in hexaploid triticales by in vitro chromosome doubling. *BMC Plant Biol.* 12, 109.

6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMÁJÁHOZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Tudományos folyóiratcikk:

1. **ifj. Kruppa, J.**, Orosz, Sz., Bencze, G., Kruppa, J., Kruppa, K., Lantos, C., Bóna, L., Futó, Z. (2025): The green yield for silage and its quality in the feed value of triticale varieties. In: Cereals Research Communication, <https://doi.org/10.1007/s42976-025-00650-7> **IF: 1.9**
2. **ifj. Kruppa, J.**, Osama, Z. K., Tóth-Lencsés, K. A., Kiss, E., Bóna, L., Lantos, C., Pauk, J. (2023): Induction of triticale in vitro androgenesis in anther culture and homogeneity test of offspring generation. In: *Life* (ISSN 2075-1729) <https://doi.org/10.3390/life13101970> **IF: 3.2**
3. **ifj. Kruppa, J.**, Kruppa, K., Kruppa, J. (2017): Rekombinációs szekunder hexaploid triticale nemesítése, genomösszetétele és minősége. ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS 58 : 1 pp. 73-84. , 12 p.
4. Orosz, Sz., Horváthné, K. B., Kruppa, J., **ifj. Kruppa, J.**, Iván, F., Hoffmann, R. (2017): Húshasznú tehének, növendék- és hízó marhák hazai tömegtakarmány-ellátása a klímaváltozás tükrében [Forage supply of beef cattle (cows, replacement and finishing cattle) in the mirror of climate change in Hungary]. ÁLLATTENYÉSZTÉS ÉS TAKARMÁNYOZÁS 66: 4 pp. 365-382. , 18 p.

Konferencia kiadványok:

5. Futó, Z., Kruppa, J., Orosz, Sz., Bencze, G., **ifj. Kruppa, J.** (2019): Gabonaszilázs előállítás lehetőségei kis vízigényű tritikálé fajták alkalmazásával a klímaváltozás tükrében. In: Jakab, Gusztáv; Csengeri, Erzsébet (szerk.) XXI. Századi vízgazdálkodás a tudományok metszéspontjában: II. Víz tudományi Nemzetközi Konferencia. Szarvas, Magyarország: Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi Kar 380 p. pp. 68-75., 8 p.
6. **ifj. Kruppa, J.**, Orosz, Sz., Bencze, G., Kruppa, J., Futó, Z. (2022): Különböző tritikálé ($\times$ Triticosecale) fajták terméseredményének, szilázshozamának és beltartalmának vizsgálata. In: Polgár, Zsolt; Karsai, Ildikó; Bóna, Lajos; Matuz, János; Taller, János (szerk.) XXVIII. Növény nemesítési Tudományos Napok: Összefoglaló kötet, Keszthely,

Magyarország: Magyar Növénynevelítők Egyesülete (2022) 122 p. pp. 40-40.

7. **ifj. Kruppa, J.**, Kruppa, K., Hoffmann B., Kruppa, J. (2020): Dimenzio – új étkezési és takarmány triticales fajta. In: Bóna, Lajos; Karsai, Ildikó; Matuz, János; Pauk, János; Polgár, Zsolt; Veisz, Ottó (szerk.) XXVI. Növénynevelítési Tudományos Napok: Összefoglaló kötet. Szeged, Magyarország: MTA Agrártudományok Osztálya Növénynevelítési Tudományos Bizottság, Magyar Növénynevelítők Egyesülete 113 p. pp. 52-52.
8. **ifj. Kruppa, J.**, Kruppa, K., Kruppa, J. (2017): Hungaro durumrozs – az első étkezési tritikale fajta. In: Veisz, Ottó (szerk.) XXIII. Növénynevelítési Tudományos Nap: összefoglalók. Budapest, Magyarország: Magyar Tudományos Akadémia (MTA) 161 p. pp. 113-113. , 1 p.
9. **ifj. Kruppa, J.**, Kruppa, K., Kruppa, J. (2018): Hexaploid triticales genotípus rekombinációs nevelítése és genomösszetétele. In: Jakab, Gusztáv; Tóth, Attiláné; Csengeri, Erzsébet (szerk.) Alkalmazkodó Vízgazdálkodás: Lehetőségek és kockázatok. Víz tudományi Nemzetközi Konferencia. Szarvas, Magyarország: Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi Kar 326 p. pp. 93-97. , 5 p.
10. **ifj. Kruppa, J.**, Orosz, Sz., Futó, Z., Hoffmann, R., Iván, F., Piszterné, Fülöp E., Bencze, G., Kruppa, J. (2019): Rozs és triticales fajták kis vízigényű, új hasznosítási lehetőségei. In: Karsai, Ildikó (szerk.) Növénynevelítés a 21. század elején: kihívások és válaszok: XXV. Növénynevelítési Tudományos Nap. Budapest, Magyarország: MTA Agrártudományok Osztálya Növénynevelítési Tudományos Bizottság 502 p. pp. 45-49., 5 p.
11. Kruppa, J., **ifj. Kruppa, J.** (2016): Áttekintés a magyar magán-növénynevelítés helyzetéről, a Kruppa-Mag Kft. eredményei. In: Oláh, István (szerk.) MAG gyémánt évkönyv: Szemelvények a 30 éves MAG kutatás, fejlesztés és környezet mezőgazdasági és környezetgazdálkodási szakfolyóirat felkért szakíróitól és MAG Aranytoll-díjas szerzőitől. Budapest, Magyarország: Tinta Könyvkiadó 162 p. pp. 116-118. , 3 p.
12. Kruppa, J., Futó Z., **ifj. Kruppa, J.**, Bencze G. (2018): A Kruppa-Mag Kutató kft. fajtái a szilázs előállításban. *IV. Országos Tritikálé Nap, Fókuszban újra a tritikálé zöldhasznosítása*, Konferencia kiadvány, Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó, pp. 4-12. ISBN: 978-963-269-807-6 (ON-LINE), ISBN 978-963-269-806-9 (PRINTED)
13. Kruppa, J., Kruppa, K., **ifj. Kruppa, J.** (2018): Rekombinációs szekunder hexaploid triticales nevelítése, genomösszetétele. In: Karsai, Ildikó; Polgár, Zsolt (szerk.) XXIV. Növénynevelítési Tudományos Napok: Összefoglalók. Budapest, Magyarország: Magyar Tudományos Akadémia (MTA) 139 p. pp. 101-101. , 1 p.

14. Kruppa, J., Orosz, Sz., Futó, Z., Hoffmann, R., Iván, F., Piszterné, Fülöp É., Bencze, G., **ifj. Kruppa, J.** (2018): Kis vízigényű új hasznosítási lehetőségek a rozs és tritikálé termesztésében [New, low water demanding possibilities in rye and triticale production]. In: Jakab, Gusztáv; Tóth, Attiláné; Csengeri, Erzsébet (szerk.) Alkalmazkodó Vízgazdálkodás: Lehetőségek és kockázatok. Víz tudományi Nemzetközi Konferencia. Szarvas, Magyarország: Szent István Egyetem Agrár- és Gazdaságtudományi Kar 326 p. pp. 105-110. , 6 p.
15. Orosz, Sz., Kruppa, J., **ifj. Kruppa, J.**, Szemethy, D., Piszterné Fülöp, É., Futó, Z., Hoffmann, R. (2018): Harvest window comparison of whole crop rye and whole crop triticale in an early cut system. In: K, Gerlach; K, -H Südekum (szerk.) Proceedings of the XVIII International Silage Conference, Bonn, Németország: Görres-Druckerei und Verlag GmbH 568 p. pp. 516-517. , 3 p.
16. Orosz, Sz., Kruppa, J., **ifj. Kruppa, J.**, Halász, A., Szemethy, D., Hoffmann, R., Bencze, G., Futó, Z. (2018): Comparison of whole crop triticale-pea, triticale-grass and triticale-oat blends as forage sources at six different phenological stages. In: K, Gerlach; K, -H Südekum (szerk.) Proceedings of the XVIII International Silage Conference. Bonn, Németország: Görres-Druckerei und Verlag GmbH 568 p. pp. 470-471. , 2 p.
17. **ifj. Kruppa, J.**, Kruppa, K., Kruppa, J. (2014): Hungaro durum rye - our new dietary cereal. In: Maráz, A; Pfeiffer, I; Vágvolgyi, Cs (szerk.) Fialat Biotechnológusok Országos Konferenciája "FIBOK 2014" : Program és összefoglalók. Szeged, Magyarország: JATEPress 100 p. pp. 68-68. , 1 p.
18. **ifj. Kruppa, J.**, Kruppa, K., Kruppa, J. (2014): Étkezési tritikálé ('Hungaro' durumrozs) aminosav tartalma és genomösszetétele. In: Veisz, Ottó (szerk.) Növénynevelés a megújuló mezőgazdaságban: XX. Növénynevelési Tudományos Nap. Budapest, Magyarország: MTA Agrártudományok Osztálya Növénynevelési Tudományos Bizottság 522 p. pp. 264-268. , 5 p.
19. Kruppa, J., Kruppa, K., **ifj. Kruppa, J.** (2014): Az étkezési tritikálé – Új lehetőségek a termesztésben, felhasználásban. AGRO NAPLÓ 18: 3 pp. 80-82. , 3 p.

Egyéb:

20. **ifj. Kruppa J.**, Kruppa, J. (2013): Étkezési tritikálé nevelése és minősége, Keszthely.
21. Kruppa, J., **ifj. Kruppa, J.** (2011): Új eredmények a tritikálénevelésben és hasznosításban. In: Oláh, István (szerk.) MAG Arany Évkönyv 2011 : Szemelvények a 25 éves MAG c. mezőgazdasági és környezetgazdálkodási szakfolyóirat MAG-Aranytoll-díjas szerzőitől, felkért szakíróitól. Budapest, Magyarország: Mag Aranytoll Társaság 124 p. pp. 106-109. , 4p.

22. Kruppa, J., **ifj. Kruppa, J.** (2011): Új eredmények a tritikálé nemesítésben, hasznosításban. Agrár-Innovációs Hírlevél. Kiadó: Primom Alapítvány. 4-5. p.
23. Kruppa, J., **ifj. Kruppa, J.** (2012): A rozs és tritikálé termesztési lehetőségeiről. Agrárágazat, (13. évf.) 9. sz. p. 54-56.
24. Kruppa, J., **ifj. Kruppa, J.** (2022): Tritikálé. In: Izsáki, Z. - Kruppa, J. (szerk.) Szántóföldi növények vetőmagtermesztése 2.: Tritikálé, p. 117-119.
25. Kruppa, J., **ifj. Kruppa, J.**, Kruppa, K. (2024): Versenyképes rozs és tritikálé nemesítés, hasznosítás. Agroforum Extra, 2024. (35. évf.) 104. sz. 110-113. old.
26. Kruppa, J., Kruppa, K., **ifj. Kruppa, J.** (2019): Hungaro Durum Rye – Breeding, Genome Composition and Amino Acid Content of the First Triticale Cultivar for Human Consumption. JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY B 9 pp. 31-39., 9 p.
27. Kruppa, J., Orosz, Sz., Futó, Z., Hoffmann, R., Iván, F., Kruppa, K., **ifj. Kruppa, J.** (2018): Új lehetőségek a gabona tömegtakarmány (szilázs) termesztésben - a lucerna tükrében. AGRÁR HÍRNÖK 5: 1 pp. 4-10. , 7 p.
28. Kruppa, J., Orosz, Sz., Futó, Z., Hoffmann, R., Iván, F., Kruppa, K., **ifj. Kruppa, J.** (2018): Új, nagy lehetőség előtt állunk: Biológiai alapok és technológiai megoldások a gabona - (rozs- és tritikálé-) tömegtakarmány (szilázs) termesztésében - a klímaváltozás tükrében. AGRÁRÁGAZAT 19: 7. suppl pp. 50-55. , 6 p.
29. Kruppa, J., Orosz, Sz., Futó, Z., Hoffmann, R., Iván, F., Kruppa, K., **ifj. Kruppa, J.** (2018): Korszerű rozs- és tritikálészilázsok. AGRÁRIUM 28: 8 pp. 42-43. , 2 p.
30. Orosz, Sz., Horváthné, K. B., Kruppa, J., **ifj. Kruppa, J.**, Iván, F., Hoffmann, R. (2018): A húshasznú szarvasmarhák tömegtakarmány-ellátása a klímaváltozás tükrében III.: Az őszi vetésűekben rejlő lehetőségek. AGRÁRÁGAZAT 19: 5 pp. 140-142. , 3 p. (2018)
31. Orosz, Sz., Horváthné, K. B., Kruppa, J., **ifj. Kruppa, J.**, Iván, F., Hoffmann, R. (2018): A húshasznú szarvasmarhák tömegtakarmány-ellátása a klímaváltozás tükrében IV. AGRÁRÁGAZAT 19: 6 pp. 102-104., 3 p.
32. Orosz, Sz., Horváthné, K. B., Kruppa, J., **ifj. Kruppa, J.**, Iván, F., Hoffmann, R. (2018): Veszélyben a határ! A húshasznú szarvasmarhák tömegtakarmány-ellátása a klímaváltozás tükrében I. AGRÁRÁGAZAT 19: 3 pp. 154-158. , 5 p.
33. Orosz, Sz., Horváthné, K. B., Kruppa, J., **ifj. Kruppa, J.**, Iván, F., Hoffmann, R. (2018): Új növénytermesztési stratégia a tömegtakarmányok termesztésében - a klímaváltozás tükrében. ÉRTÉKÁLLÓ ARANYKORONA 18: 1 pp. 19-21. 3 p.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönettel tartozom témavezetőimnek, Prof. Dr. Pauk Jánosnak, az MTA doktorának és Dr. Futó Zoltánnak a folyamatos szakmai és emberi támogatásukért, akik hasznos tanácsokkal láttak el, aktívan segítették a munkámat a helyszínek és technikák biztosításán túl a publikációk és az értekezés megírásában.

Köszönöm a Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft. egykori igazgatójának, Dr. Bóna Lajosnak, hogy engedélyezte munkám a Gabonakutatóban és a kért tritikálé genotípusokat a kísérlethez biztosította. Külön köszönöm Dr. Lantos Csabának, az MTA doktorának és egykori munkatársainak (Markó Ferenc, Vajasdi-Nagy Sándor, Palaticki Szilvia és még az itt fel nem soroltak) a sok éves segítőkész munkájukat, akik nélkül az eredmények nem születhettek volna meg.

Köszönetet nyilvánítok a MATE Molekuláris Genetika és Nemesítés csoport tagjainak (Prof. Dr. Kiss Erzsébetnek és munkatársainak) a homogenitás vizsgálat kivitelezésében és adatainak kiértékelésében nyújtott segítségükért.

Külön köszönet illeti meg a volt munkatársaimat, a Mezőmag Kft. ügyvezető tulajdonosát, Gázsó Jánost és főagronómusát, Kovács Csabát, a négy éven át történő zöldhozam kísérletekhez biztosított helyszínért és precíz agrotechnikáért.

Köszönettel tartozom házi védésem opponenseinek, Prof. Dr. Matuz Jánosnak és Dr. Lantos Csabának, az MTA doktorainak bírálatukban adott kritikai véleményükért és a sok javítási javaslatukért. Sokat segítettek dolgozatom végleges tartalmi és formai elkészítésében.

Köszönöm édesapámnak, Prof. Dr. Kruppa Józsefnek, nővéremnek, Dr. Kruppa Klaudiának, menyasszonyomnak és az egész Családomnak hatalmas türelmüket, szeretetüket, bátorításukat, támogatásukat.