

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Vályi Nagy Marianna

Gödöllő

2025



ŐSZI BÚZA ÉS ŐSZI BORSÓ KÖLCSÖNHATÁSÁNAK VIZSGÁLATA KEVERÉKVETÉSBEN

Vályi Nagy Marianna

Gödöllő

2025

A doktori iskola

megnevezése: Növénytudományi Doktori Iskola

tudományága: 4.1 Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok

vezetője: **Prof. Dr. Helyes Lajos**
egyetemi tanár, az MTA levelező tagja
MATE Kertészettudományi Intézet

Témavezető(k): **Dr. habil. Kassai Mária Katalin**
egyetemi docens
MATE Növénytermesztési-tudományok Intézet

Dr. Kristó István
főiskolai docens
SZTE Növénytudományi és Környezetvédelmi Intézet

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

A munka előzményei

Hazánkban a mezőgazdaság erőteljes fejlődése az 1960-as évekhez vezethető vissza. A korszerű agrotechnikai eljárások bevezetése, úgy, mint a nitrogén műtrágyára való átállás, kémiai növényvédelem, szabályozott vízellátás, korszerű talajművelés és gépesítés, valamint a nagy termőképességű fajták nemesítése egyaránt hozzájárult a magas terméshozamok kialakulásához, illetve a búza és kukoricatermés közel háromszorosára való növekedéséhez. A rövidtávú, profitorientált szemlélet a hangsúlyt a gabonafélékre helyezte át, így a vetésszerkezet jelentős mértékben leszűkült. A kultúrnövények számának megfogytatkozása a biológiai sokféleség csökkenését és a vetésforgóból a talaj termőképességét regeneráló hüvelyesek fokozatos kiszorulását idézte elő. A vetésváltás korlátozott megvalósulása egyszerre növelte az előnytelen elővetemény sorrendjének valószínűségét és a monokultúra elterjedését. A jelenség ma is fennáll: Magyarországon a teljes szántóterület mintegy 60%-án öt növény termesztése folyik (kukorica, búza, napraforgó, árpa, repce). A leszűkült termékkínálat önmagában is kiszolgáltatottságot jelent a változó piaci igényekkel szemben, miközben a klímaváltozás negatív hatásai jelentősen befolyásolni képesek a termelés színvonalát. Az elmúlt két évtized kutatásai a nitrogén trágyától való erős függés mellett a túlzott műtrágya és növényvédőszer használat környezetszennyező hatására hívták fel a figyelmet. Az egyre növekvő kihívások újra és újra válaszút elé állítják a termelőket, mivel a jelenlegi termesztési módok nehezen fenntarthatók hosszútávon, vagy csak komoly ráfordítások árán valósíthatók meg. A problémák megoldására való törekvés fokozott érdeklődést indított el az alternatív lehetőségek irányába. Ilyen innovatív termesztési rendszer a növénytársítás, amely rendszerint két, vagy több növény egy időben, egy területen való termesztését jelenti. A gabona és hüvelyes növénytársítás előnye éppen abban rejlik, hogy a gabona egyeduralmának megtörése nem a termesztési terület rovására valósul meg, a hüvelyes növény nitrogénmegkötő képessége által pedig egy természetes és az igényeknek megfelelő nitrogénforrás kerül felhasználásra, amely pozitív hatása már a vetés évében érvényesül. A fehérjenövények termesztése egyben hozzájárulhat a hazai fehérjebázis növeléséhez és az import fehérje függőség csökkentéséhez, amely létfontosságú az abrakigényes állatok takarmányozása szempontjából.

A témában számos kutatás folyt az elmúlt években, ugyanakkor ezek a vizsgálatok elsősorban a betakarított termésre koncentráltak és kevés figyelmet szenteltek a társnövények párhuzamos fejlődésmenetének, valamint a keverékalkotó fajok között fennálló kölcsönhatásoknak. Jelenleg ugyancsak kevés ismeret áll rendelkezésre arra vonatkozóan, hogy egy hatékony társításban milyen fajtákat, milyen vetéssűrűségben és milyen keveréken belüli arányban érdemes kialakítani, holott ezek a paraméterek előre tervezhetők, és döntően hozzájárulnak a társítás egészének teljesítményéhez. Dolgozatomban szeretnék példával elől járni az őszi búza–őszi borsó keverékvetésen keresztül egy növénytársítás kialakításában lényeges szempontok bemutatására.

Célkitűzés

Doktori munkámban a következő kérdésekre kerestem választ:

- A növénytársítás hatással van-e a társnövények terméselemeinek értékére?
- Milyen kölcsönhatás van jelen a társnövények között; kiegyensúlyozott keverékek jönnek-e létre?
- Felállítható-e párhuzamos fejlődésmenet a társnövények növekedési üteme alapján?
- Van-e eltérés a magasság tekintetében a tiszta vetések és a társított parcellák között? Növénytársításban hogyan változik a társnövények magassága egymáshoz képest?
- Hogyan alakul növénytársításban a termésmennyiség a tiszta vetéshez képest mind az őszi búza, mind az őszi borsó tekintetében?
- Milyen minőségi értékeket érhetünk el a társnövények esetében az önálló vetéssel való összehasonlításban?

Anyag és Módszer

Kísérletem a Magyar Agrár,- és Élettudományi Egyetem Növénytermesztési-Tudományok Intézetének Szeged-Öthalom telepén végeztem három, egymást követő tenyészidőszakban (2020/2021, 2021/2022, 2022/2023). Kísérletben a növénytársítás keverékvetés típusát alkalmaztam véletlen blokk elrendezésben, 4 ismétlésben, ahol egy parcella mérete 9 m² volt. A keverékvetést 3 őszi búzafajta (GK Szilárd, Cellule, GK Csillag) és egy őszi borsófajta (Aviron) három vetéssűrűségének (a termesztési gyakorlatnak megfelelő tiszta vetés 50%, 75%, 100%-a) kombinációja alkotta. A vetőmagok csávázva voltak (Rancona i-mix), az őszi borsó esetében oltás nem történt. A mintaterületen öntözésre nem volt lehetőség, műtrágya kijuttatás a vetést megelőző komplex NPK (15:15:15) alaptrágyától eltekintve nem volt.

Az őszi búza–őszi borsó párhuzamos fejlődésmenetének megfigyeléséhez több alkalommal bonitálást végeztem az állományból véletlenszerűen választott növény minta szerint, majd a hivatalos BBCH határozókulcs alapján meghatároztam a társnövények fejlődési fázisát, amelyhez hozzárendeltem a vetéstől eltelt napok számát, és a hasznos hőösszeg értékeit (°C=foknap) a következő egyenlet alapján:

$$\text{napi hasznos hőegység [°C]} = \frac{\text{napi max.} + \text{napi min.}}{2} - \text{küszöbérték [°C]}$$

A harmadik tenyészidőszakban (2022/2023) a társnövények föld feletti növényi részének magasság mérése a búza esetében a legfiatalabb levéllel, a borsó tekintetében a legfelső levélszinttel bezárólag mérőszalaggal történt.

Teljes gyökeres növényminták gyűjtése közvetlenül a betakarítás előtt egységnyi területről (1m) mérőbot segítségével gyűjtöttem. A kalászkészítés cséplése Wintersteiger LD 180 ST 4 kalászcseplővel történt. A minta manuális, illetve Precisa 300 C kézi mérleg segítségével történő feldolgozását követően a búza terméselemei (tőszám, hajtásszám, kalászsorszám, kalászkaszám, szemszám, szemtömeg), majd pedig a borsó termésmutatói (tőszám, hajtásszám, hüvelyszám, szemszám és szemtömeg) alapján Sváb-féle kumulatív terméselemzést végeztem. A betakarítást követően a termés tisztítása Pfeuffer SLN3 Sample Cleaner által, a minőségi paraméterek mérése InfratecTM NIR Grain Analyser (Foss, Denmark) készülékkel történt. Az őszi búza esetében a nyers fehérje-, sikértartalmat, szedimentációs értéket (Zeleny) és a W értéket mértem. Őszi borsó esetében a nyers fehérje tartalom került meghatározásra.

Kísérletben a társnövények között fennálló kölcsönhatás mérésére kompetíciós indexek és gazdasági mutatók számítását végeztem el. A területarányos hozam index (LER) a növénytársítás hatékonyságának mutatója a tiszta állományokhoz képest. Kritikus értéke az 1, amely felett a társítás, alatta pedig a tiszta vetés kedvezőbb a fejlődés, és a terméshozam szempontjából. Számítása a következő egyenlet segítségével történik:

$$LER = (LER_w + LER_p)$$

$$LER_w = (Y_{wi}/Y_w)$$

$$LER_p = (Y_{pi}/p)$$

ahol Y_w és Y_p a tiszta vetésű őszi búza és őszi borsó terméshozama, valamint Y_{wi} és Y_{pi} az őszi búza és őszi borsó terméshozama növénytársításban.

Az agresszivitás (A) az egyik társnövény relatív termésnövekedését fejezi ki a másikkal szemben. $A=0$ esetén a fajok versenyképessége egyenlő. Pozitív A_w a búza dominanciáját jelzi, a negatív A_w pedig a borsó domináns szerepére utal. Az agresszivitás a következő egyenletből származik:

$$A_w = \left(\frac{Y_{wi}}{Y_w \cdot Z_{wi}} \right) - \left(\frac{Y_{pi}}{Y_p \cdot Z_{pi}} \right)$$

$$A_p = \left(\frac{Y_{pi}}{Y_p \cdot Z_{pi}} \right) - \left(\frac{Y_{wi}}{Y_w \cdot Z_{wi}} \right)$$

ahol Z_{wi} az őszi búza vetésaránya a keverékben, Z_{pi} pedig a keverékben vetett őszi borsó vetésaránya.

A versenyképességi arány (CR) a társnövényekre vonatkozó LER értékek hányadosát jelenti a vetési arányok figyelembe vétele mellett.

A CR-t a következő képlettel számíthatjuk ki:

$$CR = CR_w + CR_p$$

$$CR_w = \left(\frac{LER_w}{LER_p} \right) - \left(\frac{Z_{pi}}{Z_{wi}} \right)$$

$$CR_p = \left(\frac{LER_p}{LER_w} \right) - \left(\frac{Z_{wi}}{Z_{pi}} \right)$$

$CR_w < 1$ esetén a növénytársítás előnyösebb, mint a tiszta vetés, $CR_w > 1$ esetén előnytelen társítani a növényt. Ennek ellenkezője igaz a borsó esetén.

A tényleges termés veszteség (AYL) az egy növényre eső hozam értéken alapuló mutató. Az AYL értékei értelemszerűen lehetnek pozitívak, és negatívak a termésnyereség, illetve termésveszteség által.

Az AYL-t a következők alapján számítottam ki:

$$AYL = AYL_w + AYL_p$$

$$AYL_w = [(Y_{wi}/Z_{wi})/(Y_w/Z_w)] - 1$$

$$AYL_p = [(Y_{pi}/Z_{pi})/(Y_p/Z_p)] - 1$$

A gazdasági előny (MAI) és a növénytársítás előny index (IA) a növénytársítás anyagi előnyeiről nyújt képet.

A MAI értékek számítása a LER alapján történik:

$$MAI = (\text{társított növények értéke}) \cdot [(LER - 1)/LER]$$

ahol a társított növények értéke a következő egyenlet alapján számítandó:

$$Y_{pi} \cdot P_p + Y_{wi} \cdot P_w$$

P_p az őszi borsó kereskedelmi értéke a Központi Statisztikai Hivatal adatbázisa alapján a betakarítás napján 2021-ben 94820 Ft/t, 2022-ben 116414 Ft/t, 2023-ban pedig 98538 Ft/t volt. P_w az őszi búza kereskedelmi értéke, 2021-ben 75119 Ft, 2022-ben 131687 Ft, 2023-ban 80515 Ft volt.

A növénytársítás előnye index a következőképpen került számításra:

$$IA = IAw + IAp$$

$$IAw = AYLw \cdot P_w$$

$$IAp = AYLp \cdot P_p$$

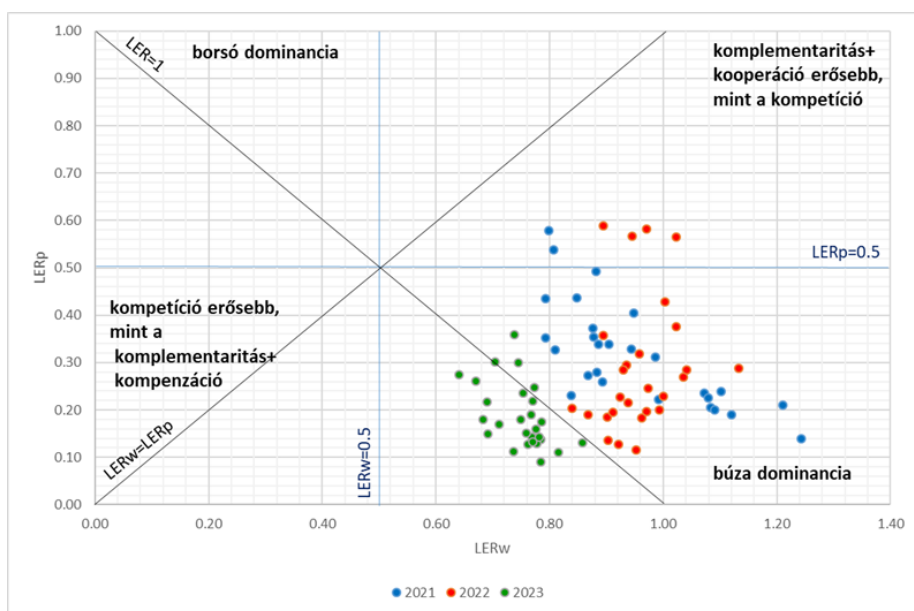
Minél magasabb az index értéke, annál jövedelmezőbb a növénytársítás, mint termesztési rendszer.

A termésmennyiség és minőségi értékeinek, valamint a kompetíciós index értékeinek statisztikai elemzését többváltozós varianciaanalízis segítségével (MANOVA) végeztem, ahol a vizsgált faktorok a búzafajta, a búza vetésaránya, valamint a borsó vetésaránya voltak. A MANOVA értékelése Wilk's lambda nem magyarázott variancia hányad mellett történt. Majd 3 tényezős véletlen blokk elrendezésű ANOVA tesztek végeztem. A normalitás vizsgálat a ferdeség és a csúcosság alapján, a homogenitás vizsgálat Levine tesztel történt ($p > 0.05$). A szignifikáns tényezők esetében a post hoc teszt a búza és borsó termésmennyiség és a búza minőség értékeinél Games-Howell, a borsó termésminőség és a kompetíciós indexek esetében pedig Tukey módszer szerint történt. Minden statisztikai elemzést az IBM SPSS v. 29 statisztikai szoftver segítségével végeztem el.

Eredmények

A Sváb-féle kumulatív terméselemzés grafikus ábrázolása során a társított parcellákból mért terméselem értékeket a tiszta vetéssel hasonlítottam össze. A növénytársítás relatív fejlődésmenete eltérő eredményeket mutatott a két társnövény tekintetében. Az őszi borsó terméselem értékei a generatív szakaszba lépve meredeken csökkenni kezdtek függetlenül a választott búzafajtától. Az első két év között nem volt eltérés, holott a második év erősen aszályos jelleget mutatott. A harmadik évben a teljes fejlődésmenet során a borsó terméselemek messze alulmaradtak a tiszta vetéssel szemben. Az őszi búza elemzése vegyes képet mutatott: az első két évben, de különösen az aszályos évben magasabb terméselem értékeket mértem, mint önálló vetésben. A legmagasabb szemtömeg értékek a GK Szilárd 250 db/m^2 –Aviron 75 db/m^2 vetéssűrűsége mellett (tiszta vetés+24%), valamint a Cellule 500 db/m^2 –Aviron 50 db/m^2 (tiszta vetés+17%) és a GK Csillag 375 db/m^2 –Aviron 50 db/m^2 (tiszta vetés+19%) társítása esetén tapasztaltam. A harmadik évben–hasonlóan a borsóhoz– a GK Csillag 375 db/m^2 –Aviron 50 db/m^2 kombinációját kivéve valamennyi társítás önálló vetésben ért el jobb eredményeket.

A társnövények közötti kölcsönhatás mérésére leggyakrabban alkalmazott és ismert módszer a területarányos hozam index (LER) (1. ábra). A részleges LER_w és LER_p értékek grafikus ábrázolásával az értékek többségében egy négyzetbe estek, amely a búza dominanciáját vetítette elő. Ugyan a legtöbb esetben a teljes LER > 1, és területegységenként több termést mutatott társításban, ezek a keverékek kiegyensúlyozatlanok voltak a társnövények között fennálló túlzott mértékű versengés miatt. 6 társítás esetében a fajok között komplementaritás és kooperáció állt fenn: a Cellule/Aviron 50:100, 75:50 (2021 és 2022 évben), 50:75 és az 50:50 vetéssűrűség mellett (csak 2022-ben). A harmadik évben szinte az összes társított parcella LER értéke kisebb volt 1-nél, ami azt mutatja, hogy ebben az évben a keverékvetés hátrányos volt a társnövények számára.



1. ábra A két társnövény részleges LER értékeinek grafikus ábrázolása az összes lehetséges kölcsönhatást bemutatja. A $LER_w = LER_p$ átló azokat a területeket választja el, ahol a búza, vagy a borsó dominál. A $LER=1$ átló feletti rész a termésselőnyt mutatja. A részleges $LER=0.5$ alatti értékek azt jelölik, hogy a társítás terméshozama alacsonyabb, mint önálló termesztésben. Ennek ellentéte teljesül a részleges $LER=0.5$ egyenes alatti területen.

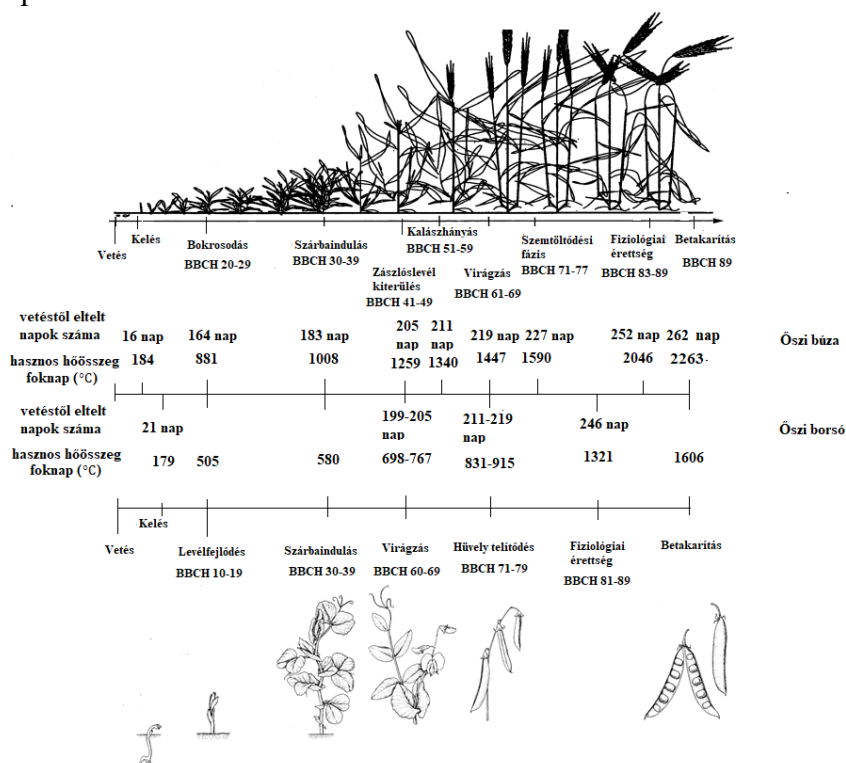
Az agresszivitás és a versenyképességi arány tekintetében egy keveréktől eltekintve (Cellule/Aviron 75:50 társítása) valamennyi évben a búza magasabb értékeket mutatott, aminek az ellenkezője volt jellemző a borsóra. Minél jobban növeltem a borsó arányát a keveréken belül, annál nagyobb agresszivitást tapasztaltam a búza részéről, és ezzel egyidejűleg a borsó versenyképessége is nőtt.

A növénytársítás teljes egésze negatív képet mutatott a tényleges termésveszteség és a növénytársítás előnye index esetében. A keverékvetés összetétele csupán a búza számára volt kedvező, a borsó jelentős termésvesztesége negatívan hatott a növénytársítás összteljesítményére.

Az első két évben a társított parcellák jelentős gazdasági előnnyel bírtak, a legjövedelmezőbb társítás az első évben a GK Csillag/Aviron 100:75 keveréke (124 265 Ft), a második évben a Cellule/Aviron 75:50 vetésarányú keveréke volt (191 987 Ft). Ezzel szemben a harmadik év erős gazdasági hátrányt mutatott, ami alól mindössze 4 társítás mutatott kivételt a GK Szilárd/Aviron 50:50, a Cellule/Aviron 50:75, és a GK Csillag/Aviron 50:50, valamint az 50:75 vetésarányú keverékek esetében.

A társnövények magasság mérése által igazolást nyert, hogy az őszi búza növekedését nem befolyásolja a borsó jelenléte, ellenben az őszi borsó magassága meghaladja a tiszta vetés értékét. A búza végül a kalászhányás idején és a borsó hüvelytelítődés fázisában növi túl a borsót, amikor a gümőképző baktériumok elhalnak és a nitrogén szolgáltató szerep végéhez ér.

A bonitálási jegyzőkönyvek alapján készült el az őszi búza és őszi borsó párhuzamos fejlődésmenete (2. ábra), amelyen a társnövények fejlődési fázisa mellett feltüntettem a hasznos hőösszeg értékét (foknap) és a vetéstől eltelt napok számát. A búza csírázása minden esetben megelőzte a borsóét, majd a későbbiekben a fejlődés a szárbaindulás fázisaig egymással párhuzamosan haladt. Ezt követően a borsó hamarabb lépett a generatív szakaszba, miközben a búza a zászlóslevél kiterülés fázisában volt. Majd a hüvelytelítődés idejére a búza is virágzásnak indult. Végül a fiziológiai érettség állapotát a borsó másfél-két héttel korábban érte el a búzánál, és értelemszerűen az aratás idejére a túlérettség fázisába lépett.



2. ábra: Őszi búza és őszi borsó fejlődési fázisai kiegészítve a vetéstől eltelt napok számával és a hasznos hőösszeg értékeivel (foknap °C) mindkét fajra vonatkozóan keverékvetés esetén

Az őszi búza termésmennyisége tekintetében terméstöbblet az első két évben jelentkezett. A maximális érték első esetben a GK Csillag/Aviron 100:50 vetésarányú társításban, majd a második évben a GK Szilárd/Aviron 50:50 vetésarányú keveréke mellett valósult meg. A második aszályos év sem érintette olyan súlylyal a búza termésmennyiségét, mint a harmadik év visszatérő csapadék hiánya a kulcsfázisokban. A kedvezőtlen termesztési körülmények nyilvánvalóan hozzájárultak a termésértékek jelentős csökkenéséhez.

Az őszi búza minőségi mutatói egységesen az első évben a tiszta vetés értékei körül mozogtak, míg a második, kritikus évben sok esetben jelentősen meghaladták azt. De amíg a fehérje, a Zeleny érték, és a W-érték esetében is a GK

Szilárd/Aviron 50: 100 vetésarányú társítása mutatott kiemelkedő értékeket, addig a sikértartalom a Cellule/Aviron 50:50 vetésarányú kombinációja mellett volt magasabb. A harmadik évben kevés kivételtől eltekintve a minőségi mutatók a kísérleti évek maximális szintjét érték el.

Az őszi borsó termésmennyisége az összes kísérleti évben töredéke volt a tiszta vetés értékeinek. A borsótermés az évek alatt egyre csökkenő tendenciát mutatott, amelyből a mélypontot a harmadik évben érte el. A búzafajták között szignifikáns eltérés állt fenn: a növény a Cellule mellett szenvedett el kisebb termés kiesést.

A termésmennyiséggel szemben a borsó fehérjetartalma a kísérlet ideje alatt meglepően magas értéket képviselt. Míg az első évben a fehérje többlet 1 és 10% között mozgott, a második évben ezek az értékek meghaladták az előző év szintjét is (tiszta vetés+17%). Eltérés volt azonban a maximális fehérjeértéket nyújtó keverék búzafajtái között: a Cellule/Aviron 75:75 vetésarányú keverékét a GK Szilárd/Aviron 50:75 társítása váltotta az évek közötti rangsorban. Majd a harmadik, csapadékszegény évben újra a Cellule búzafajta teljesített jobban (tiszta vetés+15%) a 75:50 és a 100:50 vetésarányú keverék esetén.

Következtetések

A Sváb-féle kumulatív terméselemzés egyik előnye, hogy a terméselemeket a tiszta vetéshez viszonyítva grafikusán ábrázolja, ami lehetővé teszi a társnövények egymásra gyakorolt hatásának nyomon követését az egyes fejlődési fázisokban. Az őszi borsó esetében a generatív szakaszba lépve a búza dominanciájából fakadó elnyomás tökéletesen látszott a negatív fejlődési görbe által. Növénytársításban a hüvelyes növény útján a légkörből megkötött nitrogén mennyisége magasabb, mint önálló vetésben. Ez a nitrogén többlet azonban erőteljes búzanövekedést idézett elő, amely árnyékolást okozott a borsó kultúrában és visszaszorította annak fejlődését. A búza magassága és a nagy egyedsűrűség kisebb megvilágítást eredményezett, ezáltal a borsószár szilárdsága és vastagsága is csökkent különösen a GK Csillag búzafajta esetében. A harmadik évben a borsó teljes fejlődésmenete negatív lefutású volt, amelyet feltehetően a kelés idején jelentkező erős csapadékhiány okozhatott. Ugyanakkor az aszályos évben (2022) észlelt fejletlen virágzati szintek, rövid virágzási időszak és a lerövidült tenyészidő inkább a hőstresszre, illetve vízhiányra utaló tünet volt, nem pedig a társítás hatása. A küszöbérték feletti magas hőmérséklet a virágzás alatt érte a növényt, mégis a fokozatos akklimatizáció végett a borsó képes volt termést hozni. Ugyancsak negatívan befolyásolta a búza termésképzését a kulcsfázisában jelentkező magas hőmérséklet és szárazság. A kritikus évben (2022) a fejlődési fázisok lerövidültek és a növény kényszerérésbe került. A küszöbérték feletti hőmérséklet az érés fázisában pontszerűen érte a növényt, mégis a korai aszály (virágzást megelőző) tünetei mutatkoztak a szemszám csökkenésében elsősorban a Cellule fajtánál. A legtöbb tiszta vetést meghaladó terméselem értékek éppen a második évben jelentkeztek, ami arra enged következtetni, hogy a társítás részben enyhíteni volt képes az éghajlatváltozás negatív hatásait. Ellenben a harmadik évben a búza kulcsfázisaiban jelentkező ismétlődő csapadékhiány erősen visszavetette a növény fejlődését.

Őszi búza és őszi borsó keverékvetésben a társnövények víz, tápanyag és fényigénye egyidőben jelentkezik, az azonos erőforrás igény miatt a versengés mindenképp megjelenik a társításon belül. Ugyan a területarányos hozam index (LER) minden évben mutatott terméselőnyt, a részleges LER értékek grafikus ábrázolásakor a legtöbb érték abba a négyzetbe esett, ahol a búza dominanciája érvényesült. A hatékony erőforrás kihasználás a komplementaritás lehetőségét veti fel, de ez a finom egyensúlyon alapuló kölcsönhatás csak 6 keverék esetében jelentkezett és nagyon könnyen versengéssé formálódott át. Ezt láthattam a harmadik évben, ahol a társnövények közötti fokozódó versengés nyomán előnytelen társítások jöttek létre. Valószínű, hogy az interakciók variálnak a fejlődésmenet során, akár egy időben is jelentkezhetnek, de a társítás teljesítményére mindegyik egyaránt hatással lehet. Növénytársításban a monokultúrára nemesített fajtákat alkalmazunk, amelyek különbözőképpen reagálnak a társnövény jelenlétére. Ebből következik, hogy olyan stresszel terhelt környezetben, mint a versengés, a teljesítményük változhat. A versenyképesség nem egy állandó tulajdonság, sokkal inkább egy adott helyzetre adott válasz,

amelyre a genotípus, a környezet, és a fellépő kölcsönhatás egyaránt jelentős befolyást gyakorol. Egyes szerzők szerint a terméselőny megőrzése érdekében a gyengébbik versenytárs arányát növelni szükséges a keveréken belül, a komplementaritás végett pedig a társnövények vetéssűrűsége a tiszta vetés értékeit is meghaladhatja. Kísérletemben egyfelől nem történt kompenzáció a borsó vetésarányát illetően, másrészt a magas gabona arány a domináns szerep erősödéséhez vezetett, és egyértelmű befolyással volt a versengés dinamikájára. Minél jobban sűrítettem az állományt, a búza agresszivitása annál erősebbé vált. A borsó elnyomása a termésvesztésben félreérthetetlenül kirajzolódott. Különösen a harmadik évben, ahol a termésvesztés közel a teljes termést felemésztette. A keverékvetés gazdasági előnye évenként változott: az ingadozó világpiaci ár a LER értékekkel összevetve csak az első két évben mutatott jövedelmező társítást. A harmadik év gazdasági hiányát egyaránt teremthette a kedvezőtlen termesztési körülmény és a versengés jelenléte. A növénytársítás előnye elsősorban a búza esetében mutatkozott meg, a borsó részéről kivétel nélkül hátránnyal járt. A társítás összteljesítményét mégis a gyengébb versenyképességű borsó határozta meg.

Egy növénytársítás összeállítását elsődlegesen a termesztési cél és a termesztés körülményei határozzák meg, mindazonáltal hüvelyes társnövény esetében mindenképp számolni kell a termésingadozás jelenségével. A klímaváltozásból eredő termesztési körzetek eltolódása, a hagyományos tavaszi kultúráról az ősziire való áttérés és a korábbi vetési idő a borsó kritikus időszakainak elkerülési esélyét emeli meg. Hasonlóképpen a borsó féllévélkés típusa nagyobb fényáteresztést és légmozgást, kisebb kórokozó terhelést és megdőlési hajlamot tesz lehetővé. Keverékvetésben a társnövények eltérő magasságából fakadó versengés a fényért folyamatosan jelen van a fejlődés menet során. A versenyhierarchia azonban változó, amire az egymással variáló magasság értékek mutattak példát. A búza a nitrogén szolgáltató szerep fokozatos leállításával veszi át a vezetést és nővi túl a borsót. Növénytársításban a borsó egyedi mintázatot vett fel és magassága meghaladta a tiszta vetésben mért értékeket. A társnövények eltérő hosszúságú érési ideje a búza fejlődésének kedvezett, a borsó által közvetített nitrogén a búza igényének és ellátásának magas fokú összhangját segítette elő. Emellett a korábbi vetési idő korábbi borsóvirágzást idézett elő, amelyre a hőösszeg számítás hívta fel a figyelmet.

Számos kutatás a növénytársítás egyik alapvető előnyének a termésmennyiség növekedését tekinti, ugyanakkor ezekben a kísérletekben többnyire nitrogéntrágyát alkalmaznak a társításban és a kontroll parcellában egyaránt. A nitrogén műtrágya termésmenővelő hatása főként a búzában jelentkezik, míg a borsótermés lényegesen lecsökken. Az össztermés ebben az esetben közel azonos a tiszta vetés értékével, de a társnövények aránya eltolódik a búza irányába. Hasonló eredmény születik, ha a talaj ásványi nitrogén ellátottsága eleve magas szinten áll, vagy pedig a túlsűrítésből adódóan a társnövények között fennálló versenyegyensúly felborul. Kísérletemben a magas egyedsűrűség növelte a versengést a társnövények között, ami a domináns fél előnyét erősítette.

A búza nagyobb részaránya a borsó csökkenéséhez vezetett, ezáltal nemcsak a hüvelyes növények nyújtotta előnyök jutottak kevésbé érvényre, de a társítás hatékonysága is sérült. A búza esetében ez az elmaradottság nem feltétlenül szembetűnő, ugyanakkor az állandó versengés végett a növény kevesebb energiát tud fordítani a termésképzésre. Kísérletemben nem történt műtrágya kijuttatás, így az eredményeim tisztán a keverékvetés teljesítményét mutatták. Az első két évben a kevert parcellák értékei csak egyes esetekben haladták meg a tiszta vetés értékeit, a harmadik évben pedig önálló vetésben volt magasabb termés. A legtöbb búzafajta esetében a termésmennyiség és minőség között negatív korreláció áll fenn. Ez a fordított arány főként a harmadik évben volt megfigyelhető, ahol kevés kivételtől eltekintve valamennyi minőségi mutató magas értéket vett fel. Az első két évben véletlenszerűen jelentkezett magasabb minőségi érték.

Az őszi borsó kritikus termesztési elemei növénytársításban kevésbé kapnak hangsúlyt, ezáltal a termésbiztonság is magasabb szintet érhet el. Az alacsony borsó vetésarány a keverékben a betakarított termésben is kisebb részarányt eredményez, amely értelemszerűen csökkenti a nitrogén megkötés mértékét, a növény pedig hajlamosabbá válik a termésingadozásra. Ez teljesült a felállított kísérletemben is, ahol az egyenlőtlen társnövény eloszlás a keverékben gyengítette a borsó ellenálló képességét a környezeti tényezőkkel szemben, és drasztikus termés-csökkenést idézett elő. Az egyes évjáratok termés-hozama között csökkenő tendencia volt megfigyelhető, amiben egyfelől a borsó erős klímaérzékenysége, másfelől viszont a búza túlsúlyból fakadó dominancia játszhatott szerepet. A búza fejlődési előnyei által a társnövények között fennálló egyensúlyt a maga javára billentette el, ezáltal erősen korlátozta a borsó termésképzését. Ma Magyarországon a fehérjetermő területek egyre csökkenő tendenciát mutatnak, a hazai fehérjebázis növelése jelenleg más kultúra termesztésterületének rovására valósulhatna meg, ezért minden olyan termesztési mód értékes lehet a jövőben, amely a növényi fehérje hazai előállítását segíti elő. Keverékvetésben az őszi borsó fehérjetartalma minden társítás esetében meghaladta a tiszta vetés szintjét. Azonban ehhez a magas fehérje értékhez egy nagyon csekély borsó mennyiségű társult, amely ebben a formában nem lenne képes a takarmánykeverékek igényét betölteni, vagy a szója, mint legfontosabb fehérjenövény szerepét akár részben is kiváltani. Mindazonáltal a keverékvetés tökéletesítésével, igazoltan GMO-mentes, a növényvédelem szempontjából jelentősen kisebb ráfordítást igénylő termesztési mód kerülhet kialakításra, amely alternatívát nyújthat a későbbiekben a hagyományos termesztéssel szemben.

Új tudományos eredmények

Kísérletem alapján a következő új tudományos eredményeket emelném ki:

1. Az őszi búza és őszi borsó között a fényért való versengés a búza javára a kalászhányás fázisában (BBCH 50-53) dől el, eközben a borsó a hüvelytelítődés fázisában jár (BBCH70-72). Ez az állítás alól a GK Csillag búzafajta képez kivételt, ahol a magasság váltás már a búza zászlóslevél kiterülésekor (BBCH 41-45) és a borsóvirágzás idején (BBCH 67-69) végbemegy. A búza további növekedése leárnyékolja a borsót, amely így alacsonyabb marad, mint önálló vetésben. A borsó generatív fázisainak gyors ütemváltása korai érettséget eredményez a búzával szemben.
2. Az első két kísérleti év minden társítás esetében terméselőnyt mutatott ki, ellenben a harmadik évben a kiegyensúlyozatlan keverékek kerültek túlsúlyba. A részleges LER értékek grafikus ábrázolása az őszi búza dominanciáját vetítette elő, mindamellett a Cellule/Aviron 50:100, 75:50 vetésaránya (2021 és 2022 években) és az 50:75, 50:50 arányú kombináció 2022-ben a kooperáció és komplementaritás jelenlétét igazolta.
3. A kompetíciós indexek közül az agresszió (A) és a versenyképességi index (CR) főként a búza elsőbbségét támasztotta alá, egyedül a 2021-es évben a Cellule/Aviron 75:50 keveréke esetén fordult meg az arány a borsó javára. A gazdasági előny index (MAI) az első két kísérleti évben a társítások jövedelmezőségét mutatta, ahol a legnagyobb gazdasági értéket a Cellule keverékei képviselték. Ezzel szemben a harmadik év erős gazdasági hiányt mutatott. A tényleges termésveszteség (AYL) és a növénytársítás előnye index (IA) esetében a búza pozitív részeredményei ellenére a keverékvetések egésze terméskiesést és hátrányos társítást mutatott.
4. Az őszi búza termésmennyisége keverékvetésben az első évben a GK Csillag búzafajta mellett haladta meg a tiszta vetés értékeit (kivéve az 50:100 vetésarányban). Míg a második évben a másik két faj teljesített jobban a GK Szilárd/Aviron 50:50, 50:100, 100:50 és Cellule/Aviron 75:100, 100:50 vetésarány esetén. A túl sűrű állomány és a magas gabona vetésaránya a keveréken belül a versengés fennmaradását segítette elő, ezáltal a borsó aránya a betakarított termésben alacsonyabb szintre esett vissza.
5. Az őszi borsó csekély részaránya a betakarított termésben a növénytársítás sajátos mikroklimája ellenére fokozta annak klímaérzékenységét, és az egyes kísérleti évek között fokozatos terméseszkökenés volt megfigyelhető. Ellenben a fehérjetartalma a kísérleti évektől függetlenül valamennyi keverék esetében meghaladta a tiszta vetés szintjét. A fejlődésmenet során tapasztalt túlzott mértékű versengés a növénytársítás hatékonyságát vetette vissza, ezért keverékvetés esetén már a magkeverék összeállításakor a társnövény vetésarányok kiegyensúlyozása elengedhetetlen feladat.

Az értekezés témaköréhez tartozó publikációk

Külföldi kiadású szakfolyóiratban idegen nyelven

1. Vályi-Nagy Marianna, Kristó István, Tar Melinda, Rácz Attila, Szentpéteri Lajos, Irmes Katalin, Kovács Gergő Péter, Ladányi Márta (2024): Competition Indices and Economic Benefits of Winter Wheat and Winter Peas in Mixed Cropping. *Agronomy*. 14 (4), 786.
2. Vályi-Nagy Marianna, Rácz Attila, Irmes Katalin, Szentpéteri Lajos, Tar Melinda, Kassai Katalin Mária, Kristó István (2023): Evaluation of the Development Process of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Winter Pea (*Pisum sativum* L.) in Intercropping by Yield Components. *Agronomy*. 13 (5), 1323.
3. Vályi-Nagy Marianna, Tar Melinda, Irmes Katalin, Rácz Attila, Kristó István (2021): Winter wheat and winter pea intercrop: an alternative technology of crop management preserves high yielded quality and stability at low input. *Research Journal of Agricultural Science* 53(1), 120-127 p.
4. Kristó István, Vályi-Nagy Marianna, Rácz Attila, Tar Melinda, Irmes Katalin, Szentpéteri Lajos, Ujj Apolka (2022): Effects of Weed Control Treatments on Weed Composition and Yield Components of Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) and Winter Pea (*Pisum sativum* L.) Intercrops. *Agronomy*. 12 (10), 2590.
5. Kristó István, Tar Melinda, Jakab Péter, Milánkovics Martina, Irmes Katalin, Rácz Attila, Vályi-Nagy Marianna (2021): The influence of winter wheat and winter pea intercrop on grain yield and profitability. *Research Journal of Agricultural Science*. 53 (1), 81-88 p.

Hazai kiadású szakfolyóiratban idegen nyelven

6. Vályi Nagy Marianna, Tar Melinda, Rácz Attila, Irmes Katalin, Kristó István (2023): Yield stability of winter wheat in intercrop makes better adaptation to climate conditions. *Columella: Journal of Agricultural And Environmental Sciences*. 10 (2), 25-35p.

Hazai kiadású szakfolyóiratban magyar nyelven

7. Vályi-Nagy Marianna, Tar Melinda, Irmes Katalin, Rácz Attila, Kristó István (2021): Az őszi borsó hatása az őszi búza termésmennyiségére és fehérjére

hozamára együtt vetési kísérletben. *Acta Agronomica Óváriensis*. 62 : Különszám 2. 159-173 p.

8. Kristó István, Tar Melinda, Irmes Katalin, Rácz Attila, Vályi-Nagy Marianna (2021): Őszi búza relatív klorofill-tartalma takarmányborsóval történő társításban. *Acta Agronomica Óváriensis*. 62 : Különszám 2. 69-81 p.

Szaktanulmány (könyvrészlet) magyar nyelven

9. Vályi-Nagy Marianna, Kristó István, Tar Melinda, Rácz Attila, Szentpéteri Lajos, Irmes Katalin, Kassai M. Katalin, Ladányi Márta (2024): Őszi búza és őszi borsó kölcsönhatásának vizsgálata együtt vetésben. In: Hampel György, Kis Krisztián, Mikó Edit, Monostori Tamás (szerk.) Mezőgazdasági és vidékfejlesztési kutatások a jövő szolgálatában 5.: Tudományos kutatások gyakorlati vonatkozásai és társadalmi hasznai Szeged, Magyarország: Magyar Tudományos Akadémia Szegedi Akadémiai Bizottság Mezőgazdasági Szakbizottság. 201-222 p.

10. Vályi-Nagy Marianna, Rácz Attila, Irmes Katalin, Szentpéteri Lajos, Kassai Mária Katalin, Tar Melinda, Kristó István (2023): Az őszi búza terméselemeinek vizsgálata növénytársításban. In: Hampel, György; Kis, Krisztián; Mikó, Edit; Monostori, Tamás (szerk.) Mezőgazdasági és vidékfejlesztési kutatások a jövő szolgálatában 4. : Tudomány: válaszok a globális kihívásokra. Szeged, Magyarország : Magyar Tudományos Akadémia Szegedi Akadémiai Bizottság Mezőgazdasági Szakbizottság. 211-224 p.

11. Kristó István, Vályi-Nagy Marianna, Jancsó Katinka, Irmes Katalin, Rácz Attila, Tar Melinda (2020): Egy lehetőség a fehérjenövények vetésterületének növelésére. In: Kis, Krisztián; Komarek, Levente; Monostori, Tamás (szerk.) Mezőgazdasági és vidékfejlesztési kutatások a jövő szolgálatában. Szeged, Magyarország: Magyar Tudományos Akadémia Szegedi Akadémiai Bizottság Mezőgazdasági Szakbizottság. 147-156 p.

Konferenciaközlemény magyar nyelven

12. Vályi-Nagy Marianna, Tar Melinda, Irmes Katalin, Rácz Attila, Kristó István (2022): Növénytársítás hatása az őszi búza terméshozamára és néhány minőségi paraméterére. In: Fodor, Marietta; Bodor-Pesti, Péter; Deák, Tamás (szerk.) A Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly (LOV) Tudományos Ülésszak tanulmányai [Proceedings of János Lippay – Imre Ormos – Károly Vas (LOV) Scientific Meeting] Budapest, Magyarország : MATE Budai Campus 752-761 p.

Absztrakt angol nyelven

13. Vályi-Nagy Marianna, Kristó István, Tar Melinda, Rácz Attila, Szentpéteri Lajos, Irmes Katalin, Ladányi Márta (2024): Interaction Studies Between Winter Wheat And Winter Pea In Intercropping. In: Gyalai Ingrid Melinda, Czóbel Szilárd (szerk.) 21st Wellmann International Scientific Conference: Book of abstracts
Hódmezővásárhely, Magyarország: University of Szeged, Faculty of agriculture, 32 p.

Absztrakt magyar nyelven

14. Kristó István, Tar Melinda, Irmes Katalin, Vályi-Nagy Marianna, Szalai Dóra (2020): Különböző gyomszabályozási technológiák fitotoxikus hatása a takarmányborsó termésselemeire és fehérjetartalmára. In: Haltrich, Attila; Varga, Ákos (szerk.) 66. Növényvédelmi Tudományos Napok. Budapest, Magyarország: Magyar Növényvédelmi Társaság 76 p.

15. Kristó István, Tar Melinda, Irmes Katalin, Vályi-Nagy Marianna, Szalai Dóra (2019): Különböző gyomirtási technológiák hatása a takarmányborsó gyomborítottságára. 33 p. In: Kövics, Gy. (szerk.) 24. Tiszántúli Növényvédelmi Fórum Program és Összefoglaló. Debrecen, Magyarország: Debreceni Agrártudományi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kar. 67 p.