

AKADÉMIAI DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

FONTOSABB ZÖLDSÉGFAJOK TERMÉS KÉPZÉSÉRE
HATÓ ABIOTIKUS TÉNYEZŐK ÉRTÉKELÉSE

NEMESKÉRI ESZTER



GÖDÖLLŐ

2024

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	4
2. CÉLKITŰZÉSEK	5
3. EREDMÉNYEK	7
3.1. Morfológiai adaptáció	7
3.1.1. <i>Csíránövények hő-stressz tűrése</i>	7
3.1.2. <i>Kifejlett növények vízhiány tűrése (adaptív tulajdonságok)</i>	9
3.1.4. <i>Szárazságtűrő borsófajták nemesítése</i>	10
3.2. Biokémiai stressz reakciók	11
3.2.1. <i>Zöldbabfajták szárazságtűrése fitotronban</i>	11
3.2.2. <i>Zöldbab vonalak szárazságtűrése szántóföldön</i>	15
3.3. Szántóföldi zöldségfajok vízhiány stressz reakciója	17
3.3.1. <i>Zöldbabfajták vízhiány stressz reakciója</i>	17
3.3.2. <i>Zöldborsófajták vízhiány stressz reakciója</i>	18
3.3.3. <i>Csemegekukorica hibridek vízhiány stressz reakciója</i>	18
3.3.4. <i>Ipari paradicsom vízhiány stressz reakciója</i>	19
3.4. Adaptív tulajdonságok, stressz markerek és termés kapcsolata	21
3.4.1. <i>Zöldbabfajták adaptív tulajdonságai és termés kapcsolata</i>	21
3.4.2. <i>Zöldbabfajták, stressz markerek és termés kapcsolata</i>	22
3.4.3. <i>Zöldborsófajták, stressz markerek és termés kapcsolata</i>	23
3.4.4. <i>Csemegekukorica hibridek, stressz markerek és termés kapcsolata</i>	24
3.4.5. <i>Ipari paradicsom, stressz markerek és termés kapcsolata</i>	25
3.4.6. <i>Stressz markerek és termés minőség</i>	26
3.5. Klasszikus és precíziós módszerek alkalmazása	27
3.5.1. <i>Szelekció stressz markerek alapján</i>	28
3.5.2. <i>Szelekció stressz indexek alapján</i>	30
3.5.3. <i>Szárazságtűrésre szelekció szántóföldön</i>	32
4. ÖSSZEFOGLALÁS	33
5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	36
6. SAJÁT KÖZLEMÉNYEK JEGYZÉKE	38
6.1. A dolgozat alapjául szolgáló tudományos közlemények	38

6.2.	A dolgozat fő témáihoz kapcsolódó tudományos közlemények	41
6.3.	További közlemények.....	44
7.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	49
8.	IRODALOMJEGYZÉK.....	51

1. BEVEZETÉS

A globális felmelegedés rendszertelen száraz periódusok és túlságosan csapadékos időszakok előfordulását eredményezi. A meleg száraz időjárás a Föld északi része felé tolódik el, ezáltal megváltozik az egyes növényfajok termesztési körzete, és különösen a szántóföldi zöldségtermesztésben jelentős termésvesztést okozhat. A megváltozott időjárás újabb, agresszívabb növényi kórokozók szaporodását eredményezi, és növekszik az igény a kórokozókkal szemben ellenálló, a változó ökológiai környezethez jól adaptálódó, szárazságot jobban elviselő fajták előállítására. A probléma megoldásának nehézségét az adja, hogy a növények fejlődésük alatt eltérő mértékben érzékenyek a szárazságra. Csírázás alatt a magas talaj hőmérséklet vízhiánnyal társulva gátolja a növekedést, a generatív szakaszban fellépő talajvízhiány és magas légköri hőmérséklet termékenyülési zavart, termés csökkenést okoz, míg a termésfejlődés alatt fellépő aszály a termés élelmi minőségére van hatással.

Vízhiányban, a vízhasznosítás hatékonysága meghatározó egy növényfajta produktívitasában, amit több morfológiai, élettani tényező befolyásol. A kutatások nagy része a vízstressz hatását a növény fejlődésére, vízhasznosítására, valamint a termés mennyiségére vizsgálja, de hiányos ismerettel rendelkezünk a vízhiány mértéke és termés minősége között lévő összefüggésekről. Ebben döntő szerepe van a nyersanyagot adó fajtának, illetve a jól megválasztott termesztéstechnológiának.

A klasszikus növénynemesítésben a morfológiai tulajdonságok, termés adatok, harvest index alapján történő szárazságtűrő genotípusok szelekciója különböző ökológiai környezetben hosszú ideig tartó, nehezen

reprodukálható folyamat. Szántóföldi körülmények alatt a genotípusok szárazságtűrő képességében a különbségek kimutatása nehéz, mivel a stressz hatások kivédésében szerepet játszó tényezők a fejlődés különböző szakaszában nem vagy különböző mértékben aktiválódnak. Utóbbi időben a kutatások központjában a szárazságtűrésben résztvevő tulajdonságok feltárása áll, azonban a szárazságtűrés egy komplex, több gén által szabályozott tulajdonság, amelyek megnyilvánulása a környezeti tényezőktől függően eltérő mértékű lehet. A szárazságtűréssel összefüggő tulajdonságok beazonosítása korszerű biotechnológiai módszerekkel sikeres lehet a molekuláris genetika és élettani ismeretek összekapcsolásával, de ezek felhasználása genotípusok szelekciójára eltérő ökológiai környezetben még további kutatásokat igényelnek.

Az új távérzékelési technikai módszerek segítségével sérülésmentesen mérhetők a növények vízhiány stresszre adott válaszai, lehetővé válik a válaszok háttérben zajló élettani folyamatok változásának nyomon követése. A jövő kihívása, hogy szántóföldi körülmények alatt, a klasszikus nemesítési és precíziós módszerek együttes alkalmazásával meghatározni azokat a tulajdonságokat, amelyekkel a termőképességre és minőségre történő szelekció hatékonyan kivitelezhető.

2. CÉLKITŰZÉSEK

A széles területet felölelő kutatási program megvalósítása különböző szervezeti kereteken belül történt. A zöldbab fajták vízhasznosítása és a szárazságtűrésre nemesítés lehetőségeinek vizsgálata Nyíregyházán a Vetőmagvállalat Kutató Központjában (jogutód DE-ATC Nyíregyházi Kutatóintézete) kutatási programjának keretében (1983-1989) történt. Az eltérő hőigényű hüvelyesek (bab, borsó, szója) magas hőmérsékleti

stressz tűrését, illetve a szárazságtűrés és a termés minősége közötti összefüggések feltárását a Debreceni Agrártudományi Egyetem Növénytermesztési Tanszéken (1989-1995) és az Agrona Bt. Debrecen (1995-2008) szervezeti keretében végeztem. A zöldbab-, zöldborsófajták és csemegekukorica hibridek vízhasznosítását, stresszre adott reakcióit a Debreceni Egyetem AGTC Kertészettudományi és Növényi Biotechnológiai Tanszéken (2008-2013) végeztem. Az ipari paradicsom hibridek élettani folyamataira, termésképzésére ható abiotikus stressz tényezők (víz, hőmérséklet) vizsgálatát a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kertészettudományi Intézetében, Gödöllőn 2016-tól végzem.

Kutatásaim során arra kerestem választ, milyen módszerekkel és körülmények alatt lehet hatékonyan elbírálni eltérő hőigényű növényfajták, genotípusok szárazságtűrő képességét, produktivitását és a termés minőségét. A következő témakörökben végeztem kutató munkát:

- 1. Hüvelyes növények (bab, borsó, szója) klimatikus stressz rezisztenciájának vizsgálata*
- 2. Genetikai, termesztési és klimatikus tényezők hatása a hüvelyesek élelmi minőségére*
- 3. Biotikus és abiotikus stressz rezisztencia növelésére alkalmas módszertani fejlesztések*

A zöldbab és borsó fajták aszály tűrésének vizsgálata új fajták nemesítése, fajtafenntartása és módszertani fejlesztések az Agrona Bt. kutatás-fejlesztési programjának keretében (1995-2008), és a fajták vízhasznosításának vizsgálata a DE AGTC Kertészeti Intézetében (2008-2013) irányításommal történt.

1. A kutatások célja a hüvelyes növényfajták különböző fejlődési szakaszaiban a szárazságra adott válaszok alapján, a szárazság tolerancia szint megállapítására alkalmas módszerek meghatározása.

2. A kutatások kiterjedtek csemegekukorica, és ipari paradicsom hibridek termésképzését befolyásoló élettani tulajdonságok értékelésére eltérő mértékű vízhiányban.

3. További cél volt a szántóföldön is alkalmazható módszerekkel, nagyszámú populáció, fajta vízhiány és magas hőmérséklet tűrésének értékelése. A dolgozatban a klasszikus nemesítési módszerekkel, biokémiai vegyületek vizsgálatával, és élettani reakciókon alapuló precíziós módszerekkel elérhető eredmények kerültek bemutatásra.

3. EREDMÉNYEK

Magas hőmérséklet és víz stressz alatt, a genotípusok morfológiai változását csíranövény korban, a növény fejlődése alatt modell kísérletben, illetve szántóföldi körülmények alatt a terméskomponensek alapján értékeltük.

3.1. Morfológiai adaptáció

3.1.1. Csíranövények hő-stressz tűrése

A termesztési körülmények befolyásolják a hüvelyes növények magképződését és a magvak csírázóképeségét. Magas (28 °C) csírázási hőmérsékleten, öntözés nélkül termesztett bab magvak esetében, a beteg magvak aránya kisebb (50,4%) a jó vízellátásban termelt magvakhoz képest, ahol ez az arány jelentősen nagyobb (87,6%) volt (Nemeskéri

2004). A magas hőmérséklet stressz gátolja a gyökér növekedését, számát és tömegét, ami befolyásolja a föld feletti hajtás növekedését, megváltoztatva a gyökér és hajtás között az anyagok áramlását (Huang et al. 2012, Heckathorn et al. 2014).

A hipotézist, hogy a genotípusok gyökérfejlődésének intenzitásában lévő különbség, mint szelekciós tényező a csírázás alatti magas hőmérsékleten, felhasználhatók a nemesítési munkában, megerősítette az a kísérletsorozat, amelyben bab, borsó, szója genotípusok hőstressz tűrését vizsgáltuk. A csíráztatás alatt mérsékelt hőstressznek (25/25°C nappal/éjszaka) és súlyos hő stressznek (30/30°C nappal/éjszaka) kitett 4 és 8 napos csíranövények fejlődését, a normális, abnormális és beteg csíranövények arányát és a főgyökér hosszát értékeltük. Mérsékelt hőstressz (25/25°C nappal/éjszaka) azonos mértékben (34-38%) csökkentette a bab és borsó főgyökerének hosszát és kevésbé csökkentette (10%) a szójáét a kontrollhoz (20/10°C nappal/éjszaka) képest. Súlyos hőstressz (30°C/30°C) alatt, mindhárom növényfaj főgyökér növekedése jelentősen gátolt, azonban a fajták hő-stressz reakciója különbözött. Magas hőmérsékleti stressz alatt, a negyedik napon a kis magvú bab és borsó fajták gyökere kevésbé károsodott, de a kései érésű szójafajta érzékenyebben reagált, mint a korai vagy középérésű fajták. A hőmérsékletváltozásra adott reakciók alapján a kis magvú Debreceni gyöngy és Start babfajták hőstresszre kevésbé érzékeny csoportba, a nagy magvú fajták, vonalak (Coco, Debreceni tarka, D830/1/35) az érzékeny csoportba kerültek. Később, a gyökérhossz növekedése alapján a bab vonalak többsége hőstressz érzékeny és közepesen érzékeny csoportba kerültek (Nemeskéri 2004).

A csírázás folyamán, a borsó csíranövény hajtásában intenzív zsirtartalom felhalmozódást (24,18%), a bab hajtásában mérsékelt csökkenést (19,53%) és a szójánál nagymértékű csökkenést (55,11%) állapítottunk meg. Ettől eltérően, jelentősen csökkent a csíranövények gyökerének zsirtartalma; ennek mértéke kisebb (43-44%) volt a bab és borsó gyökérben, nagyobb arányú (60%) a szójánál, azonban a fehérje tartalom nem volt mérhető mennyiségben. Az eredmények azt mutatták, hogy a hüvelyes növényfajok csírázás alatti hőmérsékletváltozás elviselését a csíranövény hajtásában a fehérje és zsirtartalom változása befolyásolja és magas hőmérséklet tolerancia javítására a gyökér növekedése alapján végezhető szelekció.

3.1.2. Kifejlett növények vízhiány tűrése (adaptív tulajdonságok)

Modell kísérletben, tartós vízhiány alatt a zöldbab gyökér fejlettsége, - genetikai származástól függően, - meghatározza a levélfelület, fajlagos levélfelület (SLA) nagyságát, ami közvetve befolyásolja az egyedi produktivitást (hüvelytermés g/növény). A pozitív eltérést mutató SLA érték a vízstresszt jobban elviselő genotípusokra jellemző, míg a negatív SLA eltérést mutató genotípusok kevésbé toleránsak vízhiányra. A vízhiányra toleráns fajtáknál az SLA változás iránya azonos a gyökértömeget is figyelembe vevő harvest index változásával.

3.1.3. Szárazságtűrő zöldbabfajták nemesítése

Optimális vízellátásban az öntözésre nagy terméssel reagáló zöldbabfajták termőképességét a gyökér és levélfelület fejlődése befolyásolja. A magas szintű szárazságtűréssel rendelkező fajták, jól fejlett gyökér rendszere, kisebb levélfelülete predestinálná a nagyobb

termést, de a produktív fajták termésének felét, harmadát tudják biztosítani optimális vízellátásban.

Szárazságtűrésre történő szelekció az adaptív tulajdonságok együttes figyelembe vételével, gyökérszelekcióval abban az esetben végezhető el, ha a gyökértömeg és hüvelytömeg között legalább közepes összefüggés ($r=0,50-0,70$) állapítható meg. Az olyan keresztezéses kombinációkban, ahol a gyökérzetnek nincs jelentős hatása a hüvelytermésre, szelekciós lehetőség az optimális levélterület, illetve a specifikus levélfelület (SLA) alapján van (Nemeskéri 1990a, 1990b, Nemeskéri 2001).

3.1.4. Szárazságtűrő borsófajták nemesítése

Szántóföldi körülmények alatt, klasszikus nemesítési módszerekkel, szárazságtűrő és jó élelmi minőségű zöld és étkezési szárazborsó fajták előállítását végeztük. Ennek alapját keresztezéses populációk előállítása, majd terméskomponensek és stressz indexek alapján végzett szelekció képezte. A genotípusok hőmérsékleti stressztűrés mértékét a hüvelyszám és magszám, a vízhiánytűrés mértékét a magtömeg változása alapján értékeltük. A szelekció eredményeképpen egy középkezei érésű, *Fusarium oxysporum* ellen rezisztens, apró magvú kifejtő típusú borsófajtát, a Debreceni galamb fajtát állítottuk elő, ami zöldborsóként hasznosítva Debreceni apró néven került hűtőipari felhasználásra és forgalomba (ÁE: 1998).

Az étkezési szárazborsó nemesítési programban levélkés és félig levél nélküli borsófajtákkal végzett keresztezésekben szárazságtűrő és kiváló magminőségű genotípusok szelekcióját végeztük. A szülőpartnerek a levélkés (Af), sötét aranyárga, nagy magvú Auralia szárazborsó fajta, a félig levélnélküli „afila” típusú (af) eltérő sárga magszín intenzitású Profi,

Delta és Y228 fajták voltak. A keresztezéses populációkban az afile típusú törzseknél kevesebb hüvely és mag képződött, mint az azonos származású levélkés típusoknál. Szárazságtűrés növelésével egyidejűleg a termés minőség javítására a szelekció függvénye az anyai szülő megválasztása. A karotin/xantofill arány, nevezhető sárga indexnek, szoros ($r=0,667$) kapcsolatban van a mag szín intenzitással; a sötét narancssárga magnál értéke magas (4,05), világossárga magnál alacsony (2,52), amit a karotin tartalom mennyisége determinál és alkalmas sötét sárga szín és magas karotin tartalomra történő szimultán szelekcióra (Nemeskéri 2006). Az F_2 populációban, a szárazságtűrő genotípusok nagyobb gyakorisággal fordultak elő a levélkés típusokban, mint az afile típusokban, azonban az így szelektált F_2 törzsek F_3 utódainak termőképességét, ezermagtömegét, színét az anyai szülő és a termesztési viszonyok befolyásolták (Nemeskéri 2006, Nemeskéri 2007).

3.2. Biokémiai stressz reakciók

Biokémiai stressz markerek felhasználásával a zöldbabfajták stressz reakciójának értékelése fitotronban, kontrollált körülmények alatt és szántóföldi kísérletben történt.

3.2.1. Zöldbabfajták szárazságtűrése fitotronban

Fitotronban, 3 sárgahüvelyű és 3 zöldhüvelyű zöldbabfajta vízhiánnyal társuló magas hőmérsékletre adott reakcióját vizsgáltuk azzal a céllal, hogy szántóföldön is alkalmazható tesztmódszert dolgozzunk ki nagyszámú genotípusok szárazságtűrésének elbírálására. A magvak vetése és a fiatal növények nevelése kielégítő vízellátásban történt. Ezt követően a 29 napos növények zöld virágbimbó megjelenése előtt

fitotronban kerültek, ahol virágzás előtt enyhe hőmérsékleti és vízstressznek, virágzás alatt enyhe (30/15°C nappal/éjszaka), mérsékelt (35/25°C) és súlyos (35/35°C) szárazságnak (vízhiány + magas hőmérséklet) voltak kitéve a következő módon:

1. hét: öntözés, RH 75%, hőmérséklet 25/15°C; és 50% öntözés, 30/15°C hőmérséklet.

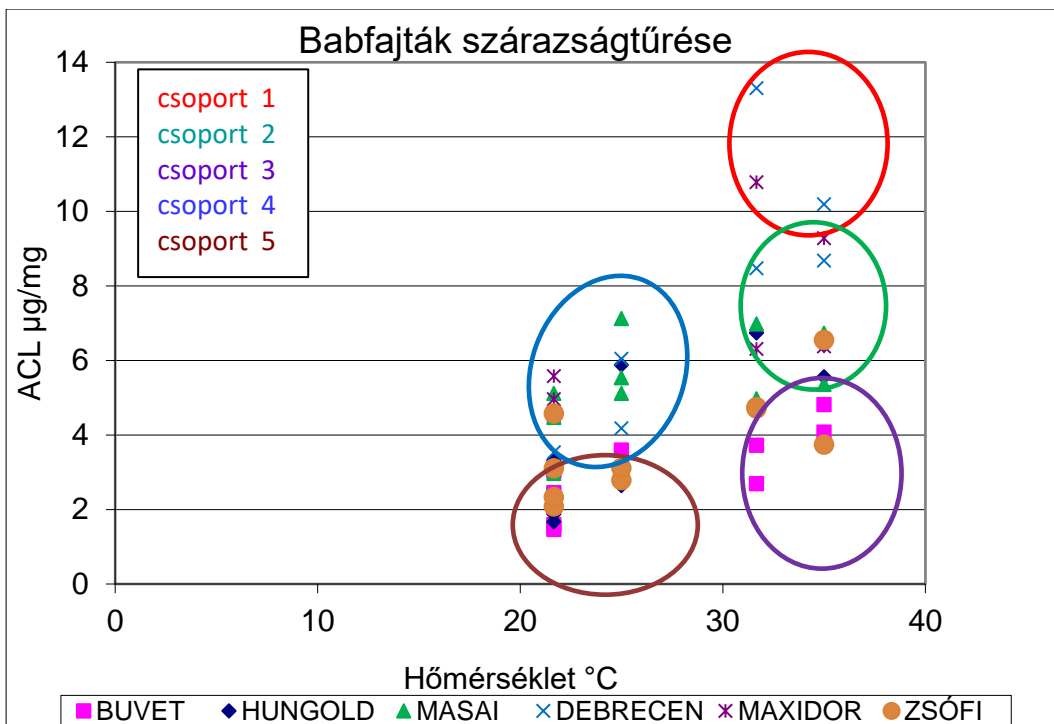
2. hét: vízhiány (50% öntözés), RH 60%, hőmérséklet kezelések: 30/15°C, 35/25°C, 35/35°C

Hosszabb ideig tartó (14 nap) vízhiányban, zöldbab virágzása alatt magas hőmérsékleten (30/15°C) a levél karotin tartalma és a zsírban oldódó antioxidánsok (ACL) mennyisége nőtt, a vízben oldódó antioxidánsoké (ACW) csökkent a kontrollhoz (25/25°C) képest. A hőmérséklet emelkedésével (35/25°C), a zsírban oldódó antioxidánsok (ACL) mennyisége tovább nőtt, de a levél tömege, klorofill *b* tartalom és az ACW mennyisége jelentősen csökkent (Nemeskéri et al. 2008).

Virágzás alatt, enyhe szárazságban (vízhiány + 30/15°C) a zöldhüvelyű fajták levelében alacsonyabb az ACW és ACL antioxidáns szint, mint a sárgahüvelyűekében. Vízhiányban a hőmérséklet stressz fokozódásával (35/25°C) a sárgahüvelyű fajták levelében nagyobb mértékben csökkent a vízben oldódó antioxidánsok (ACW) mennyisége a kontrollhoz képest, mint a zöldhüvelyű fajtákban. A vízben oldódó antioxidánsok (ACW) mennyisége nem korrelált a hőmérséklettel, ezért a zöldbabbajták szárazságtűrésének értékelésére kidolgozott teszt módszer alapja, a vízhiány alatt növekvő hőmérséklettel korreláló zsírban oldódó ACL antioxidánsok mennyiségének változása volt.

Az ACL antioxidáns aktivitás alapján klaszter analízissel, 5 szárazságra érzékeny csoportot hoztunk létre. Vízhiányban, növekvő

hőmérséklet függvényében az ACL tartalom minimum és maximum értékei alapján az 1 csoport magas ACL tartalmat és intenzív védekezési reakciót, az 5 csoport alacsony ACL tartalom és gyenge védekezési reakciót képviselt (1 ábra). Az ACW tartalom nem korrelált a hőmérséklet növekedésével, mennyisége elsősorban alacsony hőmérsékleten ingadozott. Az 1 és 2 csoportba, a magas hőmérsékletre intenzív és közepes védekezési reakciót mutató fajták, a 3 csoportba a gyenge reakciót mutatók kerültek. A 4 és 5 csoportba sorolt genotípusok, alacsony antioxidáns aktivitást, vízhiányra és magas hőmérsékletre gyenge reakciót (SS, TS) mutattak (1 ábra). Az 1 és 2 csoportba Debreceni sárga és Maxidor sárgahüvelyű fajták, a 2 és 3 csoportba, magas hőmérsékletre mérsékelt reakciójuk alapján a sárgahüvelyű Hungold, a zöldhüvelyű Massai, Zsófi és Buvet fajták kerültek. Alacsonyabb hőmérsékleten (25°C) a zöldhüvelyű Massai, a sárgahüvelyű Debreceni sárga és Maxidor fajták mérsékelt reakciójuk alapján a 4 csoportba sorolhatók (1. ábra).



1. ábra Zöldbabfajták szárazság érzékenységi csoportjai a levelek antioxidáns tartalma (ACL) alapján, alacsony hőmérsékleten (4 és 5) és magas hőmérsékleten (1-3) vízhiányban DEBRECEN=Debreceni sárga

Szántóföldön azok a zöldbabfajták rendelkeztek magas szárazságtűrő képességgel, amelyek levelében virágzás alatt, a zsírban oldódó ACL antioxidáns mennyisége csak kismértékben csökkent vagy képes volt újra termelődni a hüvelyérés alatt. Ilyen reakciót a Debreceni sárga és Hungold fajták mutattak. A nemesítés és szelekció eredménye a Debreceni sárga sárgahüvelyű zöldbab, házi kerti termesztésre alkalmas fajta (ÁE 1998).

A kutatás eredményeként kidolgozott szárazság stressz teszt módszer „Eljárás a zöldbab növény szárazságtűrésének megállapítására laboratóriumi módszerrel” (Process for establishment of string beans

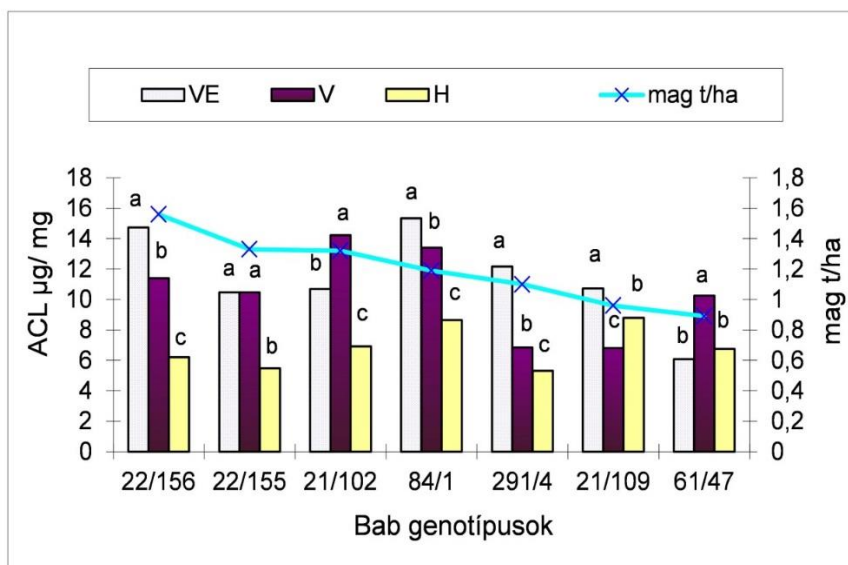
drought resistance use of laboratory method) ideiglenes szabadalmi oltalmat kapott (ügyiratszám: P0800072/8, bejelentő Agrona Bt.). A kidolgozott teszt módszer a zöldbab szárazságtűrésének megállapítására, a klímaváltozáshoz alkalmazkodó új fajták gyors vizsgálatára alkalmas eljárás. Alkalmazásával a szárazságtűrés vizsgálati ideje lerövidíthető, ezáltal nagyszámú genetikai alapanyag és fajta alkalmazkodóképessége gyorsan elbírálható.

3.2.2. Zöldbab vonalak szárazságtűrése szántóföldön

Szántóföldön, átlagos vízellátottság alatt az ACW antioxidáns aktivitás csekély, az ACL aktivitás mérsékelt, ennek következtében a sárgahüvelyű, „ceruza” hüvelytípusú zöldbab vonalak többsége szárazságra mérsékelt (RT, T) vagy gyenge védekezési reakciót mutatott. Aszályos évben a zöldbabvonalak védekezése a szárazság ellen intenzívebb volt, mint egy átlagos vízellátású évben, ami magas ACL antioxidáns termelésben és ACW szint mérsékelt emelkedésében nyilvánult meg.

Szántóföldön, virágzás előtt a levelek magas antioxidáns szintje (ACL, ACW) a zöldbabfajták szárazság elleni védekezését bizonyította, de a virágzás és hüvelyfejlődés alatt fellépő szárazság ellen a genotípusok védekezési mechanizmusa különbözött. Azok a vonalak rendelkeztek magas szárazság toleranciával, amelyek levelében virágzás alatt, a zsírban oldódó ACL antioxidánsok mennyisége csak kismértékben csökkent vagy képes volt újra termelődni a hüvelyérés alatt. Az eredmények szerint, a generatív szakaszban a levél ACL antioxidáns szintje 61%-ban befolyásolja a zöldbabfajták vetőmag termését (Nemeskéri et al. 2010). Száraz években, azok a „ceruza” hüvelytípusú, apró magvú genotípusok

tudtak 1 t/ha-tól nagyobb magtermést produkálni, amelyek levelében virágzás előtt magas volt az ACL antioxidánsok mennyisége, és virágzás alatt jelentősen nem csökkent/vagy nőtt (2. ábra).



2. ábra Sárgahüvelyű ceruzabab vonalak levél ACL antioxidáns tartalmának változása virágzás előtt (VE), virágzás alatt (V), hüvelyérés alatt (H) és a magtermés (Nemeskéri et al. 2012 nyomán)

3.3. Szántóföldi zöldségfajok vízhiány stressz reakciója

Korlátozott öntözési feltételek mellett, a fajták vízhasznosító képessége, a szárazságot elviselő képessége meghatározó a termőképességben. Szántóföldi körülmények alatt, a fajták vízhasznosító képességét, a vízforgalmat és fotoszintézist befolyásoló élettani tulajdonságok befolyásolják. Zöldség növényfajok vízhiányra adott válaszait, és ezzel összefüggő élettani tulajdonságokat azzal a céllal vizsgáltuk, hogy meghatározzuk, a leghatékonyabb tulajdonságokat szárazsághoz alkalmazkodó genotípusok kiválasztására, az öntözés és a várható termés előre jelzésére.

3.3.1. Zöldbabfajták vízhiány stressz reakciója

Vízhiányra a növények első reakciója a sztómák zárása. A sztómák zárásával csökken a transzspiráció, gátolt a levegőből a CO₂ felvétele és áramlása a sejtek között, ennek következtében a sztóma rezisztencia nő. Öntözés nélkül termesztett zöldbab virágzása alatt a sztóma rezisztencia magas (3 s/cm), a levél klorofill tartalma csökken, ennek eredményeképpen csökken a fotoszintetikus aktív fény abszorpciója, nő a visszaverődése (reflektancia), ami magas SPAD értékben nyilvánul meg. A fotoszintézis aktivitásának csökkenésével, a növények fejlődése gátolt, a kisebb levélfelületen csökken a fény hasznosulása és alacsony a normalizált differenciált vegetációs index (NDVI) továbbiakban spektrális vegetációs index. Mérsékelt vízhiányban, deficit öntözés mellett, a sztóma rezisztencia alacsony, kiegyensúlyozott a vízforgalom, ebben szerepe van a felső levéllemez sztóma sűrűségének. Azoknak a zöldbabfajtáknak, amelyeknél a virágzás és hüvelyfejlődés alatt alacsony (1-1,4 s/cm) a sztóma rezisztencia, zavartalan a levélfelület fejlődése,

magas az NDVI érték (0,83), javult a vízfogyasztás hatékonysága (Nemeskéri et al. 2018a, 2018b).

3.3.2. Zöldborsófajták vízhiány stressz reakciója

Zöldborsónál a sztóma rezisztencia a fajták érésidejétől, évek időjárási viszonyaitól és vízellátástól függően nagy varianciát mutatott. A zöldborsó fajták érésidejétől függően, csapadékos évben, virágzás és magfejlődés alatt a sztóma rezisztencia alacsony (1,15 és 1,35 s/cm), mérsékelt száraz évben 2,58 és 1,59 s/cm és aszályos évben magas (5,23 és 4,61 s/cm) volt (Nemeskéri és mtsai. 2015a).

Öntözés nélkül természetve, a legtöbb közép- és kései érésű fajta virágzása alatt, a sztóma rezisztencia magas, és jelentősen nem változik a hüvelyfejlődés alatt sem. Mérsékelt vízhiányban, deficités öntözés mellett, jelentős a fajták közötti különbség; virágzás alatt, a kései érésű félig levélnélküli (*afila*) fajta és a középérésű levélkés fajták érzékenyen reagáltak a vízhiányra, ekkor a sztóma rezisztencia meghaladta a 3 s/cm értéket. Virágzás alatt a vízhiány jelentősen nem befolyásolta a borsófajták levél klorofill tartalmát (SPAD), és az *afila* levél típusú fajta kivételével, a spektrális vegetációs index (NDVI) sem változott (Nemeskéri et al. 2015b).

3.3.3. Csemegekukorica hibridek vízhiány stressz reakciója

A tenyésztőtől függetlenül, szuperédes csemegekukorica hibridek címerhányása és nővirágzása alatt a sztóma rezisztencia magas (Nemeskéri és mtsai. 2017), de a levélfelület index (LAI) és a spektrális vegetációs index (NDVI) intenzív növekedése kimutatható (Nemeskéri et al. 2019b). A csemegekukorica hibridek vízhiány stressz érzékenységét a

sztóma rezisztencia változása jelzi. Az öntözés nélkül termesztett növényeknél, címerhányás alatt a sztóma rezisztencia meghaladta a 3 s/cm értéket, mérsékelt vízhiányban a legnagyobb értéket (3 s/cm) a kései érésű hibrid (GSS-2259) mutatott, de jó vízellátásban minden hibridnél a sztóma rezisztencia jelentősen csökkent (2 s/cm). Nővirágzás alatt szárazságban, legnagyobb sztóma rezisztencia értéket (3,5 s/cm) a középkorai GSS-1477 hibrid, mérsékelt vízhiányban, deficités öntözést alkalmazva, a legalacsonyabb sztóma rezisztenciát a középkései Overland mutatott.

Magas hőmérsékleten, vízhiányban, a levelek klorofill tartalma károsodik, csökken a fotoszintézis intenzitása. Címerhányás alatt, a SPAD értéke relatíve alacsony (40 SPAD) és a vízellátás jelentősen nem befolyásolta, de nővirágzás alatt értéke emelkedik és a hibridek eltérő módon reagáltak vízhiányra. Az NDVI változása elsősorban címerhányása alatt mutatható ki a hibridek között, ami összefügg a levélterület változásával, de nővirágzás alatt értéke csökken. Nővirágzás alatt, vízhiányra (I0, I0,5) legérzékenyebben, alacsony spektrális vegetációs indexszel (NDVI=0,70, és 0,69), a középkorai GSS-1477 hibrid reagált (Nemeskéri et al. 2019b).

3.3.4. Ipari paradicsom vízhiány stressz reakciója

A vízhiány és magas hőmérséklet együttes jelenléte befolyással van a fajták élettani folyamataira, vízfogyasztására és végső soron a termőképességre. Az Uno Rosso F₁ paradicsom fejlődési szakaszaiban fellépő vízhiányra különböző reakciót mutatott. Öntözés nélkül, korai bogyófejlődés (ST3) alatt mértük a legmagasabb (> 30 °C) lombfelület hőmérsékletet, ami deficités és rendszeres öntözés hatására jelentősen

csökkent. Vízhiányban, a virágzás és terméskötés alatt (ST2) előforduló 26 °C lombfelület hőmérsékletet a deficités és rendszeres öntözés egyaránt 20-23°C-ra csökkentette. Vízhiányban, a sztómák záródásával csökken a transzspiráció, nő a lombfelület hőmérséklete, ami végül termés csökkenéshez vezethet. Az hogy a paradicsom virágzás és terméskötés (ST2) alatt legérzékenyebb a vízellátásra, megerősíti a lombfelület hőmérséklet és sztóma konduktancia közötti kapcsolatot. Ebben a fejlődési szakaszban, a deficités és rendszeresen öntözött (50, 100%) növényeknél az alacsony lombfelület hőmérséklet magas sztóma konduktivitást eredményezett. Korai bogyófejlődés alatt (ST3), természetes csapadékellátásnál (0% öntözés), a növények magas lombfelület hőmérséklete alacsony sztóma konduktanciát okoz, ami a fotoszintézis intenzitás csökkenéséhez vezet. Ebben a fejlődési szakaszban (ST3) deficités (50%) öntözés mellett, 26 °C lombfelület hőmérséklet mellett a sztóma konduktancia relatíve magas maradt.

Környezeti stresszek alatt, a levelek fotokémiai reakciójának csökkenése miatt csökkenhet a klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm), és a klorofill tartalom. Bizonyos esetekben a klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) hasznos stressz indikátor, de nem minden növénynél korrelál a szárazság tűréssel (Nemeskéri et al. 2019a). Vízellátástól függetlenül, az Uno Rosso F₁ paradicsom virágzásának kezdetén (ST1) legnagyobb a klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm), ami intenzív fotoszintézist jelez. Súlyos vízhiányban, öntözés nélkül, a legalacsonyabb klorofill fluoreszcenciát (0,66 Fv/Fm) virágzás és terméskötés (ST2) és korai bogyófejlődés (ST3) alatt mértük, azonban a deficités és rendszeresen öntözött növényeknél magas (0,70-0,76 Fv/Fm) volt. Súlyos szárazságban, a virágzás és terméskötés illetve korai bogyóérés alatt, ha magas a SPAD érték (> 50),

akkor az Fv/Fm értéke alacsony, ami összefügg a klorofill tartalom változásával. Korai bogyófejlődés (ST3) alatt, deficités öntözés mellett a növényeknél a SPAD értéke mérsékelt, a rendszeresen öntözött növényeknél jelentősen csökkent az öntözés nélküli növényekhez képest.

3.4. Adaptív tulajdonságok, stressz markerek és termés kapcsolata

3.4.1. Zöldbabfajták adaptív tulajdonságai és termés kapcsolata

Tartósan alacsony talaj nedvességtartalomnál, a zöldbab gyökérzete jelentősen károsodik, ennek következtében csökken a víz és tápanyagfelvétel, csökken a levélterület. Ilyen körülmények alatt, a gyökér tömege mérsékelt hatással van a levélterület nagyságára ($r=0,3317$) a levél tömegére ($r=0,3544$) és a növény egyedek hüvelytermésére ($r=0,3962$), azonban szárazságtűrő genotípusoknál, a gyökér tömeg nagysága nagymértékben befolyásolja az egyedi hüvelytermést ($r=0,5171$, $r=0,6789$).

A növények a levélfelület csökkenésével, vastagabb levelekkel alkalmazkodnak a tartós vízhiányhoz, majd a levelekben beindul a különböző biokémiai folyamatok aktiválása, ozmotikus vegyületek, antioxidáns hatású vegyületek termelése. Zöldbab virágzása előtt a levélben a 9-12 $\mu\text{g}/\text{mg}$ összes zsírban oldódó (ACL) antioxidáns tartalom predesztinálja a maximális magtermést, a köztük lévő korreláció alapján ($r=0,779$). A maximális termés realizálását a fajták egyéb genetikai tulajdonságai és a virágzás alatti stressz reakciók befolyásolják, azonban a levelek ACL tartalmának mérésével elbírálhatjuk a genotípusok szárazság érzékenységének mértékét szántóföldön és szelekció végezhető a magtermés növelésére.

3.4.2. Zöldbabfajták, stressz markerek és termés kapcsolata

Szántóföldön, a szárazságtűrésre szelekció sikerét, a várható termés előrejelzését a stresszt jelző élettani tulajdonságok és a termés kapcsolata határozza meg. A vízhiány mértékétől függően, a fejlődési szakaszokban a stressz indikátorok részvétele a termésképzésben különböző. A sárgahüvelyű zöldbabfajták érzékenyebbek a vízhiányra, mint a zöldhüvelyűek, mivel súlyos vízhiányban, virágzás alatt a levélterület index (LAI) a sárgahüvelyű zöldbaboknál 60%-ban, a zöldhüvelyűeknél 45%-ban határozta meg a végső termés kialakulását. Mérsékelt vízhiányban, mindkét zöldbabtípusban a levélterület fejlettsége (LAI) és a spektrális vegetációs index (NDVI) hatása érvényesült a potenciális termésre, biomassza mennyiségére.

Lépcsős (stepwise) regressziós statisztikai modell megerősítette, hogy súlyos vízhiányban (öntözés nélkül) a zöldbabok virágzása alatt a levél relatív klorofill tartalma (SPAD) és LAI jelentősen ($R^2=0,428$), míg a teljes reprodukciós szakasz (virágzás + hüvelyfejlődés) alatt a vegetációs és spektrális indexek (LAI, NDVI) a meghatározók ($R^2=0,346$) a potenciális termés biztosításában. Mérsékelt vízhiányban (deficit öntözéssel) virágzás alatt, a LAI közvetlenül 43,8%-ban, a sztóma rezisztenciával és NDVI-vel együtt 51,4%-ban befolyásolja a zöldbabtermést, azonban ezt követően, a sztóma rezisztencia szerepe csökken, befolyása csak az egyedi termésképzésre (hüvelytermés g/növény) van. Virágzás és hüvelyfejlődés alatt, mivel a sztóma rezisztencia alacsony, a spektrális tulajdonságok (SPAD, NDVI) és LAI lesz a meghatározó a végső termés képzésben. Megállapítottuk, hogy deficit öntözés mellett, a zöldbab virágzása alatt mért sztóma rezisztencia, és a virágzás és hüvelyérés alatt

mért spektrális vegetációs index (NDVI), mivel szoros kapcsolatban van a levélterülettel, felhasználhatók a várható termés előre jelzésére (Nemeskéri et al. 2018a, 2018b).

3.4.3. Zöldborsófajták, stressz markerek és termés kapcsolata

A termesztési évektől és vízellátástól függően a zöldborsó virágzása alatt, a stressz markerek között lévő kapcsolat változik, és eltérő mértékben befolyásolják a várható termést. A vízellátás függvényében, az eltérő érésidejű fajták reakciói különböznek. Öntözés nélkül termesztett közép és kései érésű zöldborsófajtáknál, a levélfelület fejlettsége, a levélfelületen a klorofill tartalom mennyisége meghatározza a fotoszintézis intenzitását, ennek következtében a spektrális vegetációs index (NDVI) nagy hatással van a végső termésre. Mérsékelt vízhiányban, minden éréscsoportban a sztóma rezisztencia és NDVI szoros kapcsolatban van a vízfogyasztással. A sztóma rezisztencia mérésével, a korai és kései érésű fajtáknál 69-70%-os biztonsággal jelezhető a várható termés. Súlyos és mérsékelt vízhiányban egyaránt, a középérésű csoportban virágzás alatt a spektrális vegetációs index (NDVI) méréssel, nagyobb biztonsággal (39-54%), a sztóma rezisztencia mérésével kisebb mértékben, 29-23% valószínűséggel jelezhető a várható termés nagysága.

A zöldborsó fejlődési szakaszai alatt azonban a stressz markerek részvétele a termés kifejlődésében különböző mértékű. Lépcsős (stepwise) regressziós statisztikai modell kimutatta, hogy szárazságban (öntözés nélkül), zöldborsó virágzása alatt a sztóma rezisztencia és SPAD együttesen jelentős mértékben ($R^2=0,620$), a virágzás és hüvelyfejlődés alatt mérsékeltlen ($R^2=0,423$) vesznek részt a potenciális termés

kialakításában, de nincs jelentős szerepük az egyedi termésképzésben (magtermés g/növény). Mérsékelt vízhiányban (deficités öntözést alkalmazva), a stressz markereknek nincs jelentős befolyása a termésre; zöldborsó virágzása alatt a sztóma rezisztencia a levélfelülettel (LAI) együtt 22,8%-ban, később a hüvelyfejlődés alatt az NDVI-vel együtt 20%-ban járulnak a végső termés kialakításához, azonban ezek az értékek módosulhatnak a különböző érésidejű zöldborsófajtáknál.

3.4.4. Csemegekukorica hibridek, stressz markerek és termés kapcsolata

Száraz körülmények alatt, öntözés nélkül, a csemegekukorica hibridek címerhányása alatt a SPAD növekedésével nő a sztóma rezisztencia, és a magas sztóma rezisztencia mellett alacsony az NDVI értéke, ami összefügg a levélterület index alakulásával. Öntözés nélkül, a csemegekukorica hibridek címerhányás és nővirágzás alatt mért sztóma rezisztencia és növényenkénti fosztott cső tömege között szoros szignifikáns összefüggés ($r=0,62$, $r=0,61$) az egyedi termés értékelésére alkalmas (Nemeskéri és mtsai 2017), de nem alkalmas a várható termés előre jelzésére. Annak ellenére, hogy címerhányás alatt a levél klorofill tartalma (SPAD) és spektrális vegetációs index (NDVI) között szoros pozitív kapcsolat mutatható ki száraz körülmények alatt, ezek a tulajdonságok nem befolyásolták a termést sem címerhányás sem nővirágzás alatt. Mérsékelt vízhiányban, címerhányás alatt a sztóma rezisztencia és a növényenkénti fosztott cső tömeg között szignifikáns összefüggés ($r=0,69$), alkalmas lehet a hibridek vízhiánytűrésének értékelése (Nemeskéri és mtsai. 2017), de a sztóma rezisztencia sem

címerhányás sem nővirágzás alatt, nem alkalmas a várható termés előre jelzésére.

Mérsékelt vízhiányban, címerhányás alatt, a SPAD és NDVI pozitívan befolyásolja a cső átmérőt és növényenkénti fosztott cső tömegét, de nővirágzás alatt a SPAD hatása negatív, és az NDVI-nek nincs hatása a termésre. Vízhiányban, deficités öntözést alkalmazva, ha címerhányás alatt a SPAD értéke 46-49, hibridtől függően 23,5-26,7 t/ha termés várható, de nővirágzás alatt ez az érték 5,4-10,1%-kal alacsonyabb termést jelez a köztük lévő kapcsolat alapján (Nemeskéri et al. 2019b). *Megállapítható, hogy mérsékelt vízhiányban, a címerhányás alatt mért sztóma rezisztencia és fosztott cső tömeg között lévő összefüggés ($r=-0,69$), valamint a SPAD és NDVI fosztott cső tömege között lévő összefüggés ($r=0,6150$, $r=0,7648$) alapján az egyedi termés elbírálható, de hatásuk a potenciális termésre nem érvényesül.*

3.4.5. Ipari paradicsom, stressz markerek és termés kapcsolata

A vízhiány nagyobb változást okozott paradicsom virágzás és terméskötése alatt, mint korai bogyófejlődés alatt, ezért a vízforgalommal és fotoszintézissel kapcsolódó tulajdonságok és termés kapcsolatát ebben a fejlődési szakaszban értékeltük. Öntözés nélkül, virágzás és terméskötés alatt (ST2), szoros pozitív kapcsolat a SPAD és lombfelület hőmérséklet (CT) között, azt jelenti, hogy a magas CT következtében károsul a levelek klorofill tartalma, ezáltal csökken a fotoszintetikus fény abszorpciója, nő a visszaverődése (reflektancia), ami magas SPAD értékben nyilvánul meg. Ilyen körülmények alatt, a levél klorofill tartalma (SPAD érték) 74%-ban és a sztóma konduktancia 54%-ban befolyásolja a várható termést a köztük lévő összefüggés alapján, míg a növekvő lombfelület

hőmérséklet csökkenti a termést ($r = -0,9539$), de nő a termés szárazanyag tartalma (Brix^o) (Nemeskéri et al. 2019a).

Mérséklet vízhiányban, deficités öntözést alkalmazva, virágzás és terméskötés alatt a levél klorofill tartalma (SPAD), jelentősen befolyásolja a bogyó tömegét, a várható termést és a termés C-vitamin tartalmát. Súlyos és mérsékelt vízhiányban, a virágzás és terméskötés alatt a lombfelület hőmérséklet (CT) negatívan befolyásolja a bogyó tömegét, a várható termést. *Az eredmények alapján megállapítható, hogy virágzás és terméskötés alatt súlyos vízhiányban a magas SPAD érték alacsony sztóma konduktanciával társul, ami hatással van a bogyók tömegére és a potenciális termésre. Mérsékelt vízhiányban, a klorofill tartalom (SPAD) szerepe jelentős a termés képzésben. Optimális vízellátásban, az alacsony lombhőmérséklet alacsony SPAD értékkel társult és a magas sztóma konduktanciának jelentős hatása volt a paradicsom termés mennyiségére és minőségére.*

3.4.6. Stressz markerek és termés minőség

Hüvely és magérés alatt, a fotoszintézis aktivitás csökken, a növény növekedése leáll, elkezdődik az asszimiláták áthelyezése a levelekből a hüvelybe és magba. Száraz termesztési viszonyok ezt a folyamatot felgyorsítják, amelyben zöldbabsnál a levél klorofill tartalmának (SPAD) változása meghatározó. Szárazságban, a SPAD érték és zöldbabs hüvely szárazanyag tartalma között szoros szignifikáns a kapcsolat, azonban ez a kapcsolat a nyersrost tartalom és fehérje tartalom között évjárattól függ (Nemeskéri et al. 2018b).

A zöldborsótermés minősége szorosan összefügg az érettségi állapottal, a zsengeséggel, vagy az alkoholban nem oldódó

szárazanyaggal. Az ipari feldolgozásra a zöldborsó termés átvétele első osztályú minőségben 45-55 F° finométer fok mellett történik. Ennek biztosítéka a fajta, az optimális termesztési és betakarítási körülmények. Súlyos vízhiányban (száraz év + öntözés nélkül) a levél klorofill tartalom csökkenése következtében a fotoszintézis csökken, a magvak érése felgyorsul, így a zöldborsó levél klorofill tartalma (SPAD érték) szorosan összefügg a mag szárazanyag és fehérje tartalmával és jelzi a magvak zseneségének (F°) mértékét. 56 SPAD érték és 55 F° zseneség mellett a zöldborsó magvak fehérje tartalma 5,8-6,3% között, a cukor tartalma időjárástól függően 1,6-4,8% között változik a köztük lévő korreláció alapján. Mérsékelt vízhiányban (száraz év + deficit öntözés), a SPAD érték, az évek szárazságától függően, korrelált a zöldborsó magvak szárazanyag, fehérje és cukor tartalmával és zseneségével (F°).

3.5. Klasszikus és precíziós módszerek alkalmazása

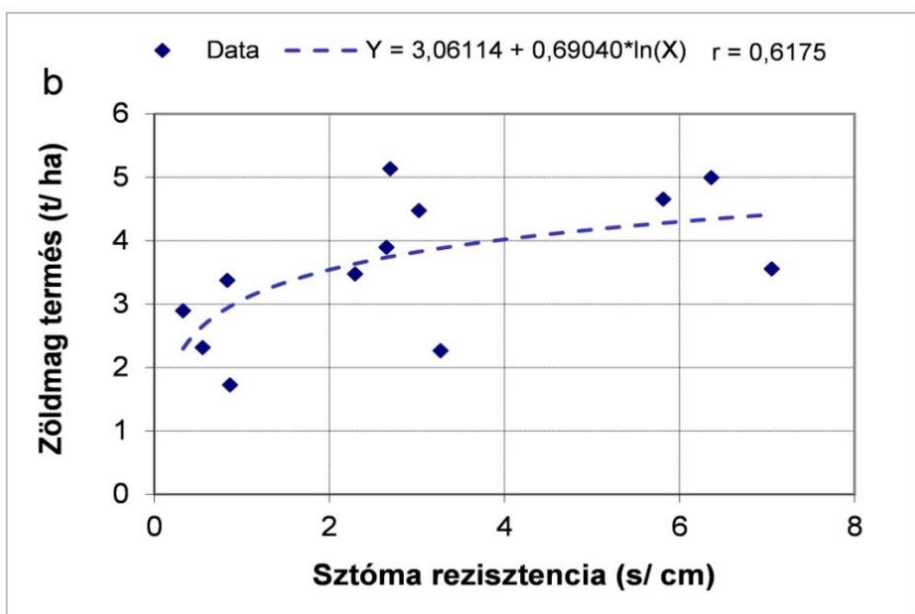
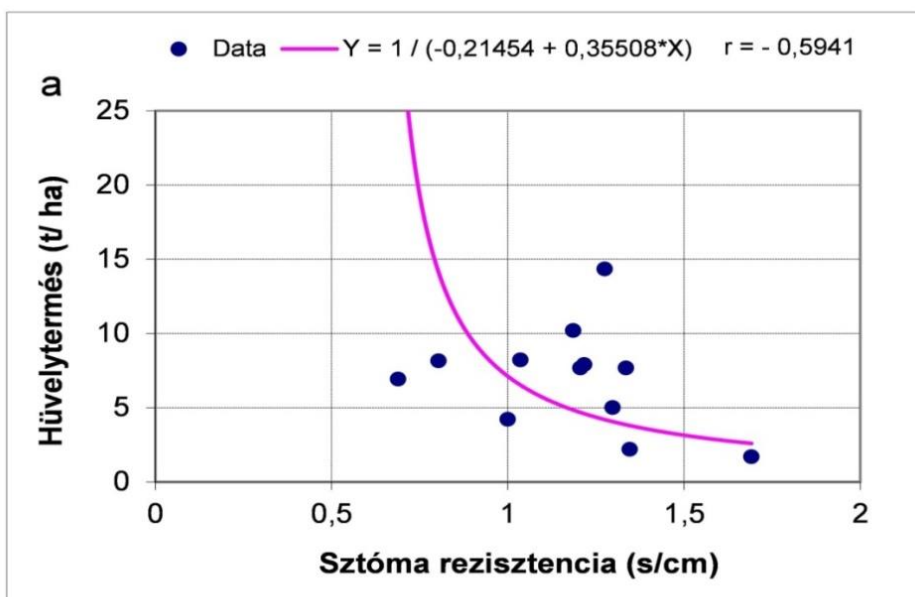
A növények szárazság elleni védekezésében, a vízforgalom és fotoszintézissel összefüggő tulajdonságok vizsgálata sérülésmentes módszerekkel, távérzékelési technikákkal lehetőséget adnak a tolerancia mértékének kimutatására, az öntözés és a várható termés előre jelzésére. A szárazságtűrésre nemesítés hatékonyságát javítja a termékkomponensek és vízfelhasználást befolyásoló tulajdonságok kapcsolatának feltárása, és felhasználása genotípusok szelekciójára. Azok az élettani tulajdonságok, amelyek mérése egy növényegyeden történik, lehetőséget adnak egy populációban korai szelekció végzésére, amennyiben ezek a tulajdonságok szoros kapcsolatban vannak a szárazság stressz indexekkel.

3.5.1. Szelekció stressz markerek alapján

A sztómák működése, biztosítva a transzspirációt, a levegőből a CO₂ felvételt és a sejteken belül áramlását, közvetett módon befolyásolja a növények fejlődését; nő a levél terület index, a nagyobb levélfelületen a fotoszintetikus pigmentek által elnyelt fényenergia hasznosulása fokozódik, nő a biomassza termelése. Ebben a folyamatban a vízhiány mértékétől függően változik a virágzás alatt mért sztóma rezisztencia és a potenciális termés kapcsolata.

Súlyos vízhiányban (öntözés nélkül) virágzás alatt, a vízfelvétel erősen korlátozott mindkét növényfajnál, ekkor a sztóma rezisztenciának nincs közvetlen kapcsolata a végső terméssel. Súlyos szárazságban szárazságtűrő genotípusok szelekciójára a sztóma rezisztencia nem alkalmas, SPAD mérésen alapuló szelekcióval kismértékű termésnövelés csak a zöldbabnál érhető el.

Mérsékelt vízhiányban, deficités öntözést alkalmazva, virágzás alatt alacsony sztóma rezisztencia (1,0 s/cm) alapján szelektálva 7,07 t/ha zöldbabtermés várható (3a ábra). Közép és kései érésű zöldborsóknál, nagyobb a sztóma rezisztencia (2,45 illetve 3,0 s/cm), ez alapján szelektálva 3,69 illetve 3,86 t/ha zöldborsótermés várható (3b ábra). Mérsékelt vízhiányban, a levél klorofill tartalma (SPAD) jelentősen nem befolyásolja sem a zöldbab sem a zöldborsó termését.



3. ábra Zöldbab (a) és zöldborsó (b) virágzása alatt mért sztóma rezisztencia és termés kapcsolata mérsékelt vízhiányban (2011-2013)

3.5.2. Szelekció stressz indexek alapján

A klasszikus módszerek, mint a terméskomponensen alapuló szelekció hatékonyságát, vagy a terméshozam mérésén alapuló különböző stressz indexek használatát a termesztési körülmények befolyásolják. Gyakran alkalmazzák a stressz tolerancia indexet (STI), ami az öntözött és szárazság stressz alatti termés viszonyán alapul (Fernandez 1992), vagy változó környezetben a termés stabilitás jellemzésére a stressz érzékenység indexet (SSI) (Fischer and Maurer 1978). Naghavi és mtsai. (2013) szerint a stressz tolerancia (STI) és érzékenységi (SSI) indexek, mivel kapcsolatban vannak a terméssel, felhasználhatók szárazságtűrő genotípusok szelekciójára. A stressz indexek számítását a zöldbabnál egy növényen képződő hüvelytermésre (egyedi termés g/tő) és terméshozamra (t/ha) végeztük, míg ezeket a zöldborsónál a zöldmag termésre vonatkoztattuk. Az értékelésbe a közép és kései zöldborsókat vontuk be, mivel virágzás alatt, stressz reakciók alapján érzékenyebbek voltak a szárazságra, mint a korai fajta.

A sztóma rezisztencia és a levél klorofill tartalom (SPAD érték) mérése egy növényegyeden történik, így feltételeztük, hogy lehetőség van egy populációban korai szelekció végzésére, amennyiben ezek a tulajdonságok szoros kapcsolatban vannak a stressz indexekkel, és a terméssel. Súlyos vízhiányban, zöldbabnál 0,28 STI_1 (g/tő) egyedi stressz tolerancia index alapján, a zöldborsónál 0,89 STI_1 (g/tő) alapján szelektálva az egyedi termés növelhető, de az erre alapozott szelekcióval a potenciális termés nem. Mérsékelt vízhiányban, zöldbabnál 1,07 STI_1 (g/tő) alapján szelektálva 5,74 t/ha várható. Ettől eltérően, közép és kései érésű zöldborsó genotípusok szelekciójára az egyedi termésre

vonatkoztatott stressz indexek (SSI_1 és STI_1 g/tő) nem alkalmasak, mivel nem korrelálnak a potenciális terméssel mérsékelt vízhiányban.

Megállapítható, hogy súlyos és mérsékelt vízhiányban mindkét növényfajnál az egyedi stressz tolerancia index (STI_1 g/tő) és a növényenkénti termés között szoros pozitív kapcsolat felhasználható az egyedi termés növelésére. Az egyedi stressz tolerancia (STI_1 g/tő) index és potenciális termés között nincs szoros kapcsolat, mivel az utódpopuláció növény állomány levélfelülete (LAI), vízfogyasztása, befolyásolja a várható termést.

Mérsékelt vízhiány alatt, hatékonyabb a szárazságra toleráns genotípusok szelekciója, mint súlyos vízhiányban. Ennek alapja a stressz tolerancia index (STI_2 t/ha) és termés kapcsolata. Annak ellenére, hogy súlyos és mérsékelt vízhiányban egyaránt, a zöldbabtermés és a STI_2 (t/ha) index között szignifikáns pozitív korrelációt ($r=0,9373$ és $r=0,9610$) mutattunk ki, hatékonyabb szelekciót mérsékelt vízhiány stressz alatt lehet végezni. Ilyen körülmények alatt, zöldbabsónál 1,27 STI_2 (t/ha) stressz tolerancia index alapján a várható potenciális termés 7,66 t/ha.

Közép és kései érésű zöldborsónál mindkét stressz index (STI , SSI t/ha) kapcsolatban van a potenciális terméssel, de a termés előrejelzés megbízhatóságát a sztóma rezisztenciával lévő kapcsolat, és a vízhiány mértéke befolyásolja. Súlyos vízhiányban, a STI_2 (t/ha) index és a termés között szoros ($r=0,9373$) korreláció van. Mérsékelt vízhiányban, a zöldborsótermés és stressz tolerancia index (STI_2 t/ha) között lévő szoros összefüggés ($r=0,9239$) alapján, a szelekciót 0,94 STI_2 (t/ha) index alapján végezve 3,94 t/ha zöldborsótermés várható.

3.5.3 Szárazságtűrésre szelekció szántóföldön

Szárazságtűrésre nemesítésben szelekcióra a stressz tolerancia (STI) indexet abban az esetben tartották alkalmasnak, ha a genotípusok magtermését jól öntözött és korlátozott vízellátás alatt tesztelve, az így szelektált genotípusok mindkét környezetben magas termés potenciállal rendelkeztek (Jafari et al. 2009, Cabello et al. 2013). A stressz indexeket (STI, SSI) több növényfajnál a genotípusok vízhiány stressz rezisztenciájának tanulmányozására használták, azonban zöldbab és zöldborsónál erre vonatkozóan hiányosak az ismereteink.

Felmerült a kérdés, hogy közvetlenül a sztóma rezisztencia és SPAD mérésekkel vagy stressz indexek alapján végezhető szelekció a szárazságtűrés növelésére szántóföldön. Amennyiben a növények fejlődési szakaszai alatt a vízhiány stresszre adott válaszok befolyásolják a potenciális termést, a stressz indikátorok egy populációban korai szelekcióra felhasználhatók. Az eredmények azt mutatták, hogy súlyos szárazságban, szárazságtűrő zöldbab és zöldborsó genotípusok szelekciója közvetlenül sztóma rezisztencia alapján nem eredményes.

Mérsékelt vízhiányban, figyelembe véve a virágzás alatti sztóma rezisztencia mértékét, zöldbabnál alacsony (1,0 s/cm) sztóma rezisztencia mellett 7,07 t/ha termés, amennyiben a szelekció 1,27 STI₂ (t/ha) alapján történik 7,66 t/ha, míg egyedi stressz tolerancia index (STI₁ g/tő) alapján alacsonyabb, 5,74 t/ha zöldbabtermés várható. Közép és kései érésű zöldborsófajták virágzása alatt nagyobb (2,45 s/cm) sztóma rezisztencia mellett 3,69 t/ha termés várható a köztük lévő összefüggés alapján. Ha a szelekció 0,94 STI₂ (t/ha) stressz tolerancia index mellett történik 3,94

t/ha zöldborsótermés, míg 1,18 SSI₂ (t/ha) stressz érzékenység index alapján 10 %-kal alacsonyabb termés (3,56 t/ha) várható.

Mérsékelt vízhiányban, a virágzás alatt mért SPAD érték közvetlenül nem befolyásolta sem a zöldbab sem a zöldborsó termését, ezért szárazságtűrő genotípusok szelekciójára nem alkalmas.

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Egy szárazságtűrő fajta előállítása hosszú folyamat, ami csökkenthető a genotípusok stressz reakcióinak értékelésével kontrollált körülmények alatt. A kontrollált körülmények alatt korlátozott számú genotípus vizsgálata végezhető, azonban az itt kapott szárazságtűrés tesztelési eredmény általában különbözik a szántóföldi kísérleti eredményektől. A fejlett gyökérrendszerrel, optimális levélfelülettel rendelkező genotípusok kiválasztása eltérő időjárási, termesztési környezetben a genotípus x környezeti kölcsönhatás miatt hibákkal terhelt, lassú a genetikai haladás. A folyamat gyorsítása laboratóriumi vizsgálatokkal a stresszre adott válaszok alapján, és precíziós, távérzékelési módszerekkel élettani tulajdonságok mérése alapján lehetséges.

A szárazságtűrés folyamatában különböző anyagcseretermékek, enzimek, antioxidáns hatású vegyületek képződnek a stresszek káros hatásának mérséklésére. Antioxidáns hatású vegyületek, mint stressz indikátorok- a genotípusok adaptációs képességétől függően- változó mennyiségben képződnek a növényi szövetekben. Szántóföldi kísérletben, nagyobb számú zöldbab genotípus szárazságtűrése virágzás és terméskötés alatt jól elbírálható a levelek összes zsírban oldódó

antioxidáns vegyületek (ACL) mennyisége alapján, a kidolgozott teszt módszer alkalmazásával.

A vízforgalommal és fotoszintézissel összefüggő tulajdonságok sérülésmentes mérési módszerekkel vizsgálható és lehetőséget ad a genotípusok közötti tolerancia szint kimutatására, az öntözés és a várható termés előre jelzésére. Azok az élettani tulajdonságok,- amelyek mérése egy növényegyeden történik-, lehetőséget adhatnak egy populációban korai szelekció végzésére, amennyiben ezek a tulajdonságok szoros kapcsolatban vannak a stressz indexekkel.

A hipotézist, hogy a virágzás alatt az élettani tulajdonságok mérésével helyettesíthető a stressz indexekre alapozó szelekció zöldség hüvelyesek szárazságtűrésre nemesítésben, részben igazolták eredményeink. A szelekció sikerét a növény egyeden mért stressz markerek (sztóma rezisztencia, SPAD) és várható termés kapcsolata, valamint az egyedi termésre (g/növény) illetve potenciális termésre (t/ha) vonatkoztatott stressz indexek és a termés közötti kapcsolat jellege határozza meg.

Súlyos vízhiányban, a zöldbabnál és zöldborsónál az egyedi termésre vonatkoztatott stressz tolerancia index (STI_1 g/tő) alapján szelektálva az egyedi termés növelhető, de a potenciális termés nem. Mérsékelt vízhiányban sikeres a szelekció végzése; zöldbabnál a virágzás alatt mért sztóma rezisztencia alapján közel azonos termés várható, mintha a stressz tolerancia index (STI_2 t/ha) alapján szelektálnánk a vonalak között. Ez azt igazolta, hogy sztóma rezisztencia mérésével a klasszikus, termés mérésén alapuló STI indexre épülő szelekció kiváltható és korán elvégezhető.

Zöldborsónál, kiemelten a közép és kései érésűeknél, ha virágzás alatt sztóma rezisztencia nem haladja meg a 3,0 s/cm értéket, akkor a szárazságtűrő genotípusok szelekciója a stressz tolerancia index (STI₂ t/ha) és sztóma rezisztencia felhasználásával hasonló eredményre vezet.

Mérsékelt vízhiányban, csemegekukorica hibridek címerhányása alatt a sztóma rezisztencia és fosztott cső tömeg között lévő összefüggés, valamint a SPAD és NDVI fosztott cső tömege között lévő összefüggés alapján az egyedi termés elbírálható, de hatásuk a potenciális termésre nem érvényesül.

Ipari paradicsom virágzása és terméskötése alatt a stresszt jelző tulajdonságok, mint a lombfelület hőmérséklet, a klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm) és levél klorofill tartalom (SPAD) változása, meghatározó a termésre, a bogyók szárazanyag és C vitamin tartalmára. Az öntözés nélkül termesztett ipari paradicsom terméskötés és korai bogyófejlődés alatt a klorofill fluoreszcencia alacsony, a SPAD érték magas, és amikor a lombfelület hőmérséklet magas (> 30 °C) akkor a sztóma konduktancia alacsony és a termés csökken. Súlyos vízhiányban a SPAD és sztóma konduktancia jelentősen befolyásolja a bogyók tömegét és a potenciális termést, míg mérsékelt vízhiányban a klorofill tartalom (SPAD) szerepe jelentős a termés képzésben. A lombfelület hőmérséklet függetlenül a vízellátástól negatívan befolyásolja a bogyók tömegét és a potenciális termést.

Az elemzések szerint, élettani tulajdonságokon alapuló vizsgálatok, mint egy alternatív módszer, lehetőséget ad szárazságban a szántóföldi zöldség növényeknél a környezeti stresszek elleni tolerancia szint megállapítására, a várható termés előre jelzésére és a nemesítésben a genetikai haladás növelésére.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Hüvelyes növényfajok csíranövényeinek magas hőmérséklet tolerancia javítására a gyökér növekedése alapján végezhető szelekció (Nemeskéri 2004).
2. Az antioxidáns vegyületek mérése alapján laboratóriumi tesztmódszert fejlesztettünk ki, ami alkalmas zöldbab genotípusok szárazságtűrő képességének értékelésére szántóföldi körülmények alatt (Nemeskéri et al. 2008, 2010).
3. Zöldbab generatív szakasza alatt a levelek zsírban oldódó antioxidáns (ACL) tartalma jelentősen befolyásolja a magtermés mennyiségét, és felhasználható nagy magtermést biztosító fajták kiválasztására (Nemeskéri et al. 2012).
4. a) Megállapítottam, hogy súlyos vízhiányban (öntözés nélkül) termesztett zöldbabok virágzása alatt a levél klorofill tartalma (SPAD) és levélterület index (LAI) részvétele jelentős ($R^2=0,428$) a termés kifejlésztésében, azonban a virágzás és hüvelyfejlődés alatt ebben meghatározó szerepe a levélfelület (LAI) és spektrális (NDVI) indexeknek van ($R^2=0,346$).
b) Mérsékelt vízhiányban, (deficit öntözéssel) zöldbab virágzása alatt, a LAI 43,8%-ban közvetlenül, a sztóma rezisztenciával és NDVI-vel együtt nagyobb mértékben vesz részt a potenciális termés kialakításában ($R^2=0,514$).
5. Kimutattam, hogy a sárgahüvelyű zöldbabok igen érzékenyek a vízhiányra, mivel súlyos vízhiányban a klorofill tartalom (SPAD), míg mérsékelt vízhiányban a SPAD, a felső levél lemez sztóma sűrűsége és a sztóma rezisztencia jelentősen befolyásolja az egyedi és potenciális termést (Nemeskéri et al. 2018a, 2018b).

6. a) Megállapítottam, hogy súlyos vízhiányban (öntözés nélkül), zöldborsó virágzása alatt a sztóma rezisztencia, a klorofill tartalom (SPAD) és LAI részvétele jelentős ($R^2=0,62$) a potenciális termés kialakításában.
b) Mérsékelt vízhiányban a sztóma rezisztencia és LAI együttesen csak kismértékben befolyásolják (22,8%) a zöldborsótermést, de részvételük a termésképzésben a fajták érésidjétől függ.
7. A stressz markerek (sztóma rezisztencia, SPAD) és a stressz indexek felhasználhatók a termés előre jelzésére, mivel
 - a) súlyos vízhiányban zöldbabnál a SPAD és a stressz tolerancia index (STI_2), a közép és kései érésű zöldborsóknál a stressz érzékenység index (SSI_2) és STI_2 alkalmas a termés előre jelzésére.
 - b) Mérsékelt vízhiányban mindkét növényfajnál a sztóma rezisztencia és a stressz tolerancia index (STI_2) szoros kapcsolatban van a terméssel.
8. Megállapítottam, hogy szántóföldön a szárazságtűrésre szelekció hatékonysága a stressz körülményektől függ;
 - a) Súlyos vízhiányban, zöldbab és zöldborsónál az egyedi stressz tolerancia index (STI_1 g/tő) alapján szelektálva a növényenkénti termés növelhető, de a potenciális termés nem.
 - b) Mérsékelt vízhiányban, zöldbab genotípusok szelekciója a virágzás alatt mért sztóma rezisztencia alapján, az egyedi stressz tolerancia index (STI_1 g/tő) és STI_2 (t/ha) index alapján egyaránt végezhető. A közép és kései érésű zöldborsó genotípusok szelekciója a virágzás alatt mért sztóma rezisztencia alapján és a stressz tolerancia index (STI_2 t/ha) alapján is elvégezhető.

9. Megállapítottam, hogy aszályos években, száraz körülmények alatt a zöldbab és zöldborsónál egyaránt a SPAD érték szorosan korrelált a termés szárazanyag és fehérje tartalmával, azonban mérsékelt vízhiányban, zöldborsónál hatással volt a termés minőségére és zsengeségére (F°) ($r=0,7028$, $r=0,6236$), de nem befolyásolta a zöldbab minőségét.
10. Mérséklet vízhiányban, csemegekukorica hibridek címerhányása alatt a sztóma rezisztencia, SPAD és NDVI az egyedi termés (fosztott cső tömege) elbírálására alkalmas, de hatásuk nem érvényesül a potenciális termés alakulására.
11. Ipari paradicsom virágzása és terméskötése alatt
 - a) súlyos vízhiányban a SPAD és sztóma konduktancia jelentősen befolyásolja a bogyók tömegét és a potenciális termést.
 - b) Mérsékelt vízhiányban a klorofill tartalom (SPAD) szerepe jelentős a termés képzésben, de a lombfelület hőmérséklet negatívan befolyásolja a termés nagyságát és minőségét.
 - c) Jó vízellátásban, a klorofill fluoreszcencia (F_v/F_m), SPAD és levélfelület hőmérséklet kapcsolatban vannak a sztóma konduktanciával, de csak a sztóma konduktanciának van jelentős hatása a paradicsom termésére és minőségére.

6. SAJÁT KÖZLEMÉNYEK JEGYZÉKE

6.1. A dolgozat alapjául szolgáló tudományos közlemények

Nemeskéri E (1990a). Zöldbab fajták vízfelhasználásának és stressztűrőképességének vizsgálata. Kertgazdaság XXII. évf. 2. sz. 24-34.

Nemeskéri E (1990b). Correlations of the root and yield influential factors on breeding to water stress tolerant French bean. Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch. Wiss., Berlin, 297, S. 87-93.

Nemeskéri E (1990c). Zöldbab fajták vízhasznosításának vizsgálata tájfajták bevonásával. Kandidátusi értekezés, (Magyar Tudományos Akadémia Tudományos Minősítő Bizottság) 1991, Budapest 124,

Nemeskéri E (2001). Water deficiency resistance study on soya and bean cultivars. Acta Agron Hung 49 (1), 83-93.

Nemeskéri E (2004) Heat tolerance in grain legumes. Bodenkultur 55. Band /Heft 1/ 3-11. **IF: 0,062 (Q4)**

Nemeskéri E (2006). Breeding strategy for improvement of colour quality and carotenoid levels in dry pea seeds. Communications in Biometry and Crop Science 1 (1), 49-55. <http://agrobiol.sggw.waw.pl/cbcs>

Nemeskéri E (2007). Génforrások értékelése szárazságtűrés és termés minőség javítására a szárazborsó nemesítésben. Debreceni Egyetem Agrártudományi Közlemények, 27, 105-111.

Nemeskéri E, Remenyik J, Fári M (2008). Studies on the drought and heat stress response of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties under phytotronic conditions. Acta Agron Hung 56 (3), 321-328. **(Q2)**

Nemeskéri E, Sárdi E, Remenyik J, Kőszegi B, Nagy P (2010). Study of defensive mechanisms against drought of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. Acta Physiol Plant 32 (6), 1125-1134. **IF: 1,344 (Q2)**

Nemeskéri E, Molnár K, Víg R, Dobos A, Nagy J (2012). Defence strategies of annual plants against drought. In: *Advances in Selected Plant Physiology Aspects* (eds. Guisepppe Montanaro and Bartolomeo Dichio) 2012 IntechOpen Croatia, Chapter 6. 133-158.

Nemeskéri E, Molnár K, Dobos ACs (2015a). Különböző tenyészidejű borsófajták (*Pisum sativum* L.) vízhasznosítása eltérő vízellátás alatt. *Növénytermelés* 64 (1), 57-76 p.

Nemeskéri E, Molnár K, Vigh R, Nagy J, Dobos A (2015b). Relationships between stomatal behaviour, spectral traits and water use and productivity of green peas (*Pisum sativum* L.) in dry seasons. *Acta Physiol Plant* 37, 34 **IF: 1,563 (Q2)**

Nemeskéri E, Molnár K, Dobos ACs (2017). Csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. *saccharata*) sztóma működése, és hatása a növekedésre és terméskomponensekre eltérő vízellátás alatt. *Növénytermelés*, 66 (1), 75-95.

Helyes L, Böcs A, Nemeskéri E* (2018). Víztakarékos öntözés hatása az ipari paradicsom termésmennyiségére és minőségére. *Kertgazdaság, Horticulture* 50 (4), 3-9.

Nemeskéri E, Molnár K, Pék Z, Helyes L (2018a). Effect of water supply on water use related physiological traits and yield of snap beans in dry seasons. *Irrigation Sci* 36 (3):143-158. **IF: 2,440 (D1)**

Nemeskéri E, Molnár K, Helyes L (2018b). Relationships of spectral traits with yield and nutritional quality of snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in dry seasons. *Arch Agron Soil Sci* 64 (9), 1222-1239. **IF: 1,681 (Q2)**

Nemeskéri E, Helyes L (2019). Physiological Responses of Selected Vegetable Crop Species to Water Stress. *Agronomy* 9 (8), 447 **IF: 2.603 (Q1)**

Nemeskéri E, Neményi A, Bócs A, Pék Z, Helyes L (2019a). Physiological Factors and their Relationship with the Productivity of Processing Tomato under Different Water supply. *Water* 11 (3), 586; **IF: 2,544 (Q1)** <https://doi.org/10.3390/w11030586>

Nemeskéri E, Molnár K, Rácz Cs, Dobos ACs, Helyes L (2019b). Effect of Water Supply on Spectral Traits and Their Relationship with the Productivity of Sweet Corns. *Agronomy* 9 (2), 63; **IF: 2.603 (Q1)** <https://doi.org/10.3390/agronomy9020063>

Nemeskéri Eszter (2024). Szárazságtűrő borsófajták nemesítése: helyzet és kilátások. Irodalmi áttekintés. *Kertgazdaság, Horticulture* 56 (1), 30-42.

6.2. A dolgozat fő témáihoz kapcsolódó tudományos közlemények

M'hamdi, O, Égei M, Pék Z, Ilahy R, Nemeskéri E, Helyes L, Takács S* (2023). Root Development Monitoring under Different Water Supply Levels in Processing Tomato Plants. *Plants* 12, (20) 3517 **IF: 4,5 (Q1)** <https://doi.org/10.3390/plants12203517>

Nemeskéri E, Horváth KZs, Andryei B, Ilahy R, Takács S, Neményi A, Pék Z, Helyes L (2022). Impact of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Inoculation on the Physiological Response and Productivity Traits of

Field-Grown Tomatoes in Hungary. Horticulture 8(7), 641. 1-16p. **IF: 2,923 (Q1)** <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070641>

Nemeskéri E (1994). Investigation of the adaptability of legumes in the Hungarian climate. *In: Breeding Fodder Crops for Marginal Conditions* (eds. O. A. Rognli, E. Solberg and I. Schjelderup) Proceedings of the 18th Eucarpia Fodder Crops Section Meeting Loen, Norway 25-28 August 1993, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp 69-80.

Nemeskéri E, Győri Z, Benedek Á (1994). Effect of Hungarian growing conditions on seed quality of shelling beans. *In: Third Congress of the European Society for Agronomy Proceedings, Padova University* (eds. M. Borin and M. Sattin) pp 612-614.

Nemeskéri E (1997). The nutritive quality of legume foodstuffs produced under dry growing conditions. *Acta Agron Hung* 45 (1), 17-22.

Győri Z, Nemeskéri E*, Szilágyi Sz (1998). Legumes Grown Under Nonirrigated Conditions. *J Agric Food Chem* 46 (8), 3087-3091. **IF: 1,434** (* corresponding author) **(Q1)**

Nemeskéri E (2000). A szárazbabtermesztés hatékonyságát befolyásoló tényezők vizsgálata. *Növénytermelés* 49, 1-2, 141-151. **IF: 0,246 (Q4)**

Nemeskéri E, Nagy L (2003). Influence of growth factors on yield and quality of dry beans. *Acta Agron Hung* 51 (3), 307-314.

Nemeskéri E, Győri Z (2005). Micronutrients and seed quality of pea (*Pisum sativum* L.) varieties susceptible to *Fusarium oxysporum*. *Acta Agron Hung* 53 (2), 211-222.

Nemeskéri E, Nagy P (2008). Effect of drought stress and protective mechanism in French beans. In: „Modern Variety Breeding for Present and Future Needs”. Eds. J. Prohens and M.L. Badenes Proceedings of the 18th. EUCARPIA General Congress, 9th-12th September 2008, Publisher Editorial Universidad Politécnica de Valencia Valencia, Spain pp.441-444. ISBN 978-84-8363-302-1

Nemeskéri E, Remenyik J, Nagy P (2009). Antioxidánsok zöldbabfajták biotikus stresszek elleni védekezésében. Erdei Ferenc Tudományos konferencia (szerk. Ferencz Árpád) Kecskeméti Főiskola Kertészeti Főiskolai Kar, Kecskemét, 74-7 (I kötet), 286-290. ISBN 978-963-7294

Molnár K, Víg R, Dobos A, Nemeskéri E (2011). The crop condition and productivity of green pea and green bean under extreme water supply. 10th Alps-Adria Scientific Workshop. Opatija, Croatia, 2011. 60. suppl. 3. 369-372. DOI: 10.1556/Novenyterm.06.2011.Suppl.3.

Dobos A, Molnár K, Nemeskéri E, Vig R (2012). The effect of water supply on the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). (Növénytermelés) Crop production. Vol. 61. 2012. Suppl. pp. 407-410.

Nemeskéri E (2012). Relationship between Nutritional Quality of Beans and Growing Conditions. In: Beans: Nutrition, Consumption and Health (eds. Elena Popescu and Ivan Golubev) 249-264pp. Nova Sciences Publishers, Hauppauge NY., USA ISBN: 978-1-62100-042-6

Molnár K, Rácz Cs, Dövényi-Nagy T, Bakó K, Nemeskéri E, Nagy J, Dobos ACs (2015). A csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. *saccharata*) termésének és vízhasznosításának változása eltérő vízellátottság mellett. Növénytermelés 64 (2), 73-90.

6.3. További közlemények

Nemeskéri E (1985). Zöld és szárazbab nemesítése a Nyíregyházi Kutató Központban. Vetőmag Agroinform 12 (2), 30-32.

Nemeskéri E (1986). Fajtainnováció a babtermesztésben. Vetőmag Agroinform XIII. (3), 35-55. ISSN 0236-8315

Nemeskéri E (1988). Yield analysis of French bean. Acta Hortic No. 220. 493-498. ISBN 90 6605 182 5

Nemeskéri E (1989). Genetikai tartalékok a babnemesítésben, különös tekintettel a szélsőséges ökológiai viszonyokra. "A mezőgazdaság fejlesztésének várható irányai és hatásai". Nyíregyháza, 155-161.

Nemeskéri E (1990). Különböző szárazbabfajta-típusok termőképességének és minőségének vizsgálata. Növénytermelés, Tom. 39. No.2. 121-129. **IF: 0,009**

Nemeskéri E (1990). Hatékonyságnövelő tényezők a szárazbabtermesztésben. In: "Tessedik Sámuel Tiszántúli Mezőgazdasági Tudományos Napok" szerk Lakatos Dénes, Debrecen, (konferencia 1990 okt 28) pp. 221-223.

Nemeskéri E (1992). Change of the quality of yield during the seed development in *Phaseolus vulgaris* L., In: "Reproductive Biology and Plant Breeding" XIIIth EUCARPIA Congress Angers, France July 06-11th 1992. Book of Poster Abstracts 699-701.

Csontos Gy, Nemeskéri E, Pepó Pál, Pepó Péter (1993). A biológiai, ökológiai, termesztési tényezők és termésminőség kapcsolata

/Interrelationship of biological, ecological cultivation factors and product quality). Agrártudományi Közlemények Debreceni Agrártudományi Egyetem 125 éves jubileumi kiadása. No 2. 239-243.

Nemeskéri E (1995). Bab fajták felhasználásának új lehetőségei Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei Tom. XXXI. Debrecen, 1995. 311-320.

Nemeskéri E (1998). Az öntözés hatása a szója és a szárazbab termésére és táplálkozási minőségére. Öntözéses gazdálkodás, Öntözéses Kutató Intézet, Szarvas, 43-54. ISSN 0474-2214

Nemeskéri E (1999). Hüvelyes növények élelmi minősége és jelentősége a táplálkozásban. Öntözéses gazdálkodás, Öntözéses Kutató Intézet, Szarvas, 107-117. ISSN 0474-2214

Nemeskéri E (2002). Investigation of some production factors on yield and quality of dry beans. Int J Hortic Sci 8 (2), 83-88.

Nemeskéri E (2003). Szárazságtűrés és táplálkozási minőség eltérő hasznosítású babfajtákban. In: „Integrált kertészeti termesztés” SZAB Kertészeti munkabizottságának tudományos ülése Szerk. Takácsné Hájos Mária, Tessedik Sámuel Főiskola, Mezőgazdasági, Víz-és Környezetgazdálkodási Főiskolai Kar, Szarvas, 65-71 p. ISBN 963 210 3505

Nagy L, Nemeskéri E (2003). Mikroöntözési módszerek hatása a száraz bab fajták morfológiai és agronómiai tulajdonságaira. In: „Integrált kertészeti termesztés” Szerk. Takácsné Hájos Mária, Tessedik Sámuel

Főiskola, Mezőgazdasági, Víz-és Környezetgazdálkodási Főiskolai Kar,
Szarvas, 73-78 p. ISBN 963 210 3505

Nemeskéri E (2007). Water relations of sour cherries. *Int J Horti Sci* 13
(3) 103-107.

Nemeskéri E (2007). Water relations of apple and influence on fruit
quality. *Int J Horti Sci* 13 (3), 59-63.

Nemeskéri E (2008). A gyümölcsösök aszálykárainak mérséklése és az
öntözés. „Klíma-21” Füzetek, Klímaváltozás –Hatások- Válaszok, 53. 76-
88. ISSN 1789-428X

Nemeskéri E, Lakatos L (2008). A meggyültetvények vízgazdálkodása és
öntözése. *In: Meggyültetvények létesítése és termesztéstechnológiája*
(szerk: Nyéki J. Soltész, M., Szabó, T) pp. 45-54. Debreceni Egyetem,
AMTC Kutatási és Fejlesztési Intézet, Debrecen, 4032, Böszörményi
u.138 ISBN 978 963 9732 377

Nemeskéri E, Lakatos L, Immik E (2008). Wasserhaushalt und
Bewässerung von Sauerkirschanlagen. *In: Sauerkirschenbau* (eds.: Nyéki
J., Soltész M., Szabó T., Hilsendegen P., Hensel G.) pp.45-51. NKTH
project OM-00270/2008 und OM-00042/2008. ISBN 978-963-9732-81-
10

Nemeskéri E. (2009). Irrigation of Pear. *Int J Horti Sci* 15 (1-2), 65-73.

Nemeskéri E, Sárdi É, Kovács-Nagy E, Stefanovits Bányai É, Nagy J,
Nyéki J, Szabó T (2009). Studies on the drought responses of apple trees
(*Malus domestica* Borkh.) grafted on different rootstocks. *Int J Horti Sci*
15 (1-2), 29-36.

Nemeskéri E, Sárdi É, Szabó T, Nyéki J (2010). Ecological drought resistance and adaptability of apple varieties. *Int J Hortic Sci* 16 (1), 113-122.

Nemeskéri E, Soltész M, Szabó Z, Nyéki J (2010). SPAD-502 műszer felhasználása szárazságtűrés értékelésére alma ültetvényekben. *Agrár-és Vidékfejlesztési szemle 2010. vol 5. (1) supplement pp. 287-292* CD issue ISSN 1788-5345 „Agriculture and Countryside in the Squeeze of Climate Change and Recession” IX Oszkár Wellmann International Scientific Conference, Hódmezővásárhely, 22nd April 2010..

Nemeskéri E (2011). Almafajták szárazság tűrőképessége és aszályérzékenysége. „Klíma21” Füzetek 64. 12-21. ISSN 1789-428X

Nemeskéri E (2011). Növényi morfológia szerepe az alma vízkészlet-gazdálkodásában. In: Almaültetvények vízkészlet-gazdálkodása (szerk. Tamás János) 61-76. ISBN 978-963-9732-99-5

Molnár K, Víg R, Nemeskéri E, Dobos A (2012). A vízellátottság és az évjárat hatása eltérő genotípusú csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. *saccharata* Koern.) hibridek termőképességére. *Agrártudományi Közlemények*, 2012/50. 203-210.

Kovács-Nagy E, Nemeskéri E, Sárdi É (2013). Az almafák szárazságtűrése és a szénhidrátok közötti kapcsolat. In: „Kémia, Környezettudomány, Fenntarthatóság” (könyv) Kémia Intézet Tudományos Ülése, Sopron, Komarno, Magyarország 2013. augusztus 29. Sopron, Kiadó: Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, pp. 29-33 ISBN 978-963-334-147-6

Molnar, K, Dobos ACs, Nagy J, Nemeskéri E, Dövényi-Nagy T., Rácz Cs, Bakos KL (2014). The effect of water supply on yield and water use of green bean *In: ESA Book of Abstracts* (Eds: Péter Pepó and József Csajbók) 13th ESA Congress, 25-29 August 2014, Debrecen, Hungary, Publisher: University of Debrecen, Debrecen, Hungary pp. 91-92. ISBN 978-963-473-723-0

Nemeskéri E, Kovács-Nagy E, Nyéki J, Sárdi É (2015) Responses of apple tree cultivars to drought: carbohydrate composition in the leaves. *Turk J Agric For* 39 (6), 949-957. **IF: 1,311 (Q2)**

Nemeskéri E, Kovács-Nagy E, Sárdi É (2017) Relationships between the biochemical characteristics and spectral traits of leaves and the productivity of apple trees in organic and integrated production systems. *Biol Agric Hortic* 33 (2), 97-114. **IF: 1,106 (Q2)**

Nemeskéri E, Horváth K, Pék Z, Helyes L (2019). Effect of mycorrhizal and bacterial products on the traits related to photosynthesis and fruit quality of tomato under water deficiency conditions. *Acta Hortic* 1233 (1), 61-66. **IF: 0,23 (Q4)**

Pék Z, Szuvandzsiev P, Neményi A, Tuan LA, Bakr J, Nemeskéri E, Helyes L (2019). Comparison of a water supply model with six seasons of cherry type processing tomato. *Acta Hortic* 1233 (1), 41-46. **IF: 0,23 (Q4)**

Horváth KZs, Helyes L, Nemeskéri E (2019). Növekedést segítő baktériumok hatása ipari paradicsom fotoszintézisére és termésére vízhiányban. In: *Növénynevelés a 21. század elején: kihívások és válaszok szerk. Karsai Ildikó. XXV. Növénynevelési Tudományos Nap*

2019. 86-89pp. Kiadó: MTA Agrártudományok Osztályának Növénynevelési Tudományos Bizottsága, Budapest. Konferencia ideje 2019. márc.6-7. ISBN: 978-963-8351-45-6.

Andryei B, Horváth KZs, Nemeskéri E (2019). The effects of water supply on the physiological traits and yield of tomato. Acta Agraria Debrecensis, 2019, 2019-2, 25-30.

Andryei B, Horváth KZs, Ráth Sz, Nemeskéri E, Neményi A, Pék Z, Helyes L (2020). Effect of plant growth promoting Rhizobacteria (PGPRS) on yield and quality of processing tomato under water deficiency. Acta Agraria Debrecensis 2020-2, 19-22.

Horvath KZs, Andryei B, Helyes L, Pek Z, Nemenyi A, Nemeskeri E* (2020). Effect of mycorrhizal inoculations on physiological traits and bioactive compounds of tomato under water scarcity in field conditions. Not Bot Horti Agrobot Cluj Napoca 48 (3), 123-1247. **IF: 1,144 (Q3)**

Nemeskéri E, Le AT, Bakr J, Posta K, Neményi AB, Pék Z, Takács S, Helyes L (2023). Application of mycorrhizae and rhizobacteria inoculations in the cultivation of processing tomato under water shortage. Acta Agraria Debrecensis, 2023/2, 111-118.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönöm a Nyíregyházi Vetőmagkutató Intézet (jogutódja: Debreceni Egyetem ATK Nyíregyházi Kutatóintézet) egykori tudományos osztályvezetőjének Dr. Bukai Józsefnek, hogy tanácsaival segítette növénynevelési munkámat és szorgalmazta tudományos képzésemet,

biztosította kezdeti kutatásaim kísérleti és anyagi feltételeit. Sajnos ő már nem olvashatja ezeket a szavakat.

Köszönöm a Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum (ATC) Növénytermesztési tanszék munkatársainak, hogy a szárazbab nemesítési kísérletek kivitelezésében segítségemre voltak. Köszönettel tartozom az Agrona Bt. (Debrecen) igazgatójának, Nagy Pálnak, hogy biztosította a zöldborsó, zöldbab illetve szárazborsó nemesítés munkafeltételeit, a létrehozott új fajták elterjesztését, megismertetését.

Köszönetem szeretném kifejezni Dr. Nagy Jánosnak, a Debreceni Egyetem korábbi rektorának, aki lehetővé tette, hogy 10 éves egyetemi oktatás, kutatás kényszerű kihagyása után, mint egyetemi docens ismét részt vehettem a Növénytudományi Doktori Iskola keretében az oktatásban és az ATC jelentős kutatási projektjeiben. Köszönettel tartozom Dr. Nyéki Józsefnek, a Szaktanácsadási és Fejlesztési Intézet egykori igazgatójának (ATC), aki lehetővé tette az almafajták szárazság stressz reakciójának vizsgálatát és az eredmények nemzetközi megismertetését. Sajnos már ő sem olvashatja ezeket a szavakat.

Hálás köszönettel tartozom Dr. Helyes Lajos professzornak, a Szent István Egyetem korábbi tudományos rektor helyettesének, a Kertészettudományi Intézet korábbi igazgatójának, aki lehetővé tette, hogy kutató munkát, PhD hallgatók tudományos munkájának irányítását tudjam végezni a SZIE egyetemen (jogutódja: MATE), és biztosította, hogy az eredmények rangos nemzetközi folyóiratokban jelenjenek meg. Szeretném megköszönni a Kertészettudományi Intézet munkatársainak, Dr. Neményi András egyetemi docensnek, Dr. Pék Zoltán professzornak a

kísérletek kivitelezésében, eredmények publikálásában, a cikkek lektorálásában nyújtott segítségét.

Köszönöm dr. Sárdi Éva MTA doktora, a Szent István Egyetem (jogutódja: MATE) Genetika és Növénynevelés tanszék címzetes egyetemi tanárának, a szakmai és emberi támogatását és hogy biztatott az értekezés elkészítésére.

Szeretném megköszönni családomnak a támogatást és az értekezés elkészítéséhez nyújtott segítséget.

8. IRODALOMJEGYZÉK

Cabello R, Monneveux P, De Mendiburu F, Bonierbale M (2013). Comparison of yield based drought tolerance indices in improved varieties, genetic stocks and landraces of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Euphytica*, 193, 147-156.

Fernandez GCJ (1992). Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. *In: Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress, Taiwan 13-16 August 1992, 257-270 p.*

Fischer RA, Maurer R (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agr. Res.* 29, 897-912.

Heckathorn SA, Giri A, Mishra S, Bista D (2014). Heat stress and roots. *In Climate Change and Plant Abiotic Stress Tolerance, Tuteja N, Gill S, Eds.; Wiley Blackwell, Weinheim, Germany, pp. 109-136.*

- Huang B, Rachmilevitch S, Xu J (2012). Root carbon and protein metabolism associated with heat tolerance. *J. Exp. Bot.* 63, 3455-3465.
- Jafari A, Paknejad F, Al-Ahmadi M (2009). Evaluation of selection indices for drought tolerance of corn (*Zea mays* L.) hybrids. *Int. J. Plant Prod.* 3, 33-38.
- Naghavi MR, Pouraboughadareh A, Khalili M (2013). Evaluation of Drought Tolerance Indices for Screening Some of Corn (*Zea mays* L.) Cultivars under Environmental Conditions. *Not. Sci. Biol.* 5 (3), 388-393.
- Nemeskéri E (1990a). Zöldbab fajták vízfelhasználásának és stressztűrőképességének vizsgálata. *Kertgazdaság*, XXII. Évf. 2 sz. 14-34.
- Nemeskéri E. (1990b). Correlations of the root and yield influential factors on breeding to water stress tolerant French bean. *Tag.-Ber., Akad. Landwirtsch. Wiss., Berlin*, 297, S. 87-93.
- Nemeskéri E (2001). Water deficiency resistance study on soya and bean cultivars. *Acta Agronomica Hungarica*, 49 (1), 83-93.
- Nemeskéri E (2004). Heat tolerance in grain legumes. *Bodenkultur*, 55(1), 3-11.
- Nemeskéri E (2006). Breeding strategy for improvement of colour quality and carotenoid levels in dry pea seeds. *Commun. Biometry Crop Sci.* 1 (1), 49-56.
- Nemeskéri E (2007). Génforrások keresése szárazságtűrés és termés minőség javítására a szárazborsó nemesítésben. *Agrártudományi Közlemények*, 27, 105-111.

Nemeskéri E, Remenyik J, Fári M (2008). Studies on the drought and heat stress response of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties under phytotronic conditions. *Acta Agronomica Hungarica*, 56 (3), 321-328. DOI: 10.1556/AAgr.56.2008.3.8

Nemeskéri E, Sárdi É, Remenyik J, Kőszegi B, Nagy P (2010). Study of the defensive mechanism against drought in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *Acta Physiol. Plant.* 32:1125-1134. DOI 10.1007/s11738-010-0504-z

Nemeskéri E, Molnár K, Víg R, Dobos A, Nagy J (2012). Defence strategies of annual plants against drought. In: *Advances in Selected Plant Physiology Aspects* (eds. Guiseppe Montanaro and Bartolomeo Dichio) IntechOpen Croatia ISBN 979-953-307-288-2, DOI 10.5772/1874 Chapter 6. 133-158pp.

Nemeskéri E, Molnár K, Dobos ACs (2015a). Különböző tenyészedjű borsófajták (*Pisum sativum* L.) vízhasznosítása eltérő vízellátás alatt. *Növénytermelés* 64 (1), 57-75.

Nemeskeri E, Molnar K, Vigh R, Nagy J, Dobos A (2015b). Relationships between stomatal behaviour, spectral traits and water use and productivity of green peas (*Pisum sativum* L.) in dry seasons. *Acta Physiol. Plant.* 37(2), 1-16.

Nemeskéri E, Molnár K, Dobos ACs (2017). Csemegekukorica (*Zea mays* L. convar. *saccharata*) sztóma működése, és hatása a növekedésre és terméskomponensekre eltérő vízellátás alatt. *Növénytermelés*, 66 (1), 75-95.

Nemeskéri E, Molnár K, Pék Z, Helyes L (2018a). Effect of water supply on water use related physiological traits and yield of snap beans in dry seasons. *Irrig. Sci.* 36 (3), 143-158. DOI: 10.1007/s00271-018-0571-2

Nemeskéri E, Molnár K, Helyes L (2018b). Relationships of spectral traits with yield and nutritional quality of snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in dry seasons. *Arch. Agron. Soil Sci.* 64 (9), 1222-1239. DOI: 10.1080/03650340.2017.1420903

Nemeskéri E, Neményi A, Bócs A, Pék Z, Helyes L (2019a). Physiological Factors and their Relationship with the Productivity of Processing Tomato under Different Water supply. *Water* 11 (3), 586. doi: 10.3390/w11030586

Nemeskéri E, Molnár K, Rácz Cs, Dobos ACs, Helyes L (2019b). Effect of Water Supply on Spectral Traits and Their Relationship with the Productivity of Sweet Corns. *Agronomy*, 9(2), 63. doi:10.3390/agronomy9020063