



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

**MAGYAR AGRÁR-ÉS ÉLETTUDOMÁNYI
EGYETEM**

**Eltérő termesztéstechnológiák és tápanyagellátás hatása
különböző batáta fajták terméshozamára és
fitonutriens-összetételére**

DOI: 10.54598/006770

DOKTORI (PhD.) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

BALÁZS VIKTOR

GÖDÖLLŐ

2025

A doktori iskola

megnevezése: Növénytudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Prof. Dr. Helyes Lajos

Egyetemi tanár, az MTA doktora

MATE, Kertészettudományi Intézet

Témavezető(k): Prof. Dr. Helyes Lajos

Egyetemi tanár, az MTA doktora

MATE, Kertészettudományi Intézet,

Zöldség- és Gombatermesztési tanszék

Dr. Takács Sándor

tudományos munkatárs, PhD

MATE, Kertészettudományi Intézet,

Zöldség- és Gombatermesztési tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető(k) jóváhagyása

1. A munka előzményei, célkitűzések

A batáta (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.), vagy más néven batáta, a világ első tíz legfontosabb élelmiszer növénye közé tartozik a FAO globális rangsorában (FAO, 2024). A trópusi és szubtrópusi régiókban kiemelt fontossággal bír, mivel számos fejlődő országban alapvető táplálékforrásként szolgál, magas polifenol és karotinoid tartalmának köszönhetően, de egyre növekvő szerepet kap a fejlett országokban is, ahol a fogyasztói igények az egészséges, funkcionális élelmiszerek irányába tolódnak el. A batáta jelentősége nemcsak a pozitív táplálkozás élettani szerepében és gasztronómiai értékében rejlik, hanem abban is, hogy széles körű felhasználhatóságot kínál az állati takarmányozás és az ipari alkalmazások területén. Globális szinten a batáta termesztése jelentős mennyiségeket ér el, az utóbbi években meghaladta a 92 millió tonnát, amelynek felét Kína adja (FAO, 2024). A legjelentősebb termőterületek Ázsiában találhatók, de Afrika, Amerika és Óceánia is jelentős részt képvisel. Európában, bár a termesztés kisebb léptékű, olyan országok, mint Portugália, Spanyolország, meghatározóak az európai belpiacot illetően. Magyarországon a batáta termesztése az elmúlt években egyre nagyobb népszerűsége miatt, részben az egészségtudatos fogyasztói szokások és a fenntartható gazdálkodási megoldások iránti növekvő keresletnek köszönhetően. Továbbá a megváltozott klimatikus tényezők miatt termesztése egyre hatékonyabbá válik, amely versenyképessé teszi más gumós növények termesztése mellett hazánkban is.

Annak ellenére, hogy a batáta hazai termesztése több évtizedes múltra tekint vissza, az alkalmazott termesztési technológiák nem egységesek, és a termelők még mindig számos kihívással szembesülnek. A hazai kutatásokban bővíteni kell a termőhely- és fajtaspecifikus kísérletek, amelyek bemutatják az optimális agrotechnikai megoldásokat, illetve a batáta ökológiai igényeihez leginkább illeszkedő technológiát. A batáta meghonosításával kapcsolatos első jelentős hazai törekvések az 1910-es években indultak el (Surányi, 1916), azonban az érdemi termesztési kísérletek a 20. század második felére datálhatók, olyan kutatók munkái révén, mint Horváth Lajos, aki Tápiószelén végzett kísérleteivel megalapozta a batáta hazai termesztéstechnológiáját. Az utóbbi években Ásotthalmon a Szegedi Tudományegyetem Mezőgazdasági Karának-, valamint Debreceni Egyetem Doktori Iskolájának kutatói is végeztek több termesztéstechnológiai szempontból hasznos, gyakorlatorientált vizsgálatot, illetve nemesítést a növény hazai adaptációjának elősegítése érdekében (Szarvas., 2021).

A batáta hatékony termesztése szempontjából kiemelt jelentőségű a megfelelő agrotechnikai gyakorlatok alkalmazása. Ide tartozik a talaj előkészítése, a

szaporítóanyag minősége, a különféle termesztési módszerek összehasonlítása, valamint a tápanyagutánpótlási stratégiák kidolgozása. E tényezők mind jelentős hatással vannak a termés mennyiségére és minőségére. A batáta különböző fajtái eltérő fiziológiai és agronómiai jellemzőkkel rendelkeznek, amelyek vizsgálata elengedhetetlen a sikeres termőhelyspecifikus termesztéshez. A kutatásommal szerettem volna hozzájárulni a batáta hazai termesztési eredményességének növeléséhez különböző termesztéstechnológiák és fajták beltartalmi, növényfiziológiai jellemzőinek vizsgálatával. Külön figyelmet kaptak a karotinoidok és antocianinok, mint biológiailag aktív vegyületek, amelyek antioxidáns tulajdonságaik révén jelentős táplálkozástudományi és élettani értékkel bírnak. A disszertáció eredményei hozzájárulnak a hazai termelők számára az optimális termesztési irányelvek kidolgozásához, miközben támogatják a batáta, mint fenntartható, egészséges és tápláló élelmiszer-alapanyag széles körű elterjedését Magyarországon.

Jelen kutatás célja, annak vizsgálata, hogyan befolyásolják a különböző termesztéstechnológiai módszerek – különös tekintettel a bakhátas és sík művelési módszerek, valamint a tőszám változtatása a narancssárga húsú Beauregard, Ásotthalmi 12, a lila húsú Purple, illetve a fehér húsú Murasaki-29 batáta terméshozamát, karotinoid és antocianin tartalmát. Továbbá annak feltárása, hogy a termesztéstechnológia, a növény-sűrűség és a tápanyag-utánpótlás hogyan befolyásolja a növények fiziológiai állapotát, különös tekintettel a relatív klorofilltartalmat (SPAD-index), a fotoszintetikus aktivitás egyik kulcsparaméterét, a klorofill-fluoreszcencia értékét (Fv/Fm), valamint a vegetációs indexet (NDVI). Továbbá ezen élettani változók kapcsolatának feltérképezése a terméshozammal, illetve a karotinoid- és antocianin tartalommal. Céлом volt az egyes fajták polifenol-, karotinoid- és antocianin vegyületeinek azonosítása és változásának meghatározása HPLC készülékkel. Az értekezés kiemelt célkitűzése volt a különböző kálium-, magnézium-szulfát és kén-tartalmú alap- és tápoldattal történő kijuttatási technológiák interaktív hatása a Beauregard és Purple fajták terméshozamára, karotinoid és antocianin tartalmára.

2. Anyag és módszer

A kísérleti munka két fő vizsgálati részből állt. Az első rész célja különböző batáta fajták termesztési-technológiai teljesítményének értékelése volt síkművelés és bakhátas művelési rendszer, valamint eltérő tőszám beállítások mellett, melyet a 2019-2020-as évben végeztem. A második kutatási rész során különböző, káliumban gazdag tápanyagutánpótlási rendszerek hatékonyságának összehasonlító elemzésére került sor, szintén több batátafajta bevonásával a 2021-2022 évben.

2.1 Kísérleti helyszín és környezeti feltételek bemutatása

2.1.1 Kísérleti helyszín talajadottságok

A kísérleti helyszín Heves településen található (GPS: 47°37'12,7" É 20°13'42,4" K). A talajszelvény alapján a terület sómentes és mészhányos, kötöttségét tekintve durva homok kategóriába tartozik. Talajtípus besorolása: főtípus-váztalaj; típus-futóhomok talaj; altípus-nem karbonátos futóhomok talaj. Humusztartalma igen gyenge, kémhatása pedig változó, a felszíni gyengén savanyú értékektől a mélyebb rétegekben a gyengén lúgosig változik. A szervesanyag-tartalom 1% alatti értékekkel jellemezhetjük.

2.1.2 Kísérleti helyszín klimatikus jellemzői 2019-2022

A kísérleti terület 2019–2022 közötti meteorológiai jellemzőit a HungaroMet adatszolgáltatása alapján elemeztem. A vizsgált időszakban az időjárási viszonyok jelentős évenkénti eltérést mutattak. A 2019-es év meleg és csapadékosan szélsőséges volt, a vegetációs periódusban 202,3 mm csapadékkal és 19,4 °C átlaghőmérséklettel. 2020-ban a csapadékeloszlás térben és időben inhomogén volt, a tenyészidőszak alatt 348,5 mm eső hullott, míg az éves középhőmérséklet 11,5 °C-ot tett ki. A 2021-es szezon kezdeti hűvösebb periódusai lassították a fejlődést, majd a nyári meleg és az októberi felmelegedés javította a betakarítási feltételeket, de a csapadék mennyisége alacsony (118,8 mm) maradt. A 2022-es év extrém aszályos és meleg volt (vegetációs időszak: 55,7 mm csapadék), amely bár jelentősen befolyásolta a körülményeket, a batáta aszálytűrő képességének köszönhetően részben kompenzálódott.

2.2 Művelési mód és növény-sűrűség hatása különböző batáta fajtákra - 2019-2020-as vegetációs év

A kutatás során négy batátafajta, a nemzetközileg elterjedt Beauregard és Murasaki-29, valamint a hazai nemesítésű Ásotthalmi-12 és a lila húsú Purple termesztéstechnológiai teljesítményét vizsgáltam. A vizsgálat célja annak meghatározása volt, hogy a különböző művelési módok és tőszám-beállítások milyen hatással vannak a batáta terméshozamára és beltartalmi paramétereire.

A kísérletben két művelési módot alkalmaztam: síkművelést (F) és bakhátas művelést (R). Ezeket kétféle tőszámmal kombináltam: szimplasoros (S) elrendezéssel 17 500 tő/ha, illetve ikersoros (T) elrendezéssel 35 000 tő/ha növény-sűrűségben. A Murasaki-29 fajta esetében kizárólag bakhátas művelést alkalmaztam, mivel gyakorlati tapasztalatok alapján a síkművelés során a betakarításkor jelentősen sérült a gumók epidermisze. A kísérletet négy ismétlésben állítottam be, egy parcella 200 növényt tartalmazott. A tenyészidőszak mindkét évben 120 napig tartott.

2.3 A tápanyagutánpótlási kísérlet során végzett szabadföldi vizsgálatok beállításának módszertana-2021-2022-és év

A vizsgálatot a 2021-es és 2022-es években, az előző kísérlettel megegyező helyszínen állítottam be. A kísérlet háromtényezős elrendezésben valósult meg. Az első tényező a fajta (Beauregard és Purple), a második az eltérő N-P-K összetételű alaptrágyázás, míg a harmadik tényező a tápoldatozás alkalmazása (tápoldatozott és tápoldat nélküli parcellák). A vizsgálat négy ismételtesben valósult meg, ahol egy parcellán belül kétszáz batáta palánta került kiültetésre. A teljes területre kijuttatott hatóanyag mennyiségeket és a beállítást az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat A kezelésenként kijuttatott teljes műtrágya hatóanyag mennyiség Beauregard és Purple fajta esetében

Szabadföldi kísérlet	Kódnév	Alaptrágyázás (Teljes kg/ha)			Összes tápoldat (Teljes kg/ha)		
Fajta		K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgSO ₄	SO ₃
I. kísérlet							
Beauregard	BP-I	120	33	46	0	0	0
Beauregard	BL-I	120	33	46	797	33	66
Beauregard	BC	0	0	0	0	0	0
II. kísérlet							
Beauregard	BP-II	263	73	101	0	0	0
Beauregard	BL-II	263	73	101	797	33	66
Beauregard	BC	0	0	0	0	0	0
III. kísérlet							
Purple	LP-I	120	33	46	0	0	0
Purple	LL-I	120	33	46	797	33	66
Purple	LC	0	0	0	0	0	0
IV. kísérlet							
Purple	LP-II	263	73	101	0	0	0
Purple	LL-II	263	73	101	797	33	66
Purple	LC	0	0	0	0	0	0

2.4 Növényfiziológiai mérések

A vegetációs időszak során a batátaállomány fiziológiai állapotát klorofill-fluoreszcencia, relatív klorofilltartalom (SPAD-index) valamint a levelek reflektancia mérésével értékeltem. A méréseket SPAD 502 Plus készülékkel végeztem, a felső levélemelet fiatal, már kifejtett levelein, parcellánként 20 méréssel, a kezelésenként négyismétléses kísérleti elrendezésnek megfelelően. A klorofill-fluoreszcencia vizsgálatához- a sötétadaptációt követően- PAM-2500 fluorométert használtam, amely a fotoszintetikus aktivitás egyik

kulcsparaméterét, az Fv/Fm értéket mérte. A levelek mérése dél körüli órákban történt, szintén 20 ismétléssel parcellánként.

A batátaállomány levélreflektancia-mérését kifejezett, fiatal, felső levélemeleti részeken végeztem el, az ASD FieldSpec HandHeld 2 hordozható spektrométer (Malvern Panalytical) alkalmazásával. A mérések a 325–1075 nm közötti hullámhossztartományban történtek. Minden egyes parcellán belül négy ismétlést hajtottam végre.

2.5 Élelmiszeranalitikai mérések

Az élelmiszeranalitikai vizsgálatok során a karotinoidok és fenolos vegyületek kivonását és mennyiségi meghatározását nagy teljesítményű folyadékkromatográfiás készülékkel (HPLC) végeztem. Parcellánként 20 gumó került begyűjtésre melyek reprezentálták a kezelésre jellemző átlagos gumó méretet, ami 250-700 g között változott. A karotinoidok kinyerését egy korábbi protokoll szerint végeztem (Daoud et al., 2014). A karotinoidok extrakciója metanol-n-hexán keverékkel történt, a detektálást C30-oszlopon, diódasoros detektorral (DAD) végeztem. A vegyületek azonosítása standard anyagok és irodalmi adatok alapján történt, a β -karotin hozamát a koncentráció és a terméshozam alapján kg/ha-ban számítottam. A fenolos vegyületek kivonása ortofoszforsavas etanolos oldattal történt, a HPLC-analízis C18 fázisú oszlopon, 1% ortofoszforsav és acetonitril gradiens elúcióval zajlott. A vegyületek kvantifikálása referencia-standardokkal történt; az antocianinok delfinidinklorid-egyenértékben lettek kifejezve. Az összes antocianin hozamot szintén a koncentráció és terméshozam alapján számítottam ki kg/ha értékben.

2.7 Statisztikai vizsgálatok

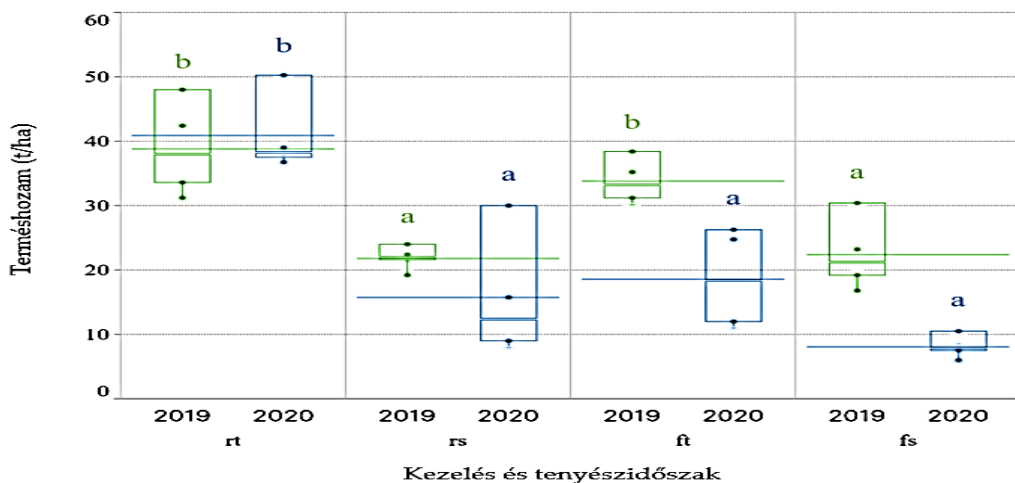
Az összegyűjtött adatokat és a kezelések közötti különbségeket ANOVA-teszt segítségével elemeztem, míg a kezelések közötti átlagok összehasonlítására Tukey-tesztet alkalmaztam. A változók közötti lineáris kapcsolat erősségét Pearson-korrelációval állapítottam meg. A grafikonokat Scimago graphica (v1.0.42) (SCImago Lab, Granada, Spanyolország), Microsoft Excel (v2108), és az R stúdióban a 'metan' csomaggal hoztam létre. Az eltérő művelési módok és a növényesűrűség hatását a terméshozamra a beltartalmi paraméterekre az Fv/Fm és a SPAD értékekre két- és három tényezős-ANOVA teszttel vizsgáltam az egyéni interakciók megállapítása érdekében, valamint Tukey-posthoc tesztet alkalmaztam. A SPAD, az Fv/Fm és a fő karotinoid, valamint antocianin komponensek koncentrációjának mért paraméterein a hozamon főkomponens-elemzést végeztem (PCA). A Pearson-féle korreláció vizsgálat segítségével a vegetációs periódus során a különböző időpontokban elvégzett méréseket értékeltem a hozam és a SPAD értékek közötti összefüggések alapján.

3. Eredmények és azok megbeszélése

3.1. Beauregard fajta termesztéstechnológiai vizsgálatának eredményei

3.1.1 A különböző termesztési módszerek és a növényesűrűség hatása a Beauregard fajta terméseredményére

Az RT (bakhát, ikersor) kezelés mindkét tenyészidőszakban szignifikánsan magasabb termésszintet produkált a Beauregard fajta esetében. 2019-ben átlagosan 38,79 t/ha, 2020-ban pedig 40,87 t/ha-t. Ez azt jelenti, hogy az RT kezelés 44, 13, illetve 42%-kal nagyobb termést hozott 2019-ben az RS, FT és FS kezelésekhez képest. Emellett a 2020-as vegetációs időszakban az RT 61, 55, illetve 80%-kal meghaladta az RS, FT és FS kezelést (1. ábra).



1. ábra Az eltérő termesztés technológiai módszerek hatása a Beauregard fajta terméshozamára. Rövidítések: R-bakhát, F-Sík, T-ikersor, S-szimplasor. Színezés: zöld - 2019-es vegetációs időszak - és kék - 2020-as vegetációs időszak. A különböző betűk az egyes termesztési időszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$)

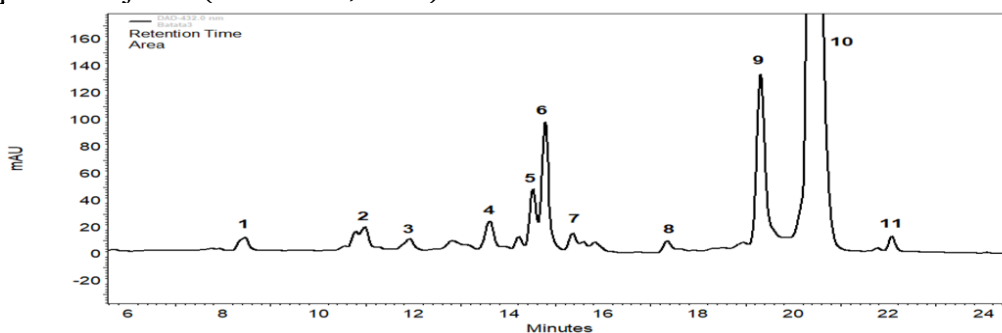
3.1.2 A termesztéstechnológia és a növényesűrűség hatása a növényfiziológiai változásokra Beauregard fajta esetében

A relatív klorofill tartalom mérése során mindkét évben az RT kezelések eredményezték a legmagasabb SPAD-értékeket, különösen a szezon első felében. A 2020-as év során mért értékek minden kezelésnél magasabbak voltak a 2019-es eredményekhez képest, ami a kedvező évjárat hatását jelezte.

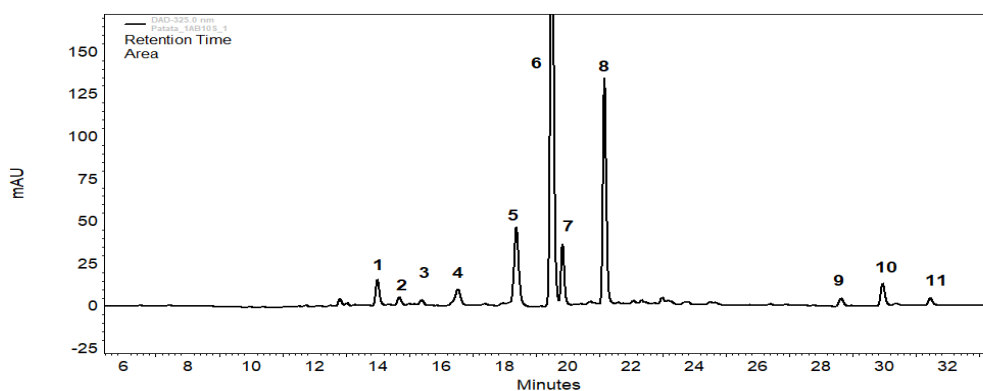
A 2019-es év klorofill fluoreszcencia eredményei alapján elmondható, hogy az RS és RT művelési módok magasabb Fv/Fm értékeket mutattak. A 2020-as kísérlet során az eltérő művelési módszerek közötti különbség kevésbé volt jelentős. A mért paraméterek alapján igazolható, hogy a növényesűrűségnek volt jelentősebb szerepe a klorofill-fluoreszcencia Fv/Fm értékek alakulásában. A legmagasabb értékeket mindkét évben az RT termesztési módszernél tapasztaltam.

3.1.3 Beauregard batáta polifenol- és karotinoid-profiljának analitikai meghatározása

A Beauregard fajta bioaktív komponenseinek HPLC-analízise során 11 különböző karotinoidot és több jelentős polifenol vegyületet sikerült azonosítani. A karotinoid profilban a β -karotin dominált, amely az A-vitamin fő provitaminjaként kiemelkedő táplálkozás-élettani jelentőséggel bír. További provitamin-A aktivitással bíró vegyületek (pl. α - és β -kriptoxantin), valamint hő-, fény- és oxidációs hatásra képződő izomerek és epoxidált formák is jelen voltak, amelyek befolyásolhatják a biológiai hasznosulást (2.ábra). A polifenolok közül a klorogénsav volt a meghatározó, emellett különböző caffeoyl- és feruloyl-quinic konjugátumokat, illetve nagyobb molekulatömegű di-észtereket detektáltunk (3.ábra). E vegyületek, különösen a hidroxifahéjsav származékok, széles körű antioxidáns, antimikrobiális, antidiabetikus és neuroprotektív hatással rendelkeznek, ezáltal fontos szerepet játszhatnak krónikus betegségek megelőzésében (Silva et al., 2015).



2. ábra Beauregard batatából kinyert karotinoidok HPLC profilja. 1: Mutatoxanthin, 2: Luteoxanthin, 3: Auroxanthin, 3: Apo-karotinoid, 5: β -karotin-epoxid, 6: α -kriptoxanthin, 7: β -kriptoxantin, 8: ζ -karotin, 9: *cis*- β -karotin, 10: β -karotin, 11: γ -karotin



3. ábra Beauregard batatából kinyert polifenolok HPLC profilja 1: feruloyl-quinic-sav, 2: kávéssav, 3: kumarinsav és 4: caffeoylquinic-sav-isomer, 5: caffeoylquinic-sav-isomer 2, 6: klorogénsav, 7: di-caffeoylquinic-sav, 8: di-feruloylquinic-sav, 9: di-caffeoyl-glükózid, 10: di-caffeoyl, 11: di-feruloyl

3.1.4 Az eltérő művelési módok és a növényesűrűség hatása a Beauregard batáta karotinoid tartalmára

Az alacsonyabb koncentrációban jelenlévő karotinoidok, mint a $\text{cis-}\beta$ -karotin és a ζ -karotin tartalma nem mutatott szignifikáns különbséget az eltérő termesztéstechnológiai beállítások során. Hasonló eredményt publikáltak egy másik kutatásban, ahol szintén nem mutatott szignifikáns hatást a tőszám és a művelési mód a $\text{cis-}\beta$ -karotinra, valamint a ζ -karotinra. (Islam et al., 2016).

A szimpla sorok esetében a β -karotin koncentráció hasonlóan magas volt. A legmagasabb karotinoid-tartalmat mutató RS kezeléshez képest 19, illetve 31%-kal alacsonyabb koncentráció volt megfigyelhető az RT és FT kezeléseknél.

A 2020-as tenyészidőszakban a legmagasabb β -karotin és összes karotinoid szintet a bakhátba ültetett szimplasorok produkálták, hasonlóan az előző évhez. Az RS kezelés 12, 6, illetve 15%-kal haladta meg az, RT, FT és FS kezelésben mért β -karotin koncentrációt.

Összességében a két év adatainak elemzése azt mutatja, hogy a vizsgált kombinációk hatással vannak a batáta élelmezés szempontjából fontos karotinoid paramétereire, ezen belül a növényesűrűség a meghatározóbb faktor. A karotinoid-tartalom szempontjából mindkét vizsgálati évben a bakhátban termesztett szimplasorok mutatták a legmagasabb karotinoid szintet (2. táblázat). Az eredményeket vizsgálva kiderült, hogy az RT kezelés hozta a legmagasabb β -karotin hozamot mindkét vegetációs periódusban, annak ellenére, hogy az RS kezelésből vett mintákban volt a legmagasabb koncentráció.

2. táblázat A különböző művelési módok és a növényesűrűség hatása a batáta gumók karotinoid tartalmára ($\mu\text{g/g}$). A különböző betűk az egyes tenyészidőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$), ns-nem szignifikáns.

2019	β -karotin	$\text{cis-}\beta$ -karotin	ζ -karotin	összes karotinoid
FS	244,5 $\pm$ 37,6 a	16,5 $\pm$ 17,7 a	1,7 $\pm$ 0,2 a	283,9 $\pm$ 21,4 ab
FT	170,9 $\pm$ 17,0 b	14,0 $\pm$ 3,3 a	1,0 $\pm$ 0,2 a	202,0 $\pm$ 16,0 c
RS	247,0 $\pm$ 2,0 a	21,7 $\pm$ 7,9 a	1,4 $\pm$ 0,6 a	297,4 $\pm$ 18,2 a
RT	200,9 $\pm$ 34,7 ab	18,4 $\pm$ 3,1 a	1,5 $\pm$ 0,4 a	240,8 $\pm$ 36,2 bc
P-Érték	<0,01	ns	ns	<0,001
2020	β -karotin	$\text{cis-}\beta$ -karotin	ζ -karotin	összes karotinoid
FS	204,6 $\pm$ 17,0 a	8,8 $\pm$ 2,5 a	1,3 $\pm$ 0,3 a	232,0 $\pm$ 19,6 a
FT	232,6 $\pm$ 9,6 a	15,23 $\pm$ 2,4 a	1,7 $\pm$ 0,3 a	262,8 $\pm$ 9,0 a
RS	242,1 $\pm$ 32,2 a	11,6 $\pm$ 7,6 a	1,6 $\pm$ 1,1 a	276,1 $\pm$ 37,9 a
RT	212,1 $\pm$ 6,0 a	10,6 $\pm$ 3,3 a	1,5 $\pm$ 0,2 a	239,2 $\pm$ 6,7 a
P-Érték	ns	ns	ns	ns

3.1.5 Művelésmód, növényesűrűség és évjáráthatás vizsgálata a Beauregard fajta hozam és beltartalmi paramétereire

A varianciaanalízis alapján a termés hozamot, a β -karotin- és karotinoid-tartalmat, valamint a fiziológiai paramétereket szignifikánsan befolyásolta a

növényesűrűség, a művelési mód és az évjárathatás. A növényesűrűség bizonyult a legmeghatározóbb tényezőnek, amely nemcsak a hozamra, hanem a beltartalmi és élettani jellemzőkre (SPAD, Fv/Fm) is jelentős hatást gyakorolt. A művelési mód főként a hozamot és a fotoszintetikus teljesítményt befolyásolta, míg az évjárat különbségei a klimatikus eltérésekre vezethetők vissza. Az ANOVA teszt részletes eredményeit a 4. ábra tartalmazza.

Faktor	Termés hozam	β -karotin	összes-karotinoid	β -karotin hozam	cis- β -karotin	ζ -karotin	Fv/FM	SPAD
Évjáráthatás	**	n.s.	n.s.	**	*	n.s.	**	***
Művelés	***	n.s.	*	***	n.s.	n.s.	***	n.s.
Sor	***	***	***	***	n.s.	n.s.	**	***
Évjáráthatás $\times$ Művelés	**	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	***	n.s.
Évjáráthatás $\times$ Sor	n.s.	**	***	**	n.s.	n.s.	n.s.	.
Művelés $\times$ Sor	*	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	*
Évjáráthatás $\times$ Művelés $\times$ Sor	n.s.	*	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Jelmagyarázat:

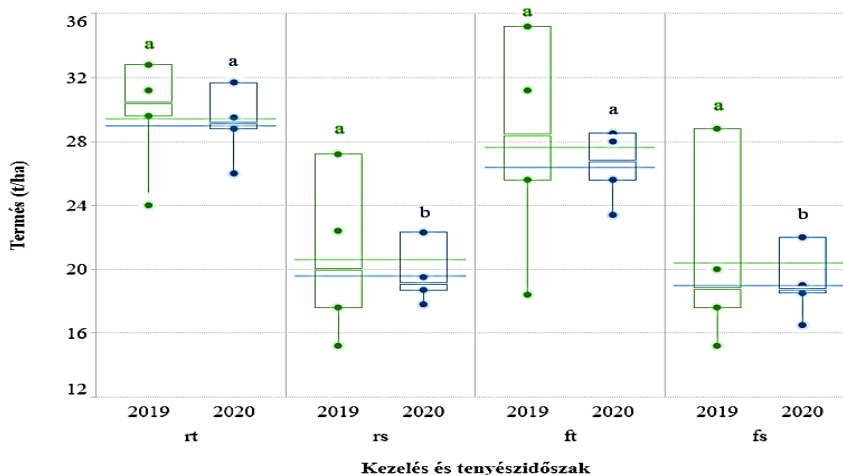
- *** $p < 0,001$
- ** $p < 0,01$
- * $p < 0,05$
- . $p < 0,1$ (tendencia, marginal significant)
- n.s. nem szignifikáns ($p \geq 0,1$)

4. ábra Különböző termesztés-technológiai módszerek hatása a Beaureard fajta beltartalmára, terméshozamára és növényfiziológiai paramétereire-ANOVA teszt

3.2 Ásotthalmi-12-es fajta termesztéstechnológiai vizsgálatának eredményei

3.2.1 A különböző termesztési módszerek és a növényesűrűség hatása a terméseredményre

A négy különböző beállítás hektáronkénti átlagos terméshozamra gyakorolt hatását mutatja két kísérleti évben az 5. ábra.



5. ábra Az eltérő termesztés technológiai módszerek hatása az Ásotthalmi 12-es batáta fajta terméshozamára (zöld: 2019 év, kék: 2020 év). Rövidítések: R-bakhát, F-Sík, T-ikorsor; S-szimplasor. A különböző betűk az egyes tenésztidőszakokon belül a kezelések közötti szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$).

A 2019-es év során nem tapasztaltam szignifikáns különbséget az egyes kezelések hatására. Azonban az ikersorokban termesztett batáták esetében magasabb átlaghozamot figyeltem meg függetlenül a művelési módtól. A legmagasabb átlagos terméshezam az RT kezelésnél volt megfigyelhető 29,4 t/ha, ami 30,61 %-kal magasabb, mint a legalacsonyabb hozamú FS kezelésben. A 2020-as vegetációs évben az RT és az FT ikersoros termesztési technológiák során magasabb volt a terméshezam, mint az RS és FS szimplasoros kezelések esetében, amely egybevág a 2019-es eredménnyel. A 2020-as kísérleti évben szintén az RT kezelésből takarítottam be a legmagasabb terméshezamot 29 t/ha, ami 9,5, 31,9 és 32,5%-kal magasabb, mint az FT, FS és az RS kezelések átlagos terméshezama. Találni azonban olyan tanulmányt is, ahol a bakhátas művelés pozitív hatásával ellentmondó eredményeket közöltek. Egy termesztéstechnológiával foglalkozó tanulmányban a sík művelés átlagosan 26%-kal magasabb hozamot eredményezett. Szintén ebben a kutatásban említik a tőszám növelés terméshezamra gyakorolt pozitív hatását, ahol 33 333-ról 44 444 növényre emelték a tőszámot, amely során a saját vizsgálattal megegyező pozitív hatásról számoltak be a terméshezamot illetően, átlagosan 44%-os átlaghozam növekedést tapasztaltak a tőszámsűrítésnek köszönhetően (Pepó, 2020). Egy másik hazai vizsgálat során Deszken szintén a sík termesztési mód eredményezett szignifikánsan 10%-kal magasabb hozamot (Szarvas A., 2021).

3.2.2 A termesztéstechnológia és a növény-sűrűség hatása a növényfiziológiai változásokra

3.2.2.1 Relatív klorofill tartalom mérési eredmények

A két vizsgált év során az Ásotthalmi 12-es batáta fajta az RT művelési módban produkálta (ahol a terméshezam is a legmagasabb volt) a legmagasabb SPAD értéket, míg a legalacsonyabbat a FS kombinációban mértem. Egy hazai kutatásban a saját vizsgálathoz hasonlóan az Ásotthalmi 12-es batáta relatív klorofilltartalom SPAD index számai erős korrelációt mutattak a hozammal, főként a tenyészidőszak első felében végzett mérések alapján (Pepó, 2020).

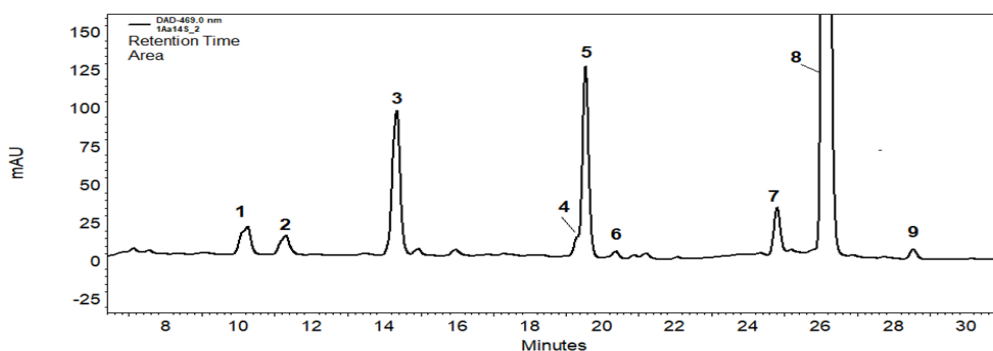
3.2.2.2 Klorofill fluoreszcencia mérési eredmények Ásotthalmi 12-es fajta esetében

Az Ásotthalmi 12-es klorofill fluoreszcencia értékeire vonatkozó évenkénti mintázat hasonlóságot mutat a Beauregard fajtánál mért értékekkel. Az RT kezelés mutatta a legmagasabb Fv/Fm értéket a két tenyészidőszak során mindkét fajta esetében. 2019-ben a bakhátas művelési módok kedvezőbbnek bizonyultak a kétfajta esetén, míg a 2020-as évben a szignifikánsan a legmagasabb értéket mutató RT kezelést az FT kezelés követte mindkét fajta esetében. Hasonlóan kedvezőbbnek találták növényfiziológiai paraméterek szempontjából a bakhátas művelési módot, a sík műveléssel összehasonlítva egy másik kutatás során (Yakubu et al., 2024).

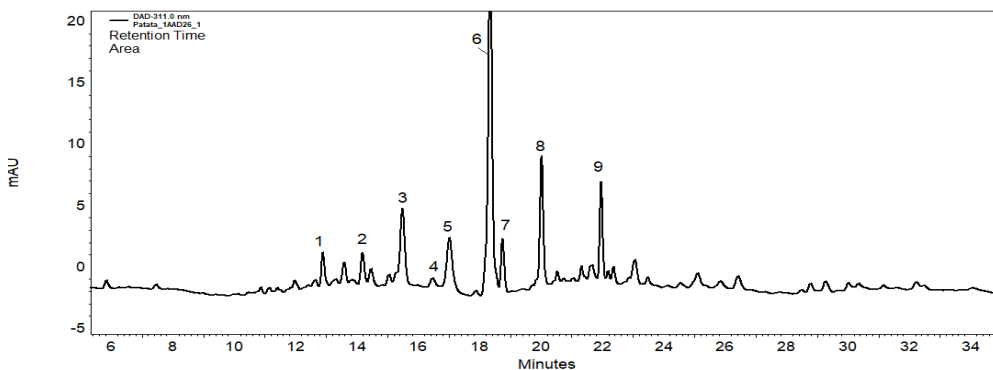
3.2.3 Ásotthalmi-12 batáta polifenol- és karotinoid-profiljának analitikai meghatározása

A HPLC-analízis során az Ásotthalmi-12 batáta fajta karotinoid- és polifenol profilját azonosítottam. A kromatogramon 8–30 perc között kilenc karotinoid-csúcs volt megfigyelhető, melyek közül a 25. percnél megjelenő domináns csúcs a β -karotin jelenlétére utalt. A további komponensek között epoxidált és cisz-izomer formák is jelen voltak, jelezve a fajta magas táplálkozás-élettani értékét (6.ábra).

A polifenol-összetétel vizsgálata során szintén kilenc elkülönülő csúcsot azonosítottam, melyek közül a klorogénsav dominált. Emellett többféle caffeoyl- és feruloyl-quinic-sav származék (mono- és di-észterek), valamint glükózhoz kötött konjugátumok is jelen voltak. Az Ásotthalmi-12 fajta tehát összetett fenolos szerkezettel rendelkezik, amely antioxidáns hatás szempontjából különösen értékesnek tekinthető (7.ábra).



6. ábra Ásotthalmi-12 batátából kinyert karotinoidok HPLC profilja: 1: Mutatoxanthin, 2: Luteoxanthin, 3: β -karotin-diepoxid, 4: β -karotinepoxid, 5: α -kriptoxanthin, 6: β -kriptoxanthin 7: cis- β -karotin, 8: β -karotin, 9: γ -karotin



7. ábra Ásotthalmi-12 batátából kinyert polifenolok HPLC profilja: 1: feruloyl-quinic-sav, 2: kávéssav, 3: kumarinsav és 4: caffeoylquinic-sav-isomer, 5: caffeoylquinic-sav-isomer 2, 6: klorogénsav, 7: di-caffeoylquinic-sav, 8: di-feruloylquinic-sav, 9: di-caffeoyl-glükózid

3.2.3 Az eltérő művelési módok és a növénytűrűség hatása a karotinoid tartalomra

A két vizsgált év eredményei alapján a szimplasoros termesztés szignifikánsan magasabb β -karotin- és összes karotinoid-tartalmat eredményezett az ikersoros elrendezéshez képest, függetlenül a művelési módtól. A magasabb beltartalmi értékek elsősorban az alacsonyabb növénytűrűséghez köthetők, míg a művelési mód (sík vagy bakhátas) nem befolyásolta érdemben a fitonutriens-összetételt. A kisebb mennyiségű karotinoidok (cis- β -karotin, ζ -karotin) esetében egyik tényező sem okozott szignifikáns eltérést. A nagyobb termés hozamot biztosító technológiák, mint az RT kezelés, ezzel szemben alacsonyabb karotinoid-tartalmat mutatott, ami a hozam-beltartalom közötti fordított kapcsolatot jelezheti (3.táblázat).

3. táblázat A különböző művelési módok és a növénytűrűség hatása az Ásotthalmi 12-es fajtájú batáta karotinoid tartalmára ($\mu\text{g/g}$). A különböző betűk az egyes tenyészedzőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$) ns-nem szignifikáns.

2019	β -karotin	cis- β -karotin	ζ -karotin	összes karotinoid
RT	87,5 $\pm$ 17,2 a	11,9 $\pm$ 13,1	1,2 $\pm$ 0,3	126,1 $\pm$ 28,1 a
RS	142,7 $\pm$ 16,3 b	3,2 $\pm$ 0,5	1,4 $\pm$ 0,5	181,5 $\pm$ 17,1 b
FT	92,8 $\pm$ 14,1 a	5,9 $\pm$ 1,6	1,3 $\pm$ 0,2	125 $\pm$ 16,4 a
FS	133,7 $\pm$ 14,6 b	3,6 $\pm$ 0,8	1,9 $\pm$ 0,7	175,5 $\pm$ 20,1 b
P-érték	<0,05	ns	ns	<0,05
2020	β -karotin	cis- β -karotin	ζ -karotin	összes karotinoid
RT	94,5 $\pm$ 17,1 a	4,8 $\pm$ 13,1	1,6 $\pm$ 0,3	113,6 $\pm$ 19,8 a
RS	171,2 $\pm$ 25,5 b	3,1 $\pm$ 0,5	2,2 $\pm$ 0,6	184,8 $\pm$ 23,4 b
FT	112,7 $\pm$ 32,6 ab	3,3 $\pm$ 2,3	1,5 $\pm$ 0,6	127,4 $\pm$ 31,9 ab
FS	151,1 $\pm$ 37,1 ab	2,3 $\pm$ 0,8	2,1 $\pm$ 0,7	171 $\pm$ 35,8 ab
P-érték	<0,05	ns	ns	<0,05

3.2.4 Különböző termesztéstechnológiai módszerek hatása az Ásotthalmi-12 fajta beltartalmára, termés hozamára és növényfiziológiai paramétereire

Az Ásotthalmi-12-es batáta fajta termés hozamát szignifikánsan befolyásolta a növénytűrűség ($p < 0,001$), az ikersoros termesztés magasabb hozamot eredményezett a szimplasoros elrendezéshez képest. A művelési mód és az évjáráthatás nem volt szignifikáns hatással a termés hozamra. A növénytűrűség emellett szignifikánsan befolyásolta a β -karotin- és az összes karotinoid-tartalmat is ($p < 0,001$), a szimplasoros kezelések magasabb értékeket eredményeztek.

A SPAD-index értékét legnagyobb mértékben az évjáráthatás ($p < 0,001$), kisebb mértékben a művelési mód ($p < 0,01$) és a növénytűrűség ($p < 0,05$) befolyásolta. A klorofill-fluoreszcencia (Fv/Fm) esetében a művelési mód és a növénytűrűség hatása volt szignifikáns ($p < 0,01$). Az interakciós hatások alapján a termés hozamot és a beltartalmi paramétereket különálló tényezők formálták, míg a növényfiziológiai változókra az évjárat és növénytűrűség kölcsönhatása is hatott. A szakirodalom (Pepó, 2020) eredményei megerősítik az évjárat jelentőségét a

SPAD-értékek és a termés hozam alakulásában. Az ANOVA teszt eredményeit az 8. ábra tartalmazza

Faktor	Termés hozam	β -karotin	összes-karotinoid	β -karotin hozam	cis- β -karotin	ζ -karotin	Fv/FM	SPAD
Évjáráthatás	n.s.	*	n.s.	.	n.s.	*	**	***
Művelés	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	**
Sor	***	***	***	n.s.	.	*	**	*
Évjáráthatás $\times$ Művelés	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Évjáráthatás $\times$ Sor	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	***
Művelés $\times$ Sor	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Évjáráthatás $\times$ Művelés $\times$ Sor	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Jelmagyarázat:

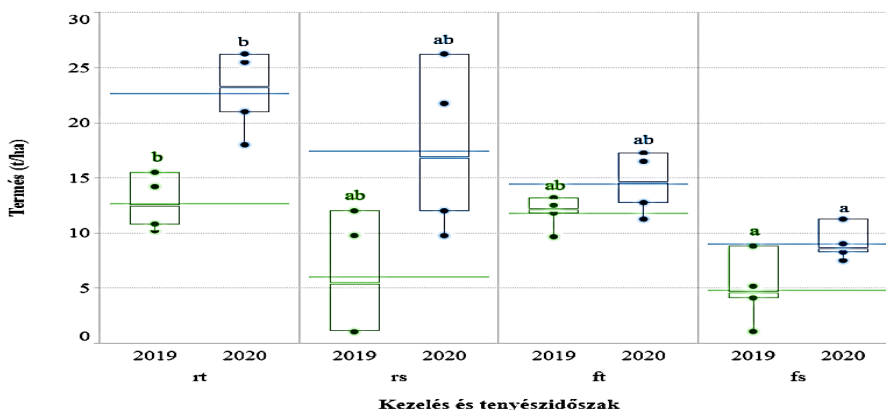
- *** $p < 0,001$
- ** $p < 0,01$
- * $p < 0,05$
- . $p < 0,1$ (tendencia, marginal significant)
- n.s. nem szignifikáns ($p \geq 0,1$)

8. ábra Különböző termesztéstechnológiai módszerek hatása az Ásotthalmi-12 fajta beltartalmára, termés hozamára és növényfiziológiai paramétereire-ANOVA teszt

3.3 Purple fajta termesztéstechnológiai vizsgálatának eredményei

3.3.1 A különböző termesztési módszerek és a növény-sűrűség hatása a Purple fajta termés-eredményre

A négy különböző beállítás hektáronkénti átlagos termés hozamra gyakorolt hatását mutatja a két kísérleti évben a 9. ábra a Purple fajta esetében.



9. ábra Az eltérő termesztés technológiai módszerek hatása a Purple batáta termés hozamára (zöld: 2019 év, kék: 2020 év). Rövidítések: R-bakhát, F-Sík, T-ikersor, S-szimplasor. A különböző betűk az egyes termesztési időszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$).

Ellentétben a többi fajttal, a Purple fajta esetében a 2020-as vegetációs periódus termés hozam szempontjából sokkal kedvezőbb volt, mint a melegebb középhőmérsékletű 2019-es év. Míg 2019-ben az átlaghozam 8,80 t/ha volt, addig 2020-ban majdnem ennek a duplája, 15,89 t/ha. Látható, hogy a Purple hozama alacsonyabb mindkét év átlagát tekintve, mint a narancssárga fajtáké a Beauregard és az Ásotthalmi 12-esé. A két vegetációs időszakot figyelembe véve, az RT kezelés szignifikánsan magasabb termés-eredményt produkált a többi kezeléshez képest, ami 12,68 t/ha volt 2019-ben, míg 2020-ban 22,69 t/ha.

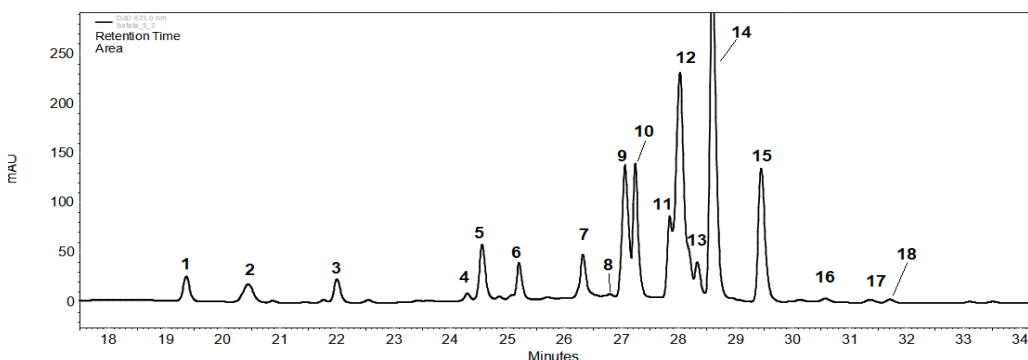
4.3.2 A termesztéstechnológia és a növényesűrűség hatása a növényfiziológiai változásokra

A Purple fajta esetében a levelek relatív klorofill tartalmát jellemző SPAD-index értékek során nem tapasztaltam szignifikáns eltérést a különböző termesztéstechnológiai módszerek hatására. A SPAD értékek között jelentős szórások voltak.

Az évjáráthatás jelentősen befolyásolta a Fv/Fm értéket. Az eltérő termesztéstechnológiai módszerek adott tenyészidőn belüli átlagos Fv/Fm értékei között szignifikáns különbséget nem tapasztaltam. Hasonló eredményeket publikáltak növényfiziológiai változásokkal kapcsolatban, ahol az Fv/Fm értékeket 18,5-55,1 % -ban a környezeti tényezők határozták meg és nem a művelési mód (Krochmal-Marczak et al., 2019).

4.3.3 Purple batáta antocianin profiljának analitikai meghatározása

A Purple batáta antocianin profiljának HPLC-analízise során 17 különböző vegyületet azonosítottam, amelyek főként cianidin (Cy), peonidin (Peo) és pelargonidin (Pg) aglikonokra épültek. Ezek különféle cukor- (glükóz, sophoroside) és savmaradékokkal (p-hidroxi-benzoészav, kávéészav, ferulasav) konjugáltak, gyakran acilezett formában fordultak elő (10.ábra). Az acilezett antocianinok, különösen a cianidin- és peonidin-alapú glikozidok, jelentős stabilitással és antioxidáns aktivitással rendelkeznek, hozzájárulva a szabadgyökök semlegesítéséhez és gyulladáscsökkentő hatásokhoz, ami a batáta funkcionális élelmiszerként való értékét tovább növeli.



10. ábra Purple batátából kinyert antocianinok HPLC profilja. Jelölések Cy (cianidin); Pg (pelargonidin); Peo (peonidin); p-hb (p-hidroxi-benzoészav); caf (kávéészav); fer (ferulasav); soph (sophoroside); glc (glükóz) rt(rutinoside).

1. csúcs: Cy3-soph-5-glc; **2. csúcs:** Cy3-rt-5-glc; **3. csúcs:** Cy3-p-hb-soph-5-glc; **4. csúcs:** Cy3-(6'''-caf soph)-5-glc; **5. csúcs:** Pg-3-soph-5-glc; **6. csúcs:** Peo3-caf soph-5-glc; **7. csúcs:** Pg3-caf soph-5-glc; **8. csúcs:** Cy3-fer soph 5-glc; **9. csúcs:** Peo3-p-hb-soph; **10. csúcs:** Peo3-(6'''-caf soph)-5-glc; **11. csúcs:** Peo3-fer soph-5-glc; **12. csúcs:** Pg3-fer soph-5 glc; **13. csúcs:** Peo3-caf soph-5-glc; **14. csúcs:** Peo3-dicaf soph-5-glc; **15. csúcs:** Peo3-caf-p-hb soph-5 glc (polimer); **16. csúcs:** Cy3-caf-fer soph-5-glc; **17. csúcs:** Peo3-caf-fer soph-5-glc; **18. csúcs:** Pg3-caf-fer soph-5-glc

4.3.4 Az eltérő művelési módok és a növényesűrűség hatása a Purple batáta antocianin tartalmára

Az eltérő művelési módok és növényesűrűségek nem gyakoroltak statisztikailag igazolható hatást az antocianin-tartalomra. Ezzel szemben az évjáráthatás szignifikáns befolyással volt az antocianinok felhalmozódására, amit a többtenyezős varianciaanalízis is megerősített. Mivel a termesztéstechnológiai kezelések nem eredményeztek szignifikáns eltérést az antocianin koncentrációban, az összes antocianin hozamot elsősorban a termésmennyiség határozta meg. A kezelések során RT, RS és FT kezelésekben az összes antocianin hozam magasabb volt az FS kezeléshez képest.

4.3.5 A különböző művelési módok, a növényesűrűség és az évjárat hatásának vizsgálata a beltartalomra és a termés hozamra

A Purple fajta esetében végzett ANOVA elemzések alapján a termés hozamot elsősorban a növényesűrűség ($p < 0,001$), a művelési mód ($p < 0,01$) és az évjáráthatás ($p < 0,001$) befolyásolta szignifikánsan. Az antocianin-felhalmozódást leginkább az évjáráthatás határozta meg ($p < 0,05$), míg a termesztéstechnológiai tényezők között csak a növényesűrűség mutatott szignifikáns hatást a hektáronkénti antocianin hozamra ($p < 0,001$). A SPAD-indexet egyik tényező sem befolyásolta szignifikáns mértékben. A klorofill-fluoreszcencia (F_v/F_m) értékek esetében azonban a művelési mód és az évjáráthatás volt a legmeghatározóbb ($p < 0,001$), míg a növényesűrűség mérsékeltebben, de szintén hatással volt ($p < 0,05$). A kombinált hatások közül az évjárat, a művelési mód és a növényesűrűség interakciója szignifikánsan befolyásolta az F_v/F_m értékeket ($p < 0,01$), megerősítve a környezeti és technológiai tényezők összetett szerepét a fajta fiziológiai válaszaiban. Az ANOVA teszt eredményeit az 11. ábra tartalmazza.

Faktor	Termés hozam	összes antocianin	összes-antocianin hozam	Fv/FM	SPAD
Évjáráthatás	***	*	n.s.	***	n.s
Művelés	**	n.s.	n.s	***	.
Sor	***	n.s.	***	*	n.s
Évjáráthatás × Művelés	*	n.s.	.	**	n.s.
Évjáráthatás × Sor	n.s	n.s.	.	*	n.s
Művelés × Sor	n.s	n.s.	n.s.	*	n.s
Évjáráthatás × Művelés × Sor	n.s	n.s.	n.s	**	n.s.
Jelmagyarázat: • *** $p < 0,001$ • ** $p < 0,01$ • * $p < 0,05$ • . $p < 0,1$ (tendencia, marginal significant) • n.s. nem szignifikáns ($p \geq 0,1$)					

11. ábra Különböző termesztés-technológiai módszerek hatása az Purple fajta beltartalmára, termés hozamára és növényfiziológiai paramétereire-ANOVA teszt

4.4 Murasaki-29 fajta termesztéstechnológiai vizsgálatának eredményei

4.4.1 Az eltérő tőszám hatása a terméseredményre

A Murasaki-29 fajta esetében a szimpla- és ikersoros termesztési módok között egyik évben sem alakult ki szignifikáns különbség a terméshozamban. 2019-ben a szimplasoros termesztés 16,6%-kal magasabb hozamot eredményezett, míg 2020-ban az ikersoros elrendezés 20,5%-kal teljesített jobban. A szimplasoros kezeléseknél nagyobb hozamszórás volt megfigyelhető. Összegzőként megállapítható, hogy az ikersoros termesztés nagyobb termésstabilitást biztosított a Murasaki-29 fajta esetében, ugyanakkor a hozameredmények alapján alkalmazása gazdaságilag nem tekinthető indokoltnak.

4.4.2 A növényesűrűség hatása a növényfiziológiai változásokra

A két vegetációs periódus során nem tapasztaltam szignifikáns eltérést a különböző kezelések között, ahol a bakhátas szimpla és ikersoros technológiában termesztett Murasaki-29 fajta átlagos SPAD-index értékeit hasonlítottam össze **(Hiba! A hivatkozási forrás nem található.)**.

A klorofill fluoreszcencia mérési eredmények ANOVA tesztje alapján az ikersorok statisztikailag igazolhatóan ($p < 0,05$) magasabb Fv/Fm értéket mutattak a szimpla sorokhoz képest.

4.4.3 Növényesűrűség és az évjárat hatása a terméshozamra és növényfiziológiai paraméterekre

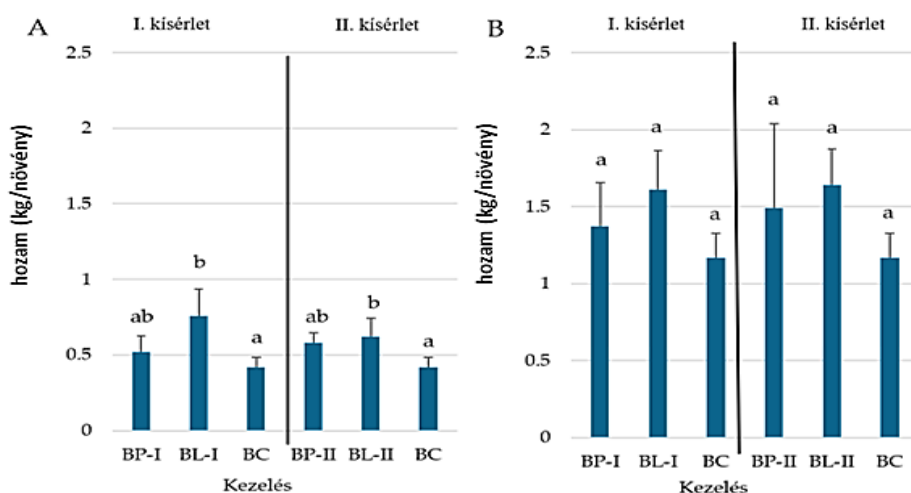
A tőszám beállításának – legyen szó iker- vagy szimplasoros elrendezésről – nem volt szignifikáns hatása sem a terméshozamra, sem a SPAD értékekre. A kéttényezős varianciaanalízis eredményei alapján a tőszám, a művelési mód és az évjárat hatása önállóan nem befolyásolták szignifikánsan a terméseredményeket. Ugyanakkor szignifikáns interakciós hatás mutatkozott a tőszám és az évjárat között a SPAD értékek tekintetében ($P < 0,05$). A klorofill-fluoreszcencia Fv/Fm értékének alakulására viszont önállóan a tőszám gyakorolt szignifikáns hatást.

4.5 Különböző tápanyagutánpótlási rendszerek hatása a Beauregard és Purple fajtájú batáták terméshozamára és a fontosabb fitonutriensekre

4.5.1 Különböző műtrágyadózisok hatása a Beauregard fajta terméshozamára

Az I. és II. kísérletben vizsgált kezelések 2021–2022. évek átlagában a következő növényenkénti gumóhozamokat eredményezték: BP-I kezelés esetében 0,95 kg/növény, BL-I kezelésnél 1,13 kg/növény, BP-II kezelésnél 1,09 kg/növény, míg BL-II kezelésnél szintén 1,13 kg/növény. A két év átlagában a legmagasabb növényenkénti hozamot a BL-I és BL-II kezelések adták 1,13 kg/növény. Ezekhez viszonyítva a BP-II kezelés növényenkénti átlaghozama 3,5%-kal, a BP-I kezelése pedig 16%-kal volt alacsonyabb, míg a zérókontroll BC 29,65 %-kal

(12.ábra). Egyiptomban különböző tenyésztőidőszakokban végzett kutatás során 357,2 kg/ha K_2O -műtrágyázási szint mellett érték el a legmagasabb terméseredményeket, ami 1,19-1,49 kg/növény volt (El-Baky et al., 2010). Egy Braziliában végzett tanulmány szerint a legmagasabb piacképes terméshozamot akkor kapták, amikor a kálium tartalmú műtrágyát egy adagban, 30 vagy 60 nappal az ültetés után juttatták ki KCl, illetve K_2SO_4 formában (da Silva et al., 2022). Harvey és munkatársai (2022) szerint a Beauregard megfelelő, még jövedelmező terméseredménye 174 kg/ha K_2O -nál kisebb műtrágya adaggal érhető el, azonban a levél és a gumók maximális K-tartalmát 269 és 404 kg/ha K_2O dózis mellett érték el.



2. ábra Különböző dózisu magas káliumtartalmú műtrágya terméshozamra gyakorolt hatása Beauregard fajta esetében a 2021 (A) és a 2022 (B) tenyésztőidőszak során ($n=4$). A hibásávok a szórást (SD) jelölik. A különböző betűk az egyes tenyésztőidőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p<0,05$).

4.5.2 Különböző káliumtúlsúlyos műtrágya kezelések hatása a Beauregard fajta karotinoid tartalmára

A Beauregard batáta karotinoid-profiljában a β -karotin dominált, amely az összes karotinoid koncentráció 87%-át tette ki. A 2021-es évben a β -karotint az α -kriptoxantin, 2022-ben pedig a luteokróm követte koncentrációban. Az I. kísérlet során a BL-I osztott műtrágyakezelés szignifikánsan magasabb összes karotinoid-tartalmat eredményezett (198,8 $\mu g/g$) a kontroll parcellákhoz képest 2021-ben, míg 2022-ben szintén a BL-I kezelés adta a legmagasabb értéket (159,1 $\mu g/g$), de a különbség ekkor nem volt szignifikáns.

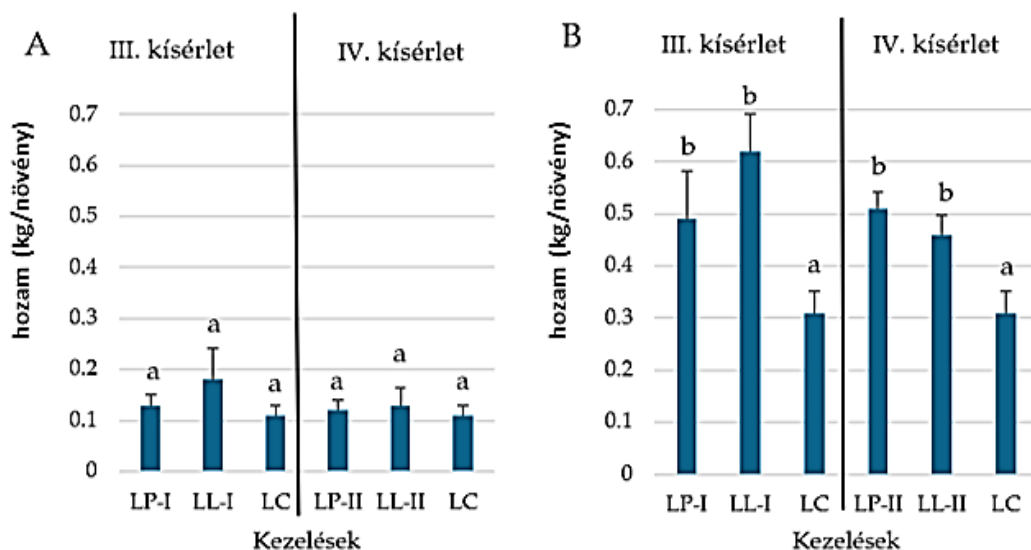
A II. kísérletben a BL-II osztott dózisu káliumtrágyázás 2022-ben szignifikánsan magasabb összes karotinoid-koncentrációt eredményezett (205,4 $\mu g/g$) a kontrollhoz (149,5 $\mu g/g$) és a BP-II kezeléshez képest (126 $\mu g/g$). A kedvezőbb időjárási körülmények hozzájárultak a tápanyagok jobb hasznosításához és a magasabb karotinoid-tartalomhoz.

A növényenkénti összes karotinoid hozam tekintetében a BL-I és BL-II kezelések adták a legjobb eredményeket mindkét évben. A BL-I kezelés során 2022-ben 256,2 mg/növény, a BL-II kezelés során 336,9 mg/növény összes karotinoid hozamot mértem, ami 51,9%-kal volt magasabb a kontroll parcellák értékénél.

A nagyobb dózisú, osztottan kijuttatott káliumtrágyázás tehát pozitívan hatott az összes karotinoid-felhalmozódásra és a β -karotin-tartalom növelésére, amit a szakirodalmi adatok is alátámasztanak.

4.5.3 A Purple lila fajtájú batáta terméshezama a különböző tápanyag-utánpótlási technológiák hatására

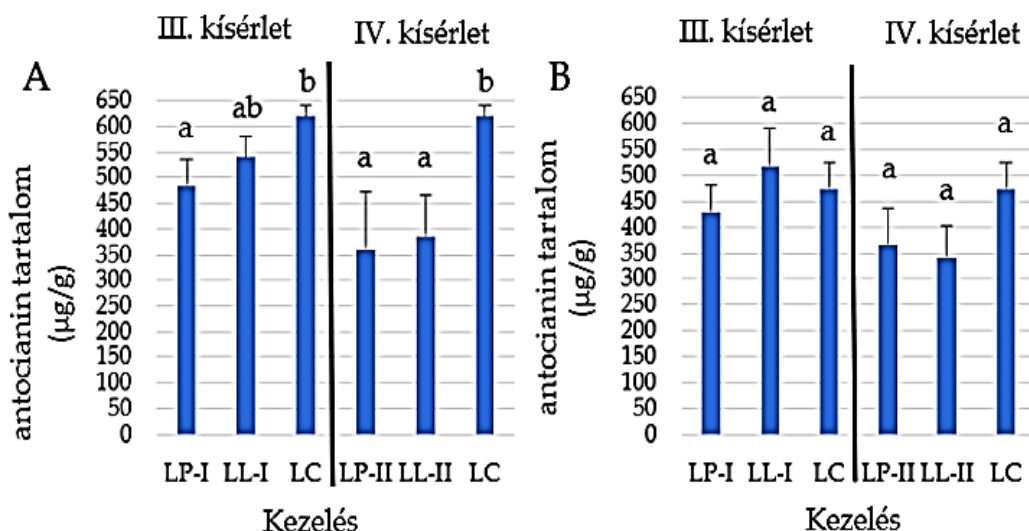
A III. és IV. kísérlet alapján a 2021–2022. évek átlagában a legmagasabb növényenkénti gumóhozamot az LL-I kezelés biztosította (0,40 kg/növény). Az egyes kezelések hozamai az LL-I kezeléshez viszonyítva a következő mértékben maradtak el: az LP-II kezelés 21,25%-kal, az LP-I kezelés 22,5%-kal, míg az LL-II kezelés 26,25%-kal, a zerókontroll LC 47,5%-kal. A kiegyensúlyozott tápanyagellátás, mint az LL-I kezelés (III. számú kísérlet) eredményei voltak a leghatékonyabbak a vizsgálatba vont, lila fajta terméshezama szempontjából (13. ábra). Egy másik kutatócsoport (Jian et al., 2001) eredményei szerint a batáta optimális terméshezamát 150-300 kg K_2O kg/ha műtrágya kijuttatásával lehet elérni. Kísérleteim során a legmagasabb termésmennyiséget ennél nagyobb dózisú kálium tartalmú műtrágyával értem el, azonban a műtrágya hasznosulása és annak felvehetősége nagyban függ a talaj adottságoktól.



13. ábra Különböző dózisú magas káliumtartalmú műtrágya terméshezamra gyakorolt hatása Purple fajta esetében a 2021 (A) és a 2022 (B) tenyésztidőszak során (n=4). A hibaszávok a szórást (SD) jelölik. A különböző betűk az egyes tenyésztidőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$).

4.5.4 Különböző tápanyag utánpótlási rendszerek hatása az összes antocianin tartalomra és hozamra a Purple fajta esetében

A III. és IV. kísérlet elemzése alapján az antocianin koncentrációt elsősorban az abiotikus stressz befolyásolta. A 2021-es kedvezőtlen tenyészidőszakban a kontroll parcellákban szignifikánsan magasabb antocianin-tartalmat mértem (620,2 $\mu\text{g/g}$) a műtrágyázott parcellákhoz képest, míg 2022-ben, kedvezőbb időjárási körülmények miatt, csökkent az antocianin-tartalom. 2022-es évben is a III. kísérletet kivéve a zero kontroll LC parcellában volt a legmagasabb az antocianin tartalom. A tápanyag-utánpótlás nem növelte érdemben az antocianin-tartalmat, viszont az LL-I kezelés mindkét évben a legmagasabb növényenkénti összes antocianin hozamot eredményezte (97,2 mg/növény 2021-ben és 322,9 mg/növény 2022-ben) (14. ábra). A terméshozam és az antocianin-tartalom között nem volt szoros korreláció, amit a statisztikai elemzések ($R=0,21$) is alátámasztottak. A Purple fajta antocianin-felhalmozódását így inkább a környezeti stresszfaktorok, mintsem a tápanyagellátás mértéke befolyásolta. A lila fajtájú batáta esetében az antocianin képződést jelentősen befolyásolják a környezeti tényezők, az abiotikus stresszfaktorok (Hu et al., 2024).



14. ábra Különböző dózisu magas káliumtartalmú műtrágya összes antocianin tartalomra gyakorolt hatása Purple fajta esetében 2021-ben (A) és 2022-ben (B). A hibasávok a szórást (SD) jelölik. A különböző betűk az egyes tenyészidőszakokon belül a kezelések közötti statisztikailag szignifikáns különbségeket jelzik ($p < 0,05$).

4.6 Korrelációs vizsgálatok a mért paraméterek vonatkozásában

A Pearson-féle korrelációs elemzés alapján a Beauregard fajta esetében szignifikáns pozitív összefüggést találtam a SPAD-értékek és a terméshozam között a 2019–2022 közötti évek adatai alapján. Ez azt jelzi, hogy a magasabb relatív klorofilltartalom jobb fotoszintetikus teljesítménnyel és magasabb terméshozammal társul. A SPAD-értékek és az összes karotinoid-tartalom között

nem volt szignifikáns kapcsolat, ami arra utal, hogy a karotinoidok felhalmozódása független a klorofill-koncentráció változásától (4.táblázat).

A Purple fajta esetében a SPAD-érték és a terméshozam közötti korreláció még erősebb volt, mint a Beauregard fajtánál, ami a fajta magasabb fotoszintetikus kapacitására utal. Továbbá a Purple fajtánál szignifikáns pozitív korrelációt tapasztaltam a SPAD-értékek és az összes antocianin-tartalom között is, ami összhangban van azokkal a kutatási eredményekkel, amelyek szerint az antocianinok antioxidáns szerepet töltenek be abiotikus stresszhelyzetekben (Naing et al., 2021) (4.táblázat).

A 2021–2022-es tenyészidőszak adatait külön vizsgálva nem mutatkozott szignifikáns korreláció a hozam, beltartalmi paraméterek és növényfiziológiai változók között egyik fajta esetében sem, csak a több év adatsorának együttes értékelésekor volt kimutatható kapcsolat.

4. táblázat Pearson-féle korrelációs vizsgálatok a SPAD-index számok terméshozam és beltartalmi paraméterek között

Fajták	SPAD értékek	
	Beauregard	Purple
Hozam (t/ha)	0,327*	0,403**
Összes karotinoid (µg/g)	NS	NR
Összes antocianin (µg/g)	NR	0,512***
*** korrelációs szint LSD _{0,001} , ** korrelációs szint LSD _{0,01} , * korrelációs szint LSD _{0,05} , NS = nincs szignifikáns különbség, NR= nem releváns 2019-2020-2021-2022-es vizsgálati évek alapján		

5 Következtetések és javaslatok

A vizsgált batátafajták terméshozamát és beltartalmi paramétereit jelentősen befolyásolták a művelési módok, a növénytűrség és az évjáráthatás. A Beauregard fajta esetében a növénytűrség meghatározóbbnak bizonyult, mint a művelési mód. A legmagasabb hozamot az RT kezelés (bakhátba ültetett, ikersoros, 35 000 tő/ha tőszám) adta mindkét tenyészidőszakban. A SPAD-index értékek az RT kezelésben voltak a legmagasabbak, de nem minden mérési időpontban mutattak szignifikáns különbséget. A klorofill-fluoreszcencia (Fv/Fm) értékek szintén az RT kezeléseknél voltak a legjobbak, azonban a SPAD és Fv/Fm között nem volt szoros összefüggés. A SPAD és Fv/Fm közötti gyenge korreláció arra utal, hogy eltérő élettani folyamatokat tükröznek. A β-karotin-tartalom és a hozam között negatív korrelációt figyeltem meg: a magasabb hozam a gumók beltartalmi értékének csökkenésével járt. A hozam maximalizálása szempontjából az RT (bakhátas, ikersoros) technológiai javasolható. Az Ásotthalmi 12-es fajta esetében szintén a növénytűrség volt a meghatározó, a 35 000 tő/ha-os ikersoros RT technológia biztosította a legnagyobb hozamot. A fajta esetében a β-karotin-tartalom szignifikánsan csökkent a növénytűrség növelésével. Az évjáráthatás itt is jelentős volt, befolyásolva a beltartalmi és fiziológiai jellemzőket. Az Fv/Fm értékek és a karotinoid-tartalom között negatív

korreláció volt kimutatható, ami arra utal, hogy a karotinoidok antioxidáns védelmi szerepet töltenek be stresszhatások esetén. A hozam maximalizálása szempontjából az RT technológiai javasolható azonban, ha a magasabb karotinoid tartalom elérése a cél akkor a szimplasoros technológia előnyösebb. A Purple fajta terméshozamát elsődlegesen a növényesűrűség, másodsorban a művelési mód határozta meg. Az RT kezelés biztosította a legmagasabb termésmennyiséget. Az évjáráthatás ennél a fajtánál kiemelkedő hatást gyakorolt a beltartalmi paraméterek közül az antocianinok felhalmozódására, ami szorosabban függött a környezeti feltételektől, mint a termesztéstechnológiától. A hektáronkénti antocianin hozam növelhető a nagyobb tőszámú ikersoros technológiával. A SPAD-index értékeket inkább az évjárat, mintsem a termesztéstechnológia befolyásolta. A Purple fajtánál az alacsonyabb Fv/Fm értékek az abiotikus stresszre adott válasz részeként serkentették az antocianinok szintézisét, ami adaptív védekezési mechanizmust jelez. A hozam maximalizálása szempontjából ennél a fajtánál is az ikersoros technológiai javasolható. A Murasaki fajta esetében az ikersoros ültetés nagyobb fotoszintetikus aktivitást eredményezett az Fv/Fm értékek alapján, azonban ez nem járt szignifikáns hozamnövekedéssel, így gazdasági szempontból a szimplasoros technológiai javasolható. Az analitikai vizsgálatok alapján a Beauregard, az Ásotthalmi-12 és a Purple batátafajták kiemelkedő táplálkozás-élettani értékkel rendelkeznek. A Beauregard és az Ásotthalmi-12 fajta β -karotinban gazdag, változatos karotinoid-profilja, valamint a komplex polifenol-összetétele – különösen a caffeoyl- és feruloylquinic-sav származékok – jelentős antioxidáns hatásra utalnak. A Purple fajta antocianin profiljában azonosított 17 vegyület, köztük acilezett, diacilezett és polimerizált cianidin-, peonidin- és pelargonidin-glikozidok tovább növelik a fajta biológiai értékét a stabilitás és antioxidáns hatás szempontjából. A vizsgált fajták így funkcionális élelmiszerként való hasznosításra különösen alkalmasak.

A Beauregard fajta tápanyag-utánpótlási vizsgálatainak során a K₂O-ban gazdag, osztott tápoldatozási rendszerek (BL-I, BL-II) eredményezték a legmagasabb terméshozamot és összes karotinoid tartalmat. A folyamatos tápanyagellátás (csepegtető öntözéssel kombinálva) előnyösebb volt, mint az egyszeri alaptrágyázás. Gazdaságilag a BL-I kezelés javasolható, míg a tápoldatozás nélküli körülmények között a BP-II technológia alkalmazása lehet megfelelő alternatíva a termelők részére. Az eltérő tápanyag-utánpótlási rendszerek főként az összes karotinoid koncentrációra gyakoroltak jelentős hatást. A Purple fajta esetében az LL-I (osztott dózisú káliumtúlsúlyos tápanyag-utánpótlás) kezelés bizonyult a leghatékonyabbnak a termés maximalizálásában, 47,5%-os hozamnövekedéssel a zérókontrollhoz képest. A túlzottan magas káliumdózis (LP-II) már termésdepressziót okozott. Az antocianin-tartalom szempontjából a tápanyagutánpótlás hatása nem volt szignifikáns, a legnagyobb befolyással az évjáráthatás bírt. A korrelációs vizsgálatok alapján a Beauregard fajtánál a SPAD-értékek és a terméshozam között mérsékelt, pozitív kapcsolat volt kimutatható, míg a Purple fajtánál szorosabb összefüggés volt a SPAD-értékek, a terméshozam

és az antocianin-tartalom között. Az eredmények azt mutatják, hogy az antioxidáns vegyületek felhalmozódása inkább stresszreakció, mint a terméshozam növekedésének indikátora.

6 Új tudományos eredmények

1. A Beauregard és a Purple fajták esetében a 35 000 tő/ha tőszámú állomány bakhátas technológiában szignifikánsan magasabb terméshozamot adott, mint a 17 500 tő/ha ültetett növények sík- és bakhátas termesztésben. A hozamkülönbség nagysága alapján a szaporítóanyag-mennyiség megduplázása a vizsgált körülmények között gazdaságilag is megalapozottnak tekinthető.
2. A Beauregard és az Ásotthalmi 12-es fajta esetében a terméshozam és a β -karotin-tartalom között negatív korreláció van, így a hozam növekedésének hatására a β -karotin-tartalom csökken.
3. Az Ásotthalmi 12-es fajta esetében a tőszám felére csökkentése a szimplasorok esetében 17 500 tő/ha átlagosan 30,9 %-kal növelte az összes karotinoid tartalmat az ikerosoros 35 000 tő/ha tőszámú parcellákhoz képest. Ennek alapján ez az ültetési módszer kifejezetten javasolható a karotinoid-tartalom növelését célzó termesztési gyakorlatokban.
4. A SPAD értékek nincsenek összefüggésben a Beauregard fajta esetén a gumó karotinoid tartalmával, azaz a levelek relatív klorofill tartalma nem áll közvetlen kapcsolatban a karotinoidok szintézisével és akkumulációjával a gumóban.
5. A tőszám változtatás (17 500-35 000 között), illetve a bakhátas vagy sík művelési technológia nem befolyásolja szignifikánsan a Beauregard és az Ásotthalmi 12-es fajta gumóinak cisz- β -karotin és a ζ -karotin tartalmát.
6. A Beauregard fajta esetében a K_2O ellátás nincs szignifikáns hatással a cis- β -karotin, cis-luteo-króm, valamint a mutatokróom karotinoid vegyületek mennyiségi változására.
7. A hazai nemesítésű Ásotthalmi-12 batátafajta esetében sikerült HPLC-analitikai módszerrel részletesen azonosítani a fajta karotinoid- és polifenol profilját. Az elemzések alapján 9 különböző karotinoid és 9 polifenol vegyület került meghatározásra. Az összes karotinoid tartalom átlagosan 81,4%-át a β -karotin alkotta, amely a fajta karotinoid profiljában domináns vegyületként jelent meg.
8. A hazai nemesítésű Purple batátafajta esetében sikerült részletesen azonosítani annak antocianin profilját HPLC-analitikai vizsgálattal. Az

elemzés során 17 különböző antocianin vegyületet detektáltam, melyek domináns aglikonjai a cianidin, peonidin és pelargonidin voltak.

9. A Purple fajta esetében az LL-I kezelés, 917 kg/ha összhatóanyag mennyiségű K₂O műtrágya alap-, és tápoldattal történő osztott kezelése biztosította a legmagasabb terméshozamot a többi vizsgált K₂O hatóanyag mennyiséggel és kijuttatási móddal szemben.
10. A magyar nemesítésű Purple fajta összes antocianin tartalma csökken (LL-II kezelés, átlagosan 360,67 µg g⁻¹ összes antocianin tartalom) 1060 kg/ha alap és tápoldattal kijuttatott nagy mennyiségű műtrágya hatására a kezeletlen parcellákban mért értékhez képest (LC, átlagosan 546,66 µg g⁻¹). Így a magasabb összes antocianin tartalom növelésére ez a módszer nem alkalmazható.
11. A levél relatív klorofilltartalma (SPAD index) Purple fajtánál a hozammal ($r=0,4$, $p<0,01$), továbbá a beltartalmi paraméterek közül az összes antocianin tartalommal is szignifikáns erősségű összefüggést mutat ($r=0,51$, $p<0,001$).

4. Az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációk

Q1-es publikációk

- Balázs, V., Helyes, L., Daood, H. G., Pék, Z., Ilahy, R., Neményi, A., Égei, M., & Takács, S. (2024). Cultivation Technology and Plant Density Affecting the Yield and Carotenoid Content of Beauregard Sweet Potato. *Agronomy* 2024, Vol. 14, Page 2485, 14(11), 2485. DOI: 10.3390/AGRONOMY14112485
- Balázs, V., Helyes, L., Daood, H. G., Pék, Z., Ilahy, R., Neményi, A., Égei, M., & Takács, S. (2024). Cultivation Technology and Plant Density Affecting the Yield and Carotenoid Content of Beauregard Sweet Potato. *Agronomy* 2024, Vol. 14, Page 2485, 14(11), 2485. DOI: 10.3390/AGRONOMY14112485

Folyóiratok

- Balázs, V., Helyes, -Lajos, Pék, Z., Neményi, -András, Takács, -Sándor, Égei, M., & Daood, -Hussein G. (2021). Effect of different production types on the yield and β-carotene content of sweet potato /cultivar Ásotthalmi- 12/. *Acta Agraria Debreceniensis*, 1, 45–49. DOI: 10.34101/ACTAAGRAR/1/8501

Irodalomjegyzék

- da Silva, L. D. R., de Oliveira, A. P., Cruz, J. M. F. de L., Sousa, V. F. de O., da Silva, A. J., & da Silva, M. C. (2022). Sweet potato yield in response to different potassium sources and splitting of fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 26(7), 527–532. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/AGRIAMBI.V26N7P527-532>
- Daood, H. G., Bencze, G., Palotás, G., Pék, Z., Sidikov, A., & Helyes, L. (2014). HPLC analysis of carotenoids from tomatoes using cross-linked C18 column and MS detection. *Journal of Chromatographic Science*, 52(9), 985–991. <https://doi.org/10.1093/CHROMSCI/BMT139>
- El-Baky, A., Ahmed, A., El-Nemr, M., & Zaki, M. F. (2010). Effect of Potassium Fertilizer and Foliar Zinc Application on Yield and Quality of Sweet Potato. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 6.
- Harvey, L. M., Shankle, M. W., Morris, C. J., Hall, M. A., Chatterjee, A., & Harvey, K. M. (2022). Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Response to Incremental Application Rates of Potassium Fertilizer in Mississippi. *Horticulturae* 2022, Vol. 8, Page 831, 8(9), 831. <https://doi.org/10.3390/HORTICULTURAE8090831>
- Hu, Y., Zhao, H., Xue, L., Nie, N., Zhang, H., Zhao, N., He, S., Liu, Q., Gao, S., & Zhai, H. (2024). IbMYC2 Contributes to Salt and Drought Stress Tolerance via Modulating Anthocyanin Accumulation and ROS-Scavenging System in Sweet Potato. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(4), 2096. DOI: 10.3390/IJMS25042096/S1
- Islam, S. N., Nusrat, T., Begum, P., & Ahsan, M. (2016). Carotenoids and β -carotene in orange fleshed sweet potato: A possible solution to vitamin A deficiency. *Food Chemistry*, 199, 628–631. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2015.12.057>
- Jian-wei, L., Wen-ju, Z., Xue-mei, Z., & Jia-shu, D. (2001). Effects of potassium fertilization on the growth and yield of sweet potato. *Journal of South China Agricultural University*, 22(2), 53-56.
- Krochmal-Marczak, B., Sawicka, B., & Michalek, W. (2019). Photosynthetic Efficiency in Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) under Different Nitrogen Fertilization Regimes. *International Journal of Agriculture and Biology*, 22(4), 627–632. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1108>
- Naing, A. H., & Kim, C. K. (2021). Abiotic stress-induced anthocyanins in plants: Their role in tolerance to abiotic stresses. *Physiologia Plantarum*, 172(3), 1711–1723. <https://doi.org/10.1111/PPL.13373>
- Pepó, P. (2020). Correlation analysis of the SPAD readings and yield of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) under different agrotechnical conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 14(5), 761–765. <https://doi.org/doi/10.3316/informit.260209462247215>
- Silva M., B., Silva, L. R., Vinholes, J., Silva, B. M., & Silva, L. R. (2015). *Hydroxycinnamic acids (HCAS): Structure, biological properties and health effects*. <https://www.researchgate.net/publication/282441455>
- Surányi J. (1916): Termelési kísérletek édes burgonyával (*Ipomoea batatas*) 1913. és 1914. években. Kísérletügyi Közlemények, 19(1): 42-49.
- Szarvas, A.: A BATÁTA (*IPOMOEA BATATAS* (L.) LAM.) TERMESZTÉS-, TECHNOLÓGIÁJÁNAK FEJLESZTÉSE ÉS FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEINEK A VIZSGÁLATA, Phd Értekezés, Debrecen 2021
- Yakubu Haruna , Zamfara M. I., Sambo B. E. and Abubakar Mansur (2024): ASSESSMENT OF THE EFFECT OF RIDGE HEIGHT, VINE CUTTING AND VINE ORIENTATION ON GROWTH, YIELD AND NUTRITIONAL QUALITY OF SWEET POTATO ROOTS (*IPOMOEA BATATAS* L.) IN THE SUDAN SAVANNA AGROECOLOGICAL ZONE OF NIGERIA. Proceedings of the 36th FAMAN Conference 7th – 10th October, 2024, LASUSTECH Ikorodu, Nigeria. 54